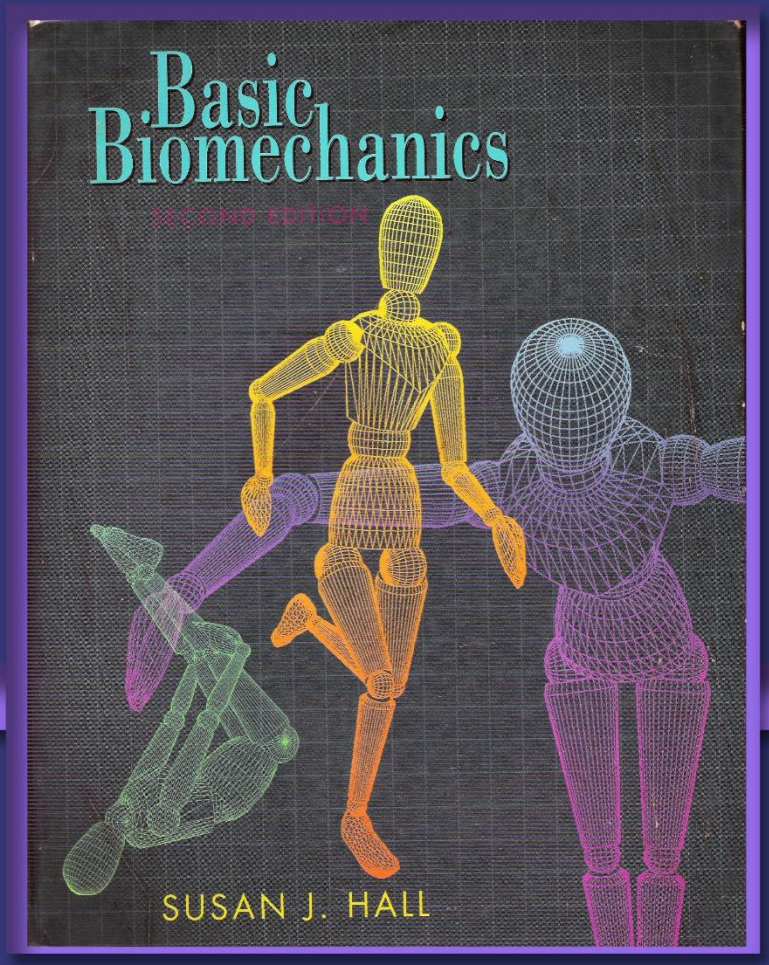
اساسيات البايوميكانيك

Basic Biomechanics



تاليف
د . سوزان هيل

SUSAN J. HALL

ترجمة

د. حسن هادي الزيادي د. أياد عبد الرحمن

باسم حبيب الحمداني

أسم الكتاب/ اساسيات البايوميكانيك

تأليف / د. سوزان هيل

ترجمة / د. حسن هادي الزيادي ود. اياد عبد الرحمن
وباسم حبيب الحمداني

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق في بغداد

(١٦٢٢)

لسنة ٢٠١٤

تحذير:

جميع حقوق الطبع محفوظة للمترجمين ولا يجوز نهائياً نشر أو اقتباس أو اختزال أو نقل أي جزء من الكتاب دون الحصول على إذن كتابي من المترجمين

المكتبة الرياضية للنشر والتوزيع
بغداد – الصالحية
basharyaser@yahoo.com
07807582215

بسمِ اللّهِ الرحّمنِ الرحّيمِ

يَرفَعِ اللّهُ الَّذينَ آمَنوُا مِنكُم وَالَّذينَ

أُوتوُا العِلمَ دَرَجَاتٍ

صدق الله العظيم

سورة المجادلة

الآية(١١)

التقويم العلمي

تم تقويم الكتاب علميا من قبل

الاستاذ الدكتور حسين مردان

التدريسي في كلية التربية الرياضية

جامعة القادسية

٢٠١٤

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
العنوان	١
الآية	٣
التقويم العلمي	٥
قائمة المحتويات	٧
المقدمة	٢٣
الفصل الأول	
ماهو البايوميكانيك	٢٥
البايوميكانيك: التعريف والمنظور	٢٩
المشاكل المدروسة بواسطة البايوميكانيك	٣٤
لماذا ندرس البايوميكانيك ؟	٤٢
منهج حل المسائل	٤٣
المسائل الكمية والمسائل النوعية	٤٣
حل المسائل النوعية	٤٦
المسائل الشكلية مقابل غير الشكلية	٤٧
حل المسائل الكمية الشكلية	٤٧
وحدات القياس	٥٢
أختبر معلوماتك	٥٤

الفصل الثاني	
مفاهيم الكينيماتك في تحليل حركة الإنسان	٥٧
المصطلحات الفنية	٦١
المصطلحات الاتجاهية	٦٢
مستويات الإشارة التشريحية	٦٣
محاور الإشارة التشريحية	٦٦
أشكال الحركة	٧٠
الحركة المستقيمة	٧٠
الحركة الزاوية	٧٣
الحركة العامة	٧٤
النظام الميكانيكي	٧٥
التعابير الفنية لحركة المفصل	٧٥
حركات المستوى الجانبي	٧٦
حركات المستوى الأمامي	٧٧
حركات المستوي المستعرض	٨١
حركات أخرى	٨٥
التحليل النوعي لحركة الإنسان	٨٦
معرفة مسبقة للتحليل النوعي	٨٧
تخطيط التحليل النوعي	٨٩
العوامل المهمة عند تخطيط التحليل النوعي	٩٤

إدارة التحليل النوعي	٩٦
العوامل الهامة في إدارة التحليل النوعي.	٩٨
أدوات قياس الكميات الحركية	١٠١
التصوير السينمائي و تصوير الفيديو	١٠١
أجهزة إعادة الحركة الإلكترونية	١٠٣
إدارة التحليل	١٠٧
ملخص	١٠٨
أختبر معلوماتك	١٠٩
الفصل الثالث	
مفهوم الكينتك لتحليل الحركة	١١٣
مفاهيم أساسية تتعلق بعلم القوى (الكينتك)	١١٦
الكتلة	١١٦
القصور الذاتي	١١٦
القوة	١١٧
الـوزن	١٢٠
الضغط	١٢٢
الحجم	١٢٤
الكثافة	١٢٤
عزم الدوران	١٢٦
الدافع (الحافز)	١٢٧

الأحمال الميكانيكية لقوى الإنسان	١٢٩
الشد الميكانيكي	١٣٢
الالتواء، الثني والأحمال المركبة	١٣٥
مواجهة الأحمال الحادة والمتكررة	١٣٧
أدوات قياس كميات علم الكينتك (الحركية)	١٣٨
الإلكترومايوكَرافي	١٣٨
النشاط المايوالكتروني	١٣٩
داينموكرافي	١٤٠
جبر المتجه	١٤٢
تشكيل المتجه (جمع)	١٤٢
تحليل المتجه	١٤٥
حل صوري لمشاكل المتجه	١٤٦
حل بياني لمسائل المتجه	١٤٦
الملخص	١٤٨
اختبر معلوماتك	١٤٩
الفصل الرابع	
بايوميكانيكية نمو عظم الإنسان و تطوره	١٥٣
مكونات مادة العظم	١٥٦
نظام التركيب	١٥٦
أنواع العظام	١٥٩

الغضروف المفصلي	١٩٩
الغضروف الليفي المفصلي	٢٠٠
النسيج المفصلي الرابط	٢٠٢
ثبات المفصل	٢٠٢
شكل سطح العظم المفصلي	٢٠٣
ترتيب الأربطة والعضلات	٢٠٥
أنسجة رابطة أخرى	٢٠٧
مرونة المفصل	٢٠٩
قياس معدل حركة المفصل	٢١٠
العوامل المؤثرة على مرونة المفصل	٢١٢
المرونة والإصابة	٢١٣
تقنية زيادة مرونة المفصل	٢١٤
الاستجابة العضلية العصبية للمد	٢١٥
المد الفعال والمد الخامل	٢١٧
تسهيل عمليات التحسس الداخلي العصبية العضلية	٢٢٠
التهاب المفاصل	٢٢٢
ملخص	٢٢٣
اختبر معلوماتك	٢٢٤
الفصل السادس	
ميكانيكية العضلات الهيكلية لجسم الإنسان	٢٢٧

الخصائص السلوكية للوحدة الوترية العضلية	٢٣٠
حدة الطبع والقابلية على تنمية الشد	٢٣٣
وظيفة العضلة الهيكلية	٢٣٣
أنواع الانقباض العضلي	٢٣٥
وظائف العضلات	٢٣٧
عضلات المفصل المتعدد- المفصلين	٢٣٩
التنظيم الوظيفي للعضلة الهيكلية	٢٤١
ألياف العضلة	٢٤٢
وحدات الحركة	٢٤٤
أنواع الألياف	٢٤٦
تمديد وحدات الحركة	٢٤٩
شكل الليف	٢٥٠
العوامل الميكانيكية المؤثرة على القوة العضلية	٢٥٤
علاقة القوة بالسرعة	٢٥٥
العلاقة بين الطول والقوة	٢٥٧
علاقة القوة بالزمن	٢٦٠
القوة العضلية . الطاقة . التحميل	٢٦١
القوة العضلية	٢٦١
القدرة العضلية	٢٦٦
التحمل العضلي	٢٦٨

تأثير درجة حرارة العضلة	٢٦٩
ملخص	٢٧١
اختبر معلوماتك	٢٧٢
الفصل السابع	
بايوميكانيكية العمود الفقري للإنسان	٢٧٧
تركيب العمود الفقري	٢٧٨
العمود الفقري	٢٧٨
الفقرة	٢٨٠
الأقراص الفقرية الداخلية	٢٨٣
الأربطة	٢٨٨
الانحناءات الفقرية	٢٨٩
حركات العمود الفقري	٢٩٥
الثني والمد والمد الأقصى	٢٩٦
الدوران والثني الجانبي	٢٩٨
عضلات العمود الفقري	٢٩٩
المشهد الأمامي	٣٠٠
المشهد الخلفي	٣٠٤
عضلات العمود الفقري العميقة	٣٠٧
المشهد الجانبي	٣٠٧
الأحمال على العمود الفقري	٣١٢

الإصابات الشائعة للظهر والرقبة	٣٢١
الم أسفل الظهر	٣٢١
إصابات الأنسجة الرقيقة	٣٢٤
الكسور الحادة	٣٢٤
كسور الضغط	٣٢٥
فطر القرص	٣٢٨
اختبر معلوماتك	٣٢٩
الفصل الثامن	
علم الحركة المستقيمة للإنسان	٣٣٥
الكميات الحركية المستقيمة	٣٣٦
المسافة والازاحة	٣٣٨
التعجيل	٣٤٨
المعدل والكميات الآنية	٣٥٤
علم الكينماتيك وحركات الرمي	٣٥٥
المركبات العمودية والأفقية	٣٥٦
تأثير الجاذبية	٣٥٧
تأثير مقاومة الهواء	٣٦٠
العوامل المؤثرة على مجال أو مسار الرمي	٣٦٢
زاوية الرمي(الانطلاق)	٣٦٣
سرعة المقذوفات	٣٦٧

ارتفاع الرمي التقريبي	٣٦٨
شروط القذف الصحيح	٣٧٠
تحليل حركة المقذوف	٣٧٣
معادلات التعجيل الأرضي	٣٧٦
المخلص	٣٨٣
أختبر معلوماتك	٣٨٤
الفصل التاسع	
الكينماتيك الزاوي لحركات الإنسان	٣٨٩
ملاحظة الكينماتيك الزاوي لحركة الإنسان	
زوايا القياس	
الزوايا المطلقة والزوايا النسبية	
آلات قياس زوايا الجسم	
دوران المركز الاني	
علاقات الحركة الزاوية	
الإزاحة و المسافة الزاوية	
السرعة و سرعة الانطلاق الزاوي	
التعجيل الزاوي	
عوامل الحركة الزاوية	
معدل الكميات الآنية الزاوية المضادة	
لعلاقات بين الحركة الزاوية و الخطية	

السرعة الزاوية و الخطية	
التعجيل الزاوي و التعجيل الخطي	
الملخـــص	
أختبر معلوماتك	
الفصل العاشر	
علم الحركة الخطي لحركة الإنسان	٤٣١
قوانين نيوتن	٤٣٢
قانون القصور الذاتي	٤٣٢
قانون التعجيل	٤٣٣
قانون رد الفعل	٤٣٥
قانون الجاذبية الأرضية	٤٤١
السلوك الميكانيكي للأجسام عند الاتصال	٤٤٣
الاحتكاك	٤٤٤
الزخـم	٤٥٦
الحافز	٤٥٩
الاصطدام	٤٦٤
علاقات الطاقة، القدرة والشغل	٤٧١
الطاقــة	٤٧٤
حفظ الطاقة الحركية	٤٧٩
مبدأ الشغل والطاقة	٤٨٠

الملخص	٤٨٤
أختبر معلوماتك	٤٨٥
الفصل الحادي عشر	
التوازن وحركات الإنسان	٤٩٣
التوازن	٤٩٤
عزم الدوران	٤٩٤
عزوم دوران المفصل الناتجة	٥٠١
العتلات	٥٠٦
العتلات التشريحية	٥١٤
معادلات التوازن الثابت	٥١٩
معادلات التوازن الحركي	٥٢٣
مركز الجاذبية	٥٢٤
موقع مركز الجاذبية	٥٢٩
مكان مركز جاذبية جسم الإنسان	٥٣٤
الثبات والتوازن	٥٣٩
مبادئ الثبات الميكانيكي	٥٤٦
الملخص	٥٤٧
أختبر معلوماتك	٥٤٨
الفصل الثاني عشر	
م الكينتك الزاوي لحركة الإنسان	٥٥٧

مقاومة التعجيل الزاوي	٥٥٨
قوة عزم القصور	٥٥٨
تحديد قوة القصور الذاتي	٥٦٢
قوة القصور الذاتي لجسم الإنسان	٥٦٤
الزخم الزاوي	٥٧٦
المحافظة على الزخم الزاوي	٥٧٠
نقل الزخم الزاوي	٥٧٣
التغير في الزخم الزاوي	٥٧٦
التمثيل الزاوي لقوانين الحركة لنيوتن	٥٨٢
قانون نيوتن الاول	٥٨٢
قانون نيوتن الثاني	٥٨٣
قانون نيوتن الثالث	٥٨٣
القوى الجاذبية والقوى الطاردة	٥٨٤
الملخص	٥٨٨
اختبر معلوماتك	٥٨٩

الفصل الثالث عشر

حركه الانسان في وسط سائل	٥٩٥
طبيعة السوائل	٥٩٦
الحركة النسبية	٥٩٦
بقات الجريان المضطرب	٥٩٧

خصائص السائل	٥٩٩
الطفو	٦٠١
مميزات قوة الطفو	٦٠١
الطوف (العوم)	٦٠٢
طوفان جسم الانسان	٦٠٢
قوة السحب	٦٠٥
احتكاك الجلد	٦٠٨
قوة الضغط	٦١١
قوه سحب الموجة	٦١٧
قوه الرفع	٦١٨
الشكل الرمحي(المدبب)	٦٢٠
تاثير ماكنوس	٦٢٥
قوة الدفع في وسط السائل	٦٣٢
نظريه قوة السحب الدافعة	٦٣٣
نظريه قوة الرفع الدافعة	٦٣٤
فن السباحة	٦٣٥
الملخص	٦٣٧
أختبر معلوماتك	٦٣٨

الفصل الاول

ما هو البايوميكانيك؟

WHAT IS BIOMECHANICS?

بعد إكمال هذا الفصل سيتمكن القارئ من :

- ✓ تعريف المصطلحات البايوميكانيكية الساكن،المتحرك،الكينتك،الكينماتك
- ✓ التمييز بين الطرق الكمية والنوعية في تحليل حركة الإنسان.
- ✓ من خلال تحليل حركة الإنسان مثلا لماذا يقطع بعض لاعبي الكولف الكرة؟
- ✓ تحت أي الظروف للحذاء إن يخفف الألم أسفل الظهر؟
- ✓ ما الدلائل والعلاقات التي تمكن معلم التربية الرياضية إن يطرحها لمساعدة طلابه في تعلم رد كرة الطائرة من الأسفل ؟
- ✓ لماذا يميل كبار السن إلى السقوط ؟
- ✓ نحن معجبون بالحركات الرشيقة لأصحاب الانجازات العالية المهارية في مختلف أنواع الرياضة ؟
- ✓ كذلك نراقب الخطوات الأولى الضعيفة من قبل الطفل والتدرج البطيء للشخص المصاب وطريقة مشيه المتردد، أسلوب المشي غير المستوي لكبار السن،في الواقع وفي كل فعالية تتضمن الطالب الذي يكسب المهارات الجديدة وبسهولة كبيرة بينما يوجد طالب آخر يتعثر عند أداء حركة القفز و يفقد الكرة عند محاولته مسكها أو ضربها أو رميها.

تعلم المشي يتطلب وجهة نظر البايوميكانيك

والسؤال الذي يطرح نفسه مالذي يجعل بعض الأفراد يؤدون حركات معقدة بسهولة تامة، بينما يتلكأ الآخرون ويبدون صعوبة في تنفيذ حركات بسيطة وعلى أية حال فالإجابة على

كـل هـذه الأسـئلة وربمـا تـرتبط بـأمور اجتماعيـة ونفسـية وفسـلجية أمـا المشاكل المشخصة فهي بطبيعة الحال مشاكل بايوميكانيكية.

إذن الكتـاب سـيدعم المؤسسـات التعليميـة فـي تشـخيص وتحليـل المشـاكل المتعلقة بحركة الإنسان.

البايوميكانيك: التعريف والمنظور

BIOMECHANICS : DEFINTION AND PERSPECTIVE

مبكرا وخلال العام 1970 تبنى المجتمع الدولي مصطلح البايوميكانيك في وصف حقل الدراسة الذي يهتم بالتحليل الميكانيكي للأنظمة البايلوجية.

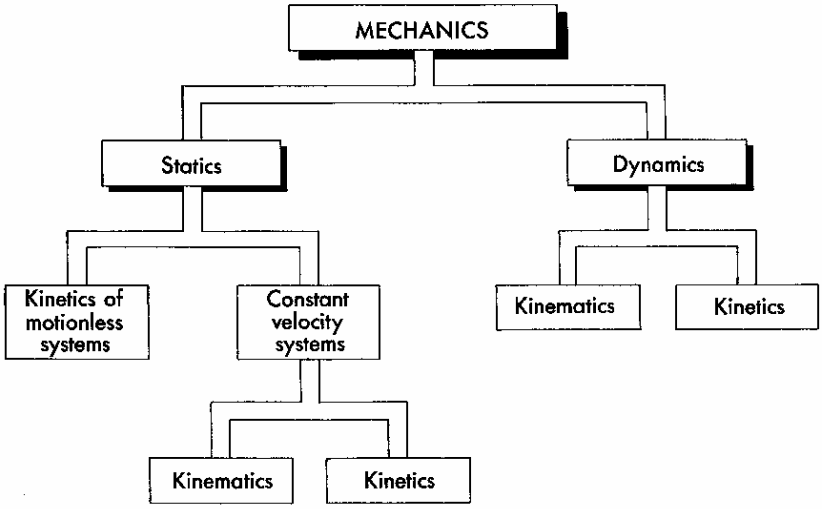
البايوميكانيك كعلم يستلزم استخدام أدوات علم الميكانيكيا وهو فرع من علم الفيزياء يقوم بدراسة وتحليل تأثيرات القوى في الجوانب الوظيفية أو التشريحية في أنظمة الحياة (شكل1-1).

يعتبر القسمين الثابت والمتحرك فرعين ثانويين من فروع علم الميكانيك،يهتم علم السكون Statics بدراسة الأجسام التي تكون في حالة حركة ثابتة ويتم ذلك أما في حالة الراحة دون حركة أو أنها تتحرك بسرعة ثابتة أما علم Dynamic فيعني دراسة الأجسام في حالة الحركة إضافة إلى تعجيلها.

الكينتك والكينماتك هما أقسام ثانوية في علم البايوميكانيك ،يعني علم الكينيماتك بدراسة وصف الحركة بضمنها شكل وسرعة الحركة المتتابعة في أجزاء الجسم التي غالبا ما تظهر تنسيق العروض الفردية بينما يركز علم الكينتك على وصف حركة ودراسة القوى المرتبطة بالحركة،وتعتمد على استعمال قوانين نيوتن واستعمال المتغيرات مثل كمية الحركة ودفع القوة أما دراسة حركة الإنسان فيمكن ان تتضمن العديد من الأسئلة والاستفهام مثل فيما إذا كانت مقادير قوى العضلات الناتجة كافية لغرض تنفيذ الحركات المنشودة.

تتضـــمن العوامـــل الانثروبومتريـــة الحجـــم، الشـــكل، وزن أجـــزاء الجسـم وهـي الأخـرى لهـا اعتبـارات هامـة فـي تحليـل علـم الكينتـك والعلاقـة بين الأنواع الثانوية للميكانيك معروضة في (الشكل1–1).

شكل (1–1) يستخدم البايوميكانيك في وضع حلول مرتبطة بالعناصر الثلاث



(شكل 2-1)الفروع الثانوية للميكانيك

علم البايوميكانيك بالنسبة لحركة الإنسان هو احد الأنظمة الثانوية من علم Kinesiology والذي يعني دراسة حركة الإنسان شكل(3-1)، فعلى الرغم من قيام بعض علماء البايوميكانيك بدراسة بعض الحركات كحركة النعامة من مكان إلى أخر ونزول الدم داخل أوردة ضيقة أو المراقبة المجهرية لتجاويف الإنسان يركز هذا الكتاب بشكل أساسي على حركة الإنسان من منظور التحليل الحركي. وكما هو واضح في الشكل(4-1) فان علم البايوميكانيك هو فرع علمي من علم الطب الرياضي العلم الذي عرف عن طريق" lamp "بأنه مظلة تحيط بكل من المشهدين العلمي والطبي للتمارين البدنية الرياضية.

على الرغم من إن علم البايوميكانيك حديث العهد كساحة مميزة في الحاجة العلمية فالاهتمامات البايوميكانيكية بها الكثير من الإسناد في الحقول العلمية والأنظمة العلمية المختلفة.

إن دراسة الميكانيكا الحيوية تتراوح من العمل الداخلي في الخلية، إلى حركة وتطور الأعضاء، إلى الخواص الميكانيكية للأنسجة الرخوة، والعظام بتطور فهم السلوك الفيزيولوجي للأنسجة الحية، فقد أصبح الباحثون قادرين على التقدم في ميادين هندسة النسيج، وتطوير المعالجات في علم الأمراض. إن علم الميكانيكا الحيوية مثله مثل الرياضة، وعلم الحركة، تطبق قوانين الميكانيكا والفيزياء على أداء الجسم البشري لكي نفهم بشكل أكبر أداء الأحداث الرياضية من خلال الموديل أو النموذج.

إن علم البايوميكانيك يمكن إن يشمل خلفيات أكاديمية علمية في علم الحيوان ومرض القلب والطب الرياضي إضافة إلى الهندسة الميكانيكية والنظرية البدنية.

شكل ٣-١ الفروع الثانوية لعلم الحركة

شكل ٤-١ فروع الطب الرياضي

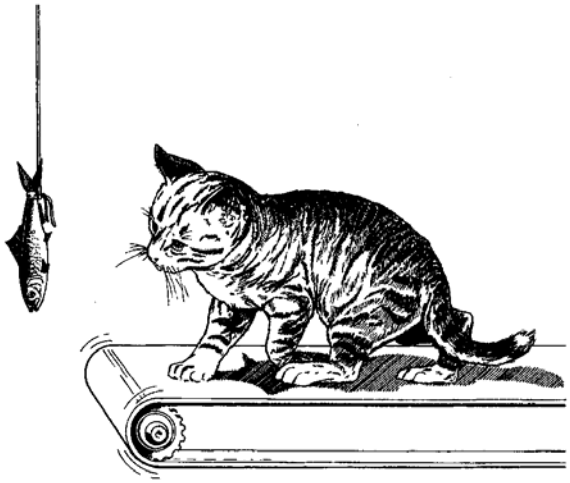
- ✓ البايوميكانيك biomechanics : ويهتم بتطبيق المبادئ الميكانيكية في دراسة أنظمة الحياة. أو هو علم الذي يصف شروط السكون وشروط الحركة تحت تأثير مجموعة من القوى.
- ✓ الميكانيكاmechanics: وهو فرع من فروع علم الفيزياء ويهتم بتحليل تأثير القوى على أساس أنظمة ميكانيكية.
- ✓ السكونstatic: فرع من علم الميكانيكا ويتعامل مع أنظمة ثبات الحركة.
- ✓ المتحرك dynamic: فرع من علم الميكانيك ويتعامل مع أنظمة تعجيل المادة.
- ✓ الكينماتكkinematics: علم يصف الحركة إضافة إلى الاهتمام بالفراغ والزمن.
- ✓ الكينتك kinetics: علم يدرس حركة القوى.
- ✓ Kinesiology: علم يدرس حركة الإنسان من منظور فني وعلمي.
- ✓ Sports medicine: مواد علمية وطبية للرياضة والتدريب.

المشاكل المدروسة بواسطة البايوميكانيك

Problems studied by Biomechanics

مثلما هو متوقع فان التساؤلات والمشاكل التي يطرحها علماء البايوميكانيك مختلفة عما تطرحه الحقول العلمية والمهنية المختلفة فعلى سبيل المثال اختبر علماء الحيوان الأساليب التي يتحرك بها عشرات الأنواع لسير الحيوانات،الركض الخفيف،الركض السريع وبسرعات متباينة ولمعرفة اختيار الحيوانات السير بخطى واسعة ومعدل خطوة كبيرة ،فقد استنتج العلماء بان الفقريات وبضمنها الإنسان تختار المشي الاقتصادي واستهلاك للطاقة وبمعدل معلوم اضافة الى ذلك فان علماء البايوميكانيك أوضحوا إن أسلوب زيادة السرعة بالنسبة للإنسان والحصان عند الانتقال من المشي إلى الركض أو من الهرولة إلى السرعة سيكون بحركة نشيطة وبشكل ايجابي.

احد التحديات التي تعترض هذا النوع من البحث هو كيفية إقناع الحيوانات كالقطط أو الأسد للركض على دواسة الجري(Treadmill).



(شكل5-1) بحوث بايوميكانيكية الحيوان مفيدة لمشاكل مهمة.

دائرة الفضاء والملاحة الجوية الأميركية (NASA) تقوم بتمويل نظام متعدد البحوث لعلم البايوميكانيك لدعم فهم أثار انعدام الجاذبية على النظام الهيكلي للبشر.

فخلال رحلات الفضاء الأولى عاد علماء الفلك الذين كانوا خارج مجال الجاذبية الأرضية لبضعة أيام بطول وكثافة عظم اقل ،وللإحاطة بهذه المشكلة قام علماء البايوميكانيك بتصميم وبناء عدد من التمارين لاستخدامها في الفضاء لتحل محل نشاطات العظم المعتادة على الأرض.

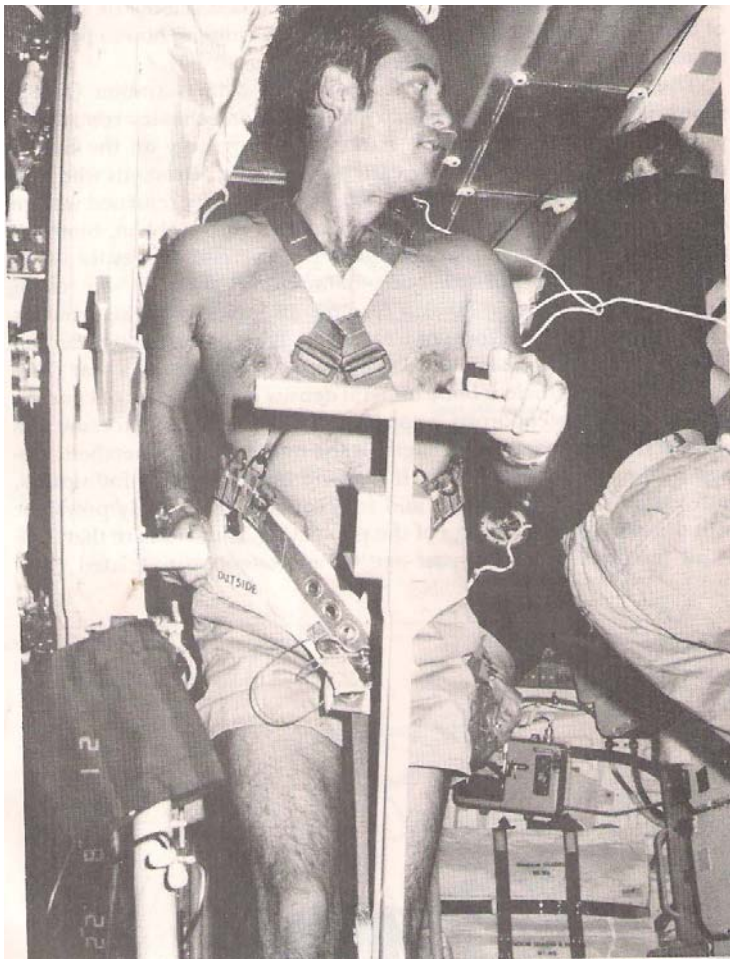
وقد أشارت التقارير المشجعة للعلماء الروس إلى إن التمارين القوية باستخدام دواسة الجري (Treadmill) كالمشي عليها او الركض يمكن بالنتيجة إن تحافظ على صحة وديمومة العظم في الفضاء لفترة قد تصل السنة.

إن المحافظة الكافية على الكثافة المعدنية للعظم هي نظرية مهمة على الأرض وكذلك حالة (Osteoporosis) والتي تعني الفقدان المستقر للكثافة المعدنية للعظم وتخلخل العظام وهي من أكثر الأمراض شيوعا في الولايات المتحدة وأيضا عند كبار السن مثلما هي موجودة عن نساء صغيرات السن ، وتشير التقديرات إلى ما نسبته 90% من حالات الكسور بعد عمر 60 سنة مرتبطة بحالة تخلخل العظام(Osteoporosis) أي ضعف العظام ، وعلى الرغم من إن سبب حالة (Osteoporosis) ضعف العظم غير معروفة ،فالدراسات توضح إن البرنامج المنتظم لتمرين رفع الإثقال عند الأشخاص المصابون في هذا المرض يمكن إن يرفع نشاط المعادن داخل العظم.

هنالك مشكلة أخرى تعترض علم البايوميكانيك وهي عدم قدرة كبار السن على التنقل والحركة ومن الواضح فان البالغين الكبار يتأرجحون ويميلون إلى السقوط بشكل اكبر من البالغين الشباب والسبب غير واضح أيضا،وقد درس علماء البايوميكانيك خططا عن طريق صعود كبار السن للسلالم وقد تبين

صعوبة المحافظة على التوازن وذلك يضيف عاملا أخرا أكثر تعقيدا للحركة عند التنفيذ.

إن غالبية البحوث تتطلب معرفة المعوقات التي تنتاب الحركة خصوصا عملية التوازن وكيفية تحسين البرامج العلاجية لكبار السن .



التمارين في الفضاء تقلل من مرض فقدان كثافة العظم لرائد الفضاء.

استخلصت البحوث التي أجراها علماء الحركة الطبي بأن أسلوب المشي قد تطور عند الأطفال المصابون بالشلل الدماغي (cerebal palsy) عند الأطفال ذوي المخ المتطور وهي حالة تستلزم مستويات عالية من الشد والتشنج العضلي، في أسلوب مشي هؤلاء الأطفال أصحاب هذه الحالة (Cerebal Palsy) حيث يتصف هولاء بثني الركبة بشكل كبير عند الوقوف ويمكن علاج هذه الحالة بالاطالة الجراحية لمجموعة اوتار الركبة (Hamstring) بهدف تحسين امتداد الركبة عند الوقوف.

اتضح بعد إجراء البحث بان المصابون بهذه الحالة اظهر انقباضا لافتا في العضلات الفخذية المستقيمة مع مجموعة أوتار الركبة عند المرجحة وقد بدا العلماء يتعاملون مع هذه الحالة جراحيا عن طريق ربط العضلة المستقيمة بمعرز عضلة(Sartorius) .

خلق علماء البايوميكانيك فكرة عظيمة باتجاه طريقة المشي الطبيعية عند الأطفال الذين يعانون من حالة Cerebalpalsy . وهو عبارة عن احد الإمراض الدماغية، مصطلح يشمل مجموعة من الاضطرابات بسبب التلف الدائم الذي يصيب الجهاز الحركي والعصبي مسببا الإعاقة البدنية متمثلة في اضطراب الحركة وعدم تناسقها وفقدان الاتزان ، وينشأ هذا التلف من خلل يصيب الدماغ في طور النمو – غالبا حتى سن 3 سنوات ، وربما يصاحب هذه الإعاقة الحركية اضطرابات أخرى مثل الصرع أو الإعاقة الذهنية أو فقدان حاسة السمع أو البصر أو القدرة على الكلام وضعف العضلات ليس هو المشكلة الوحيدة ، فإصابة الدماغ تؤدي إلى مشاكل أخرى مثل تأثر الحواس الخمس والقدرات اللغوية والفكرية.

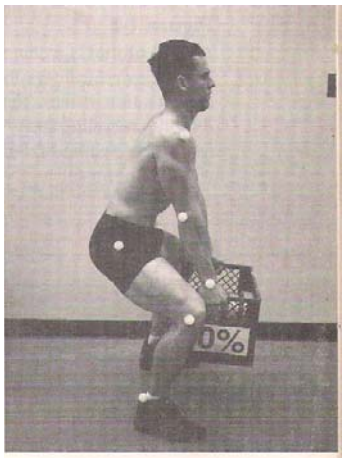
أسهم البحث عن طريق مهندسي علم الحركة في إنتاج أسلوب حركي متقدم للأطفال والبالغين المصابون ببتر أسفل الركبة ،إضافة إلى ذلك فهناك مطلب (ميتا بولوجي) مهم بشكل كبير لأصحاب البتر من كبار السن وكذلك

الشباب النشطين الذين يشاركون في سباقات تتطلب نظام الطاقة الهوائي (aerpic) وللإحاطة بمثل هذه المشكلة طور الباحثون صنفا جديدا من الأقدام الاصطناعية يمكنها الحفاظ وإعادة الطاقة الميكانيكية عند المشي وهذه الأقدام المرنة تشير بشكل مشابه لمسير قدم الإنسان وتعمل على تقليل المتطلبات الايضية (الميتابوليكية) للمشي عند الأطفال والبالغين.

يعتبر علم البايوميكانيك المهني حقل كبير يركز على الوقاية من الإصابات المرتبطة بالعمل وتحسين ظروف العمل وانجازه، ويدرس المهندسون في هذا المجال أسئلة واستفسارات عديدة من قبيل الوزن المسموح به على أسس متكررة للفرد القوي ضمن إعداد خاص وكذلك تأثير الدوران على الجذع وفي أوضاع مختلفة والحمل (الايسومتري)على فعالية عضلة الجذع أثناء الرفع.

كذلك أسهم المهندسون في هذا المجال في تحسين الانجاز في رياضات محددة، فالإبداعات الأخيرة في تصميم الخوذة وعجلة الدراجة في سباق الدرجات ما هي ألا نتاج التجارب التي نفذت وهذه البحوث استلزمت اصطناع مسيطر عليه لمقاومة الهواء في سباق الدراجات كذلك فان تجارب الإنفاق الهوائية قادت إلى تشخيص وضع الجسم في القفز على الجليد ، واثأر مقاومة الهواء والارتفاع في العاب الساحة والميدان كالعدو السريع.

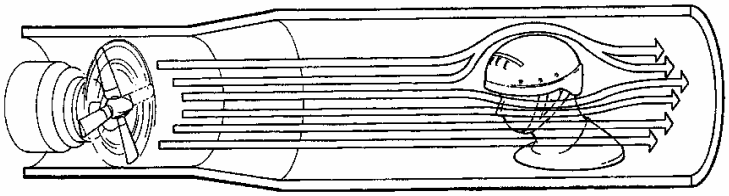
كذلك اعتمد علماء البايوميكانيك جهودا أخرى في تحسين الانجاز الرياضي فقد عرفوا على سبيل المثال إن أسلوب الركض في المستويات العالية هو احد الميزات الشخصية بدرجة عالية وهذا ما ولد صعوبة كبيرة بالنسبة لتدريب



وظيفة البايوميكانيك تشمل دراسة العوامل المهمة لسلامة عملية الرفع

العدائيين وفي مختلف المستويات وبالنتيجة فليس هناك أسلوب دقيق ومحدد للركض.

تتضمن العوامل الموجودة في سباقات الوثب الطويل، الوثب العالي،القفز بالزانة التي تمهد للحصول على انجازات متقدمة : سرعة انطلاق أفقية كبيرة باتجاه النهوض وتقصير الخطوة الاخيرة والتي تؤدي بدورها إلى توليد ارتفاع متزايد لكتلة مركز الثقل الكلية .



(الشكل 6-1) يمثل نفق هوائي مصمم لقياس القوة الديناميكية الهوائية وتصميم جديد لخوذة سباق الدراجات ناتجة عن اختبارات النفق الهوائي.

وقد أوضحت دراسة سباقات السباحة الحرة للإناث بان دوران الجذع عامل مهم مثل حركة اليد بالنسبة للجذع في تحديد الحركة الجاذبة الوسطية لليد خلال ضربة الدوران. أما تحليل حركة لاعبي كرة المنضدة الذين يقومون برد الكرات الدفاعية بشكل مبكر وهو ما يتميز به اللاعبون ذوي المستويات العالية إضافة إلى إن نهوضهم يكون اكبر من لاعبي المنضدة الأقل مستوى واقل مهارة وفي الغالب فهم يقومون برد الكرات الهجومية عندما تتحرك الكرات إلى الأسفل لتوليد حركة دورا نية عالية، وبالمقابل فهناك مثال دراماتيكي لتحسين الانجاز وبالإمكان ملاحظته من قبل محللي البايوميكانيك هو ما تمثل في الدورات الاولمبية الأربعة المتتالية في سباق رمي القرص للاعب الاورتر (Al Oerter).

يستعرض محللي الحركي وسباق رمي القرص تقييما دقيقا للعوامل الميكانيكية الأكثر تأثيرا على طيران القرص وهذه العوامل هي :

- ✓ سرعة القرص المطلق بواسطة الرامي.
- ✓ زاوية الرمي التي ينطلق عندها القرص.
- ✓ ارتفاع القرص في لحظة الانطلاق .
- ✓ زاوية الانطلاق (مواجهة القرص لمجرى الهواء الاعتيادي)

وبواسطة تقنية الحاسوب استطاع الباحثون إن يتنبئوا بالقيم الموجه لهذه المتغيرات وذلك ما سيودي إلى تحقيق أقصى مسافة للرمي.كذلك فان الكاميرات ذات السرعة العالية يمكن إن تسجل الانجازات في تفصيلات أكثر دقة وعندما يتم تحليل الفلم أو الفيديو يمكن إن نقارن ارتفاع الرمي الحقيقي، سرعة الانطلاق وزاوية الانطلاق مع القيم الظاهرة في الجهاز المطلوب.

لتحقيق أرقى انجاز في عمر (43) سنة طور اورتر (Oerter) انجازه الاولمبي 8،2 متر كنتيجة لتحسين تكنيكه بإتباع التحليل البايوميكانيكي للحركة.

يقدم تكنيك الأداء الفني للرياضيين الذين يمتازون بالمهارات العالية نتائج دقيقة وبذلك يمكن تشخيص انجازاتهم العالية من خلال الأداء التكنيكي الأكثر دقة، قسم من البحوث قدم في العقد الماضي عن طريق علماء البايوميكانيك الذين عمدوا إلى ربط البايوميكانيك بعلم الطب الرياضي قسم اللجنة الاولمبية الأميركية (usoc) وكان الهدف الرئيسي من البحث مركزا على اختيار الطرق التي تحدد عندها العوامل الميكانيكية معدلات الانجاز بالنسبة لتدريب رياضي النخبة الاميركان ذوي المستويات العالية استعدادا للاولمبياد والبطولات الدولية الأخرى حيث انجز العمل بالتعاون المباشر مع المدرب الوطني لضمان النتائج بشكل عملي وبالنتيجة أدى البحث إلى استنتاج معلومات جديدة حول المميزات الحركية للانجاز عالي المستوى وفي مختلف أنواع الرياضة وذلك بسبب التطور المستمر في مستلزمات التحليل العلمي وكذلك دور علماء البايوميكانيك في المساهمة في تحسين الانجاز وهو ما يمكن إن يكون أكثر أهمية مستقبلا.

كذلك فهناك أهمية أخرى لعلماء البايوميكانيك في تقليل وتجنب حدوث الإصابات عند أداء التمارين الخطرة وكذلك في عملية تصميم التجهيزات الواقية وعلى سبيل المثال فالبحث أوضح بان غالبية العوامل التي تؤدي إلى حدوث الإصابات بالنسبة للعدائيين الهواة في الحقيقة هي أخطاء تدريبية كالزيادة المفاجئة في مسافة الركض أو الشدة أو الجهد المفرط ،الركض فوق سطوح منحنية وكذلك ارتداء الأحذية غير المناسبة والعمل على تامين الخوذ الواقية ودراسة أهميتها لتامين تأثيراتها الكبيرة والتي تعطي وقاية تامة يعتمد عليها عند الاستخدام في السباقات.

فقد توسع البحث ليشمل تأثير الإشكال المتعددة لأربطة الركبة والتي يمكن استخدامها لتعطي ثباتا إضافيا اكبر لركبة الرياضي وبشكل خاص للاعبي كرة القدم، كذلك نظام ربط متزلجي الجليد الذي يتيح للرياضيين في هذا السباق الإدراك التلقائي عند الحالات الخطرة فعلماء البايوميكانيك أدركوا بان الأرض أو سطح اللعب وحذاء الإنسان تمثل نظاما متداخلا، فالأحذية الرياضية في هذا الوقت تصمم للوقاية من الحمل الزائد ولتقليل التعرض للإصابات وأيضا لتعزيز الانجاز وبناء على ذلك تصمم الأحذية الرياضية بأشكال محددة ولاعتبارات تشريحية فعلى سبيل المثال تصنع أحذية الرقص الرياضي لدعم حركات الثني والانحناء ، وكذلك تصمم أحذية كرة القدم فوق الثيل الاصطناعي بشكل يساعد في تقليل إصابة الركبة اما أحذية الركض فهي متوفرة للقيام بالتدريب والسباق والركض على الجليد وساحة الركض في جامعة هارفارد مصنوعة بشكل خاص وبسطح يساعد الرياضي وبشكل كبير في زيادة سرعة الركض.

كل هذه الأمثلة المذكورة آنفا تعطي وبوضوح إن تنوع علم البايوميكانيك والمساهمات المختلفة لهذا العلم يمكن إن تمنح تصورا شاملا لمعرفة حركة الإنسان من المراحل الأولى لمشي الطفل حتى تكنيك رياضيي النخبة وذوي المستويات العالية وعلى الرغم من ان البحث الوصفي يكون مختلفا إلا انه

يعتمد على مبادئ ميكانيكية في حل مشاكل محددة في أنظمة الحياة وقد صمم هذا الكتاب ليكون مدخلا إلى العديد من المبادئ وان يركز على الطرق التي يمكن للمبادئ البايوميكانيكية إن تطبق من خلالها في تحليل حركة الإنسان.

لماذا ندرس البايوميكانيك ؟

Why Study Biomechanics ?

كما ثبت لما تقدم في الجزء السابق فان مبادئ البايوميكانيكية طبقت بواسطة العلماء والمهنيين في العديد من الحقول لتشخيص المشاكل المتعلقة بصحة الإنسان والانجاز ،كذلك فان معرفة الأفكار والمبادئ البايوميكانيكية جوهرية ومهمة جدا بالنسبة لمعلم التربية الرياضية المتكامل ،المنظر الرياضي ،المدرب،والقائد الهاوي.

لدينا فصل مدخلي أساسي في علم البايوميكانيك يدعم الفهم الأساسي لمبادئ وأسس الميكانيك وكيفية تطبيقها في عملية تحليل حركة الإنسان . إن معلم الحركة المتمرس يجب إن يكون قادرا على الإجابة العديد من الأسئلة المتعلقة بالبايوميكانيك مثل:

- ✓ لماذا تكون رياضة السباحة غير ملائمة بالنسبة لإجراء التمرين للأشخاص ذوي العظام الضعيفة (osteoporosis)؟
- ✓ ما هو مبدأ البايوميكانيك وراء حركة تمرين المقاومة المتنوع؟
- ✓ ما هي الطريقة الأكثر آمانا عند رفع مادة ثقيلة ؟
- ✓ هل يمكن الحكم عن ماهية الحركات الأكثر والأقل من الناحية الاقتصادية ؟
- ✓ ما هي الزاوية التي يجب إن تكون عندها الكرة لرمي أطول مسافة ؟
- ✓ ما هي الزاوية والمسافة الأفضل عند نزول مريض معين أو لاعب كرة الطائرة لتنفيذ عملية الضرب (serve) ؟

- ✓ ماهي الخطط التي تساعد كبار السن أو مراقبي خطوط كرة القدم لأداء أفضل
- ✓ لماذا يستطيع بعض الأفراد العوم؟

إن إعادة المواضع في بداية كل فصل تعتبر أسلوب جيد في التمعن بشكل كبير بهدف فهم النظريات البايوميكانيكية في علم الحركة أما حقول التخطيط التي تستلزم المراقبة النظرية وتحليل حركة الإنسان ومعرفة هذه النظريات الحركية بشكل مجرد فستصبح عديمة القيمة.

منهج حل المسالة PROBLEM–SOLVING APPROCH

عادة ما يهدف البحث العلمي إلى إيجاد حلول للمسائل المطروحة أو الإجابة على سؤال محدد وهذه المسائل ضرورية حتى بالنسبة لغير الباحثين لأداء مهماتهم في مجتمع متحضر وان استخدام المسالة هو أيضا طريقة فعالة باتجاه توضيح أفكار البايوميكانيك الأساسية .

المسائل الكمية والمسائل النوعية

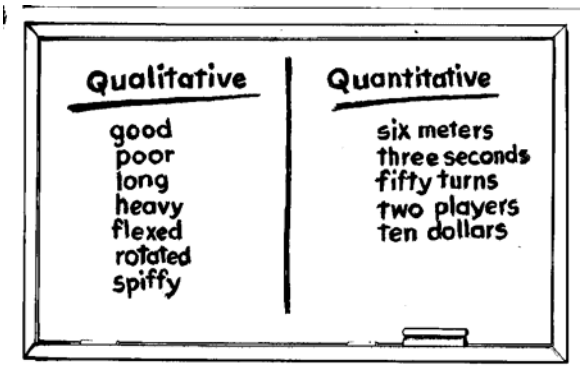
Quantitative versus Qualitative Problem

إن عملية تحليل حركة الإنسان يمكن إن يكون كميا او نوعيا، فكلمة كمي تعني بان الأرقام محددة أما كلمة نوعي فتعني وصف النوعية دون استخدام الأرقام، فعلى سبيل المثال فعند مراقبة انجاز الوثب الطويل سيتضح من الناحية النوعية بان تلك الوثبة كانت جيدة لمراقب، مراقب آخر يسجل نفس الوثبة ويعطي رقما 1،2م وهذا يعني بأنه أعطاها وصفا كميا.هناك أمثلة أخرى معروضة في (شكل 7 –1) (شكل 8–1) ومن الضروري إن نفهم بان مصطلح نوعي لا يعني عام ،فأوصاف النوعي يمكن إن تكون عامة ولكنها يمكن إن تكون مفصلة تماما وربما تكون محددة بشكل نوعي عام وعلى سبيل المثال فذلك الرجل الذي يمشي على الشارع ، انه يمكن أن نقول بان نفس الرجل يسير بشكل

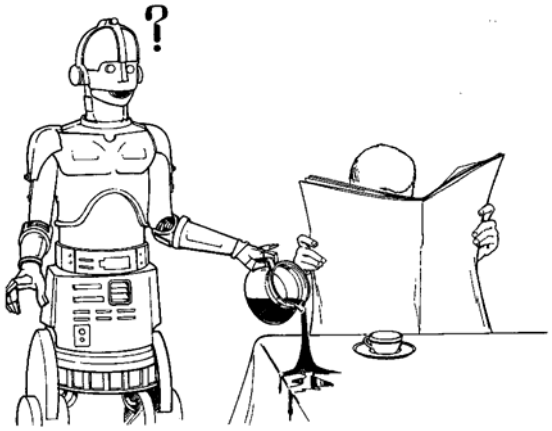
بطي ويظهر بأنه يسير مائلا إلى جهة اليسار وحاملا وزن على ساقه الأيمن لأقصر فترة ممكنة ،الوصف الثاني عبارة عن وصف نوعي تماما ولكنه يعطي صورة مفصلة للحركة.

كلا الوصفين النوعي والكمي يلعبان ادوار وظيفية هامة في عملية التحليل الحركي للإنسان.

- ✓ الكمية Quantitative:تشمل استخدام الأرقام.
- ✓ النوعية Qualitative:تشمل وصف نوع الأرقام.

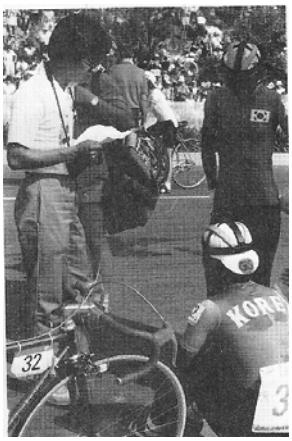


(شكل7–1) الوصف الكمي والوصف النوعي



(شكل 8–1) كميا الإنسان الآلي يخفق بمقدار 5 سم عن كوب القهوة ونوعيا الإنسان الآلي عاجز

أعتمد الباحثون بشكل كبير على التحليل الكمي لمحاولة الإجابة على أسئلة محددة تتعلق بنظام حركة الحياة ويعتمد الأطباء والمدربين ومعلمي التربية الرياضية وبشكل نظامي على الملاحظة النظرية لمرضاهم ولرياضيهم أو طلابهم في أبداء الآراء التقويمية والنصائح .



المدربون يعتمدون بشكل كبير على الملاحظة النوعية في الانجاز الرياضي عند طريق إعطاء النصيحة حول التكنيك المستخدم.

حل المسائل النوعية Solving Qualitative problems

بشكل عام فالمسائل النوعية تكثر في الفعاليات اليومية الاعتيادية إذ يتبادر إلى الذهن بان هذا النوع من المسائل غير ضروري وربما يساعد في توليد صعوبات ومشاكل أخرى عديدة.

إن تحليل حركة الإنسان سواء كان لإغراض تحديد أسلوب المشي أو تصحيح تكنيك الطالب هو عملية ضرورية وجوهرية في عملية حل المسالة سواء كان كميا أو نوعيا وهذا يتضمن تشخيص ودراسة وتحليل وبالتالي الإجابة على الأسئلة وأهمية المسالة.

ولتحليل فعال للحركة فانه من الضروري أولا صياغة سؤال أو مجموعة من الأسئلة مرتبطة بالحركة تعتمد على هدف محدد في عملية التحليل والأسئلة المطروحة يجب إن تكون عامة أو محددة .

فعلى سبيل المثال يجب إن تحتوي الأمثلة العامة ما يلي:

1. هل تودى الحركة بقوة كافية.
2. هل تودى الحركة بمعدل مناسب من الحركة.
3. هل عملية تتابع حركات الجسم مناسبة لتنفيذ المهارة.
4. لماذا تكون النساء الكبيرات ميالات إلى السقوط؟
5. لماذا لا يأخذ رامي الثقل مسافة أطول؟

والكثير من الأسئلة الدقيقة يجب إن تكون

1. هل يحدث إطلاق الكرة عند مد المرفق.
2. هل يحدث ميل متزايد عند مرحلة الوقوف.

الخطوة الثانية في تحليل حركة الإنسان هي عملية جمع البيانات ،شكل البيانات التي تجمع في الغالب عن طريق المعلمين والمدرسين وهي بيانات مراقبة عينية ونوعية وذلك ما يجعلنا نقول بان المحلل الحركي يراقب بإمعان.

المسائل الشكلية مقابل غير الشكلية

Formal versus Informal Problems

عندما نتصدى لمسالة مأخوذة من علم الرياضيات او أي علم فان هناك العديد من الأفراد يعتقدون بأنهم سيجدون الحل بشكل واضح ،إن طبيعة المسالة الرياضية تختلف عن مسالة أخرى ومن قبيل مالذي سترتديه في تجمع اجتماعي خاص اضافة الى ذلك فان المسالة غير الشكلية هي من أصعب المسائل واستنادا ل(Wickelren) فان المسالة الشكلية (مشكلة رياضية محددة) تحدد بثلاث عناصر:

1.تهيئة المعلومات المتوافرة

2.الهدف الخاص

3. تهيئة الطرق والعمليات التي يجب استخدامها في الإجابة على الأسئلة المطروحة.

- ✓ عند التعامل مع المسائل الغير شكلية فان الأفراد يجب أن يجدوا المعلومات المتوفرة. العمليات التي يجب إن تستخدم وحتى الهدف نفسه ربما يكون غير مشخص.

حل المسائل الكمية الشكلية

Solving Formal Quantitative Problems

إن المسائل الشكلية فعالة في ترجمة أفكار معرفية بشكل جيد وان مبادئ محددة يمكن فهمها وتطبيقها في عملية تحليل حركة الإنسان والأشخاص الذين يعتقدون بأنهم غير قادرين على حل المسائل لا يميزون ذلك وبان مهارات حل المسالة بالإمكان معرفتها وتعلمها والكتب الأخيرة التي تتعرض لمثل هذه المواضيع موجودة ومتوفرة وعلى أي حال فان غالبية الطلبة لم يطلعوا على فصل دراسي يتطلب خططا لحل المسألة.

الإجراء البسيط لحل المسائل يستلزم تتبع الخطوات المثالية وهي:

1. أقرأ المسالة بعناية: قراءة المسالة عدة مرات قبل تناول الخطوة التالية فقط في حال كون المعلومات المعطاة والسؤال الذي يتوجب الإجابة عليها مفهومة بشكل واضح في هذه الحالة يجب تجاوز الخطوة رقم (2)

2. دون المعلومات بشكل قائمة وبالإمكان استخدام الرموز مثل (حرف v) للإشارة إلى السرعة في عملية تمثيل العمليات الفيزياوية .

3.دوّن ما هو مطلوب وما الذي يتوجب تحديده باستخدام صيغة قائمة في حال إيجاد أكثر من مقدار.

4.ارسم مخطط يمثل المسالة ويشير بوضوح إلى الكميات المعلومة والمشخصة بعلامات الاستفهام بالرغم من إن هناك أنواع من المسائل لا تمثل تخطيط منطقي .

5.شخص ودون القواعد التي يمكن إن تكون مفيدة في حل المسالة .

6.من القواعد التي دونت في الخطوة رقم (5)اختر القاعدة (س) لكلا المتغيرين (في الخطوة2) والمتغيرات الغير معلومة (في الخطوة 3) إذا تضمنت الصيغة متغير واحد غير معلوم، اذن فالمتغير سيكون محدد عبر الخطوة(7)والخطوة رقم (8).

7.إذا لم نستطيع تشخيص القاعدة (في أكثر المسائل صعوبة) فمن المحتمل غدم القدره على تحديد المعلومات الجوهرية ولكنه بالامكان تحديدها باستخدام الاستنتاج والمزيد من التفكير والتحليل للمعلومة المطروحة فان اتضح ذلك فيجب إعادة الخطوة (1) وإعادة المعلومات المتعلقة بالمسائل المطروحة في الملخص.

8.الصيغة أو القاعدة المناسبة (s) شخصت اكتب القاعدة s بدل الكميات المعلومة في المسالة للرموز المتغيرة.

9. استخدم التقنيات الجبرية في مراجعة الإضافة (أ) ،حل المتغير غير المعلوم بواسطة (أ) اعد كتابة المعادلة لكي يصبح المتغير غير المعلوم معزول في

جانب إشارة التساوي وكذلك (ب) تقليل الأرقام في الجانب الأخر والمساواة في الكمية المنفردة .

10 .افحص الإجابة بشكل عام .هل تبدو صغيرة أو كبيرة جدا؟ فإذا كانت كذلك اعد فحص الحسابات مرة أخرى للتأكد.

11. احكم الإجابة وضمنها الوحدات الصحيحة للقياس.

الشكل يعطي ملخص لهذا الأجراء لحل المسائل الكمية الشكلية وهذه الخطوات يجب أن تدرس بعناية ويتم استخدمها في المسائل الكمية الموجودة في نهاية كل فصل

مسالة (1) و(2) يوضحان هذا الإجراء.

شكل 9-1 لاعب A يبعد عن المرمى 15 م ويبعد اللاعب B 10 م ،سدد اللاعب A الكرة باتجاه الهدف بسرعة 5 م/ثا ،وسدد اللاعب B الكرة بسرعة 9 م/ثا ، أي الكرتين ستصل الهدف أولا.

$$\text{الزمن} = \frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}}$$

الحل

1.اقرأ المسالة أولا.

2.دون المعلومات المذكورة:

أ. سرعة لاعب A =9م/ث

ب.سرعة اللاعب B =5م/ث

ج.المسافة بين اللاعب A والهدف=15م

ع.المسافة بين اللاعب B والهدف =10م

3.اكتب المتغير ليكون معلوما، جد أي الكرتين ستصل الهدف أولا؟

4.نرسم مخطط لحل المسالة

5.اكتب المعادلة المستخدمة

6.شخص القاعدة أو الصيغة مناسبة وذلك لعدم وجود معلومات ممثلة ترتبط بالحل.

7عندد قراء المسالة يجب إن تتوفر المعلومات اللازمة.

8.غذ المعلومات المذكورة إلى الصيغة.

$$\text{الزمن} = \frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}}$$

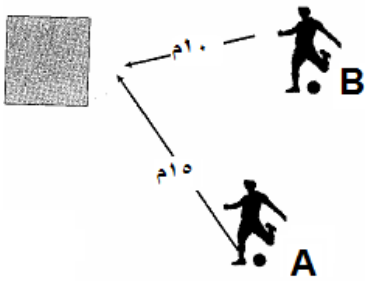
$$\text{اللاعب B} \quad \text{الزمن} = \frac{١٠\text{م}}{٥\text{م}}$$

$$\text{لاعب A} \quad \text{الزمن} = \frac{١٥\text{م}}{٩\text{م}}$$

9.حل المعادلات

$$\text{اللاعب B} \quad \text{الزمن} = \frac{١٠\text{م}}{٥\text{م}} = ٢\text{ثا}$$

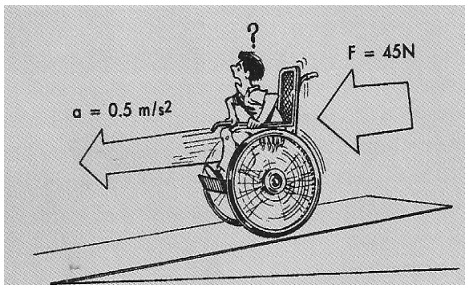
$$\text{لاعب A} \quad \text{الزمن} = \frac{١٥\text{م}}{٩\text{م}} = ١.٦٧\text{ ثا}$$



10.فحص الجواب بشكل معقول ومتكامل

11.الجواب لاعب A تصل كرته الهدف اولا ب 0.33 ثانية

شكل 10-1 رجل يجلس في كرسي متحرك يزن 20كيلو في قمة منحدر قصير فعندما تطلق الكوابح في الكرسي بشكل مفاجئ يبدأ الكرسي في الدوران هابطا إلى الأسفل ،معدل التعجيل 0.5 ثا، فإذا كانت القوة التي تسبب هبوط العجلة على المنحدر هي 45 نيوتن . فماهي كتلة الرجل؟



حل المسالة :

القوة=التعجيل × الكتلة

وحدة القوة= 45 نيوتن

كتلة الكرسي =20كيلو

التعجيل =0.5م

جد كتلة الرجل

الكتلة الكلية =كتلة الكرسي+ كتلة الرجل

القوة =الكتلة × التعجيل

45 نيوتن=كتلة الكرسي في كتلة الرجل في 0.5م/ثا

45 نيوتن =(20كيلو+ كتلة الرجل)

0.5م/ثا

45نيوتن −20كيلو= كتلة الرجل

0.5م/ثا

كتلة الرجل =70كغم

وحدات القياس Unite of Measurement

إن عملية إيجاد الوحدات الصحيحة للقياس المرتبط بالإجابة عن المسالة الكمية مهم جدا فالإجابة عن 2سم تختلف كثيرا عن الإجابة عن 2 كيلومتر، ومن المهم أيضا تمييز وحدات القياس المرتبطة بالكميات الفيزياوية فمن غير المناسب إن نعطي 10كيلو مترات من الكازولين في بلد اجنبي .

ان النظام السائد للقياس والذي لازال يستخدم في الولايات المتحدة هو النظام الانكليزي وهو نظام للوزن والقياس ويستخدم في عدة بلدان وبشكل أساسي لإغراض التجارة والرزم.هناك وحدات قياس محددة جاءت وبأوامر ملكية مثل الياردة وعرفت على أنها المسافة من نهاية انف الملك(هنري)الأول حتى أبها الذراع الممدود.

النظام الانكليزي للقياس يعرض منطق مصغر،فهنالك 12 انج الى القدم،3 أقدام للياردة، 5280 قدم للميل، 16 اونسه للباون و2000 باون للطن.

يعتمد ذلك القياس في كل الدول باستثناء الولايات المتحدة (النظام الدولي للوحدات)المعروف (s.i)أو (النظام المتري) كنتيجة لطلب الملك لويس (xvi) للأكاديمية الفرنسية للعلوم في بداية عام 1790 وعلى الرغم من إن النظام لم يعتمد بسرعة في فرنسا آنذاك ولكنه اعتمد فيما بعد في عام 1875.

معاهدة المتر وقعت من قبل 17 بلد اتفقت على تبني نظام المتر ومنذ ذلك الحين انتشر النظام المتري بشكل واسع لعدة أسباب:

1.انه يشترط أربعة وحدات ،أساسية المتر للطول والكيلوغرام للكتلة والثانية للزمنو ودرجة الكالفن لدرجة الحرارة.

2.فالوحدات الأساسية معرفة بشكل مختصر كميات يمكن أعادة تكوينها وهي لا تعتمد على عوامل مثل قوة الجاذبية وبعيدة عن تأثيراتها.

3. كل الوحدات المرتبطة بالعوامل العشرة بالتضاد مع العوامل الرقمية المعاكسة وهي ضرورية في نظام قياس الوحدات الانكليزي.

ونتيجة لتلك الأسباب وعلى الرغم من إن النظام المتري يستخدم حصرا بين المجتمع العلمي فان نفس النظام الذي استخدم في هذا الكتاب لأولئك المعروفين باستخدام النظام المتري فمن الضروري إن يكونوا قادرين على تمييز النظام الانكليزي التقريبي مساو للكميات المترية هناك عاملين لهما قيمة خاصة وهما 2.24 سم لكل انج و4.45 نيوتن لكل باوند،جميع الوحدات المرتبطة بالقياس في كل النظامين والنظام الانكليزي الشائع موجودة في الملخص (2).

إن علم البايوميكانيك علم نظامي يتطلب تطبيق المبادئ الحركية في دراسة أنظمة الحياة ذلك لان علم البايوميكانيك مستمد من حقول وقواعد أكاديمية وعلمية مختلفة والبحث البايوميكانيك يشخص ملامح كثيرة تعكس طبيعة الأسئلة المطروحة والمسالة التي ينبغي دراستها بالإضافة إلى ذلك فإن المعرفة الأساسية لعلم البايوميكانيك ضرورية في عملية التحليل الحر لحركة الإنسان بشكل مهني متكامل، بالنسبة لمعلم التربية الرياضية ،المدرب الخاص والمدربين وقادة الإبداع الرياضي.

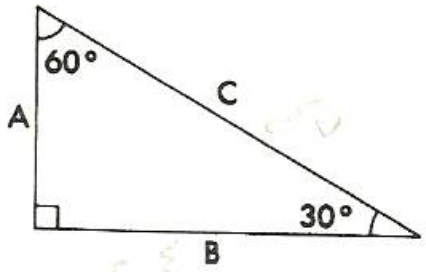
إن موضوع النظرية الحركية موجودة في هذا الكتاب ومستمر لتسهيل عملية تشخيص وتحليل حل المسائل والأسئلة المتعلقة بحركة الإنسان.

أختبر معلوماتك

ضع واقرأ ثلاث بنود من الأدب العلمي الرياضي التي تقرر نتائج الأبحاث البايوميكانيكية من قبيل (مجلة علم الحركة،الطب وعلم الرياضة والتمرين) وشخص فيما أذا كان البحث يرتكز على المظاهر المتحركة أو الساكنة وعلى أفكار الكينتك أو أفكار الكينماتك.

1. ضع قائمة ب8–10 مجلات تحتوي على مقالات بشكل نظامي متعلقة بالبايوميكانيك.
2. ناقش كيف يكون علم البايوميكانيك نافعا في حرفتك أو مهنتك.
3. اذكر ثلاث مهن وناقش أي منها كمية وأي منها نوعية.
4. اكتب وصف مسالة شكلية ومسالة غير شكلية.
5. بتعبيرك اكتب ملخص لخطوات حل المسالة المشخصة في الفصل.
6. خطوة بعد الأخرى وضح كيفية الوصول إلى الحل لواحدة من المسائل الموصوفة في المسالة (5).
7. طفلان يلعبان في ساحة كرة القدم. يبدأ تيم الركض لمسافة 15م عن الكرة ويبدأ جان بالركض لمسافة 12م عن الكرة ،معدل سرعة تيم 4.2م/ ثا أما معدل جان فهي 4.0م/ثا فمن منهما سيصل الكرة أولا؟ وضح كيف توصلت للإجابة
8. اختر حركة رياضية او مهارة معينة واقرأ اثنان أو ثلاثة مواضيع من الأدب العلمي التي تشير إلى نتائج الأبحاث البايوميكانيكية المتعلقة بالموضوع. اكتب في قصاصة تجمع المعلومات لوصف الحركة المختارة.
9. سارة تذهب إلى البقال وتنفق نصف المال،تتوقف في الطريق إلى البيت لشراء ايس كريم بمبلغ 0.78 سنت ثم تتوقف لتنفق ربع المبلغ المتبقي 5.50سنت فكم تملك ساره أصلا. الجواب 45.56 سنت .

10. وتر الزاوية القائمة في المثلث (a,b,c)بطول 4سم . ماهي أطوال الضلعين الآخرين. الجواب أ=2 ،ب=3.5 سم



11. في المثلث أ،ب،ج طول الضلع 4سم وطول الضلع ج هو 7سم ،فإذا كانت الزاوية ب،ج تساوي 50 فما هو طول الضلع (الجواب 5.4سم)
12. عداء يركض بدرجة 300م شمالا و400 جنوب غرب في درجة 45 شمالا فإذا ركض بسرعة ثابتة فكم يبعد عن نقطة الانطلاق الجواب (283.4م)
13. جون واد يشتركان في سباق 15 كيلو يركض جون بمعدل 4.4م/ثا خلال النصف الأول من السباق ومن ثم يركض بسرعة 4.2 م/ثا حتى 200م الأخيرة قطعها بمعدل 4.5م/ثا فبأي معدل سرعة يتوجب على اد إن يركض للوصول إلى جون؟ الجواب 4.30م/ثا
14. زورق يتجه شمالا في 3م/ثا في ساعة ثم يعود جنوب غرب في 45 درجة شمالا في 2م/ثا لمدة 45 دقيقة

أ . ما هو البعد الذي أبحره الزورق؟

ب. ما هو البعد من نقطة الانطلاق؟

الجواب(أ.16.2 كيلو ،ب.8.0 كيلو)

15. العمل مع مجموعة من الطلاب 3-5 اختر ثلاث حركات بشرية او مهارات حركية على سبيل المثال القفز العالي،اكتب قائمة بثلاثة أسئلة عامة لكل حركة وثلاثة أسئلة محددة بإمكان المحلل إن يجيب عليها.

16. العمل من مجموعة من الطلبة تتألف من 3–5 اختر حركة أو مهارة معروضة واختر احد الطلاب الذين يمكنهم تأديتها عدة مرات بينما يراقب بقية الطلاب المجموعة اكتب قائمة لا تقل عن ثلاث أسئلة عامة وثلاث أسئلة خاصة بإمكان المحل أن يعطي الإجابة التي تتعلق بالحركة.
17. اعمل مع مجموعة تتألف من 3–5 طلاب ستشاهد عن طريق الفيديو حركة او مهارة وبعد عرض الحركة عدة مرات اكتب قائمة على الأقل من ثلاثة أسئلة عامة وثلاث أسئلة محددة يمكن لمحلل إن يختار الإجابة المتعلقة بالحركة .
18. جد قيمة x للبيانات الآتية:

a. $x = 5^3$
b. $7 + 8 = x/3$
c. $4 \times 3^2 = x \times 8$
d. $-15/3 = x + 1$
e. $x^2 = 27 + 35$
f. $x = \sqrt{79}$
g. $x + 3 = \sqrt{38}$
h. $7 \times 5 = -40 + x$
i. $3^3 = x/2$
j. $15 - 28 = x \times 2$

19. وجه احد طلابك لتنفيذ عملية المشي بينما يراقب بقية زملائه جانبا إماما وخلفا فوق جهاز السير المتحرك Treadmill أو على الأرض ماهي الملاحظات التي يمكن تشخيصها للمشي من كل جانب وما هو المرئي والظاهر لأي جانب آخر.
20.

الفصل الثاني

مفاهيم الكينيماتك في
تحليل حركة الإنسان

Kinematic Concepts
for Analyzing Human Motion

بعد قراءة هذا الفصل سيتمكن القارئ من :

- ✓ إن يشخص مواقع الإشارة والمستويات والمحاور المرتبطة بحركة الإنسان.
- ✓ أن يعطي أمثلة للإشكال العامة للحركة المستقيمة والزاوية.
- ✓ أن يستخدم المصطلحات الاتجاهية وحركة المفصل بشكل صحيح فنيا وكيف يخطط ويدير عملية تحليل حركة الإنسان الكمية.
- ✓ يشخص ويصف استخدام الآلة المتوفرة لقياس كميات الكينماتك.
- ✓ ما هي أفضل العبارات لوصف أداء القفز؟
- ✓ هل من الأفضل أن يراقب أسلوب المشي من مشهد جانبي ،أمامي او مشهد خلف ؟
- ✓ ماهي سلبيات وايجابيات تحليل الحركة عن طريق الفيديو للمتابع غير الممارس.
- ✓ هناك اختلافا في المشاكل المعروضة بواسطة قافز الموانع ذو الخبرة والقافز في طور التعليم أو عمل الركبة الطبيعية والركبة المصابة المستعيدة لعافيتها جزئيا؟
- ✓ ما هي المهارات الضرورية وماهي الإجراءات المستخدمة في التحليل الفعال لحركة الإنسان الكينماتيكية.

السيطرة على التعابير الفنية المتعلقة بالجسم غير المعروفة خطوة أولى أساسية في معرفة المادة وكذلك فان معرفة بروتوكول التحليل العام الذي يكيف ويعدل الأسئلة المحددة أو مسائل من خلال حقل دراسة غير ذي قيمة.

في هذا الفصل سنستخدم التعابير الفنية لحركة الإنسان وأسلوب حل المسائل يعطي أرضية لحلول نوعية للمسائل في تحليل حركة الإنسان.

المصطلحات الفنية

STANDARD REFRENCE TERMINOLOGY

إن المعلومات المحددة عن حركة الإنسان تتطلب تعابير فنية خاصة تشخص بإيجاز موقع الجسم والاتجاهات.

موقع الإشارة التشريحي Anatomical Reference Position

إن موقع الإشارة التشريحي هو موقع الوقوف القائم بأقدام مفصولة قليلا والأذرع متدلية بارتخاء إلى الجانب وبراحتي يد متجهة أماما وهذا ليس موضع وقوف طبيعي ولكنه عبارة عن توجيه الجسم واصطلاحيا يستخدم كموقع إشارة أو كنقطة بداية عند تفريق مصطلحات الحركة.

موضع تشريحي وضع وقوف منتصب لكل أجزاء الجسم يتضمن راحتي اليد موجهه اماما

المصطلحات الاتجاهية Directional Terms

في وصف أجزاء الجسم او أي موقع خارجي تستخدم المصطلحات الاتجاهية وفيما يلي المصطلحات الاتجاهية الشائعة.

1. الأعلى Superior: الأقرب إلى الرأس
2. الأسفل Interior : الأبعد عن الرأس
3. الخلفي Posterior : الأقرب إلى الخلف
4. الوسطي Medial: باتجاه خط وسط الجسم
5. الجانبي Lateral : بعد عن خط وسط الجسم.
6. الأقرب Proximal:الأقرب إلى الجذع مثل الركبة اقرب إلى الكاحل
7. الأبعد Distal : بعيد عن الجذع المعصم ابعد من المرفق
8. باتجاه سطح الجسم Superficial
9. داخل الجسم Deep : وبعيد عن سطح الجسم

جميع هذه الاتجاهات يمكن إن تكون أزواج متضادة المعنى والقول بان المرفق هو الأقرب إلى المعصم هو قول صحيح كصحة القول بان المعصم ابعد من المرفق وكذلك فان الأنف أعلى من الفم والفم أسفل من الأنف.

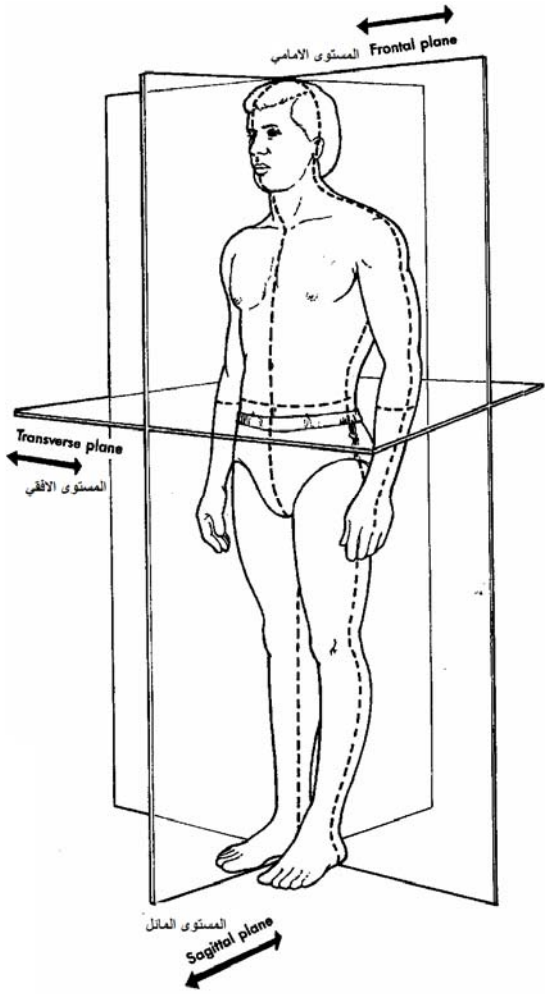
مستويات الإشارة التشريحية Anatomical Reference planes

تقسم الخطوط الوهمية الرئيسية الثلاث الجسم إلى ثلاثة أبعاد المستوي او المسطح هو عبارة عن سطح ذو بعدين يعرف بواسطة احداثيين جزئيين من ثلاث نقاط منفصلة لا تجتمع في نقطة واحدة ،ربما يكون عبارة عن فكرة سطح مستوي وهمي وتمثل هذه الأجزاء:

1. المستوى المسطح الجانبي Sagittal plane أو السطح الجانبي ويقسم الجسم أفقيا إلى نصفين يسار ويمين بنفس المقدار، والذي تحدث فيه الحركات الأمامية والخلفية لأجزاء الجسم.
2. المستوى المسطح الأمامي Frontal plane ويشير إلى شق الجسم أفقيا أمام وخلف بنفس المقدار، وتحدث فيه الحركات الجانبية لأجزاء الجسم.
3. المستوى المستعرض Transverse ويفصل الجسم إلى نصفين علوي وسفلي بنفس المقدار،ويحدث عنده دوران الخط المنحني.

عند الوقوف الفردي في موضع الإشارة التشريحي تلتقي المستويات الثلاثة الرئيسية في نقطة واحدة وتسمى مركز كتلة الجسم ومركز الجاذبية (شكل1-2) قد وردت خطوط الإشارة الوهمية هذه بدرجة 45 إلى اليمين.

وعلى الرغم من إن كامل الجسم يتحرك طولا أو بشكل موازي للخط الرئيسي فان حركة أجزاء الجسم الفردية يمكن إن توصف بأنها حركات بالمستوى الجانبي أو حركات بالمستوى الأمامي أو حركات بالمستوى المستعرض. وعندما يحدث ذلك فان الحركات التي وصفت عادة ما تكون موازية لأحد المستويات الرئيسية فعلى سبيل المثال الحركات التي تستلزم حركة امامية او خلفية يشار اليها حركات بالمستوى المائل فعند تنفيذ الدحرجة



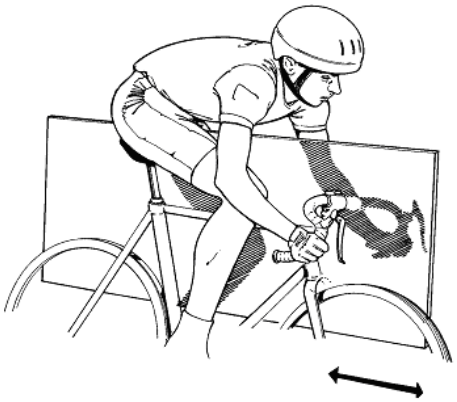
(شكل 1-2) يمثل الاتجاهات

الامامية فان كامل الجسم يتحرك بشكل موازي الى المستوى المائل وعند الركض في مكان معين فان حركة الذراعين او الساقين تكون للامام والخلف بالرغم من ان مستويات الحركة تمر خلال مفصلي الكتف والورك اكثر مما تمر في مركز الجسم.

إن حركات المشي وسباق البولنك وسباق الدراجات هي امثلة للحركات بالمستوى الجانبي (شكل2-2) والحركة بالمستوى الامامي هي حركة جانبية من الجانب إلى الجانب وكمثال للحركة المستوية الأمامية للجسم (الكارتويل، القفز على الجك، العبور الجانبي والضربات الجانبية في كرة القدم وتتطلب حركة مستوية أمامية لمفاصل الجسم.

الأمثلة عن حركة الجسم كليا المسطح او بالمستوى المستعرض تشمل حركة الفتل أو الالتواء التي ينفذها اللاعب الغطاس ولاعب الترامبولين ولاعب الجمباز الهوائي.

وعلى الرغم من إن الكثير من الحركات التي تدار بواسطة الجسم غير منحرفة بالمستوى الجانبي أو المستوى المستعرض أو الأمامي وعلى العموم فهي ليست مستقيمة فلا تزال مستويات الإشارة الرئيسية نافعة ومفيدة.



(شكل 2-2) يتطلب سباق الدرجات حركة منحنية بالمستوى الأمامي الخلفي Sagittal plane بواسطة الرجلين.

- ✓ المستويات الرئيسية cardinal planes : وهي ثلاث خطوط إشارة وهمية تقسم الجسم في النصف عن طريق الكتلة.
- ✓ مستويات الإشارة Reference planes : وهي مخطوط مفيدة في وصف حركة الجسم الكلية وتعريف الحركات المحددة فنيا.
- ✓ المسطح الجانبي Sagittal plane :وهو الخط الذي تحدث فيه الحركات الأمامية والخلفية لأجزاء الجسم.
- ✓ المسطح الأمامي frontal plane :وهو المستوي الذي تحدث فيه الحركات الجانبية للجسم او لأجزاء الجسم.
- ✓ المسطح المستعرض transverse plane: وهو خط وهمي يحدث عنده دوران المسطح الجانبي .

محاور الإشارة التشريحية Anatomical Reference Axes

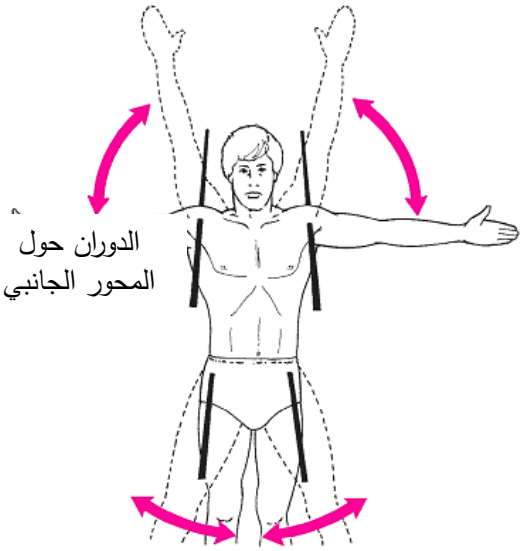
عندما يتحرك جزء من جسم الإنسان فانه سيتحرك ويدور حول مستويات وهمية للدوران تمر داخل المفصل المرتبط بالحركة ، فهنالك ثلاث مستويات إشارة لوصف حركة الإنسان كل منها عموديا على احد مستويات الحركة الثلاث.

1.يعرف المحور المستعرض بالحور الأمامي ويكون عموديا على الخط أو المسطح الجانبي (شكل3-2).

2.يحدث الدوران في المسطح الأمامي على المسطح الجانبي أو على المحور الأمامي الخلفي (شكل4-2).

3. يكون دوران المستوى المستعرض حول المحور الطولي (شكل5-2)، وللتميز بين هذه المحاور الثلاثة فإنها ستكون مرتبطة على الدوام بنفس المستوى الذي يكون فيه المحور بشكل عمودي.

(شكل 3-2)
للركض ،خطوط الدوران
الأكبر هي خطوط أمامية
تمر خلال الأكتاف والعجز.



(شكل 4-2) عندما يقفز شخص فان المحاور الأكبر للدوران هي محاور جانبية تمر خلال الأكتاف والعجز

(شكل 5-2) الدوران في مستوى مستعرض يحدث حول خط طولي

- ✓ المحور المستعرض Transverses axis : وهو خط وهمي يحدث حوله دوران المسطح الجانبي.
- ✓ المحور الخلفي الامامي Anteroposterior axis : خط وهمي يحدث حوله دوران الخط الأمامي أو المستوى الأمامي .
- ✓ الخط الطولي Longitudinal axis : خط وهمي يحدث حوله دوران المسطح المستعرض.
- ✓ الحركة العامة General motion: تستلزم الانتقال الحركي والدوران بشكل متزامن.
- ✓ المستقيم Linear : حركة طولية ربما تكون مستقيمة او منحنية بحركة جميع أجزاء الجسم بنفس الاتجاه وبنفس السرعة.
- ✓ الزاوية Angular: وهي حركة تستلزم الدوران حول خط مركزي او نقطة.

أشكال الحركة FORMS OF MOTION

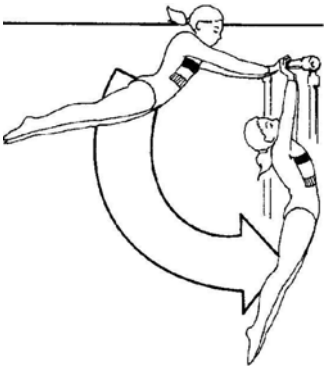
إن غالبية حركات الإنسان هي حركات عامة ،وهي عبارة عن تراكيب معقدة من عناصر الحركة الزاوية او الخطية وبما ان أشكال الحركة الزاوية والمستقيمة عبارة عن أشكال من الحركة ،ففي بعض الأحيان تكون نافعة في تحويل الحركات المعقدة إلى مركباتها الزاوية والمستقيمة عند القيام بتحليلها.

دوران قسم من الجسم عند أي مفصل يحدث حول المستوى أو الخط الوهمي يعرف بخط الدوران الذي يمر خلال مركز المفصل.

الحركة المستقيمة Linear Motion

تستلزم الحركة المستقيمة توحيد حركة أجزاء الجسم إذ يتحرك بنفس الاتجاه وبنفس السرعة وتشير السرعة المستقيمة إلى حركة انتقالية وعندما يتحرك الجسم فانه يتحرك كوحدة ولا تتحرك أجزاء الجسم مع بعضها البعض ،فعلى سبيل المثال فان المسافر النائم في طائرة هادئة تسير بخط مستقيم في الجو فإذا رفع ذلك المسافر يده لتصل إلى مجلة فالحركة المستقيمة لا تحدث لفترة طويلة وذلك لان موضع الذراع التابع للجسم قد تغير.

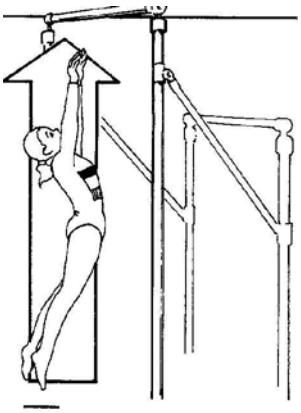
يمكن إن تكون الحركة المستقيمة حركة خطية فان كان الخط مستقيما فان الحركة ستكون خطية مستقيمة وإذا كان الخط منحنيا فالحركة ستكون خطية منحنية فعلى سبيل المثال يحافظ متسابقي(الموتور سايكل) على الوضع الساكن بينما تسير دراجته في ممر مستقيم فهو يتحرك حركة خطية مستقيمة ،أما إذا قفز المتسابق عن دراجته ولم يدور إطاره فكل من الراكب والموتور باستثناء العجلات يتحركون حركة خطية منحنية.



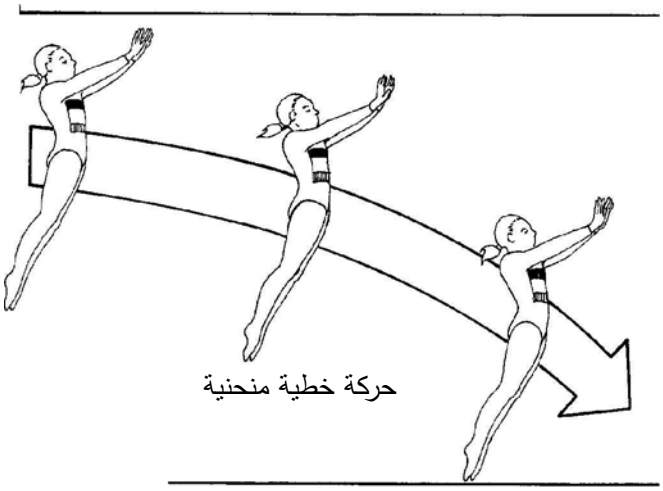
حركة دورا نية

- ✓ Translation: الحركة مستقيمة.
- ✓ Rectilinear: الحركة على طول خط مستقيم.
- ✓ Curvilinear: الحركة على طول خط منحني.

أما في حالة طيران المتزلج باتجاه منخفض صغير فانه سيتحرك بحركة خطية مستقيمة، فإذا قفز فوق ممر ضيق بكافة أجزاء جسمه متحركا بنفس الاتجاه وبنفس السرعة على طول ممر منحني ستسمى الحركة عندئذ بالحركة الخطية المنحنية،أما عندما يتحرك الزلاج ومتسابق الدراجات النارية فوق قمة تل فحينئذ لن تكون الحركة مستقيمة وذلك لان قمة الجسم تتحرك بسرعة اكبر من سرعة أسفل الجسم.



حركة مستقيمة خطية



حركة خطية منحنية

(شكل 6–2) يستعرض لاعب الجمباز حركة خطية مستقيمة،منحنية،دائرية

الحركة الزاوية Angular Motion

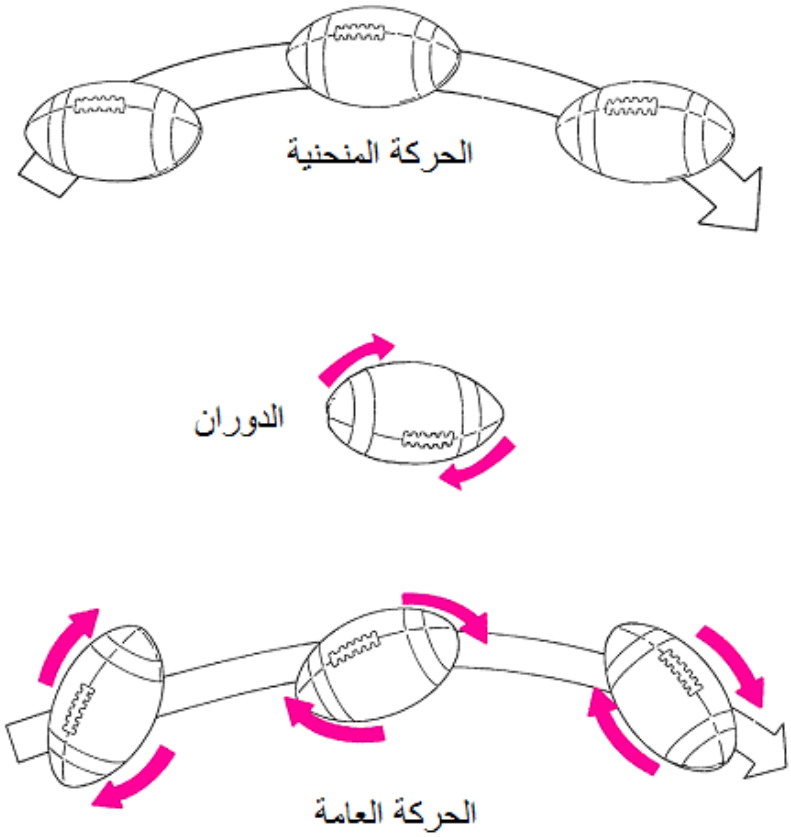
الحركة الزاوية هي حركة دوران الخط الوهمي المركزي والذي يعرف بخط الدوران العمودي على الخط او المستوي الذي يحدث عنده الدوران فعندما يودي لاعب الجمباز دوره كبرى على البار فان الجسم بكامله سيدور بخط دوران مار بمركز البار او العارضة وعندما يودي لاعب الغطس من القفاز المتحرك قلبه هوائية فان مركز الجسم يدور مرة أخرى في نفس الوقت حول خط وهمي للدوران والذي يتحرك بشكل طولي.

إن معظم الحركات البشرية القوية تستلزم دوران قسم من الجسم حول خط دوران وهمي يمر من خلال المفصل الذي يتصل بالقسم المتحرك من الجسم.وعندما تحدث الحركة الزاوية او الدوران فان أجزاء الجسم ستتحرك بثبات وبشكل يرتبط مع أجزاء الجسم الأخرى.

لاعب العقلة يمثل الحركة الزاوية

General Motion الحركة العامة

عندما تودى الحركة الخطية المستقيمة أو الدوران فان الحركة الناتجة ستكون شاملة ،فكرة القدم التي تنطلق تسير بخط مستقيم في الهواء بينما تدور بنفس الوقت حول الخط المركزي (شكل10-2) ويتحرك العداء بحركات زاوية لأجزاء الجسم في العجز ،الركبة،الكاحل، وعادة ما تكون حركات البشر من حركات شاملة أكثر منها حركات خطية مستقيمة أو حركات زاوية.



(شكل 7-2) يمثل الحركة العامة (الزاوية والمستقيمة)

النظام الميكانيكي Mechanical Systems

قبل أن تحدد طبيعة الحركة فيجب إن نعرف النظام الميكانيكي وأهميته في جميع الحالات ،يمكننا جسم الإنسان الكامل عادة للقيام بعملية التحليل في بعض الأحيان وفي أحيان أخرى يمكننا تعريف الجسم كذراع اليمين أو ربما كرة مرمية بذراع اليمين وعند تنفيذ رمية من أعلى فان الجسم بشكل عام سيعرض حركة شاملة. إن حركة ذراع الرمي هي عبارة عن حركة زاويه وحركة الكرة المقذوفة هي عبارة عن حركة مستقيمة،ولكن عند تحليل النظام الميكانيكي ،فيجب أن نختار المحلل الحركي استنادا إلى تركم الخبرة.

- ✓ محور الدوران axis of rotation: وهو خط عمودي على مستوى الدوران ويمر خلال مركز الدوران.
- ✓ اغلب نشاطات حركة الإنسان هي حركات شاملة ومتنوعة.
- ✓ النظام system :النظام الميكانيكي يختار بواسطة المحلل لغرض الدراسة.

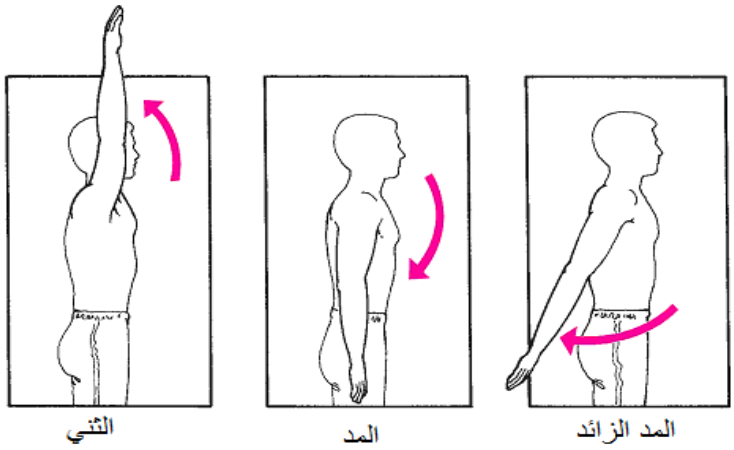
التعابير الفنية لحركة المفصل

JOINT MOVEMENT TERMINOLOGY

عندما يوضع جسم الإنسان كوضع إشارة تشريحي فكل أجزاء الجسم ستكون في موضع نقطة الصفر، فدوران قسم من الجسم بعيدا عن الموضع التشريحي يسمى استنادا لاتجاه الحركة ويقاس على انه الزاويه بين موضع قسم من الجسم والموضع التشريحي.

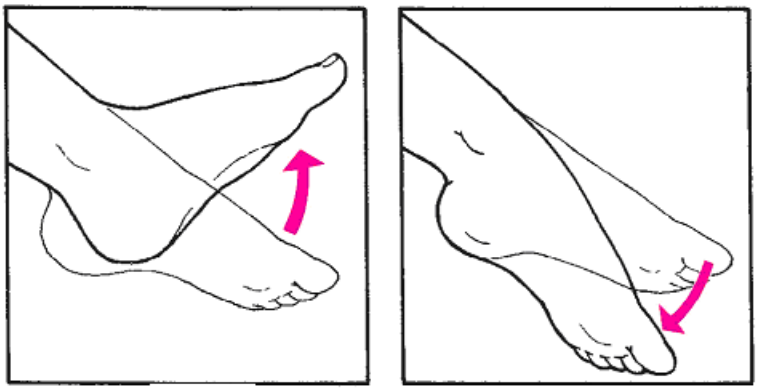
حركات المستوى الجانبي Sagittal Plane Movements

من موضع تشريحي فالحركات الرئيسة الثلاث التي تحدث في المستوى الجانبي هي المرونة،المد والمد الأقصى (شكل8-2) وتتضمن حركات المرونة دوران الرأس المتجه إلى الداخل والجذع والذراع إلى الأعلى والذراع والعجز أماما ودوران الساق بالمستوى الجانبي المتجه خلفا ويمكن تعريف المد على انه الحركة التي تعيد جزء من الجسم إلى الموضع التشريحي،أما المد الأقصى فهو الدوران بعيدا عن الموضع التشريحي في الاتجاه المعاكس للمد مثلما يحدث في حالة دوران الذراعين أو الساقين إلى داخل أو خارج الموضع التشريحي. أما بالنسبة لحركة الثني والمد والمد الأقصى في الركبة أو المرفق فيمكن أن تحدث أكثر مما تحدث بالمستوى الجانبي.



(شكل 8-2) الحركات المائلة للكتف

تحدث حركة الدوران بالمستوى الجانبي في الكاحل عندما تتحرك القدم بالتعاقب مع الساق السفلي وعندما تتحرك الساق السفلي بالتعاقب مع القدم ،وتعرف الحركة التي تاتي بقمة القدم باتجاه الساق السفلى بحركة الثني الخلفي Dorsiflexion(شكل 9-2).



(شكل 9-2) حركات المستوى الجانبي للقدم

حركات المستوى الأمامي Frontal plane Movement

هـي حركـات الـدوران فـي المسـتوى الأمـامي الكبـرى وتتمثـل بحركـات الإبعـاد والتقريـب، فحركـات الإبعـاد عبـارة عـن الحركـات التـي تحـرك قسـم مـن الجسم بعيدا عن خط المنتصف.

أما حركات التقريب فهي الحركات التي تعمل على تحريك أي جزء من الجسم لتجعلها اقرب إلى منتصف الجسم(Cartwheel)هناك حركات أخرى في المستوى الأمامي وتتضمن الدوران الجانبي للجذع والذي يطلق عليه يسارا او يمنين(الثني الجانبي) رفع وخفض حزام الكتف إلى الأعلى والأسفل بالتعاقب.

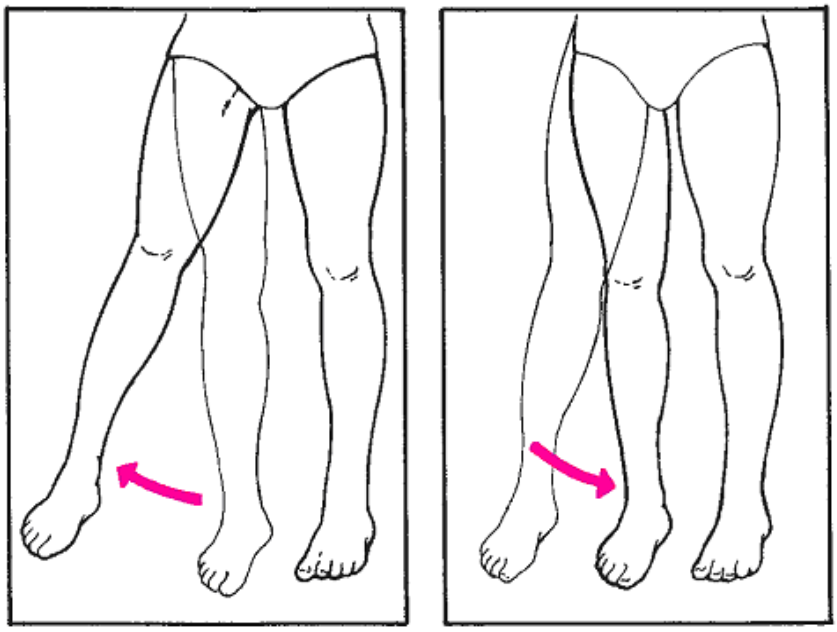
حركة العجلة البشرية (الكارتويل) هي حركات أمامية

دوران اليد في المعصم في المستوى الأمامي باتجاه الإبهام ويشار إليها الانحراف الكعبري ،أما دوران اليد باتجاه الإصبع الخارجي الصغير فيطلق عليه (ulnar deviation) الانحراف الزندي.

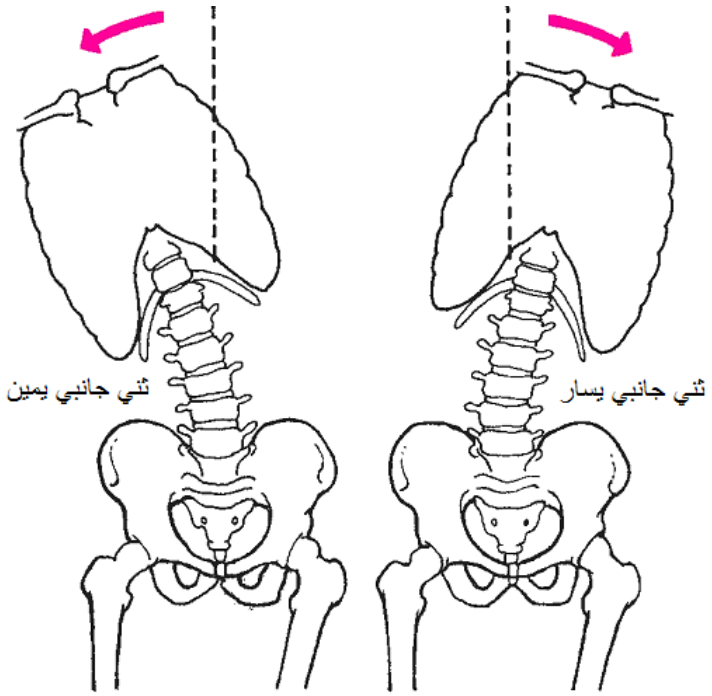
إن حركات القدم التي تحدث في الغالب في المستوى الأمامي هي عبارة عن حركات دوران باتجاه خارج القدم يطلق عليها مصطلح (everion) أما حركات الدوران باتجاه باطن القدم فيطلق عليها مصطلح (inversion) أي حركات عكس او قلب كذلك فان حركات الإبعاد والتقريب يمكن استخدامها لوصف حركات الدوران داخل او خارج القدم.

إن عمليتي(pronation) اللف على الوجه و(supination) الانبساط تحدثان في الغالب لوصف حركة حاصلة في مفصل(subtalar) فحركة (pronation) اللف على الوجه ستشكل من حركة (everion) وهي حركة الدوران باتجاه خارج لباطن القدم وحركة القدم باتجاه علوي انحراف القدم للخارج او حركة الانبساط (supination) فسترتبط بحركة العكس (inversion) أي الدوران باتجاه باطن القدم، الانحراف إلى الداخل والثني الثابت (plantar flexion).

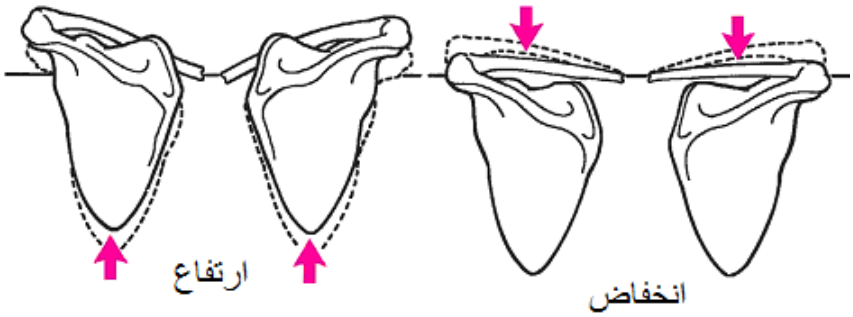
تستخدم حركات اللف او البسط في عملية وصف الحركة في مفصل(subtalar)اما حركة اللف في المفصل المذكور فتشكل من حركات البسط والابعاد والثني الخلفي إضافة إلى حركة اللف التي ترتبط بحركات العكس والتقريب وحركة الثني الاخمصي.



(شكل 10–2) حركات المستوى الأمامي للحوض او الورك



(شكل 11–2) حركات المستوي الأمامي للعمود الفقري



(شكل 12–2) حركات المستوى الأمامي لمفصل الكتف

حركات المستوي المستعرض

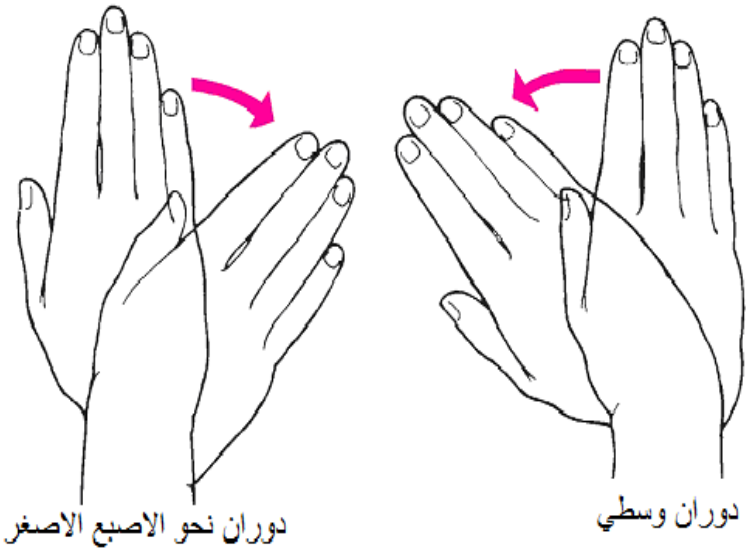
Transverse plane Movement

إن حركات الجسم في المستوي المستعرض هي عبارة عن حركات دورا نية حول الخط الطولي مستخدم الدوران إلى اليسار والدوران إلى اليمين لوصف حركات الرأس في المستوى المستعرض والرقبة والجذع ويدعى دوران الذراع او الساق في المستوى المستعرض يدعى بالدوران الوسطي عندما يكون الدوران باتجاه خط منتصف الجسم ودوران جانبي عندما يكون الدوران بعيدا عن خط منصف الجسم (شكل15-2).

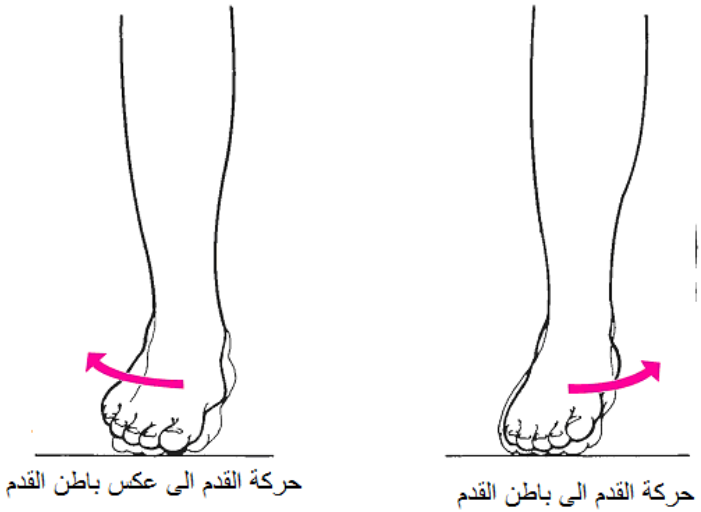
هنالك مصطلحات محددة تستخدم للحركات الدورانية لوجه الذراع والقدم.وتعرف حركات الدوران إلى الخارج والداخل بحركات اللف والبسط على التوالي (supination) و(pronation) (شكل16-2).

في الموضع التشريحي فان وجه الذراع هي وضع منبسط ،على الرغم من أن حركات الإبعاد والتقريب هي عبارة عن حركات في المستوى الأمامي عندما يمتد الذراع او الفخذ بدرجة 90، فان حركات هذه الأقسام في المستوى المستعرض من الموضع الأول إلى الموضع الجانبي يصطلح عليها الإبعاد الأفقي (horizontal abduction) (شكل17-2)، أما الحركات في المستوى المستعرض من الجانب إلى الموضع الأول فيطلق عليها بحركات التقريب الأفقي (horizontal adduction).

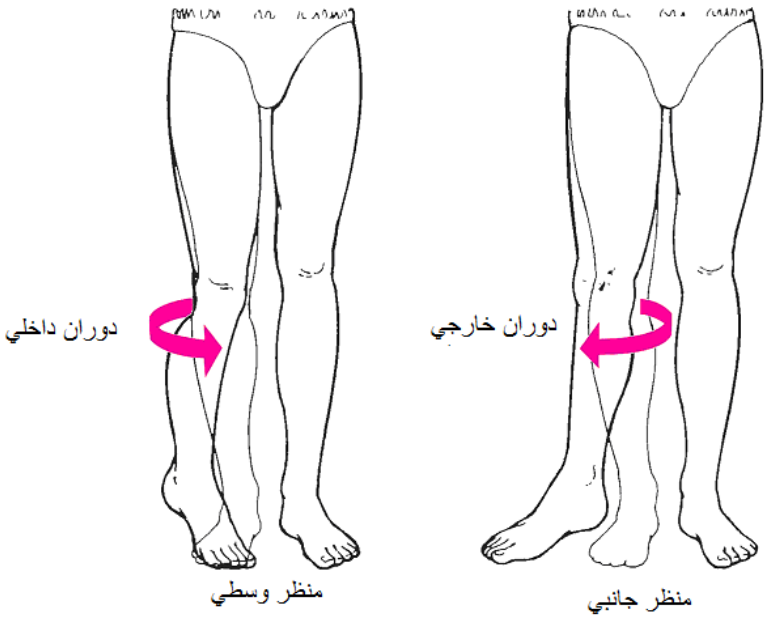
- ✓ حركات المستوي المستعرضTransverse plane:تتضمن دوران إلى اليمين واليسار والدوران الجانبي والرفع إلى الجانب والسحب أماما والأبعاد والانبطاح.



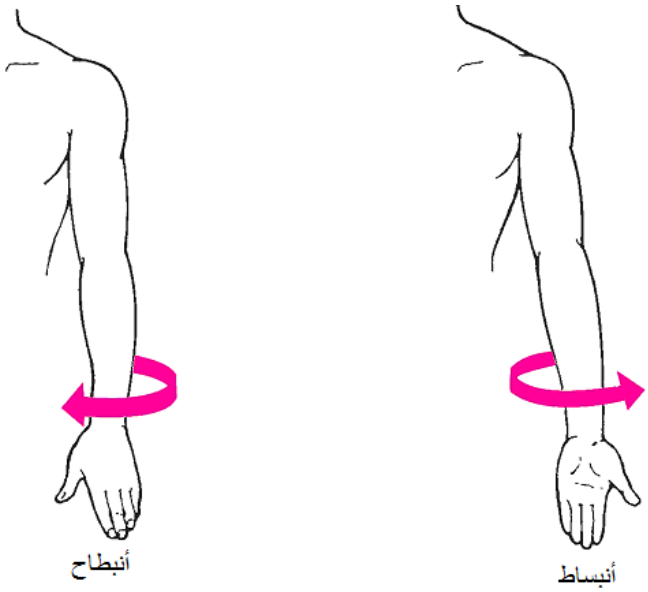
(شكل 13–2)حركات المستوى الأمامي لليد



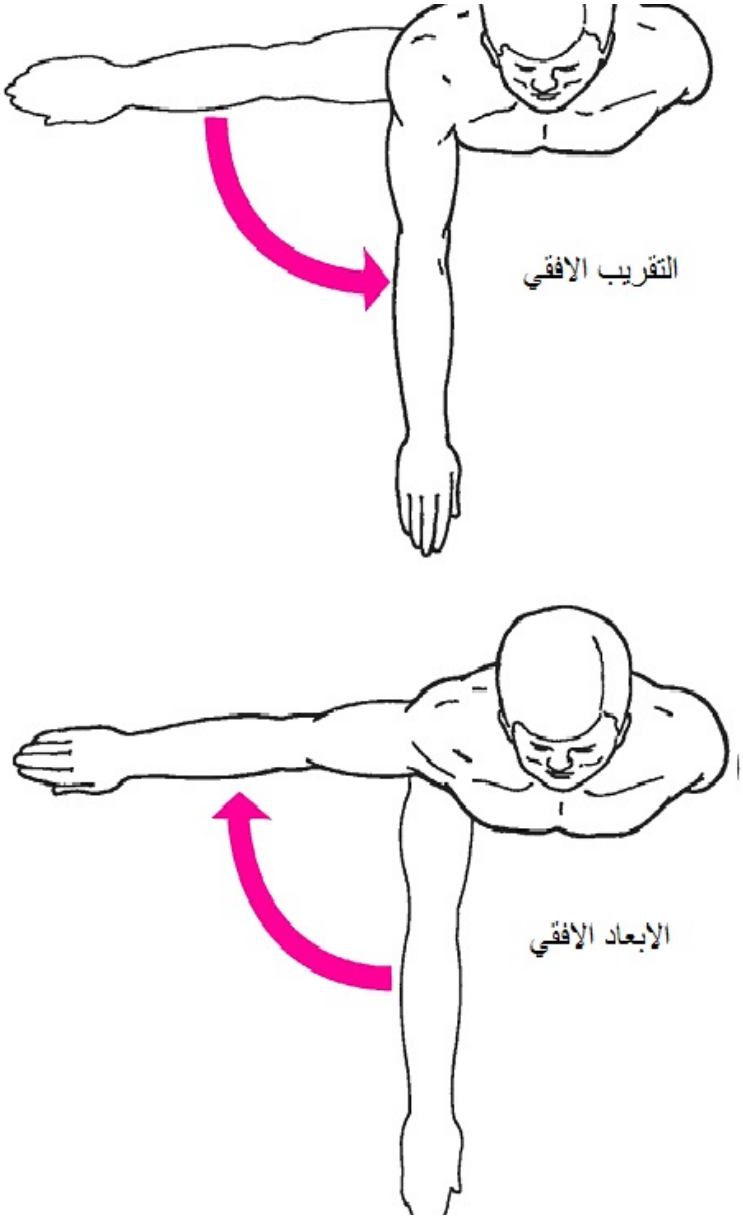
(شكل 14–2) حركات المستوى الأمامي للقدم



(شكل 15-2) حركات المستوى المستعرض للساق



(شكل16-2) حركات المستوى المستعرض لوجه الذراع



(شكل17–2) حركات المستوي المستعرض لوجه الذراع

Other Movement حركات أخرى

هنالك العديد من حركات الجسم التي تحدث في المستويات التي تميل بشكل قطري إلى المستويات الرئيسية التقليدية وذلك لان حركة الإنسان معقدة جدا ولذلك فان التشخيص الدقيق لكل مستوى لحركة الإنسان هو تشخيص غير عملي .

(شكل 18-2) تدوير الإصبع في مفصل السنعي السلامي metacarpophalangeal

حالة واحدة خاصة من الحركة العامة تتطلب حركة دورانية لجزء من الجسم عند تعقب اثر دائرة وهمية في الهواء بواسطة الإصبع بينما بقية اليد ثابتة ويتطلب ذلك(الدوران) حول مفصل السنعي السلامي metacarpophalangeal في مشط اليد ،الدوران بجميع حركات المرونة والمد والأبعاد والسحب الناتجة في شكل منحني لحركة جزء من الجسم.

يتطلب رامي الإرسال في التنس حركة قطرية(مائلة)

التحليل النوعي لحركة الإنسان

QUALITATIVE ANALYSIS OF HUMAN MOVEMENT

يتطلب التقييم النوعي لحركة الإنسان التعرف على خصائص وميزات الحركات وقابلية الملاحظة والتحليل فيما إذا كان الانجاز يتضمن هذه الميزات والخصائص.

وكما تقدم في الفصل الأول فان كلمة (نوعي) تشير إلى وصف الكمية دون استخدام الأرقام. فالملاحظة النظرية هي الطريقة الأكثر شيوعا في التحليل الكمي لميكانيكية حركة الإنسان بالاستناد إلى المعلومة المكتسبة من مشاهدة انجاز الرياضي لمهارة معينة ثم يتوجب على المعلمون والمدربون أن يطرحوا أفكارهم وأحكامهم وتوصياتهم حول القواعد اليومية وليصبح ذلك فعالا يجب ان لا يكون تحليلهم الكمي عشوائيا. ويجب أن يكون مخططا له ويدار عن طريق محلل ذو خبرة كبيرة ومعرفة بعلم البايوميكانيك،وعليه يجب أن لا يعتمد التحليل النوعي على التقويم الذاتي في تقويم الحركات ولاسيما التي تتميز بالسرعة لذا يجب أن تعتمد على تحليلها كمياً ونوعياً وتفصيل مراحلها حتى تكتشف الجوانب الجوهرية من حيث المسار والزاويا.

- ✓ يتطلب التحليل النوعي معرفة الغرض البايوميكانيكي المحدد للحركة والقابلية على معرفة أسباب الأخطاء المرتكبة.

تتطلب بعض الوظائف إجراء التحليل النوعي

معرفة مسبقة للتحليل النوعي

Prerequisite Knowledge for a Qualitative Analysis

هنالك نوعين لمصادر المعلومات لتشخيص المحلل لمهارة الحركة. الأول هو علم الكينماتيك أو الناحية الفنية المعروفة من قبل الرياضي أما المصدر الثاني فهو الإنجاز الناتج لتحليل مهارة حركة يجب على المحلل أولاً أن يفهم الغرض المحدد من المهارة من باب التتابع البيوميكانيكي فالهدف العام للاعب كرة الطائرة إرجاع الكرة بشكل قانوني عبر الشبكة إلى الجهة المقابلة. تحديداً، و هذا يتطلب تكثيف القوى الناتجة من دوران الجذع. مرونة الأكتاف، مد المرفق،واستقامة أمامية لمركز جاذبية الجسم، إضافة إلى الاتصال بالكرة في الزاوية و الارتفاع المناسب بينما الغرض النهائي لمتسابق الدراجات هو أن يزيد السرعة و المحافظة على التوازن للوصول إلى خط النهاية أولاً. و هذا يتطلب من الناحية البايوميكانيكية عدة عوامل مثل زيادة القوة العمودية نحو العتلات و المحافظة على الجسم المنخفض المنحني أماماً لتخفيف مقاومة الهواء.

بدون معرفة المبادئ البايوميكانيكية وثيقة الصلة بالموضوع فالمحلل ربما سيواجه صعوبة في تشخيص العوامل التي تساهم في الأداء أو تعرقله و ربما تفقد تفسير الملاحظات المسجلة، و بتحديد أكبر لتحليل مهارة الحركة بصورة فعالة على سبيل المثال يجب أنْ يكون المحلل قادراً على تشخيص سبب الخطأ من الناحية الفنية، و علامة مضادة للخطأ أو الأداء الخاطئ. لاعب التنس قليل الخبرة أو مدربي الكَولف يجب أنْ يركزوا على عرض الاندفاع أو المرونة الصحية بعد ضرب الكرة. المرور غير المناسب والملائم بعد ضرب الكرة ليس إلا علامة لخطأ الإنجاز المتدني و هو ما يؤدي ربما إلى فشل بداية الضرب مع دوران الجذع و مرجحة الظهر، أو فشل في مرجحة المضرب بسرعة انطلاق كافية و التشخيص سبب خطأ التنفيذ بحاجة إلى فهم علم حركة،حركة المهارة المطلوبة.

واحد من المصادر المهمة لمعرفة علم البيوميكانيك الخاص بمهارة الحركة هو الخبرة في إنجاز الحركة.إن الشخص الذي يقوم بتنفيذ المهارة بشكل دقيق هو في العادة قادر أنْ يحلل المهارة بدقة أكبر من الشخص الأضعف في تنفيذها. على سبيل المثال، فالبحث يوضح أنّ لاعب التنس ذو الخبرة أكثر إمكانية من اللاعب قليل الخبرة في تجاوز الأخطاء في ضربة التنس الأمامية، وهذا يعود جزئياً إلى حقيقة أنّ اللاعب ذو الخبرة غالباً ما يركز انتباهه بشكل أكبر من اللاعب قليل الخبرة بشكل صحيح عند تحليل الإنجاز.

البحث حول معلمي التربية الرياضية يوضح بأنهم عندما يقومون بتحليل الحركة، يتبين ان تركيز الانتباه يختلف باختلاف الخبرات الشخصية. و في كل الحالات، فإن المستوى العالي لمعرفة المهارة و الحركة يعمل على تحسين قابلية المحلل لتركيز الانتباه على المظاهر النقدية للفعالية الخبرة المباشرة في تنفيذ مهارة الحركة هي ليست الوحيدة و هي الطريقة الأفضل لكسب الخبرة في تحليل المهارة. فالرياضي الماهر غالباً ما يحقق النجاح ليس بسبب التكتيك الذي يعرضه وجدير بالذكر فان الرياضيين ليس بالضرورة أن يكونوا دائما الأفضل كمدربين، والمدربون الناجحون ربما شاركوا أو لم يشاركوا أبداً في الرياضات التي يدربونها.

المدربون و المعلمون و الأطباء يستخدمون عدة طرق لتطوير قاعدة المعرفة التي منها نستطيع أنْ نقيم مهارة الحركة. طريقة واحدة هي أنْ نقرأ المواد المتوفرة في الكتب. المجلات العلمية و مجلات التدريب. و على أية حال،لم يكتمل بحث جميع المهارات أو الحركات و بعض من ثقافة علم الحركة هو خفي جداً و مستتر، و ذلك ما يجعل التدريب النافع في علم الحركة مطلوب فهمه. وعندما نختار مادة للقراءة، فمن المهم أنْ نميز المواد والفقرات المدعومة بالبحث، بعض المدربين المعروفين أخطأوا في طرق الإحساس الشائعة لتحليل

المهارة، حيث ان هنالك فرص للتفاعل بشكل مباشر مع الأفراد الذين يمتلكون معرفة في المهارات الخاصة في المؤتمرات و الندوات.

تخطيط التحليل النوعي
Planning a Qualitative Analysis

حتى التحليل النوعي البسيط ربما ينتج معلومات خاطئة أو غير ملائمة إذا عومل بشكل عشوائي، و كلما ازداد تعقيد مستوى المهارة أو مستوى التفصيل التحليلي المرغوب فإن مستوى التخطيط سيزيد أيضاً.

الخطوة الأولى في أي تحليل هي أن تحديد الأسئلة الرئيسية للفائدة أو الأهمية. فهذه الأسئلة في الغالب تصاغ من قبل المحلل آنياً أو تلعب دور الغرض الأصلي للملاحظة. فعلى سبيل المثال:

- ✓ هل جراحة الركبة تعيد مشي المصاب إلى الحالة الاعتيادية؟
- ✓ لماذا يجد لاعب كرة الطائرة صعوبة في رد الكرة إلى الساحة المعاكسة؟
- ✓ ما الذي يسبب ألم الرسغ؟
- ✓ ببساطة تنفذ المهارة بالفعالية المطلوبة؟
- ✓ هل إنّ وجود سؤال أو عدة أسئلة في الدماغ يساعد في تركيز قابلية التحليل في تشخيص الأسئلة التحليلية المناسبة التي تعتمد على معرفة المحلل في علم البيوميكانيكية الحركية.

المحلل يجب أنْ يحدد المشهد القادم الذي يصور الحركة، فإذا كانت الحركات الأكبر حركات بمستوى واحد مثلما يحدث للدراج في سباقات الدراجات، أو عند ميل الذراع لالتقاط كرة من أسفل اليد، فالمشهد المنفرد مثل المشهد الجانبي أو المشهد الخلفي يمكن أن يكون كافياً. أما إذا كانت الحركات تظهر بأكثر من مستوى واحد، فاستخدام أكثر من مشهد منظور ربما يكون نافعاً

و مفيداً. في بعض الأحيان و على سبيل المثال فمراقبة حركات عين الرياضي تعطي معلومات قيمة. الخطأ الشائع لدى لاعبي التنس المبتدئين هو النظر عبر الشبكة إلى المكان الذي يعتقدون أنهم يردون الكرة عنده أكثر من تعقب الكرة العيني بشكل كاف لمسار الكرة العالية ليعين نقطة اتصال الكرة بالمضرب.

أما في المبارزة فالتركيز على فكرة الحركة السريعة لنصل أو سيف الخصم يمكن أنْ يكون خطأً قاس أو عنيف، و ذلك ما يسهل فعالية هجوم الخصم.

بينما يتطلب المستوى الواحد مشهد منظور واحد فقط، فمحلل الحركة بالنسبة للمستويات المتعددة للمهارة بجب أنْ يشاهد الحركة في أكثر من اتجاه مسافة مشاهدة المحلل المنفذ الحركة يجب أنْ يختارها بدقة (شكل 19-2)

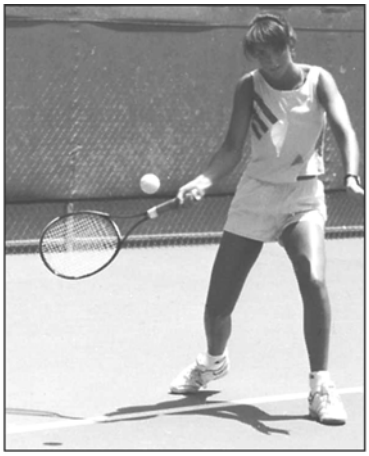
(شكل 19–2) بينما يتطلب المستوى الواحد مشهد منظور واحد فقط ، فمحلل الحركة بالنسبة للمستويات المتعددة للمهارة يجب أن يشاهد الحركة في أكثر من اتجاه.

إذا رغب المحلل مراقبة حركتي الانبطاح الداخلي subornation و الانبطاح الخارجي subsupination في سير المريض على آلة السير المتحركtreadmill فالمشهد الخلفي القريب لأسفل الساقين و القدمين يصبح ضروريا و عملية التحليل عندما يتحرك لاعب كرة الطائرة في الساحة من خلال

سلسلة من الألعاب تحت ظروف لعب مختلفة هي انجاز ممتاز من بعد معقول وموقع مرتفع.

هنالك اعتبارات أخرى وهي عدد المحاولات لتنفيذ الحركة التي يجب أنْ تلاحظ في الفصل الدراسي لصياغة أي تحليل، فالرياضي الماهر يجب أنْ يعرض الحركة التي تختلف قليلا من خلال الأداء، و لكن الطفل الذي يتعلم الركض لا يتمكن من أخذ خطوتين متشابهتين، لذا فان الاعتماد على تحليل مراقبة الإنجاز المنفرد هو غير ذي حكمة.

- ✓ التضارب الكبير في حركات المنفذ والعدد الكبير للملاحظات يجب أنْ يأخذ بعين الاعتبار.

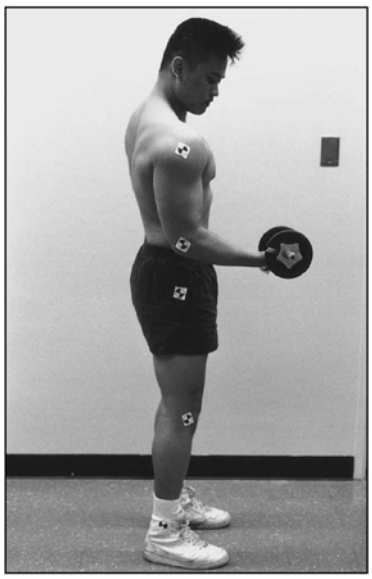


عيون لاعب التنس يجب أنْ تتبع الكرة العالية القادمة بشكل كافي لتستطيع الاتصال بالمضرب.

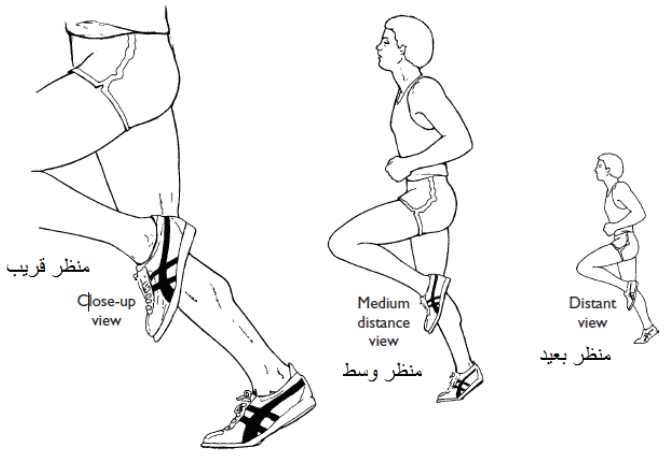
هنالك عوامل أخرى يمكن أنْ تؤثر على نوعية الملاحظات مثل:

1. ملابس المنفذ
2. طبيعة البيئة المحيطة.

فعندما يدرس الباحث في علم البايوميكانكيك، الكينماتيك لحركة خاصة، فالملابس يجب أنْ ترتدى بأقل ما يمكن ولكي لا تكون الحركة محجوبة أو غير واضحة كما هو الحال في الصفوف التعليمية. وفي المسابقات التنافسية،وتمارين الفريق.



بإمكان محلل الحركة التحليل بشكل أفضل عندما تقنن عملية لبس الملابس لأن المحلل سيشاهد الحركات بشكل أدق.



(شكل 20–2) مسافة المراقبة بين المحلل و المنفذ يجب أنْ تعتمد على أسئلة محددة لمدى الأهمية.

المحلل يجب أنْ يحدد المكان المثالي (س) الذي يستطيع من خلاله تصور الحركات لأكبر مد رئيسي، مد السيقان في سباق الدراجات أو قذف الذراع في التقاط الكرة من الأسفل.

تتابع تصوير منفرد مثل مشهد جانبي أو مشهد خلفي ربما يكون كافيا. وظهور الحركة بأكثر من مستوى، تحركات الذراعين أو الساقين خلال سباحة الصدر أو حركة الذراع خلال مرجحة لعبة البيسبول في مثل هذه الحالات يحتاج المراقب إلى أنْ يصور الحركة في أكثر من مشهد للرؤية و المراقبة.

العوامل المهمة عند تخطيط التحليل النوعي
FACTOR TO CONSIDER WHEN PLANNING A QUALITATIVE ANALYSIS

1.ما هي المشاكل المحددة التي يجب أنْ تحل أو الأمثلة التي تحتاج إلى أجوبة التي تتعلق بالحركة.

2.من أية زاوية أو مسافة يمكن لمشاهد الحركة ذات المشكلة أنْ يشاهد عندها بشكل أفضل.

3.كم هي عدد الإنجازات التي يجب أن تراقب أو تلاحظ.

4.هل الزي الخاص أو الإنارة أو البيئة الخلفية لها دور في تيسير عملية المراقبة.

5.هل عملية تسجيل الحركة فيديوياً مفيدة أو نافعة.

الكاميرا الفيديوية مهمة لتحليل حركات الإنسان

و التي لا يمكن أنْ تكون عملية، فالمحلل يجب أنْ يكون عارفاً بأن اللبس الفضفاض يعيق مشاهدة الحركات الدقيقة ،أما الإنارة الكافية وعدم صرف الانتباه في خلفية الألوان المتباينة لها أثر ايجابي في تحسين رؤية الحركة المنفذة.

أن الاعتبار الأخير يكمن في الاعتماد على استخدام المراقبة النظرية فقط أو في استخدام الكاميرا فعندما تزاد أهمية سرع الحركة، عندها يصبح الاعتماد على المراقبة النظرية غير عملية فعين البشر لا يمكن أنْ تحلل الفعاليات التي تجري في غضون أقل من ربع ثانية . وبالنتيجة حتى المراقب الدقيق ربما لا يستطيع ملاحظة مشاهد مهمة من الحركات المنفذة سريعاً.

الفيديو كذلك يساهم في مساعدة المنفذ في مشاهدة الحركة. فالمشهد المتكرر للحركة عامل مساعد بالنسبة لمنفذ الحركة و المحلل، إضافة الى العرض البطيء و الصورة المنفردة ممكن أنْ يساعدان في فصل المشاهد النقدية للحركة.

وأخيرا فالمحلل يجب أنْ يعرف بأنه من الضروري العودة لاستخدام الفيديو و معرفة موضوع حاجة الكاميرا في بعض الأحيان وهي عوامل يمكن ان تودي الى حدوث تغييرات كبيرة في الانجاز.

- ✓ إعادة المراقبة لمهارة الحركة تمكن من التدرج في أخطاء الانجاز.
- ✓ محلل الحركة يجب أن يعرف بأنّ المنفذ ربما يكون مرتبكاً و ربما يقوم بتحوير تكتيكه بغير قصد عندما يستخدم جهاز التسجيل.

إدارة التحليل النوعي

Conducting a Qualitative Analysis

على الرغم من التحليل الدقيق والنوعي فهناك بضعة أسئلة جديدة ربما تطرح أهميتها في الفصل الدراسي في عملية جمع الملاحظات فربما يحدث تحوير في الحركة يحدث خصوصاً عندما يكون المنفذ غير ماهر،حتى عندما تكون القضية ليست هذه، فالملاحظات ربما تطرح أسئلة جديدة مهمة على سبيل المثال:

- ✓ ما الذي يسبب الاختلال في مرجحة لاعب الكولف؟
- ✓ ما هي تغيرات التكتيك التي تحدث فوق درجة 30 إلى 40م في معدل 100م ركض؟ .

والتحليل الدقيق هو ليس برمجة مسبقة قوية و لكنه في الغالب يستلزم تشخيص استفسارات جديدة و يتطلب حلاً للمشاكل المطروحة والمعلم والطبيب أو المدرب في الغالب مرتبطون في عملية مستمرة لصياغة التحليل، وجمع ملاحظات إضافية و صياغة التحليل الحالي بالإضافة إلى ، الإجابة على الأسئلة المشخصة والتي تتطلب أنْ يكون المحلل قادراً على أنْ يركز على المشاكل النقدية للحركة، وأحدهما الخطأ البيوميكانيكي المشخص بشكل عام، فإنه غالباً ما يكون مفيداً للمحلل أنْ يشاهد المنفذ في أكثر من محاولة و التدرج من الصفر فصاعداً، فمشكلة تقييم تكتيك ماسك الكرة يجب أنْ يبدأ بمراقبة سرعة الكرة غير الكافية والتقدم في تقييم حركة الطرف العلوي، و الانتهاء بتشخيص سحب المعصم غير الكافي عن انطلاق الكرة.

يجب أنْ يعرف المحلل أنْ كل تنفيذ لمهارة الحركة مهم و فعال من خلال مواصفات و مميزات المنفذ، و هذه تتضمن عمر المنفذ، الجنس (مذكر أو مؤنث). اضافة الى العوامل الأنثروبومترية (الطول و الوزن) ... الخ و مقاييس المهارة التي يمكن من خلالها أنْ يعمل صغير العمر قبل المدرسة بعبارات نحو إنجاز ناضج و ماهر ربما يكون ذو مردود معاكس ، وبما أنّ التمرين يعمل

على تحسين القوة العضلية و معدل حركة المفصل، يحتاج محللي حركة الإنسان إلى معرفة متزايدة و حساسية عالية للاحتياجات الخاصة للمواطنين الكبار الذين يرغبون في تطوير مهارات الحركة الخاصة،كذلك يجب أنْ يعرف المحلل بأنّ الجنس ليس ضرورياً كأساس صالح لمختلف الإنجازات.فقد أوضح البحث بأنه قبل البلوغ أن أغلب اختلافات الإنجاز المرتبطة بالجنس على الأرجح ناتجة ثقافياً أكثر مما تحدد بيولوجياً.

الفتيات الشابات لا يتوقعن أنْ يكنَّ ماهرات أو ناشطات كنشاط و مهارات الأولاد الشباب، و لسوء الحظ وفي عدة استعدادات تستمر هذه التوقعات من الطفولة حتى تصل إلى سن المراهقة و البلوغ.

العوامل الهامة في إدارة التحليل النوعي.

FACTORE CONSIDER WHEN CONDUCTING A QUALITATIVE ANALYSIS

1.إعادة المشاهدة و بعض الأحيان إعادة تشكيل وصياغة أسئلة محددة مركزة.

2.إعادة مشاهدة الحركة تساعد في التدرج في إزالة أسباب أخطاء الأداء.

3.التعرف على خصائص و مميزات المنفذ.

4.الانتباه إلى العبارات غير المرئية.

5.اطلب من المنفذ التحليل الذاتي (تقييم الذات).

6.اهتم باشتراك المحللين الآخرين بعرض المساعدة.

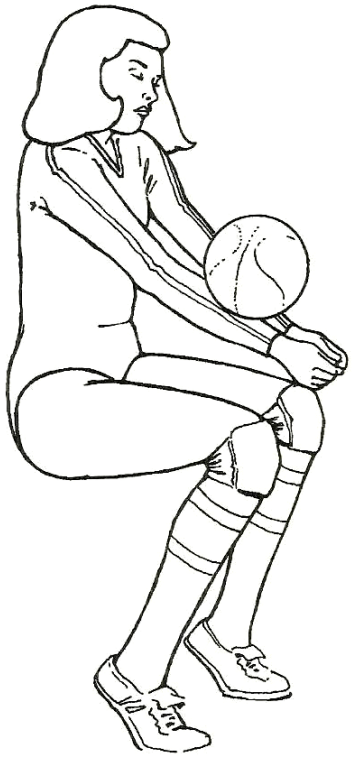
7.تمرن أو تدرب على تحليل المهارات لتطويرها تدريجياً.

محللي إنجازات الإناث يجب :

- ✓ أنْ لا يقفوا وراء سوء الفهم الثقافي و العلمي حيال إزالة هواجسهم و توقعاتهم تجاه الفتيات أو النساء بالاعتماد على الجنس.
- ✓ يجب أن يكونوا ذوو حس عالي تجاه العوامل الأخرى التي تؤثر على الإنجاز، هل المنفذ صاحب خبرة؟ هل الشمس في عينيه؟ هل هو في حالة من التعب؟

لدعم المراقبة العينية أو النظرية، يجب أنْ يعرف المحلل أنّ الأشكال غير النظرية للمعلومات في بعض الأحيان يمكن أنْ تكون مفيدة عند تحليل الحركة. فعلى سبيل المثال، المعلومات السمعية يمكن أنْ تكون مفاتيح حل للطريقة التي تنفذ فيها الحركة. الاتصال الصحيح لمضرب الكَولف مع أصوات الكرة يختلف عندما يتصدى المضرب للكرة من الأعلى، الطقطقة في كرة البيسبول للمضرب عند ضرب الكرة تشير إلى أنّ الاتصال كان مباشراً أكثر مما كان طائشاً. صوت الاتصال المزدوج في ذراعي لاعب الكرة الطائرة مع الكرة ربما يشخص ضربة غير قانونية (شكل21-2). كذلك فإن أسلوب مشي المريض يظهر اضطراب صوت المسير.

- ✓ المحلل يجب أنْ لا يتجاوز القيمة الجوهرية للطرق غير النظرية لكسب المعلومات.



(شكل21-2)

المعلومات السمعية مثل صوت صد الكرة باليدين يمكن أنْ يكون مفيداً في تحليل الحركة.

هنالك مصدر آخر للمعلومات و هو التغذية الراجعة للرياضي. فصاحب الإنجاز ذو الخبرة الكافية الذي يستطيع أنْ يميز حركة خاصة بالمقارنة مع التعديل الحقيقي لنفس الحركة و ذلك ما يجعله مصدر مهم للمعلومات. و على أية حال،

(هوفمان) أشار إلى أنّ الإخفاقات في الإنجاز ربما تنتج عن أخطاء في التكنيك أو الإدراك أو صناعة القرار.وان التشخيص الحسي وأخطاء صناعة القرار و الإدراك غالباً ما يكون اكثر اهمية من الملاحظة النظرية. وفي مثل هذه الحالات،فان وضع أسئلة مهمة على صاحب الإنجاز ربما يكون مفيداً. و على أية حال، فالمحلل يجب أنْ يهتم بالوارد الموضوعي من صاحب الإنجاز لربطه مع أكثر الملاحظات موضوعية.

هنالك طريقة أخرى جوهرية لتعزيز اكتمال أي تحليل و هي تتم بإشراك أكثر من محلل فبإمكان الطلبة في عملية تعلم أي مهارة حركية جديدة عندما يشكلون فريق واحد لتحليل إنجازات بعضهم البعض تحت توجيه المعلم بشكل دقيق.

ختاماً فالمحللون يجب أنْ يتذكروا بأنّ مهارة المراقبة تتجسد من خلال التدريب، البحث يشير إلى أنّ التدريب في التحليل العام و التمييز البصري للملامح النقدية لمهارة أية حركة يمكن أنْ يطور و بشكل دراماتيكي قابلية المحلل. و كلما اكتسب المحلل الخبرة، كلما أصبحت عملية التحليل أكثر معلومات و أكثر فاعلية. المحلل الخبير قادر بشكل كبير على تشخيص الأخطاء أكثر من المحلل المبتدئ الذي يتوجب عليه أنْ يغتنم أي فرصة للتمرين على تحليل الحركة في إعدادات علمية و مخططة بعناية.

- ✓ قابلية التحليل الفعال تتطور من خلال التدريب.

أدوات قياس الكميات الحركية
TOOLS FOR MEASURING KINEMATIC QUANTITIVE

يمتلك علماء البيوميكانيك نظام واسع من التجهيزات المتوفر لدراسة حركات الإنسان. فالمعرفة يمكن أنْ تكسب من خلال استخدام هذه الأجهزة و هي غالباً ما تنتشر في المجلات المهنية أو التعليمية للمعلمين، الأطباء، المدربين، وكل المهتمين بحركة الإنسان.

التصوير السينمائي و تصوير الفيديو
Cinematography and Videography

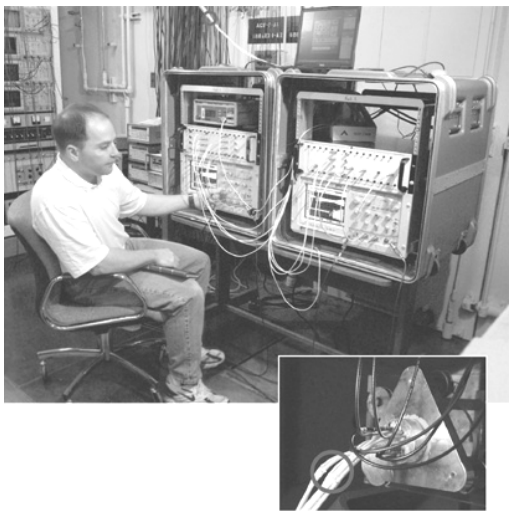
بدأ المصورون استخدام الكاميرا في دراسة حركة الإنسان و الحيوان في أواخر القرن التاسع عشر. كان (إدوارد مايبرج) وهو أشهر مصور مناظر طبيعية بريطاني غالباً ما قام بنشر مقالاته التي تطري أعماله. إذا استخدم مايبرج الكاميرات الثابتة المسيطر عليها إلكترونياً المصطفة بالترتيب مع الجهاز أو آلة إلكترومغناطيسية متنقلة لالتقاط سلسلة من التصويبات من قبيل الخبب و عدو الأحصنة، و بهذا أعيد حل الاختلاف حول فيما إذا كانت كل الحوافر الأربعة رفعت في الهواء في آن واحد أم لا.

يمتلك المحلل الحركي المعاصر اليوم العديد من الأنواع المختلفة للكاميرات و هذه الكاميرات التي تستخدم بشكل كبير لتوثيق حركة الإنسان و تتابع الحركة هي كاميرات الفيديو و كاميرات تصوير (8) و (16). كاميرا الفيديو الأساسية تلتقط الصور (60 صورة في الثانية الواحدة) بالاعتماد على نوعية وحدة الإعادة، أقل من 60 صورة في الثانية قادرة على التحليل بشكل نوعي خلال مشاهدة الشريط. الكاميرات الثمينة و المعقدة المتوفرة بإمكانها التقاط عدد أكثر من الصور خلال الثانية و تعطي ثبات أفضل للصورة عند دمج السرعة المتنوعة.

كلا الكامرتين (8 و 16) تعطي ثبات للصورة أفضل منه في نظام الفيديو التقليدي. و كاميرات (السوبر 8) تعمل إلى حد64 شكل أو صيغة خلال الثانية الواحدة، بينما تعمل كاميرا 16مم فتعمل إلى حد 500اطار أو يزيد في الثانية الواحدة.

ان نوع الحركة و متطلبات التحليل تحدد بشكل كبير اختيار الكاميرا و نظام التحليل. الموجود بشكل واسع و البديل الأقل ثمناً هو الفيديو التقليدي وهذا الوسيط كافي للتحليل النوعي للحركات البطيئة أو الأثر العام لطريقة الحركة مثل طريق أو مجال اللاعب خلال اللعب و اضافة الى ذلك، فالحركات السريعة هي مقللة للغشاوة على الفيديو التقليدي. أغلب حركات الإنسان تدرس بشكل كافي عن طريق الفيلم أو الفيديو مأخوذ من كاميرا مغلقة بمعدل من (50–200Hz) وعلى الرغم من الحركات السريعة، فان مرجحة لاعب الكولف ربما تحتاج 500الى صورة أو أكثر في الثانية.

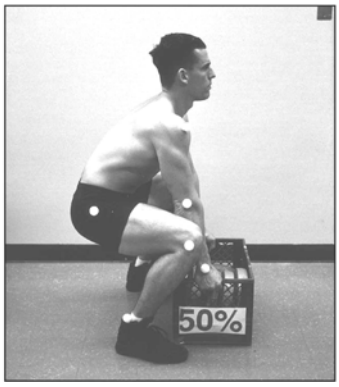
ينجز المحلل عادة فيلم كمي أو تحليل فيديو جهاز الكومبيوتر الذي يساعد في حساب أهمية الكميات الحركية لكل صورة. الإجراء التقليدي لتحليل أي فيلم أو صورة يستلزم عملية تدعى الترقيم (digitizing). و هذا يتطلب قلم يد ومؤشر و فأرة فوق مراكز المفصل الفاعلة أو نقاط الأهمية الأخرى و بالتنسيق بين (x–y) لكل نقطة تخزن في جهاز كمبيوتر صورة بيانات. بعض الأنظمة تساعد في ترقيم النقاط المتقابلة العالية على الفيلم أو الفيديو بواسطة الكمبيوتر.



المرقم هي آلة التي تشخص أو تحدد موقع (x–y) بالتنسيق مع مراكز المفصل و نقاط الأهمية الأخرى في الصورة أو الفيلم أو الفيديو

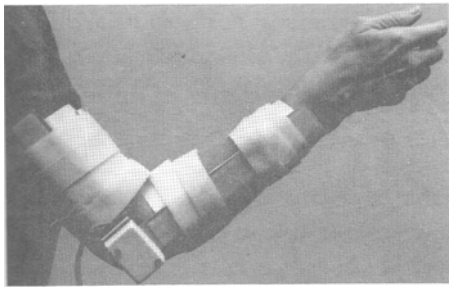
أجهزة إعادة الحركة الإلكترونية
Optoelectronic Movement Monitoring Systems

هنالك طريقة أخرى للتحليل الكمي لحركة الإنسان و التي تزيل عملية الترقيم اليدوي وتستلزم ربط الأضواء الإلكترونية الدقيقة وتعرف بـ أقطاب إطلاق الضوء أو مؤشرات عاكسة فائقة الدقة فوق مراكز مفصل الجسم. كاميرا الكمبيوتر تقتفي أثر هذه الأضواء او المؤشرات تساعد في حساب الكميات من ناحية الأهمية. وهذه الأنظمة وبالذات التي تستخدم نظام (LEDs) غالبا ما تكون مقيدة لحركة الشخص جاعلة إياهم اقل تفاءلا في عملية تحليل الحركة والتي لا يمكن تنفيذها بشكل طبيعي.



أقطاب إطلاق الضوء (LEDs) غالب ما تعمل على تقييد مناورة الشخص.

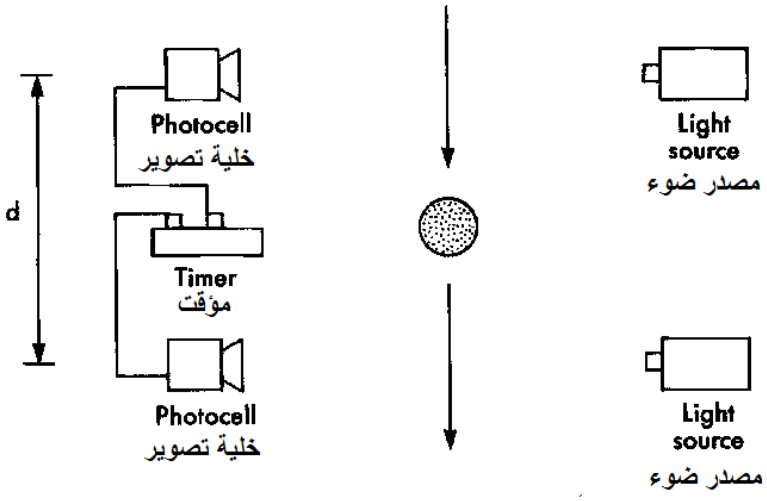
- ✓ مؤشرات المفاصل العاكسة يمكن تتعقب أثر بواسطة الكاميرا بالترقيم الأوتوماتيكي للحركة.



الكتروجنيومتر electrogoniometer يسجل الزاوية الموجودة في مفصل المرفق.

حركات الجسم تشير إلى المستوى الأمامي و المستعرض متناسبة على التوالي مع الخطوط المستعرضة، الخلفي الأمامي، و الطولي. معظم حركات الإنسان هي عامة، بمركبتين مستقيمة و زاوية وهنالك حزمة من المصطلحات الخاصة تستخدم لوصف حركات مفاصل جسم الإنسان ومعلمي النشاطات الرياضية والأطباء و المدربين يستخدمون و بشكل روتيني التحليل النوعي لتقسيم و تصحيح و تحسين حركات الإنسان.

- ✓ معرفة الغرض البيوميكانيكي المحدد للحركة و التخطيط المسبق الدقيق ضروريات للتحليل النوعي الفعال. هنالك عدد من الأدوات المتوفرة لمساعدة البادئين في جمع الملاحظات الحركية لحركة الإنسان.



(شكل22-2)

الضوء،خلية التصوير،المؤقت تمهد لقياس الحركة عندما تمر الكرة خلال منطقة الجهاز،عارضة الضوء تركز على خلية التصوير فترسل إشارة إلى المؤقت ،سرعة الكرة تحسب على أنها المسافة بين خلايا التصوير مقسومة على فترة الوقت المقاسة.

لنطبق المثال التالي في عملية التحليل: سندس هي مهاجمة قوية في المدرسة العليا لكرة الطائرة كانت خارج الفريق لمدة أسبوعين لإصابتها في الكتف بشكل غير حاد ،موخرا وافق طبيبها على عودتها الى ممارسة التمرين ،احمد مدرب سندس لا حظ بان حذاء السابيك يتحرك بشكل بطي وتعترض بسهولة من اللاعب الخصم .

1.ما هي المشاكل التي تحتاج الى الحل والأسئلة والأجوبة المتعلقة بالحركة

2.احمد سال سندس أن يتأكد بان كتفها غير مولم بعدها استنتجت بان الخطا في التكتيك لا يزال موجودا.

3.من أي زاوية وأي مسافة يمكن أن تراقب المشاهد الخاطئة؟هل تحتاج الى أكثر من مشهد وبالرغم من إن حذاء السبايك للاعب كرة الطائرة يستلزم دوران المستوى المستعرض للجذع ،فان حركة الذراع أساسا هي في المستوى المائل .احمد لذلك قرر أن يبدأ المراقبة من المشهد المائل من جانب ذراع سندس الضاربة.

4.كم عدد الحركات المنجزة التي يجب أن تراقب ؟وبما إن سندس هي لاعبة ماهرة وحذاء السبايك يسبب الانطلاقة البطيئة،استنتج احمد بان سندس تحتاج إلى مراقبة قليلة.

5.هل تحتاج الملابس الخاصة ،الإنارة او طبيعة البيئة في تسهيل عملية المراقبة؟ عندما يعمل الفريق خارجا وتحت إنارة جيدة ويرتدي اللاعبون ملابس دون أكمام فلا داعي للتعديلات الخاصة لعملية التحليل.

6.هل سيكون تسجيل الفيديو ضروريا او مفيدا ؟حذاء السبايك في كرة الطائرة هو سريع الحركة نسبيا ،ولكن هناك نقاط اختبار محددة تمكن المراقب ان يراقب في الوقت الدقيق .هل القفز العمودي أساسيا وهل هو كافي لوصول اللاعب الى أعلى الشبكة؟وهل ذراع الكرة الضاربة بنفس المكان مع الذراع العلوية في إبعاد عمودي أقصى سابق لمرجحة الذراع ليتيح معدل عالي لحركة الذراع ؟هل حركة الضربة بدأت بدوران الجذع متبوع بثني الكتف ؟وهل نفذت الحركة بشكل متناسق للمساعدة في فعل قوة كبيرة الى الكرة ؟

1.إعادة المشاهدة وبعض الأحيان إعادة التشكيل او الصياغة10اسئلة مهمة ومحددة.

2.إعادة مشاهدة الحركة يساعد على التخلص التدريجي من أخطاء الانجاز وبعد مشاهدة سندس لأكثر من ثلاث مرات ،شك احمد بان سندس لا تضع ذراعها العلوي في إبعاد عمودي أقصى للتحضير لعملية الضربة.

3.يجب أن تعرف مميزات المنفذ تكلم احمد مع سندس جانبا وطلب منها ان تضع ذراعها فوق مكان التحضير للضرب ،سال سندس هل هذا الوضع مولم أم لا .فأجابت سندس كلا ليس مولم .

4.من المناسب أن نطلب من المنفذ التحليل الذاتي احمد اخبر سندس بأنه شك بان سندس كانت تحمي الكتف بأنها لا تدور ذراعها بعيدا الى الوراء بشكل كافي للتحضير للقفز،هي تستطيع ان تصحح المشكلة ،قفزات سندس اللاحقة نفذته بانطلاقه أسرع.

5.اهتمم بطلب مساعدة الآخرين..فقد سأل احمد مدربه المساعد أن يشاهد سندس لتذكر التمرين ليحدد فيما إذا صححت المشكلة أم لا.

ملخص SAMMRY

حركات الجسم تشير إلى المستويات المائل،الأمامي والمستعرض متناسبة على التوالي مع الخطوط المستعرض،الخلفي الأمامي والطولي،اغلب حركات الإنسان هي عامة بمركبتين مستقيمة وزاوية.

حزمة من التعابير الخاصة تستخدم لوصف حركات مفاصل جسم الإنسان.

معلمي النشاطات الرياضية ،الأطباء والمدربين يستخدمون وبشكل روتيني التحليل النوعي لغرض تقييم وتصحيح وتحسين حركات الإنسان.

المعرفة بالغرض البايوميكانيكي المحدد للحركة والتخطيط المسبق الدقيق ضروري للتحليل النوعي الفعال.

هنالك عدد من الأدوات المتوفرة للباحثين في جمع الملاحظات الحركية لحركة الإنسان.

أختبر معلوماتك

1. استخدام تعبير الحركة المناسب، اكتب وصف نوعي لإنجاز كرة القفز المنفردة.
2. استخدام تعبير الحركة الصحيح، اكتب ووصف نوعي لتنفيذ أقصى قفزة أو وقت.
3. اختيار الحركة التي تظهر أساساً في واحد أو ثلاثة مستويات، صف هذه الحركة نوعياً بشكل مفصل.
4. شخص خمس حركات تظهر أساساً في كل ثلاث مستويات رئيسية. الحركة يجب أنْ تكون من مهارات رياضية أو نشاطات من الحياة اليومية.
5. اختر حركة شائعة وأدرج العوامل التي تساهم في الإنجاز الماهر مقابل الإنجاز غير الماهر لتلك حركة.
6. اختر حيوان معروف. هل يتحرك الحيوان بنفس مستويات الإشارة التي يتحرك فيها الإنسان؟ ما هي الاختلافات الرئيسية في طرق حركة هذا الحيوان لطرق حركة الإنسان.
7. اختبر مهارات الملاحظة عن طريق المراقبة الدقيقة للرسمين الموضحين. اكتب قائمة بالاختلافات التي تمكنك من التمييز بين الرسمين .

8. اختر حركة شائعة و اكتب قائمة لمشاهد الحركة التي تراقب بشكل أفضل عن قرب تبعد 2–3م و تتجه بشكل معقول. اكتب تفسير مختصر لاختيارك.
9. اختر حركة و اكتب قائمة لمشاهد الحركة التي تراقب بشكل أفضل من المشهد الجانبي و المشهد الأمامي و الخلفي و المشهد العلوي. اكتب تفسير مختصر لاختياراتك.
10. اختر واحد من الأنظمة الموصوفة. و اكتب إنشاء قصير موضحاً فيه الطريقة التي يستخدم فيها السؤال الذي يتعلق بحركة الإنسان و أهميتها لك.
11. اختر حركة مشهورة و شخص الطرق التي يكون فيها الإنجاز فعال من ناحية القوة و المرونة و التنسيق.
12. اكتب قائمة لثلاث مهارات لحركة الإنسان التي يجب أنْ تراقب من مشهد جانبي أو مشهد أمامي أو خلفي أو مشهد علوي.

13. اختر حركة ليست مستقيمة، و اكتب وصف نوعي لتلك الحركة بشكل وافي و مفصل لتمكين القارئ تصور الحركة.
14. اختر حركة غير مستقيمة. و اكتب مسودة قائمة منهج لتطبيق تحليل تلك الحركة.
15. ما هي الآراء الخاصة الواجب على المحلل أنْ يمتلكها في إنجازات الحركة إذا كان المنفذ مواطن صغير العمر؟ فتاة مدرسة ابتدائية؟ مبتدئة؟ ولد بدين؟
16. ما هي فوائد و أضرار جمع بيانات المراقبة على مهارة الرياضيين خلال المناقشة كرد فعل لدورة التدريب
17. اختر الحركة التي تعرف بها و اكتب قائمة لخمسة أسئلة و كمحلل حركي يجب أنْ تطلب من المنفذ أنْ يكسب معرفة إضافية عن الإنجاز.
18. اكتب قائمة للميزات السمعية لخمس حركات و وضح لكل حالة كيفية إعطاء هذه الميزات للمعلومات حول طبيعة إنجاز الحركة.
19. اكتب قائمة للفوائد و الأضرار المترتبة على استخدام كاميرا الفيديو بالمقارنة مع عين الإنسان لجمع البيانات الرقابية.
20. ضع مقالة في مجلة بحث مهنية تستلزم وصف حركي لأهمية الحركة لك. ما هي الآلة التي تستخدم بواسطة الباحثين؟ ما هي مسافات المشاهدة و ما هي التصورات التي استخدمت؟ كيف يتم تطور التحليل الموصوف؟
21. راقب و حلل منفذ منفرد يؤدي إلى مركبتين متشابهتين و لكن في قسمين مختلفين لحركة خاصة؟ أسلوبين للرمي و أسلوبين للمشي. وضح ما هي المشاهد المتوالية في المشاهد التي اخترتها لجمع البيانات الرقابية لكل حركة. اكتب إنشاءين عن كينماتيك أثناء الحركات.

22.راقب مهارة رياضية واحدة عندما تنفذ بواسطة شخص ماهر عالي المستوى وشخص متوسط المستوى و آخر ضعيف المهارة. صف بشكل نوعي الاختلافات الملحوظة.

23.اختر الحركة التي تجيد مهارتها بشكل معقول. خطط و نفذ الملاحظات للفرد الأقل.

24.مهارة التي يقوم بتنفيذ الحركة و أعطي علامات شفوية لذلك الفرد. اكتب وصف العلاقات المعطاة إضافية إلى نسبة كل علاقة.

25.اختر شريك و خطط و نفذ التحليل الرقابي للحركة من حيث الأهمية. اكتب تحليل ملخص عن إنجاز الحركة. اكتب إنشاء يشخص فيه أن الطرق التي تكون فيها عملية التحليل متغيرة بواسطة إشراك الشريك.

26.خطط و نفذ دورة فيديو للحركة البطيئة. تنفذ من قبل اثنين مختلفين. اكتب تحليل تناسبي لا مجازي للاثنين.

الفصل الثالث

مفهوم الكينتك لتحليل الحركة

Kinetic Concepts
for Analyzing Human Motion

أساسيات البايوميكانيك ..... مفهوم الكينتك لتحليل الحركة

بعد إكمال هذا الفصل سيتمكن القارئ من :

- ✓ معرفة وتشخيص الوحدات العامة لقياس الكتلة،القوة،الوزن،الضغط،الحجم، الكثافة، الوزن الخاص،عزم الدوران، والحافز.
- ✓ تشخيص ووصف الأنواع المختلفة للأحمال الميكانيكية التي تؤثر على جسم الإنسان.
- ✓ تشخيص ووصف استخدامات الآلات و الأجهزة المتوفرة لقياس الكميات الحركية.
- ✓ تستطيع التمييز بين المتجهة و الكميات القياسية.
- ✓ تستطيع أنْ تحل المشاكل الكمية و التي تستلزم المتجهة الكميات المستخدمة في التصوير و إجراءات علم المثلث.
- ✓ عندما يتحرك الزورق بواسطة الريح أو الجريان في أي اتجاه سيغادر؟
- ✓ ما كمية القوة التي يجب أنْ تستخدمها الزلاجة؟
- ✓ ما هي العوامل التي تحدد كسر العظم عند السقوط؟ أجوبة هذه الأسئلة تتبع من علم الكينماتيك، في دراسة القوى.

جسم الإنسان يولد و يقاوم القوى خلال النشاطات اليومية قوى الجاذبية و الاحتكاك وتمكن الانتقال عندما تنتج القوى الداخلية بواسطة العضلات و المشاركة الرياضية تستلزم استعمال القوة للكرات و المضارب وامتصاص القوى بالاصطدام بالكرات،الأرضية أو السطح و الخصم في كافة أنواع الرياضة.الفصل سيقدم علم الكينتك الأساسي و أفكاره المستمدة من عملية فهم هذه النشاطات.

مفاهيم أساسية تتعلق بعلم القوى (الكينتك)

BASIC CONEPTS RELATED TO KINETICS

إن فهم أفكار و مبادئ الكتلة، القصور الذاتي، الوزن، الضغط، الحجم، الكثافة، الوزن المحدد، عزم الدوران و الحافز يعطي قاعدة مهمة لفهم تأثيرات القوى.

الكتلة Mass

الكتلة هي مقدار ما يحتويه الجسم من مادة، والرمز المهني للكتلة هو الحرف (m). الوحدة العامة للكتلة في النظام المتري هي الكيلوغرام (kg). أمّا وحدة الكتلة الإنكليزية فهي (slug) التي هي أكبر بكثير من (kg) في الاستخدام الشائع.

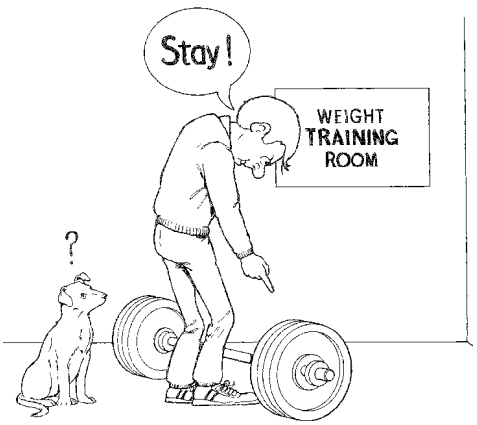
القصور الذاتي Inertia

القصور يعني مقاومة الفعل أو التغيير (شكل1-3) و بنفس التعبير فالتعريف الميكانيكي هو مقاومة التعجيل، كذلك فالقصور الذاتي هو ميل الجسم للحفاظ على حاله. الثبات الحالي للحركة سواء كان الجسم غير متحرك أو يتحرك بسرعة ثابتة، فعلى سبيل المثال:

- ✓ عارضة بوزن 15كيلوغرام موضوعة على الأرضية بشكل ثابت تميل إلى المحافظة على حالة الثبات و عدم الحركة.
- ✓ لاعب تزلج ينزلق على سطح على سطح أملس عنده ميل إلى الاستمرار في التزلج بخط مستقيم بسرعة ثابتة.

و على الرغم من أنّ عزم القصور ليس وحدة قياس. فكمية القصور الذاتي للجسم تتناسب بشكل مباشر مع كتلة الجسم. فالمادة الأثقل بطبيعة الحال هي

الأكثر ميلاً إلى ثبات حالة حركتها و هي الأكثر صعوبة في محاولة تغيير حالة ثباتها.



شكل(3–1) المادة الثابتة تميل إلى المحافظة على ثباتها و ذلك بسبب عزم قصورها

القوة Force

القوة هي عبارة عن دوافع او سحب مؤثر على الجسم،توصف بمقدار واتجاه إضافة إلى نقطة استعمال الجسم،أما بالنسبة لقوى وزن الجسم والاحتكاك وقوى رد الفعل فلها تأثير كبير على جسم الإنسان.

- ✓ الكتلةmass: هي المادة المكونة للشيء.
- ✓ القصور الذاتيinertia : هو ميل الجسم إلى مقاومة تغيير ثباته في حالة السكون أو تغيير ثبات حركته.
- ✓ القوة force: هي الفعل الميكانيكي الذي يؤثر أو يحاول التأثير على الجسم .

تشكيل مخطط حر للجسم عند تحليل تأثيرات القوى على الجسم أو تحليل نظام الأهمية هو الخطوة الأولى ، حيث ان مخطط جسم حر يتألف من صفحة مسودة للنظام المحلل. إن المؤشرات تمثل القوى المؤثرة (شكل 2–3) يوضح عدة مخططات للجسم الحر.

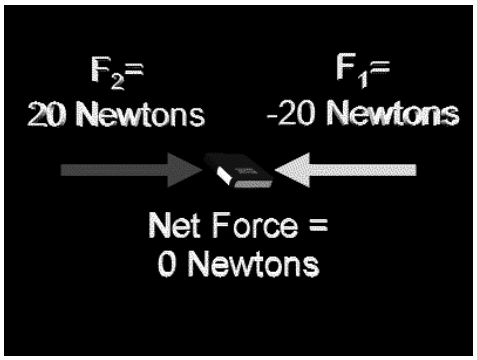
يمكننا تحديد التأثير العام للقوى المؤثرة على الجسم باستخدام المؤشرات، والمؤشر المنفرد الناتج يعرف بمحصلة القوة و عندما يكون مجموع القوة صفر، فالجسم يبقى ثابت، أو بدون حركة، أمّا عندما يكون مجموع القوة معلوما، فالجسم سيكون في حركة باتجاه محصلة القوة.

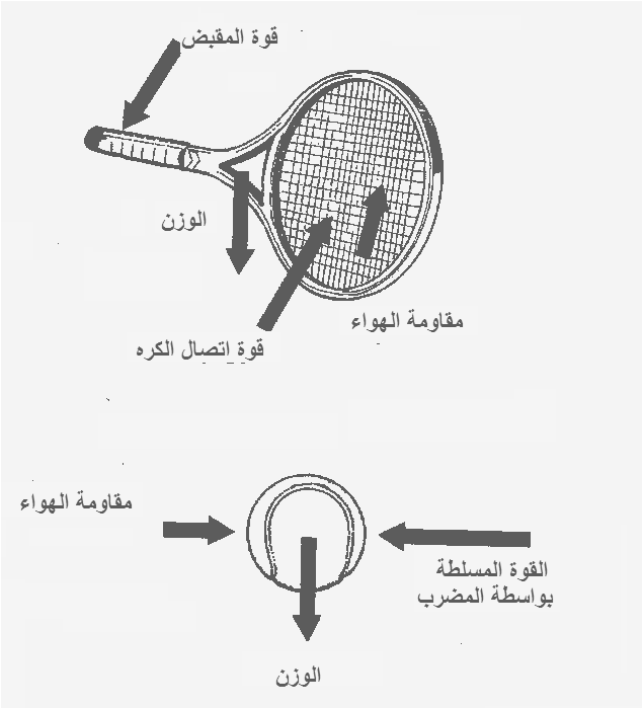
كذلك يمكننا أنْ نعرف القوة بأنها ناتج كتلة الجسم و تعجيل ذلك الجسم الناتج عن استعمال القوة.

- ✓ مخطط الجسم الحرfree body diagram:المسودة التي توضح نظام معرف لمعزل كل مؤشرات القوة المؤثرة على النظام.
- ✓ قوة الشبكةnet force:هي القوة الناتجة من مجموع قوتين أو أكثر.

ق = م أ

فعلى سبيل المثال ، عند دفع شخص كتاب بقوة مقدارها 20 نيوتن نحو اليسار وشخص آخر دفع الكتاب بقوة مقدارها 20 نيوتن نحو اليمين ،فالقوة الناتجة ستكون صفر نيوتن.





(شكل 2-3) مخططين للجسم الحر يوضحان تأثير القوى

ق = م أ

ق هو الرمز المهني للقوى. وحدات القوى هي وحدات الكتلة مضروبة بوحدات التعجيل في وحدات النظام المتري فالوحدة الأكثر شيوعاً هي النيوتن (ن) و التي يمكن تعريفها على أنها هي ناتج (1كيلوغرام) من الكتلة و 1م/س2 تعجيل.

1ن = (1 كيلوغرام)(1م/س2)

في النظام الإنكليزي فالوحدة الأكثر شيوعاً هي الباوند، و هي كمية القوة الضرورية لتعجيل كتلة من (1 slag) في (s2/FT) و هي تساوي 4,45 نيوتن.

1Lb=(1slag)(1FT/s2)

الـوزن Weight

يعرف الوزن على أنه قوة الجاذبية المسلطة على الجسم. و تعريفها جبرياً هو تعديل الحد العام للقوة. الوزن يساوي الكتلة مضروبة بتعجيل الجاذبية.

و=ك×ج

المتزلج يميل إلى المحافظة على استمرار التزلج بسرعة واتجاه ثابت و ذلك بسبب عزم

و بما أنّ الوزن هو القوة، فوحدات الوزن هي وحدات قوة أمّا (ن) أو (lb)

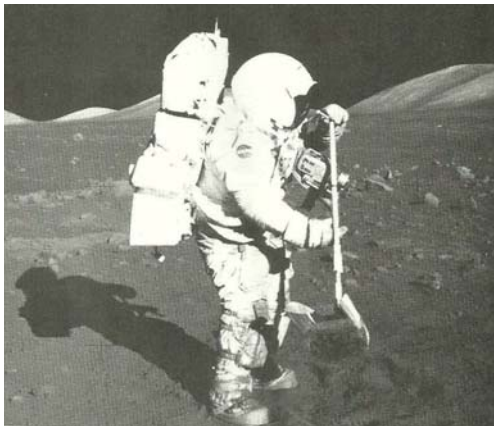
و كلما ازدادت كتلة الجسم، ازداد وزن الجسم تناسبيا أما العامل التناسبي فهو تعجيل الجاذبية و مقداره 9.81م/ث2، أما علامة السالب فتشير الى إنّ تعجيل الجاذبية يتجه إلى الأسفل أو باتجاه مركز الأرض، أما على القمر أو على أي كوكب موجود تعجيل الجاذبية سيصبح مختلفا، أما بالنسبة للنقطة التي يؤثر عندها الوزن على الجسم فهي مركز الجسم من الجاذبية أو مركز جاذبية الجسم.

- ✓ الوزن weight : هو القوة الجاذبة التي تسلطها الأرض على الجسم.
- ✓ تعجيل الجاذبيةthe acceleration of gravity : هو ثابت و غير متغير و يساوي تقريباً 9,81م/ث2.
- ✓ عندما تكون القوى مسنودة بواسطة الجسم،المنطقة الأصغر هي التي تتوزع عندها القوة فالمنطقة الأكثر تعرض لاحتمال الإصابة.

ونتيجة لكون الوزن هو قوة توصف ايضا بمقدار واتجاه ونقطة الاستعمال. فالاتجاه الذي يؤثر فيه الوزن يكون على الدوام باتجاه مركز الارض والنقطة التي يتخذها الوزن للتأثير على الجسم هي مركز جاذبية الجسم.

وعلى الرغم من إن اوزان أي جسم تحسب بالكيلوغرام، والكيلوغرام حقيقة هو وحدة الكتلة،فالأوزان يجب أنْ تحسب بالنيوتن و الكتل يجب أنْ تحسب بالكيلوغرام.عينة المسألة موجودة في (شكل 3-3) يوضح العلاقة بين الكتلة و الوزن.

شكل 3-3 إذا تبيّن أنّ شخصاً ما ذو كتلة 68 كيلوغرام، فما هو وزن ذلك الشخص؟



على الرغم من أنّ كتلة الجسم تبقى ثابتة على القمر فوزن الجسم سيكون أقل نتيجة

المعلوم: ك = 68 كيلوغرام

الحل:

المطلوب: الوزن

الصيغة: wt=mag

1kg=2.2lb

الكتلة يمكن أنْ تضرب بعامل التحويل 2.2 lb/kg ليحول الوزن إلى الباوند

(68kg)(2.2lb/kg)=150 lb

ما هي كتلة جسم يزن 1200 نيوتن؟

المعلوم:

و = 1200 نيوتن

الحل:

المطلوب: الكتلة.

الصيغة: و=ك

1200 نيوتن = ك (9,81م/ث2)

$$\text{الكتلة} = \frac{\text{١٢٠٠ نيوتن}}{\text{٩.٨١ م/ثا٢}} = \text{١٢٢.٣٢ كيلو غرام}$$

2. الوزن يمكن أنْ يقسم على تعجيل الجاذبية في نظام قياسي معين لتحويل الكتلة.

ما هي كتلة جسم يزن 100 باوند؟

الحل:

$$\text{الكتلة} = \frac{\text{١٠٠ باوند}}{\text{٣٢.٢ قدم/ثا٢}} = \text{٣.١١ sluge}$$

الضغط Pressure

هل تفضل أن تسير المرأة بحذاء ذو كعب ناتئ أي حذاء(السبايك) أو أن تسير بحذاء مسطح (ارضي)أو حذاء ذو نعل رقيق؟ السبب الذي يجعل الحذاء ذو الكعب الناتئ (السبايك) يؤلم القدم يرتبط بمقدار الضغط المتباين المسلط من حذاءين مختلفين.

الضغط (أ) و يعرف بأنه كمية القوة المؤثرة على منطقة معينة

$$\text{ب} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}} \qquad P = \frac{F}{A}$$

إن وحدات الضغط هي وحدات القوة مقسومة على وحدة المساحة، وحدات الضغط الشائعة في النظام المتري هي (ن) لكل سنتمتر مربع (ن/سم2) و الباسكال (Pa).

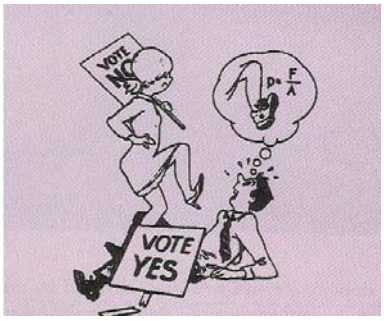
باسكال واحد يمثل نيوتن لكل متر مربع (Pa=N/m2) وفي النظام الإنكليزي وحدات الضغط الشائعة هي الباوند إنج مربع (lb/in2).

في الحالة المطروحة فإن كمية القوة المسلطة على قدم شخص تمثل وزن جسم المرأة أما في المنطقة التي تتوزع فيها القوة فهي تمثل منطقة التماس بين أرضية حذاءها و القدم. و كما هو واضح من عينة المسألة 2. فالكمية الأصغر

من منطقة السطح أسفل عقب السبايك بالمقارنة مع الحذاء المسطح تتسبب في تسليط ضغط اكبر بكثير مما كان مسلطاً.

✓ الضغط: هو القوة المسلط على وحدة المساحة.

شكل 4-3 إذا كان وزن المرأة 556 (ن)، و مساحة عقب حذاء السبايك 4سم^2، و مساحة حذاء الساحة هي 175سم2، فما هو الضغط المسلط بواسطة كل من الحذاءين؟المعلوم:



و = 5560 ن

أ = 4سم^2

ب = 175سم^2

الحل:

المطلوب: معرفة الضغط المسلط بواسطة عقب حذاء السبايك والضغط المسلط بواسطة حذاء الساحة

1. بالنسبة لعقب حذاء السبايك

$$\text{الضغط} = \frac{\text{٥٥٦ نيوتن}}{\text{٤سم٢}} = \text{١٣٩ نيوتن/سم٢}$$

2. بالنسبة لحذاء الساحة فالضغط

$$\text{الضغط} = \frac{\text{٥٥٦ نيوتن}}{\text{٣١٨ سم٢}} = \text{٣.١٨ نيوتن/سم٢}$$

التناسب بين كمية الضغط المسلط بواسطة الحذاءين:

$$\frac{\text{ضغط حذاء السبايك}}{\text{ضغط حذاء الساحة}} = \frac{\text{١٣٩}}{\text{٣.١٨}} = \text{٤٣.٧٥}$$

إذن فإن الضغط المسلط بواسطة حذاء السبايك أكثر 43,75 مرة منه في حذاء الساحة الذي ترتديه نفس المرأة.

الحجم Volume

الحجم هو الحيز المشغول ولأننا نصف الفراغ بثلاثة أبعاد وهي الطول،العمق و العرض فوحدة الحجم هي وحدة الطول مضروبة بوحدة الطول مضروبة بوحدة الطول و في اختزال رياضي فوحدة الطول هذه عائدة للقوة الجبرية لثلاثة أو لوحدة طول مكعبة. وحدات الحجم الشائعة للنظام المتري هي السنتمتر المكعب (m3) و الأمتار المكعبة و الألتار (L)

1ل=1000سم3

في قياس النظام الإنكليزي، فالوحدات الشائعة للحجم هي الإنجات المكعبة (in3) و القدم المكعب (ft3) كذلك هنالك وحدة أخرى في النظام الإنكليزي و هي الكوارت (qt).

1qt = 57,75 إنج3

الحجم هو ليس كالوزن و الكتلة، فثقل يزن 8 كيلوغرام و كرة تشغل تقريباً نفس حجم الفراغ، و لكن وزن الرمية أكبر بكثير منه في الكرة.

الشخص العضلي و الشخص البدين لهما وزن جسم متماثل، و لكن حجم الجسم البدين سيكون أكبر بطبيعة الحال.

- ✓ الحجمvolume : هو الفراغ الذي يشغله الجسم.

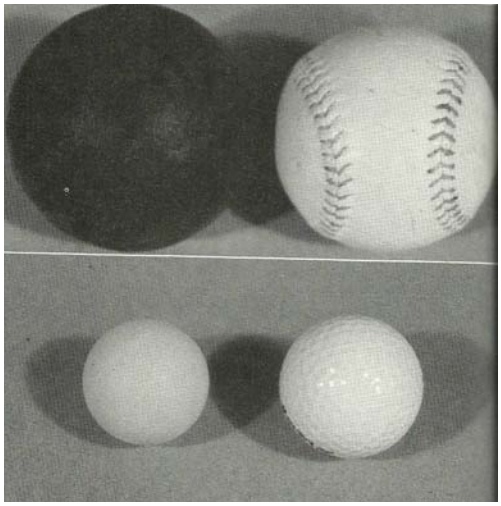
الكثافة Density

مصلح الكثافة يتكون من كتلة الجسم إضافة إلى حجم الجسم. إذ تعرف الكثافة على أنها الكتلة لكل وحدة حجم. الرمز التقليدي للكثافة هو الحرف الإغريقي الصغير (d)

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

- ✓ وحدات قياس الكميات الفيزياوية غالباً ما تساوي تعاريف الكميات ذاتها.

✓ الكثافة density : و هي وحدة الكتلة لكل وحدة حجم.



زوج من الكرات لهما نفس الحجم و لكن يختلفان بشكل كبير في الوزن.

وحدات الكثافة هي وحدات الكتلة مقسومة على وحدات الحجم أما الوحدة الشائعة في النظام المتري فهي الكيلوغرام لكل متر مكعب (كيلوغرام/م3). اضافة الى ذلك فإن وحدات الكثافة في النظام الإنكليزي ليست شائعة الاستعمال وتستعمل بدلاً عنها وحدات خاصة (كثافة الوزن).

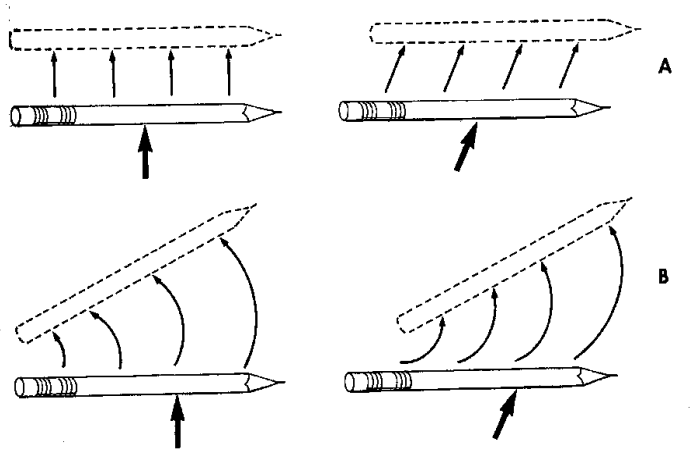
✓ الوزن المحدد specific weight (كثافة الوزن): تعرف على أنها الوزن لكل وحدة حجم.

ولان الوزن يتناسب مع الكتلة وكثافة الوزن متناسبة مع الكثافة تصبح وحدات كثافة الوزن هي وحدات الوزن مقسومة على وحدات الحجم والوحدة المترية لوزن محدد ستكون نيوتن لكل متر مكعب (ن/م3) و النظام الإنكليزي يستخدم الباوند لكل قدم مكعب (با/ق3)، و على الرغم من أنّ الجلة التي تزن (8كغم) و الكرة يشغلان نفس الحجم تقريباً، فإن الجلة تحتفظ بكثافة أكبر و وزن محدد أكبر من الكرة و ذلك لأن الجلة هي أثقل. و كذلك فإن الشخص الضعيف بنفس الوزن مع

الشخص البدين لديه كثافة جسم أكبر و ذلك لأن عضلاته أكثر كثافة من عضلات الشخص البدين.

عزم الدوران Torque

عندما نستعمل القوة لأية مادة ولتكن القلم الموضوع على المنضدة، فستؤثر هذه القوة على حركة محددة أو تؤدي إلى حركة عامة فإذا كانت القوة المستعملة موازية إلى قمة المنضدة و إلى داخل مركز القلم (قوة مركزية)، فسيتحرك القلم في الاتجاه الذي استعملت فيه القوة، أما إذا كانت القوة المستعملة موازية إلى قمة المنضدة و لكنها متجهة إلى نقطة أخرى في مركز القلم، فالقلم سيخضع للحركة أو الدوران (شكل5–3) (قوة غير مركزية).



(شكل5–3) أ.القوى المركزية تنتج الحركة. ب.القوة اللامركزية تنتج الحركة إضافة إلى الدوران.

التأثير الدوراني الناتج من القوة اللامركزية يعرف بـ عزم التدوير أو عزم الدوران (T) الذي يمكن أنْ يعرف بأنه قوة الدوران المكافئ الزاوي لقوة مستقيمة وجبرياً فعزم الدوران هو ناتج القوة (F) و القوة العمودية (d) من خط تأثير القوة إلى خط أو مستوى الدوران.

ت = ف × د

إن أكبر كمية لعزم الدوران الذي يؤثر على خط الدوران هي التي تظهر ميلان أكبر للدوران، أما وحدات عزم الدوران في النظام المتري والنظام الإنكليزي فهي خاضعة للتعريف الجبري وهي وحدات قوة مضروبة بوحدات المسافة (نيوتن/متر) أو (القدم- باوند ft-lb) ملخص الصيغة والوحدات الشائعة لكميات الكينتك الأساسية سيناقش في الفصل الحافز سيكون موجوداً في القائمة (1-3).

الدافع(الحافز) Impulse

عندما تستعمل القوة على أية جسم، فالحركات الناتجة من الجسم لن تكون معتمدة على مقدار القوة المستعملة فقط، و لكنها أيضاً ستكون معتمدة على الاستمرارية أما مجموع القوة مع الزمن يعرف بـ الحافز أو الدافع.

- ✓ عزم الدوران torque : هو التأثير الدوراني للقوة.
- ✓ الدافع Impulse (الحافز): هو القوة مع الزمن الذي عنده يكون القوة مؤثرة.

نموذج (1-3) الوحدات الشائعة لكميات علم الكينتك

.COMMON UNITE FOR KIETIC QUANTITES

الكمية	الرمز	الوحدة المترية	الوحدة الإنكليزية
الكتلة	M	Kg	Slag
القوة	F	N	باوند
الضغط	P	Pa	PSI
الحجم	V	m3	ft3
الكثافة	d	Kg/m3	
الوزن المحدد		N/m3	باوند/قدم^3
عزم الدوران	T	w-m	قدم/باوند
الحافز	FT	N.S	باوند

ان التغير الكبير في حالة حركة المادة يمكن ان يحصل نتيجة لتأثير قوة صغيرة لفترة طويلة نسبياً او نتيجة لتاثير قوة كبيرة لوقت قصير نسبياً ،فمثلاً كرة الكولف التي تدور في العشب تفقد تدريجياً سرعتها نتيجة القوة الناتجة من احتكاك الدوران. سرعة كرة البيسبول المقذوفة بقوة بواسطة المضرب، تتغير نتيجة القوة الكبيرة السلطة بواسطة المضرب خلال جزء من الثانية لحظة الاتصال بالكرة أما عند أداء القفز العمودي فالاندفاع الأكبر المتولد مقابل الأرض هو بمثابة أقصى سرعة ارتقاء للقافز وأعلى قفز.

الأحمال الميكانيكية لقوى الإنسان

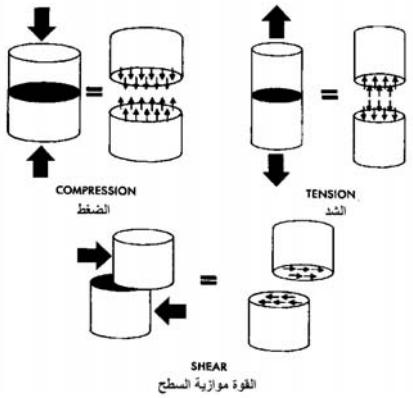
MECHANICAL LOADS ON THE HUMAN BODY

القوى العضلية وقوة الجاذبية و قوة كسر العظم المصطدم في حادث التزلج جميعها تتاثر بجسم الانسان بشكل مختلف. ومثلما سيوصف في الفصل القادم، فإن تأثير قوة معينة يعتمد على اتجاهها واستمراريتها إضافة إلى مقدارها.

توجد ثلاث أنواع من الأحمال :

1. الضغط Compression
2. الشد Tension
3. القوة الموازية للسطحShear

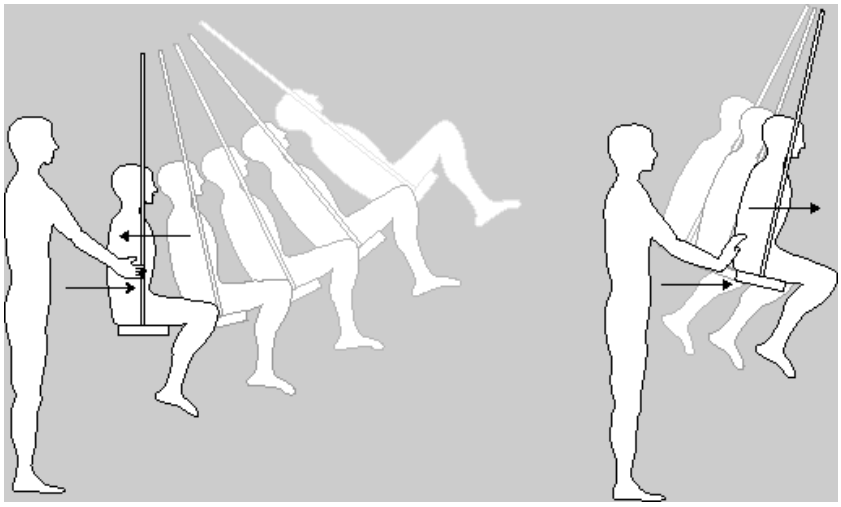
1. قوة الضغط أو الضغط مصطلح يطلق على القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحة من السطح الذي تؤثر عليه القوة (شكل6-3). ويمكن تفسيره بطريقة فعالة لضغط (وردة جوري) ووضعها داخل صفحات كتاب ووضع الكتب الأخرى أعلى ذلك الكتاب، فوزن الكتب سيؤدي إلى قوة ضاغطة على الأزهار، وبنفس الأسلوب، فوزن الجسم يؤثر كقوة ضاغطة على العظام.عندما يكون الجذع منتصباً، كل فقرة في العمود الفقري ستعزز وزن ذلك الجزء من الجسم.



(شكل 6-3) القوى المؤثرة على جسم الإنسان

2. قوة الشد : " Tension " نقيض قوة الضغط هي قوة التوتر أو قوة الشد (شكل 3-6) وهي عبارة عن قوة السحب التي تعمل على توليد شد في المادة في منطقة استعمالها.

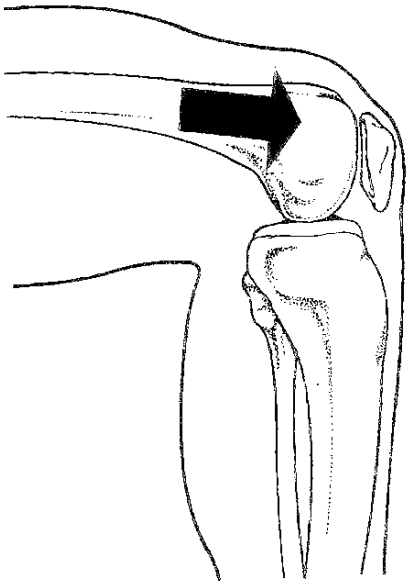
فعندما يجلس الطفل في أرجوحة، فوزن الطفل سيولد حالة الشد في السلاسل الساندة لها. الطفل الأثقل سيولد مستوى شد أكبر في الأرجوحة أما العضلات فتعمل على توليد قوة شد التي تسحب فوق العظام المتماسة.



وزن جسم الطفل يولد شد في السلاسل الساندة للأرجوحة.

3.القوة الموازية للسطح: يصطلح على النوع الثالث من القوة بمصطلح (shear) و هي القوة الموازية للسطح، فبينما تكون القوة الضاغطة و قوة الشد على طول المستوى الطولي أو بقية الجسم عند مكان استعمالها. فالقوة الموازية للسطح تأثر بشكل موازي أو مماسي للسطح. حيث تعمل على أحداث انزلاق المادة والانتقال و الحركة، أو يكون بقوة موازية بالتتابع مع قسم آخر من المادة (شكل6-3). وعلى سبيل المثال، فالقوة المؤثرة على مفصل الركبة بالاتجاه الموازي للدرنة الضنبوبية هي قوة(موازية) في الركبة.

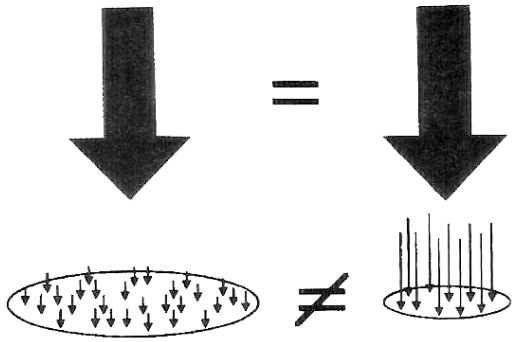
عند تنفيذ تمرين جلوس القرفصاء، فالمفصل يقطع الركبة بشكل أكبر عند جلوس القرفصاء الكامل، هذا الوضع يشكل كمية كبيرة من الضغط على الأربطة و أوتار العضلات التي تعمل على حماية رأس عظم الضنبوب من الانزلاق فوق عظم الفخذ (شكل 7-3).



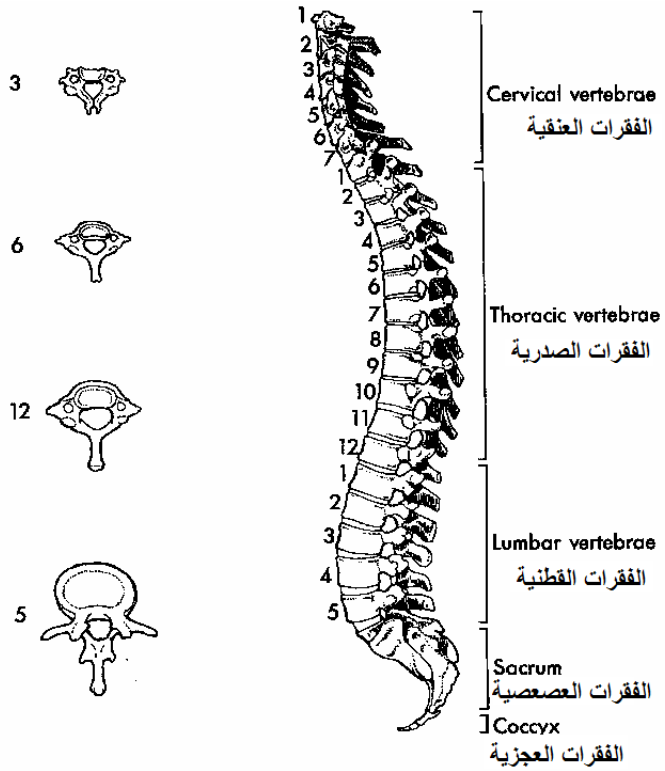
(شكل7-3) عند تنفيذ تمرين القرفصاء أو ثني الركب فالقوة السطحية على الركبة ستكون بأقصى حد عندما يكون ثني الركبة بأقصى حد، السهم يشير الى القوة السطحية على المفصل والناتجة عن قوة محورية في الفخذ.

الشد الميكانيكي Mechanical Stress

هنالك عامل آخر يؤثر على ناتج تأثير القوى على جسم الإنسان و هو الطريقة التي تتوزع بها القوة. و بينما يمثل الضغط توزيع القوة الخارجية على جسم صلب، فإن الشد يمثل توزيع القوة الناتجة داخل جسم صلب عند تأثير قوة خارجية. فالشد هو مثله مثل الضغط ذو كمية –القوة لكل وحدة مساحة تكون عندها القوة ذات تأثير. و كما هو واضح في (شكل 8–3)، فإن تأثير قوة معينة فوق سطح صغير ستعمل على توليد شد أكبر منه في قوة مماثلة تأثر على سطح كبير. فعندما تدعم الضربة عن طريق جسم الإنسان، فإن احتمالية إصابة نسيج الجسم ستصبح مرتبط بمقدار واتجاه الشد المتولد نتيجة الضربة. إن الشد الضاغط، الضغط التوتري و الضغط السطحي هي عبارة عن مصطلحات تشير إلى اتجاه الشد المؤثر ونتيجة لكون الفقرة الظهرية تحمل وزن اكبر من الفقرة الصدرية عندما يكون الشخص في وضع الوقوف.



(شكل8–3) كمية الشد الميكانيكي التي تنتج بواسطة قوة تعتمد على حجم المساحة التي تنتشر حولها القوة.



(شكل9–3) سطوح الأجسام الفقرية تزداد في منطقة المساحة التي تزيد باكبر وزن.

فمنطقيا يصبح الشد الضاغط في المنطقة الظهرية أكبر ومقدار الشد الموجود لا يتناسب بشكل مباشر مع كمية الوزن المحمول و ذلك لأن مساحة سطح الحمل في الفقرة السفلية هي أكبر منها في الفقرة السفلية العلوية من العمود الفقري .

مثال: ما كمية الشد الضاغطة الموجود على الفقرة L1،L2 من الفقرات القطنية لامرأة تزن 625 نيوتن ويعطي تقريباً 45٪ من وزن الجسم مدعوم بواسطة الفقرة (أ) عندما تقف في وضع تشريحي؟ (ب) عندما تقف حاملة حقيبة تزن 222 نيوتن.

(على فرض أن الفقرات عموديا و مساحة سطحه هو 20سم2).

الحل:

ا.المعلوم

F=625نيوتن×0.45

A=20سم2

الضغط=F/A

$$\text{الضغط} = \frac{(٦٢٥\text{نيوتن})\ (٠.٤٥)}{٢٠\ \text{سم}^٢}$$

الضغط = ١٤ نيوتن/سم٢

ب. المعلوم

F=(625نيوتن)(0.45)+222نيوتن

الضغط=F/A

$$\text{الضغط} = \frac{(٦٢٥\text{نيوتن})(٠.٤٥)+٢٢٢\text{نيوتن}}{٢٠\ \text{سم}^٢}$$

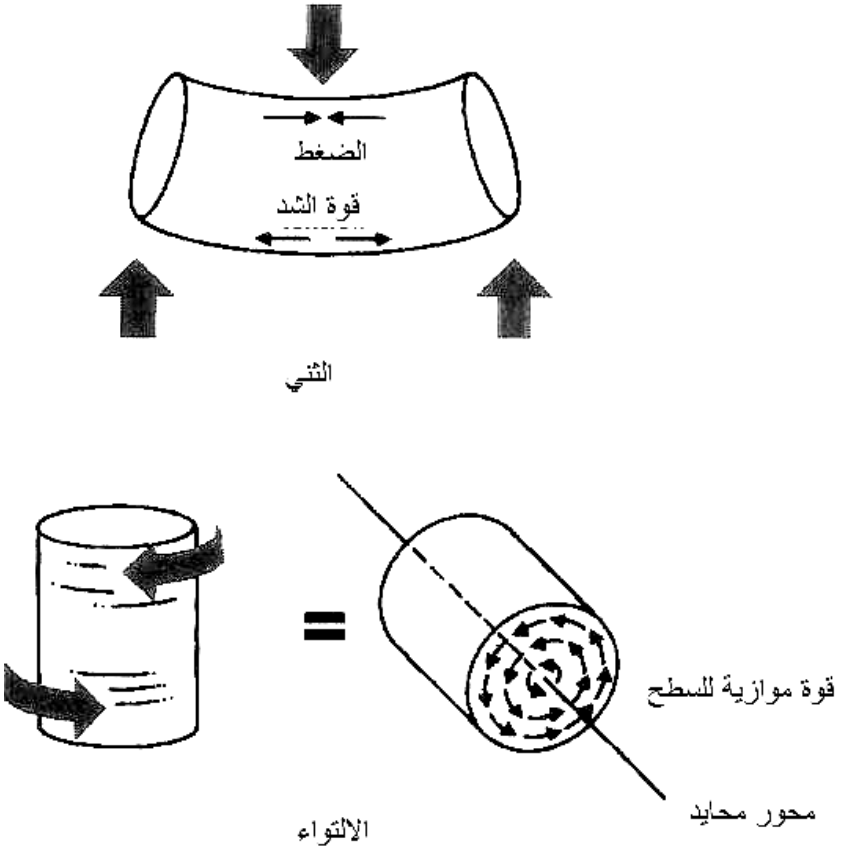
الضغط = ٢٥.٢ نيوتن/سم٢

الالتواء، الثني و الأحمال المركبة

Torsion, Bending, and Combined Loads

هنالك نوع من الأحمال أكثر تعقيد يطلق عليه الثني أو الانحناء. الضغط الصافي و الشد كلاهما قوى محورية تتجهان على طول المستويين الطوليين للتركيب المتأثر فعندما تكون القوة المستعملة قوة غير محورية(لا مركزية) فان التركيب سيحني مولدا شدا ضاغطا فوق احد الجانبين وشدا توتريا فوق الجهة المقابلة (شكل11-3). يحدث الالتواء عندما يلتف التركيب التوائه حول محوره الطولي و عندما تكون إحدى نهايته ثابتة. الكسور الالتوائية التي تحدث في عظم الضنبوب ليست شائعة في لعبة كرة القدم و حوادث التزلج التي تكون عندها القدم في وضع ثابت بينما تكون بقية الجسم في حالة الالتواء.

- ✓ الانحناء Bending: حمل ينتج شد على جانب واحد من المستوي الطولي للجسم و ضغط على الجانب الآخر
- ✓ المحوري Axial: بشكل مباشر على طول الخط الطولي للجسم.
- ✓ الالتواء Torsion: حمل يودي الى التفاف الجسم حول محوره الطولي.
- ✓ الحمل المركبCombined loading: حركة متزامنة من أكثر من شكلين من الحمل.
- ✓ الحمل التكراري Repetitive loading: حدوث حمل اقل حده متكرر ويكون اقل قوة نسبيا.
- ✓ الحمل الحاد Acute loading: حدوث قوة مفردة بحجم كافي لحدوث إصابة للأنسجة البيولوجية.



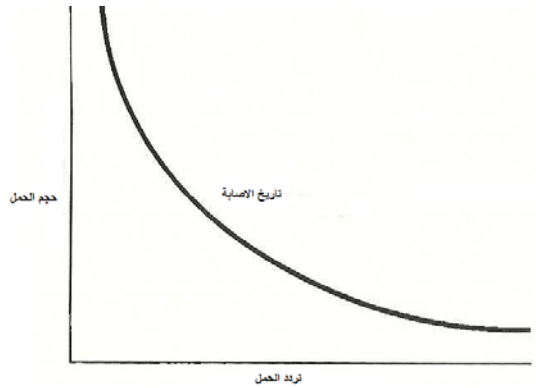
(شكل 11-3) المواد ذات الحمل عند الثني معرضة للضغط في جانب و الشد على الجانب الآخر،ضغط القوة السطحية يرتفع في المواد ذات الحمل عند الالتواء مع أقصى ضغط في المحيط الخارجي ودون ضغط عند المحور المحايد او المعادل.

مواجهة الأحمال الحادة والمتكررة

Repetitive versus Acute Loads

من المهم التمييز بين الحمل الحاد والحمل المتكرر فعندما تؤثر قوة كبيرة بشكل كافي على الأنسجة البيولوجية ،فحينها يطلق على الإصابة بالحادة ويطلق على القوة المسببة (المايكرتراما)

القوة الناتجة عن طريق السقوط، المسك في لعبة الركبي، و أية حادثة، حادث سيارة مثلا يمكن أنْ تكون كافية لكسر العظم، كذلك فالإصابة يمكن أنْ تحدث عن طريق التحميل المتكرر من القوى الصغيرة نسبياً. على سبيل المثال ففي كرة تضرب بها القدم الرصيف ستكون مؤكدة عند الركض أو قوة تعادل **2**– 3 مرات من وزن الجسم.



(شكل12–3) أسلوب أو طريقة حدوث الإصابة عند حدوث الحمل الأكبر و التكرار.

وعلى الرغم من ان هذا المقدار من القوة المنفردة لن يودي الى حدوث الكسور على الدوام ،فالتكرارات الكثيرة لقوة معينة يمكن ان تسبب الكسر في عظم صحيح في مكان ما من الطرف السفلي . وعندما يكون الحمل المتكرر أو الحمل المزمن أكثر من فترة الزمن، ستحدث الإصابة ويطلق عليها (الإصابة المزمنة) أو (إصابة الإجهاد).

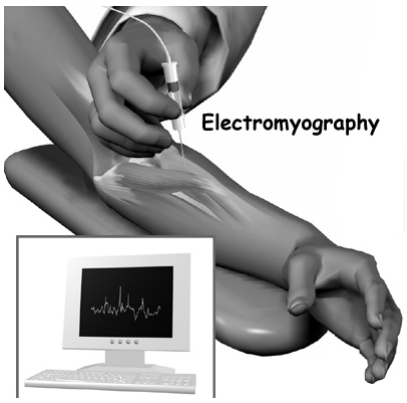
وأخيرا فان العلاقة بين حجم بقاء الحمـل،تردد الحمل،واحتمالية حدوث الإصـابة موضحة في (شكل12–3).

أدوات قياس كميات علم الكينتك (الحركية)
TOOL FOR MEASURING KINETIC QUANTITES

يستخدم الباحثين في علم البيوميكانيك جهاز لدراسة كل من القوى العضلية و القوى المتولدة بواسطة القدم. اتجاه الأرض عند المشي و سائر الفعاليات الأخرى. وفي معظم الاحيان تكتسب المعرفة من خلال ما تنتشره المجلات المهنية للمعلمين و الأطباء و أناس آخرين معنيين بدراسة حركة الإنسان.

الإلكترومايوكَرافي Electromyography

في القرن الثامن عشر أنجز العالم الإيطالي كالفاني (Galvani) اثنين من الاكتشافات حول عضلة الجمجمة (1) زيادة الشد عندما تحفز العضلة كهربائيا(2) ينتج أو يولد تيار أو فولتية عند زيادة الشد حتى لو كان المثير هو وتر عصبي.



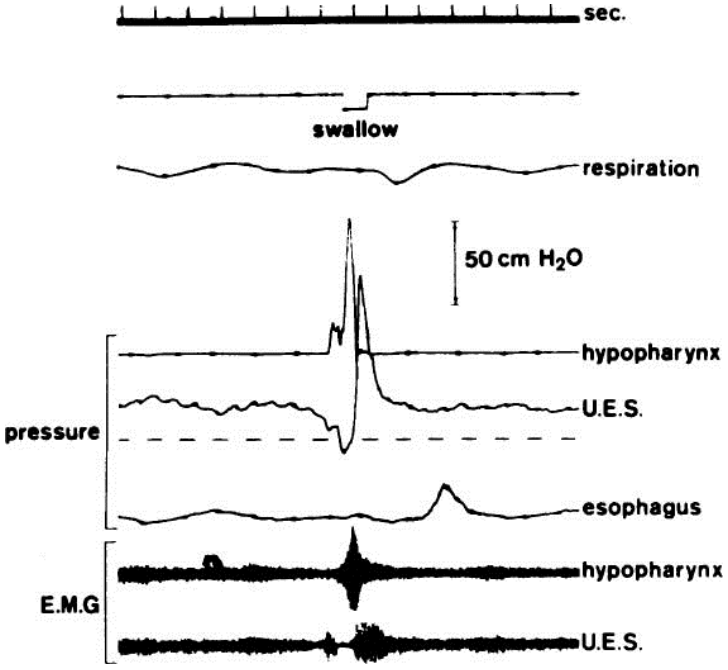
الاكتشاف الأخير هو القيمة العلمية الصغيرة لغاية القرن العشرين عندما أصبحت التكنولوجيا في متناول اليد لاكتشاف و تسجيل المهام الإلكترونية الدقيقة. باستخدام تسجيل النشاط الإلكتروني الناتج بواسطة العضلة. يعرف هذا الجهاز اليوم بـ (الإلكترومايوكَرافي) (EMG).

ويستخدم في الدراسة الوظيفة العضلية العصبية،متضمن تحديد العضلات التي يمكن أنْ يتطور الشد فيها و أي الحركات يظهر شد أكبر أو أقل من عضلة معينة أو مجموعة عضلات. كذلك يستخدم لتقييم سرعة توصيل العصب طبياً و استجابة العضلة في الارتباط مع التشخيص و إتباع الشروط الباثولوجية (المتعلقة بالأمراض) للفطام العضلي العصبي.

النشاط المايوالكتروني myoelectric activity

ويتم باستخدام تيار كهربائي أو فولتية يمكن ان يتولد عن طريق شد العضلة المتزايد حيث يتكون من مطبوع تصويري يوضح التغييرات في معدل حركة المفصل و النشاط المايوالكتروني المسجل من مجموعتين عضليتين.

استخدم العلماء كذلك تقنية (الالكترومايكرافيك) في دراسة طرق استجابة وحدات الحركة بشكل انفرادي لايعازات الجهاز العصبي المركزي.



تستلزم استخدام تقنية الاقطاب الكهربائية استخدام محولات طاقة الـ (Transducers) وهو جهاز توضيح الإشارة) و تعرف (Electrodes) (التي تستعمل على اظهار مستوى فعالية (مايوإلكترإلكتريك) الموجود في مكان معين لفترة زمنية وبالاعتماد على الأسئلة الهامة، فأما ان نستخدم الاقطاب السطحية أو يتم استخدام الأقراص ذات الخمس أسلاك حيث ان الاقطاب السطحية تتكون

من أقراص صغيرة لمادة موصلة. توضع على سطح الجلد فوق العضلة أو المجموعة العضلية لالتقاط حركة النشاط العضلي الالكتروني الكلي (مايوإلكتريك) و عندما نرغب بالالتقاط المركز تحقن الأقراص ذات الخمس أسلاك مباشرة في داخل العضلة.الناتج من الأقراص يكبر و يعرض صورياً و يعامل رياضياً وبالتالي و يخزن بواسطة الكمبيوتر.

- ✓ Transducers و هي أجهزة توضح الإشارة

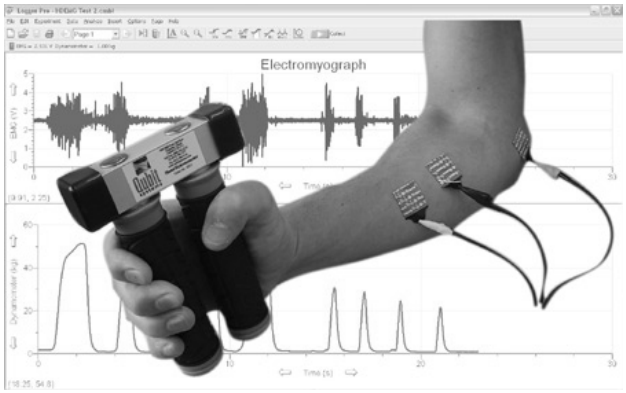
داينموكرافي Dynamography

العلماء ابتكر عدة أنواع من البرامج و الأنظمة القابلة للنقل لقياس القوى و الضغط على سطح القدم حيث استخدمت هذه الأنظمة و البرامج أساساً في بحث طريقة المشي و كذلك استخدمت في دراسة بعض الظواهر مثل البدايات، الارتقاء، الهبوط، مرجحة لاعب الكولف ولاعب البيسبول والتوازن. تلك الأنظمة التي تعطي تأريخ زمني تصويري للقوة المسجلة بالإضافة الى حساب الحافز على أنه المسافة تحت منحنى القوة– الزمن.

تتبنى هذه الأنظمة تجارب (أنظمة القوة و أنظمة الضغط) حيث توضح بقوة باتجاه مباشر مع سطح الارض موجهة داخليا الى جهاز الحاسوب الذي يقوم بدوره بعملية حساب الكميات الحركية(الكينتك) ومن ناحية التاثير تصمم انظمة القوة عادة لنقل رد فعل الارض عموديا وجانبيا وباتجاه خلفي وامامي بالنسبة للجهاز ذاته.

ويزود جهاز الضغط خرائط صورية وخرائط رقمية للضغط عبر السطوح المستقيمة للقدم اما جهاز القوة فهو جهاز معقد نسبيا وتتضمن تعقيداته صعوبات في اعداد المختبر والصعوبات الاساسية المتعلقة بالشخص الذي يقوم بتوجيه الجهاز.

ان الأنظمة المتنقلة لقياس القوى المستقيمة و الضغط متوفرة في نماذج محلية و مستوردة كأحذية آلية وأحذية، وناقلات سميكة تعمل على التصاق السطوح المستقيمة للقدم اضافة الى ذلك فان هذه الانظمة لها الفائدة في جميع البيانات خارج المختبر ولكنه يفتقر الى الدقة في هذه الاجهزة



أقراص EMG السطحية و هي أقراص سطحية تلتصق بشكل مباشر على الجلد فوق العضلة لقياس النشاط الكهربائي للأنسجة السفلية.

جبر المتجه VECTOR ALGEBRA

المتجه هو عبارة عن مقدار له قوة واتجاه وتمثل المتجهات برموز على شكل سهام. اما قوة المتجه تعني حجمه فعلى سبيل المثال الرقم 12 ذو قوة أكبر من الرقم 10 بالنسبة لميلان المتجه على الورق يمثل الاتجاه و طوله يمثل قوته.

ان القوة، الوزن،الضغط، الوزن المحدد إضافة الى عزم الدوران هي كميات متجهة حركية و انتقال من مكان إلى آخر. السرعة و التعجيل هي كميات متجهة حركية لا يمكن تعريفها بدون تشخيص الحجم و الاتجاه.

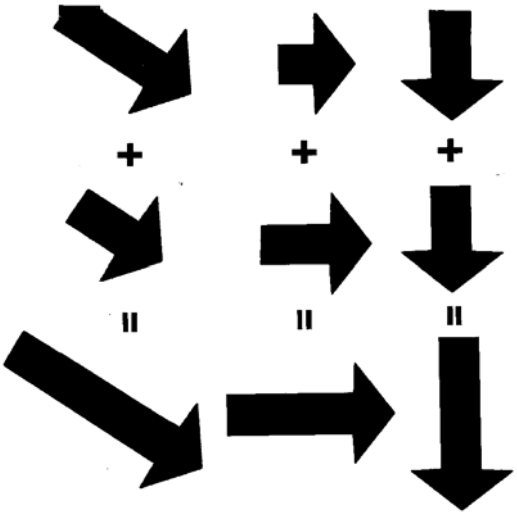
مقادير scalars تحتوي على حجم دون أنْ تحتوي على اتجاه خاص يتعلق بها. الكتلة، الحجم، الطول و السرعة هي أمثلة لكميات scalars.

- ✓ الكميات المتجهة Vector : الكمية الرياضية التي تحتوي على مقدار واتجاه.

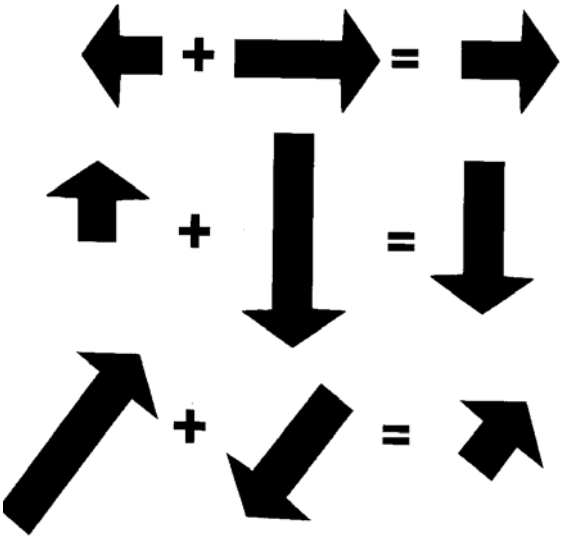
تشكيل المتجه (جمع) Vector Composition

عندما تضاف المتجهات إلى بعضها البعض تدعى العملية عملية جمع المتجهين. إنشاء متجهين أو أكثر لهما نفس الاتجاه ينتج في متجه منفرد له جسم معادل لكمية حجم المتجهات المضافة (شكل 13-3). المتجه المفرد جمع من تركيب متجهين أو أكثر ويعرف (المتجه الناتج) أما في حالة انحراف متجهين، باتجاهات مضادة فالناتج سيكون له اتجاه المتجه الأطول ومقداراً مساو للفرق في مقداري المتجهين الأصليين(شكل 14-3).

- ✓ الكميات غير المتجهة Scalar: عبارة عن كمية فيزياوية تتميز بان لها مقدار ولكنها لا ترتبط باتجاه معين..
- ✓ تركيب أو تكوين المتجه vector composition : عملية تحديد مؤشر منفرد من متجهين أو أكثر عن طريق إضافة متجه.
- ✓ المتجه Vector: كمية رياضية تحتوي على حجم واتجاه.
- ✓ المحصلة resultant:متجه منفرد ينتج من جمع المتجهات.



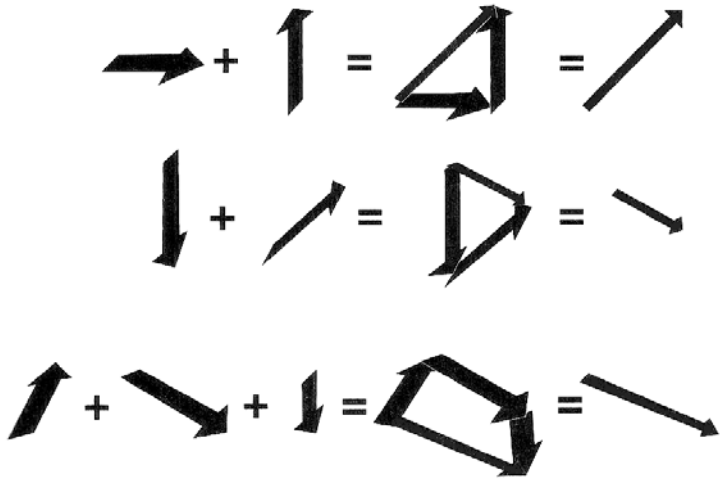
(شكل13–3)الناتج: متجه منفرد ينتج من جمع المتجهات



(شكل14–3) جمع المتجهات باتجاهات متقابلة يتطلب إسقاط أحجامها

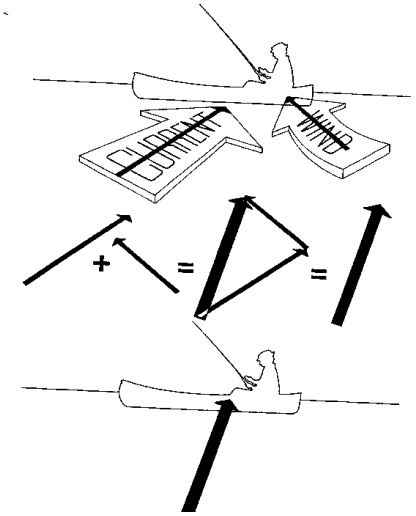
من الممكن إضافة المتجهات التي لا تنحرف بنفس الاتجاه أو باتجاهات متقابلة، و عندما تكون المتجهات مستوية، تحتوى في نفس المستوى والعملية التي يمكن أن تستخدم هي طريقة الرأس–إلى– الذنب و التي فيها ذنب المتجه

الثاني يتمركز على رأس المتجه الأول و الناتج برسم آنئذ بذنبه على ذنب أو مؤخرة المتجه الأول وقمته على قمة المتجه الثاني، يمكن أنْ تستخدم هذه العملية لتشكيل أي عدد من المتجهات إذا كان كل متجه متمركز بذنبه على قمة المتجه السابق الوسطي و الناتج بربط ذنب المتجه الأول إلى قمة المتجه الأخير(شكل 15-3).



(شكل15-3) طريقة القمة إلى الذنب في تشكيل المتجه

من خلال قوانين تشكيل المتجه، فنحن غالب ما نحسب أو نلاحظ بشكل جيد تأثير الناتج على كميات المتجه المشكل. فعلى سبيل المثال زروق الكانوي يسير في النهر هو موضوع لكل من قوة الجريان و قوة الرياح. إذا كان حجم و اتجاه هاتين القوتين معلوم فناتج القوة او محصلة القوة يمكن أنْ يشتق من خلال عملية جمع المتجه (شكل16-3) وزورق (الكانوي) سينحدر باتجاه صافي القوة أو محصلة القوة.



(شكل16-3) صافي القوة هو ناتج القوى المؤثرة

تحليل المتجه vector Resolution

ان عملية تحديد المركبات المتعامدة لكمية المتجه التي ترتبط بالمستوى الخاص أو التركيب غالباً ما تكون نافعة. فعلى سبيل المثال عندما ترمى الكرة في الهواء، فمركبة السرعة الأفقية تحدد المسافة التي يقطعها، أما مركبة السرعة العمودية فتحدد الارتفاع الذي تصله الكرة. فعندما يحلل المتجه الى مركبات متعامدة فالعملية تدعى أو تعرف بـ تحليل المتجه ومجموع مركبات المتجه تنتج دائماً ناتج يساوي المتجه الأصلي (شكل17-3)،لذلك فان المركبتين المتعامدتين ستكونان مختلفتين ولكنهما متساويتان للمتجه الاصلي.

تحليل المتجه Vector Resolution :هي العملية التي يستبدل فيها متجه منفرد بمتجهين متعامدين فتشكيل متجه من متجهين متعامدين ينتج المتجه الأصلي.

حل صوري لمشاكل المتجه

Graphic Solution of vector Problem

عندما تكون كميات المتجه موجودة في مستوى واحد. فيمكن أنْ يعمل المتجه صورياً ليعطي نتائج تقريبية. الحل التصويري لمشاكل المتجه يتطلب قياسي دقيق لميل و أطوال المتجهات لتقليل الخطأ. فعلى سبيل المثال، ا سم من طول المتجه يمكن أنْ يمثل 10 نيوتن من القوة. قوة 30 نيوتن يمكن أنْ تمثل بمتجه بطول 30سم وقوة 45 نيوتن يمكن أنْ تمثل بمتجه وبطول 4,5 سم .

حل بياني لمسائل المتجه

Trigonometric Solution of vector Problem

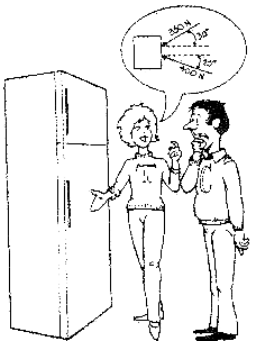
ان الطريقة الأكثر دقة للتعامل مع مسائل المتجه كمياً تتطلب تطبيق المبادئ البيانية أو الهندسية و من خلال استخدام العلاقات الهندسية بالامكان التخلص من عملية قياس مملة بطبيعتها ترسم بها متجهات القياس(انظر ملخص ب) (شكل 18-3) يعطي مثال للحلول التصويرية والهندسية باستخدام كميات المتجه هنالك عمليات رياضية للإضافة والنقصان .

- ✓ الحل الرياضي mathematic solution و الهندسي لمشاكل المتجه هو أكثر دقة و أقل ملل.

(شكل 17-3)

يمكن أن تحلل المؤشرات إلى صورة أجزاء متعامدة. تركيب المؤشر لكل زوج متعامد ينتج المؤشر الأصلي

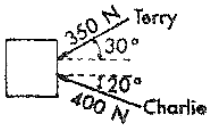
شكل 18-3 يجب على تيري و جارلي أن ينقلا الثلاجة إلى مكان آخر فكلاهما يدفع بشكل موازي إلى الأرض. تيري يدفع بقوة 4 نيوتن وجارلي يدفع بقوة 3.5 نيوتن كما موضح في المخطط الأسفل.



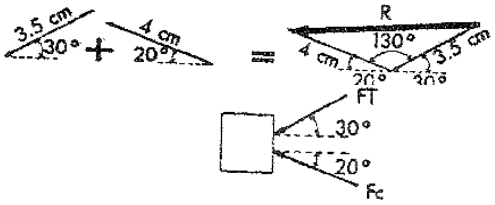
ما هو مقدار ناتج القوتين عن طريق تيري وشارلي؟

إذا كانت كمية الاحتكاك المضادة لاتجاه حركة الثلاجة 700 نيوتن. هل كليهما قادرين على تحريك الثلاجة؟

الحل التصويري

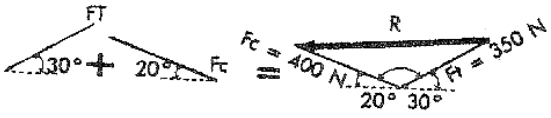


استخدم قياس 1سم – 100نيوتن لقياس طول الناتج.



طول الناتج هو 6,75 تقريباً أو 675 نيوتن.

عندما تكون القوة675 نيوتن700 نيوتن، سيكونان قادرين على نقل الثلاجة.



الحل الرياضي

المذكور: ft=450 نيوتن

ft = 400 نيوتن

المطلوب، مقدار القوة الناتجة

المستوى العمودي المخطط حر

الصيغة:

س2 = أ2 ب2 – 2(ا)(ب)cos (قانون الجيب)

ر2 = 2350+2400 = 2(400)(350)cos130

ر = 680 نيوتن

في حالة 680 نيوتن أقل من 70 نيوتن، فسوف لن يكونان قادرين على نقل الثلاجة ما لم يزيدا من القوة المتجمعة عندما يدفعان في هذه الزوايا الخاصة. (إذا دفع تيري و شارلي بزاوية 90٪، فستكون قوتيهما كافية لتحريكها).

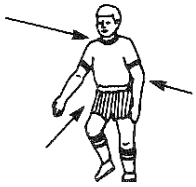
ملخص SUMMARY

يعرض هذا الفصل أفكار أساسية تتعلق بعلم الكينتك، وتتضمن الكتلة، وكمية المادة التي تركب الشيء والقصور الذاتي وميل الجسم للمحافظة على ثبات حركة الجسم،الوزن، قوة الجاذبية المسلطة على الجسم، كمية القوة الموزعة على المنطقة،الحجم اضافة الى قوة وعزم الدوران وتوجد هنالك عدة أنواع من الأحمال التي تؤثر على جسم الإنسان، منها الضغط، الشد، الثني والالتواء، و بشكل عام بعض تراكيب أشكال هذه الأحمال موجودة اما توزيع القوة داخل تركيب الجسم فيطلق عليه بالشد الميكانيكي اما بالنسبة لطبيعة و مقدار الشد فيحدد مدى احتمال حدوث الإصابة في الأنسجة البيولوجية.

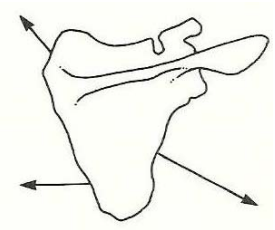
واخيرا فان كميات المؤشر لها مقدار و لها اتجاه. أما مقادير العدادات scalar فلها مقدار فقط ويمكن حل مسائل كميات المؤشر باستخدام الطرق الهندسية أو التصويرية. من خلال استخدام الطريقتين فإن من الأفضل إجراء الطريقة الهندسية لكونها أكثر دقة و أقل ملالاً.

اختبر معلوماتك

1. ما كمية القوة الواجب استعمالها لكرة مطاطية تزن 0.5، كيلوغرام في هوكي الجليد لإعطائها تعجيل بقيمة 30 م/ث2؟ الجواب: 15 نيوتن.
2. لاعب الركبي الذي يحتك بثلاثة خصوم في نفس الوقت يسلطون قوى بمقادير واتجاهات موضحة في المخطط في جهة اليسار باستخدام الحل التصويري وضح مقدار واتجاه القوة الناتجة؟



3. استخدام الحل التصويري، ارسم مؤشرات قوة العضلة لإيجاد محصلة تاثير القوة على عظم الكتف في الورك الأجزاء العمودية و الأفقية للمؤشرات الموضحة في الأسفل.



4. حصيرة أرض الجمباز تزن 220 نيوتن أبعادها 3م×4م×0,04م، ما هو الضغط الحاصل من الحصيرة على الأرض؟ الجواب: 33,18 Pa.
5. ما مقدار قوة الشد في لعبة شد الحبل اذا كانت القوى المؤثرة على الحبل مختلفة المقدار متعاكسة الاتجاه
6. ما حجم صندوق الحليب بجوانب 25سم، 40سم و 30سم؟ الجواب: 30,000سم3
7. اختر ثلاث مواد و خمن حجم كل منها. واكتب قائمة للأبعاد التقريبية التي استخدمتها في صياغة تخميناتك.
8. إذا كانت محتويات الصندوق الموصوف في المسالة 7 يزن 120 نيوتن فما هو معدل الكثافة و الوزن المحدد للصندوق و المحتويات؟ (الجواب 0,0004كيلوغرام/سم2 و 0,004 نيوتن/سم3)
9. طفلين يجلسان في مكانين متقابلين في أرجوحة متحركة، (جوي) الذي يزن 220 نيوتن. يجلس على بعد 1,5م عن محور الارجوحة. و سوزي تزن

200 نيوتن و هي جالسة على بعد 1,7 عن محور الأرجوحة، ما هو عزم التدوير الناتج على المحور بواسطة كلا الطفلين؟ في أي اتجاه ستميل الأرجوحة؟ الجواب:جوي 30,3 نيوتن.م، سوزي 340نيوتن/م نهاية سوزي.

10. ما هي كتلة جسمك بالكيلوغرام؟

11. قوة الجاذبية على كوكب X هي 40٪ من ما موجود منها على الأرض فإذا كان وزن شخص ما على الأرض هو 667,5، فما هو وزن ذلك الشخص على الكوكب X؟ ما هي كتلة هذا الشخص على الكوكب والأرض؟ الجواب على الكوكب x = 267 نيوتن، الكتلة = 68 كيلوغرام على كوكب آخر.

12. لاعب كرة قدم يحتك بالتزامن مع بـ اثنين من الماسكين، الماسك الأول يبذل قوة مقدارها 400 نيوتن و الماسك الثاني يبذل قوة قدرها 375 نيوتن، في حالة كون القوتين متعامدتين الواحدة على الأخرى، فما هو حجم و اتجاه القوة الناتجة المؤثرة على اللاعب؟ الجواب: 548نيوتن في زاوية 43درجة إلى خط التأثير للاعب الأول.

13. قافز الفضاء يزن 75 كغم في سقوط حر.معرض إلى ريح عرضية بقوة 60نيوتن و إلى مقاومة هواء أفقية بقوة 100 نيوتن. صف القوة الناتجة المؤثرة على القافز (الجواب: 638,6 نيوتن، بزاوية ،4 درجة أفقياً).

14. يستخدم الحل الهندسي لإيجاد المقدار الناتج للقوى المستوية التالية: 60 نيوتن في 90 درجة ، 80 نيوتن في 120 درجة و 100 نيوتن في 270 درجة (الجواب: 49,57 نيوتن).

15. إذا وزع 37٪ من وزن الجسم فوق سطح علوي لقرص فقري داخلي، و المساحة العلوية للقرص هي 25سم2، ما كمية الضغط المسلط على القرص الخاص بوزن جسم الرجل يزن 930 نيوتن؟ (الجواب: 13,8 نيوتن/سم2).

16. في نواة القرص الفقري الداخلي يعادل الحمل الضاغط 1,5 من الحمل الخارجي المستعمل اما في الليف الخلفي فتعادل القوة الضاغطة 0,05 من الحمل الخارجي، ما مقدار الأحمال الضاغطة على nucleus pulposus

نواة القرص الفقري و على الليف الخلفي من القرص الفقري الداخلي لرجل يزن 930 نيوتن حاملاً بين أكتافه عارضة بوزن 445 نيوتن مع العلم بأن 37٪ من وزن الجسم موزع على القرص؟ الجواب: 1183 نيوتن:تأثر على nucleus pulposus و 394 نيوتن تأثر على الليف الحلقي.

17. خمن حجم جسمك، كوّن لائحة تعرض الأبعاد التقريبية للجسم المستخدمة في صياغة تخمينك .

18. أدناه كتلة او وزن و حجم، كل من المواد التالية، رتب بالتسلسل طبقاً لكثافاتها.

المادة	الوزن و الكتلة	الحجم
A	50kg	$15.00in^3$
B	90lb	$12.00\ cm^3$
C	3 slugs	$1.50ft^3$
D	450 N	$0.14m^3$

19. عضلتان تزيدان أو ترفعان الشد في نفس الوقت على جانبين متقابلين لمفصل العضلة (أ) تمس 3 سم من محور الدوران على المفصل مسلط قوة بمقدار 250 نيوتن. العضلة (ب) تمس 2,5سم من محور المفصل وتسلط قوة بمقدار 260 نيوتن. ما هو عزم الدوران المتولد على المفصل بواسطة كل عضلة؟ماهي محصلة عزم الدوران على المفصل؟في أي اتجاه ستحدث حركة المفصل (الجواب: أ/ 7,50ن–م ب/6,5ن– م؛ و محصلة عزم الدوران تساوي 1ن–م في اتجاه أ.

20. استخدم المسطرة لقياس أبعاد نعل إحدى حذائيك بالسنتمتر.و كن دقيقاً قدر الإمكان، احسب تخمين ساحة سطح النعل، إذا كان المحيط الداخلي متوفر استخدمه لتحلل مساحة السطح بشكل أكثر دقة في التحري عن المحيط الخارجي للنعل، اعرف وزن جسمك. احسب كمية الضغط المبذول على نعل

إحدى حذائيك. ما معدل التغير الذي سيتبع تغير وزن جسمك بـ 22 نيوتن (5 باوند).

21. حاوية كبيرة مملوءة 4/3 من الماء لقياس و تسجيل وزنه. لتحليل حجم مادة من ناحية الأهمية اغمر المادة تماماً في الحاوية وماسكا إياها أسفل السطح. سجل التغير في الوزن على المقياس. انقل المادة من الحاوية. اسكب بحذر الماء من الحاوية نحو قدح قياسي حتى تزن الحاوية وزنها الأصلي أقل من وزن التغير المسجل، حجم الماء في قدح للقياس هو حجم المادة المغمورة.

22. ثبت إحدى نهايتي قلم بإحكام بواسطة ملزمة أو ماسكة. و أمسك بإحكام النهاية الثانية. يحتاج ربط و نستعمل ببطء حمل شد على القلم حتى يبدأ ينكسر. نراقب صنيعة الكسر. على أي جانب بدأ القلم ينكسر؟ هل القلم أقوى في مقاومة الضغط أو الشد؟ أعد التمرين مستخدماً قلماً آخر و استعمل الحمل الالتوائي (الفتل). ما طبيعة الكسر الأول بالإشارة إلى توزيع توزيع شد القوة الموازية داخل القلم؟

23. تجربة بدفع فتح باب معينة باستعمال القوة بإصبع واحد. استعمل القوة على مساحة 10سم 20سم 30سم و 40سم بعد عن نرماد الباب. اكتب إنشاء ملخص موضحاً فيه أي المناطق الأصعب، الأسهل من عملية فتح الباب.

24. قف على مدرج الحمام و نفذ قفز عمودي مع شخص آخر و لاحظ اسلوب تغير الوزن المسجل على المقياس. أعد القفز عدة مرات لزميلك لتحديد الطريقة. علم المواقع و راقب طريقة تغير الوزن عندما ينفذ زميلك. و بالإشارة مع زميلك، ارسم تخطيطاً للتغير في القوة المبذولة.المحور العمودي خلال وقت والمحور الأفقي عند تنفيذ القفز العمودي، ما هي المساحة أسفل المنحني؟

25. عند ربط جسم في حبل وشده فانه ينشأ في الحبل قوة شد لماذا يعد الحبل في الغالب عديم الكتلة مقارنا مع كتلة الجسم وغير مرن وإذا مر الحبل على بكرة فانه يذكر في السؤال دائما أنها خفيفة (عديمة الكتلة) وملساء.

الفصل الرابــع

بايوميكانيكية
نمو عظم الإنسان و تطوره

The Biomechanic Of Human Bone
Growth and Development

بعد إكمال هذا الفصل سيكون القارئ قادراً على:

- ✓ أن يفسر ويوضح كيف تأثر مكونات المادة والنظام التركيبي للعظم في المقدرة على مقاومة الأحمال الميكانيكية.
- ✓ وصف العمليات المرتبطة بالنمو الطبيعي و نضوج العظم.
- ✓ سيتمكن من وصف تأثيرات التمرين وفقدان الوزن على العمليات الحيوية للعظم.
- ✓ مناقشة النظريات التي تدرس العلاقة بين الأشكال المختلفة للتحميل الميكانيكي و إصابات العظم الشائعة.
- ✓ ما الذي يحدد توقف نمو العظم؟
- ✓ كيف تتسبب كسور الإجهاد؟

لماذا تتسبب رحلات الفضاء في تقليل الكثافة المعدنية للعظم عند رواد الفضاء؟

- ✓ ما المقصود بهشاشة العظام و كيف نتجنبها؟

فكلمة العظم تسحر الخيال و الصورة الذهنية بشكل تام للعظم الميت، الجاف هي عبارة عن قطعة هشة من المواد المعدنية التي يمكن أنْ يتذوقها الكلب. ومن الصعب أنْ ندرك بأن العظم الحي هو نسيج حركي يشكل و يعاد تشكيله عن طريق القوى المؤثرة عليه. للعظم وظيفتين مهمتين للبشر:

الأولى أنه يعطي هيكل عظمي صلب و يدعم و يحمي أنسجة العظم الأخرى.

الثانية فإن العظم يشكل مجموعة من العتلات الصلبة و التي يمكن أنْ تكون متحركة بواسطة القوى المستمدة من العضلات وهذا الفصل يناقش الأشكال البيوميكانيكية لتركيب و تكوين العظم، نمو العظم و تطوره، استجابة العظم للشد و الضغط اضافة الى الإصابات الشائعة للعظم.

- ✓ (Levers) العتلات: مادة صلبة نسبياً يمكن أنْ تولد الدوران حول المحاور باستعمال القوة .

مكونات مادة العظم Material Constituents

إن أكبر عوامل بناء العظم هي كاربونات الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم، والكولاجين و الماء وتختلف النسب المئوية لهذه المواد باختلاف صحة وعمر العظم. حيث تشكل كاربونات الكالسيوم تقريبا60 إلى 70٪ من وزن العظم. تعطي هذه المواد العظم صلابته و هي التي تحدد قوته الضاغطة.

اما الكولاجين فهو بروتين يعطي العظم المرونة و يساهم في قوة مطاطيته. هنالك فقدان متزايد للكولاجين و زيادة في هشاشة العظم مع تقدم العمر . ولذلك فإن عظام الأطفال هي أكثر مرونة من عظام الكبار.

بالنسبة للماء فهو مكون أساسي من مكونات العظم يشكل حوالي 25–30٪ من وزن العظم الكلي. فالماء الموجود في نسيج العظم هو مساهم رئيسي في قوة العظم. ولهذا السبب فالعلماء و المهندسين يدرسون الخواص الأولية في أنواع نسيج العظم و ذلك ما يضمن بأن عينات العظم المفحوص لن تصبح جافة .

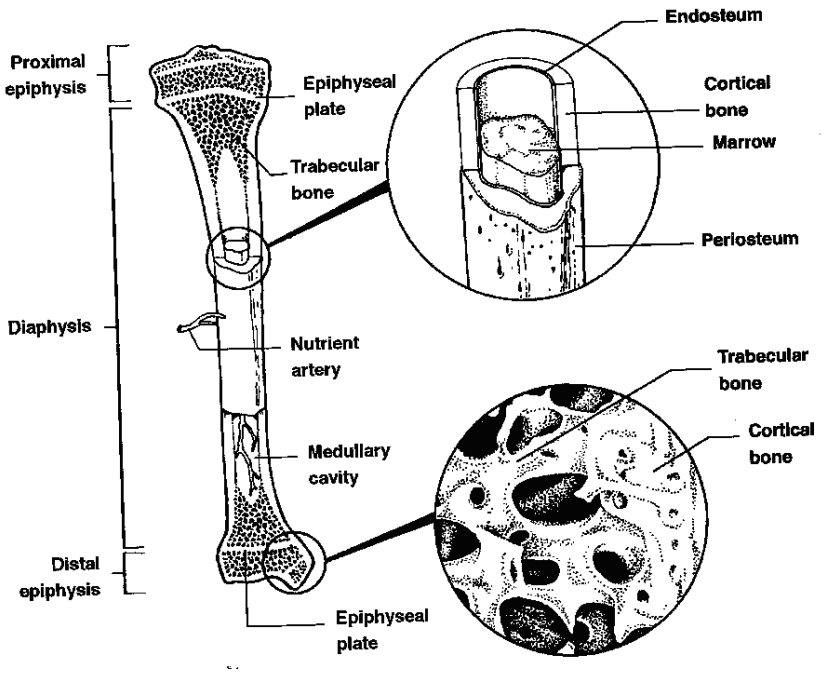
نظام التركيب Structural Organization

تختلف النسبة المئوية للمواد المعدنية للعظم ليس فقط باختلاف عمر الفرد و لكن بالنسبة للعظم المحدد في الجسم فبعض العظام ذو مسافات أكثر من غيره، والعظم المسامي أقل نسبة في فوسفات الكالسيوم، و كاربونات الكالسيوم و الأكثر نسبة في النسيج الخالي من المواد المعدنية.

صنف نسيج العظم إلى نوعين بالاعتماد على المسامات (شكل1–4). فإن كانت نسبة المسامات واطئة بـ 5–30٪ من حجم العظم المشغول بنسيج خالي من المواد المعدنية ففي هذه الحالة يطلق على العظم القشري او اللحائي ، أما بالنسبة للعظم عالي المسامات بنسبة 30٪ إلى 90٪ من حجم العظم المشغول بنسيج غير معدني ويعرف بالأسفنجي، و العظم الحويجري (trebecular)

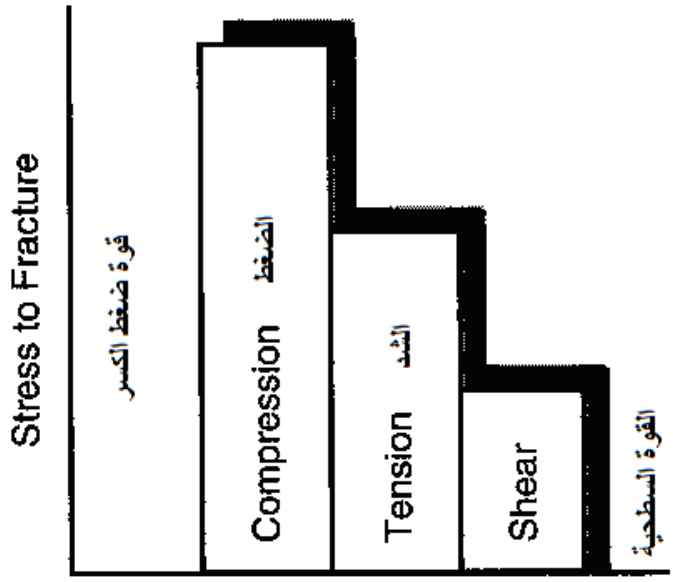
تحتوي على تركيب قرص العسل إضافة إلى عوارض أو أعمدة معدنية أفقية أو عمودية تدعى (trebecula) تشكل خلايا مملوءة بمخ العظم و زيته.

تعتبر مسامية العظم هامة بسبب تأثيرها المباشر على الخصائص الحركية للنسيج وبمحتواه المعدني العالي فان العظم اللحائي أكثر صلابة من العظم الاسفنجي وذلك لكي يقاوم الشد الكبير بأقل جهد .



شكل(1-4) يمثل تركيب العظم اللحائي وعظم trabecular

- ✓ العظم أللحائي(Cortical bone) : نسيج رابط معدني سميك بأول أسفنجية موجودة في أعمدة العظام الطويلة.
- ✓ عظم اسفنجي (Trabecular) : نسيج رابط معدني سميك ذو كثافة عالية من المسامات موجودة في نهاية العظام الطويلة والفقرية.
- ✓ نتيجة لكون العظم أللحائي اصلب من العظم الاسفنجي (Trabecular) فانه يستطيع المقاومة بشدة اكبر وبأقل جهد .
- ✓ الجهد (Strain): كمية التشويه مقسومة على الطول الأصلي للتركيب على الميل الزاوي الأصلي للتركيب .
- ✓ التشويه (Deformation): معدل التغير في الشكل الأصلي.



شكل (2-4) قوة العظم النسبية في مقاومة الضغط،التوتر،القوة السطحية.

أنواع العظام Type of Bones

تساعد تراكيب واشكال (206) عظم في جسم الانسان على اداء وظائف محدودة فالهيكل العظمي هو الإطار العظمي المرن فهو يُعطي الجسم شكله ويحمي الأعضاء الحيوية ويعطي نظامًا من العَتلات، وحركة العضلات لكي يتمكن الجسم من التحرك. يحتوي الهيكل على النِقْي العظمي أي النسيج الذي يكون الدم ويخزن الهيكل بعض العناصر مثل الكالسيوم والفسفور ويطلقها إلى الدم.

وهي عبارة عن تراكيب وأشكال تمكنها من إن تنجز وظائفها المحددة ويقسم النظام الهيكلي الى هيكلي محوري: يتكون من عظام الرأس والعنق والجذع. وأهم أجزائه العمود الفقري الذي يشكل محورًا يدعم الأجزاء الأخرى للجسم. وتقع الجمجمة أعلى العمود الفقري. ويتكون العمود الفقري من عدد من العظام تسمى فقرات، ويوجد بينها أقراص ليفية. وتتكون الفقرات العنقية من سبعة عظام (عظام العنق). ويوجد بخلف الصدر اثنتا عشرة فقرة صدرية.

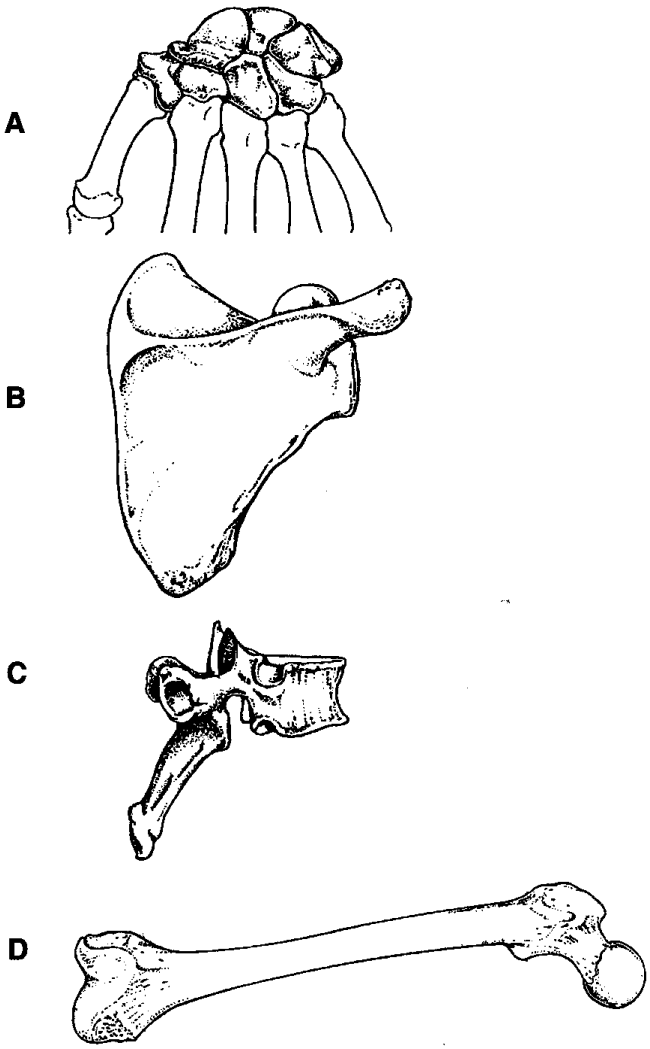
الهيكل الخارجي (المحيطي): يتكون من عظام الذراعين والأرجل ودعاماتها . ويمكن أن يصنف العظام طبقا للشكل العام والوظيفة .

1. العظام القصيرة وهي مكعبة الشكل تقريبا وتتضمن عظام الرسغ والمشط تعطي هذه العظام حركة انزلاقية محددة وتعمل على امتصاص الصدمة. شكل (4-A)
2. العظام المسطحة وتوصف عن طريق اسمها تحمي هذه العظام للأعضاء الداخلية والأنسجة الرقيقة وتعطي مساحات لاتصالات العضلات والأربطة. ومنها عظم الحرقفة وعظم القص والأضلاع وبعض عظام الجمجمة.(B)
3. العظام غير النظامية ولها أشكال مختلفة لتنفيذ وظائفها خاصة في جسم الإنسان على سبيل المثال فالفقرة تعطي وعاء عظمي دفاعي للحبل

الشوكي وتقدم عدة عمليات لربط العضلات والأربطة وتعمل على دعم وزن أجزاء الجسم العلوية وتعمل على إمكانية حركة الجذع في كل المحاور الرئيسية ومن أمثلتها عظم العجز وعظم الفك الأعلى وأمثلة أخرى للعظام الغير نظامية.شكل(C).

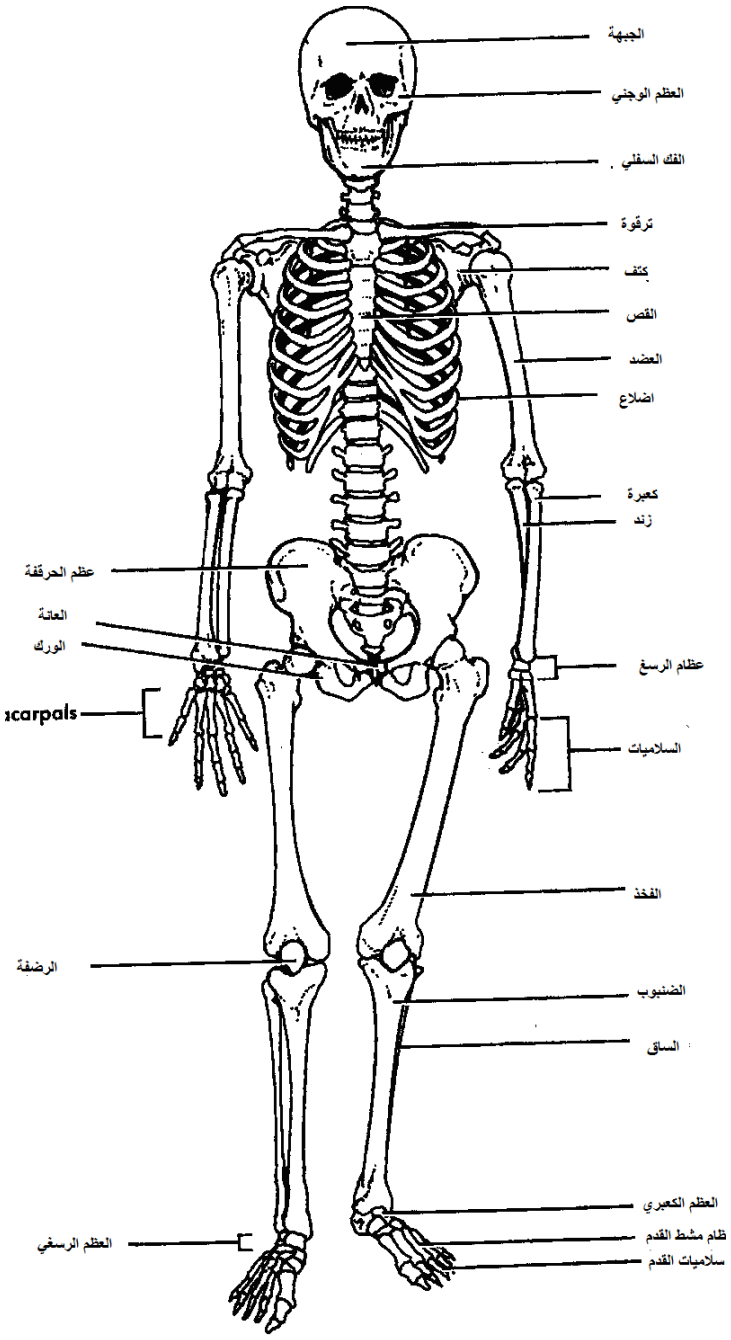
4. العظام الطويلة وهي عظام من الهيكل الملحق وتتكون من عمود اسطواني خشن وطويل ويدعى كذلك بجسم العظم أللحائي مع نهايات بصلية تعرف بالدرنات.

غضروف مفصلي ذاتي التزييت يحمي ويقي نهايات العظام الطويلة على قدرة التحمل نهايات الاتصال بالعظام الأخرى ،تحتوي العظام الطويلة مناطق مركزية مجوفة تعرف بالتجويف أو القناة الوسطية.(D).



شكل (3-4)

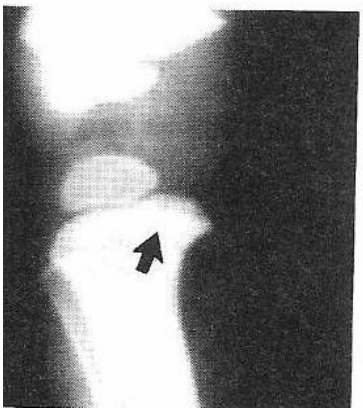
A.عظام الرسغ تصنف كعظام قصيرة. B .عظم الحرقفة يصنف كعظم مسطح
C.الفقرات هي أمثلة للعظام غير النظامية D .عظم الفخذ يمثل العظام الطويلة



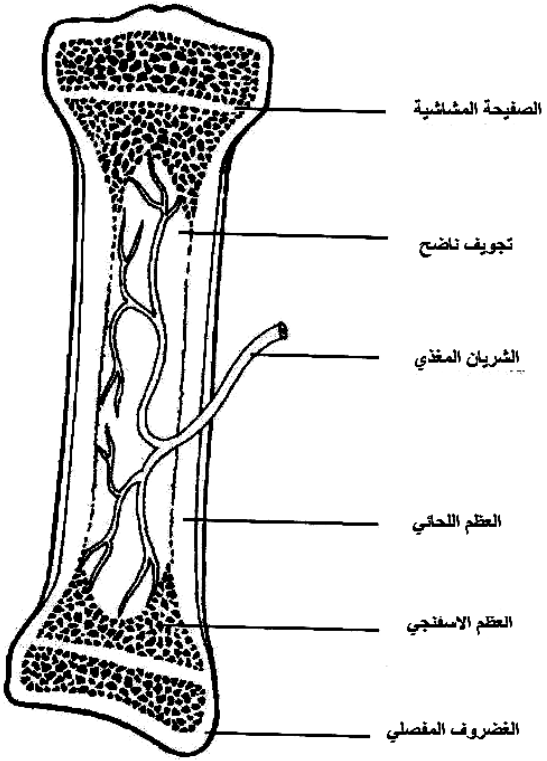
شكل(4–4) يمثل الهيكل العظمي للإنسان

- ✓ التباين في الخصائص(Anisotropic): عرض خصائص حركية مختلفة في الاستجابة من الأحمال في اتجاهات مختلفة.
- ✓ العظم هو الأقوى في مقاومة الضغط والأضعف في مقاومة القوة السطحية.
- ✓ الهيكل المحوري أو المركزي (central or axial skeleton): ويحتوي الجمجمة ،الفقرة،عظم القص والإضلاع.
- ✓ الهيكل اللاحق أو الزائد الإضافي:ويحتوي على عظام زوائد الجسم
- ✓ العظام القصيرة (short bones): وهي تراكيب مكعبة صغيرة تتمثل بعظام المشط والرسغ.
- ✓ العظام المسطحة(flat bones):وهي عظام هيكلية مسطحة مثال عظم الحرقفة في الورك.
- ✓ العظام الغير نظامية(irregular bones): تراكيب هيكلية بأشكال غير نظامية مثال ذلك عظم العجز.
- ✓ العظام الطويلة(long bones) :تراكيب هيكلية تتألف من عمود طويل بنهايات بصلية ومثال عظم الفخذ.
- ✓ الغضاريف المفصلة(articular cartilage): وظيفتها حماية النسيج الرابط المرن فوق النهايات المفصلية للعظام الطويلة.

تكون العظام الطويلة مكيفة من حيث الحجم والوزن لتنفيذ الواجبات الحركية المحددة لها. فعظام الضنبوب والفخذ اكبر وأكثف وذلك لإسناد وزن الجسم .
أما العظام الطويلة في الطرف العلوي فتتضمن عظم الكعبرة وعظم العضد بطبيعتها اصغر واخف وذلك لتعزيز سهولة الحركة اضافة الى ماذكر فهناك عظام طويلة أخرى ومنها عظم الترقوة وسلاميات الأصابع وعظام الرسغ اضافة الى مشط القدم.



يمثل صفيحة الغضروف في عظم الفخذ لشاب



(شكل 5-4)الصفيحة الغضروفية هي جانب من نشاط Osteoblast والتي عندها يبنى العظم

تطور ونمو العظم Bone growth and development

يتغير العظم الحي باستمرار طيلة حياة الإنسان فالعديد من هذه المتغيرات تمثل النمو والنضوج الطبيعي للعظم .

النمو الطولي للعظم Longitudinal Growth

يحدث النمو الطولي للعظم في الصفائح المشاشية (epiphysis) (شكل5-4) وهي عبارة عن أقراص غضروفية موجودة قرب نهايات العظام الطويلة. ينتج الجانب المشاشي في كل صفيحة باستمرار خلايا عظم جديدة وخلال أو بعد سن المراهقة تخفي الصفيحة ويلتحم العظم منهية بذلك عملية النمو حيث ان معظم الصفائح تغلق في سن الثامن عشر (18) مع ان البعض يمكن ان تكون موجودة لديهم حتى عمر 25 عام.

شكل مشاشة العظام أو الصفيحة المشاشية حيث ينتج كل صفيحة مشاشية باستمرار خلايا عظمية جديدة خلال أو بعد فترة المراهقة الصفيحة ومن ثم تختفي ويلتحم العظم منهية النمو الطولي .

- ✓ اغلب الكراديس أو الأقراص الغضروفية تغلق في الـ 18 سنة بالرغم من ان البعض الأخر ربما يستمر حتى سن الـ 25.
- ✓ الغدة الصنوبرية epiphysis: هي مركز نمو العظم تقوم بإنتاج نسيج عظمي جديد لجزء من عملية النمو الطبيعي حتى سن المراهقة أو سن البلوغ المبكر.

النمو المستعرض Circumferential Growth

النمو العرضي : يكون عن طريق الطبقة العميقة للسمحاق كما يتآكل مركز جسم العظم ليضاف إلى القناة النقوية و يتركب من 200عظم

- ✓ السمحاق(Periostum) : وهو غشاء ذو طبقتين مزدوجتين يغطي العظم، أوتاد العظم القريبة إلى الطبقة الخارجية والطبقة الداخلية وهي مكان لنشاط خلايا البانية للعظم Osteoblast.
- ✓ الخلايا بانية العظم (Osteoblasts): وهي خلايا خاصة للعظم وتقوم ببناء نسيج العظم الجديد.
- ✓ الخلايا الهادمة للعظم (Osteoclasts): وهي خلايا محدد للعظم تقوم بالتخلص من نسيج العظم.
- ✓ قانون الألماني (Wolff) :يشير إلى إن قوة العظم تزداد وتنخفض عندما تزداد وتنخفض القوى الوظيفية للعظم.

استجابة العظم للشدة Bone response to stress

هناك تغييرات أخرى تحدث في العظم الحي لا تتعلق بالنمو الطبيعي والتطور . العظم يستجيب حركيا للقوى (المختلفة الموجودة وغير الموجودة في حالة حدوث تغيرات في الحجم والشكل والكثافة وقد وضعت هذه الظاهرة أساسا عن طريق العالم الألماني (وولف في 1892) ان شكل العظم المعني وعناصر العظم هي التي تثبتها او تحركها باتجاه القوى الوظيفية وتزيد وتنخفض كثافتها لعكس كمية القوى الوظيفية.

تشكيل وإعادة تشكيل العظم (Remodeling) Bone Modeling and

استنادا إلى قانون وولف فان كثافات أشكال وأحجام العظام للبشر تعطي مقدار واتجاه التوترات الحركية التي تؤثر على العظام ولهذا فان المواد المعدنية للعظم وقوة العظم عند الأطفال والبالغين تقوم بإحداث التوترات والضغط على الجمجمة.وبما ان وزن الجسم يعطي الشد الحركي الثابت للعظام فان الكثافة المعدنية للعظم بشكل عام تعمل على توازن الجسم عند الأفراد الأكثر ثقلا والذين يملكون عظام ذات كثافة عالية وإضافة إلى ذلك فان الفعالية البدنية للفرد والبرنامج الغذائي والوراثة اضافة الى أسلوب الحياة اليومية يمكن ان تؤثر بشكل كبير على كثافة العظام .

طبق قانون وولف في نشاطات الخلايا البانية للعظم والخلايا الهادمة للعظم حيث ان هذه الخلايا تؤثر باستمرار في زيادة أو خفض او إعادة تشكيل العظم بمحصله تصب في كثافة العظم .الهيمنة والسيطرة المسبقة لفعالية الخلايا البانية للعظم (osteoblast) تودي إلى تشكيل العظم بمحصله تصب في كثافة العظم اما عملية إعادة تشكيل العظم فتتطلب توازن في نشاط الخلايا البانية للعظم وهيمنة مسبقة في نشاط الخلايا الهادمةosteoclaste مع المحافظة على فقدان كثافة العظم .

تتمثل طواعية العظم عند الطفل الرضيع المولود في ظروف بدنية طبيعية ولكنه فاقد لعظم ظنبوب وهو العظم الحامل لغالبية الطرف السفلي بعد ان يمشي الطفل لفترة أشعة X تظهر تشكيل عظم الساق في الساق الشاذة أو المعاقة التي تظهر إلى الحد الذي لا يمكن تمييزها من عظم الضنبوب في الساق الأخرى.

حالة مهمة أخرى هي حالة العامل الذي فقد كل شي إلا الإصبع الخامس من إحدى يديه في الحرب فبعد 32 عام تكونت سلاميات الأصابع للإصبع المتبقي شبيه بالإصبع الثالث لليد الأخرى.

زيادة كثافة وتضخم العظم Hypertrophy

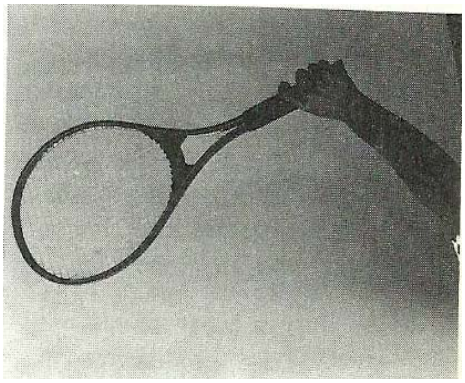
بالرغم من إن زيادة كثافة العظم (hypertrophy) في التغيرات الكبيرة في حجم وشكل العظم هي تغيرات غير اعتيادية فهنالك عدة أمثلة لتكوين العظم أو ما يسمى (hypertrophy) أي زيادة كثافة العظم في الاستجابة للنشاط البدني المنظم .

ان عظام الأشخاص ذوي النشاط البدني تكون أكثر كثافة وتحتوي مواد معدنية أكثر من الأفراد كثيرو الجلوس وقليلي الحركة في نفس العمر والجنس،إضافة إلى ذلك فان نتائج الدراسات العديدة تشير إلى إن الوظائف وأنواع الرياضة بشكل خاص عند المشي على ساق محددة أو منطقة من الجسم تودي الى إيجاد عظم بارز في المنطقة المعرضة للتأثير،فعلى سبيل المثال فان لاعب التنس المحترف لا يعرض الكثافة العضلية فحسب أنما يعرض كثافة نصف قطر تلك الذراع وكذلك نلاحظ كثافة العظم في اذرع رماة كرة البسبول ومن ناحية أخرى فان القوة والأحمال الكبيرة والأكثر إثارة تظهر زيادة في امتصاص المواد المعدنية للعظم .

في واحدة من الدراسات التي قام بها مجموعة من الباحثين لقياس كثافة عظام الفخذ(لـ 64) رياضي يمثلون دول عدة في مختلف الرياضات عرضت القياسات بان لاعبي الإثقال كانت نسبتهم هي الأعلى تلاها لاعبي الرمي ثم الركض ،لاعبي كرة القدم،والسباحين ،واستنتج عن ذلك البحث ان مقدار التحمل الهيكلي على العكس من تردد الحمل الذي يرتبط بكتلة العظم.

يبدو ان التدريب المنتظم يزيد من كثافة العظم ليس فقط في المناطق ذات التوتر العالي حسب وإنما على طول المنظومة الهيكلية .

البحوث التي أجريت على العداءين رجالا ونساء أظهرت معدل عالي لكثافة العظم في كلا الطرفين العلوي والسفلي كما ان تمارين الوزن غير المحمول مثل تمارين الدراجات والسباحة يمكن ان تساهم بشكل ايجابي في الكثافة المعدنية للعظم وتشير هذه الاستنتاجات الى وجود عوامل أخرى تساهم في كثافة العظم غير الجهد الحركي فعلى سبيل المثال يمكن ان يساهم الدوران البدني الجيد في تحسين صحة العظم ومع ذلك هنالك دليل على ان السباحين الذين يقضون جل أوقاتهم في الماء حيث تواجه قوة العوم الجاذبية ربما يمتلكون عظام اقل كثافة من الأفراد عديمو النشاط وهذه مشكلة رئيسية للسباحين ذوي وزن جسم ذو معدل واطي والأدنى من المعدل بما ان زيادة وزن الجسم تعمل على بناء العظم .



كثافة العظم تزداد بشكل كبير في اذرع لاعبي كرة التنس.

ضمور العظم Atrophy

بينما يستجيب العظم ذو الكتلة الأكبر للجهد الحركي الزائد فانه يعرض استجابة مناقضة للجهد الأقل ،فعندما تكون التوترات العضلية الاعتيادية المسلطة على العظم عن طريق الانقباضات العضلية أو حمل الوزن قليلة فستكون كثافة العظم ونسيج العظم عند التكوين منخفضة وعندها تظهر ظاهرة

ضمور العظم وعند هذه الحالة فان كمية الكالسيوم الموجود في العظم تنخفض و تقلل من وزن وقوة العظم .

إن ظاهرة فقدان كثافة العظم نتيجة الجهد الحركي القليل موجودة بكثرة بين المرضى والأشخاص قليلو الحركة اضافة الى رواد الفضاء.

من وجهة النظر الحركية فان مشكلة ضعف امتصاص المواد المعدنية للعظم تعتبر مشكلة كبيرة ،وبينما تنخفض كثافة العظم فان قوة ومقاومة العظم للإصابة بالكسر ستكون ضعيفة خاصة في العظم ألاسفنجي .

فعندما لا تتحلل مركبات أو عناصر الكالسيوم من نسيج العظم فإنها ستدخل مجرى الدم حيث تقوم الكليتين بتصفيتهما ولذلك فان قلة امتصاص المواد المعدنية عن طريق العظم سيساهم في احتمالية زيادة حصيات الكلى.

نتائج دراسات فقدان الكالسيوم خلال الطيران تشير إلى فقدان الكالسيوم البولي متعلق بالوقت المستغرق خارج مجال الجاذبية الأرضية اما طريقة فقدان العظم فكانت شبيه بشكل كبير لما وثق بين المرضى خلال فترات رقودهم اما بالنسبة لتقارير رواد الفضاء الروس فتشير إلى أن التمرين القوي مثل المشي أو الركض فوق دراجة السير المتحرك يمكن ان تحافظ على صحة العظم في الفضاء لفترات طويلة تصل إلى السنة.

ليس واضحا لحد ألان أي من الآليات المحددة هي المسؤولة عن فقدان العظم خارج مجال الجاذبية الأرضية فالدراسات حول الفئران أشارت إلى إن وبعد سبعة أيام في الفضاء ان نشاط خلايا الهدم (osteoclast) يبقى ثابتا ، أما بالنسبة لنشاط للخلايا المكونة للعظم خلايا البناء (osteoplasts) فستكون منخفضة بحجم المشكلة التي ستكون مختلفة باختلاف موقع العظم في الهيكل العظمي .

إن الطريقة المنطقية في مقاومة مشكلة فقدان العظم في الفضاء هي محاكاة الجاذبية داخل العربات الفضائية ، لذا استخدمت تقنية واحدة في توليد جاذبية اصطناعية وهي عملية الطرد المركزي وهي عبارة عن عملية إجراء مختبري يقوم بتوليد قوة على أشكال مغزلية عالية ،الفئران التي طبقت عليها التجارب في رحلة الاتحاد السوفيتي 1936الفضائية أظهرت وجود زيادة في كثافة العظم وزيادة في محتوى الكالسيوم في نهاية التجربة.

بقي أن نعرف إن هنالك قياسات أخرى غير التوليد الاصطناعي للجاذبية يمكن ان يحمي العظم خلال الرحلات الفضائية بشكل فعال فبرنامج التمرين المستمر لرواد الفضاء خلال الطيران في الفضاء صمم لحماية فقدان العظم عن طريق زيادة الجهد الحركي المركز على العظام باستخدام القوة العضلية اضافة الى عضلات الجسم التي تسلط بشكل رئيسي قوى الشد على العظم بينما تعطي الجاذبية قوة ضاغطة ولذلك يمكن لا تكون كمية من التمرين البدني وحدها كافية ومعوضة عن غياب قوة الجذب الأرضي .

هنالك علامات استفهام مهمة جدا هو ما مدى كثافة العظم التي يمكن إعادتها عند إعادة دخول رواد الفضاء مجال الجاذبية الأرضية ،فالبحوث في هذا المجال أوضحت إن استرداد كثافة العظم يمكن ان تكون متوقعة وكذلك معدل ومدى اعادة الشفاء يختلف باختلاف الإفراد وموقع العظم فالعظام المشتركة بحمل الوزن بشكل مباشر يمكن ان تكون عودتها سريعة جدا وبدراسة مجموعة من الأشخاص اجتازوا 17 أسبوعا راحة ونوم مستمر اظهروا تغير تام بنسبة 10.4% فقدان في كثافة عظم العقب بعد ستة أشهر فكامل الحمل على العظم الحامل للوزن موضح في الشكل (6-4)

انخفاض في كثافة العظم لفترة من الزمن والتي يقضيها رائد الفضاء خارج الجاذبية أحد المشاكل التي يواجهها رواد الفضاء.

هشاشة العظام Osteoporosis

إن فقدان كثافة العظم هو فقدان متزايد للكتلة المعدنية للعظم وقوته التي تودي إلى حدوث كسر واحد أو أكثر وهو الاعتلال الجسدي الأكثر في الولايات المتحدة الاميريكية حيث ان انخفاض كثافة العظم هو مشكلة ليست فقط لرواد الفضاء أو المرضى المعدومين من الحركة ولكن للعدد المتنامي للمواطنين الكبار والرياضيات الإناث حيث ان هذه الحالة تبدأ بانخفاض في كثافة العظم دون حدوث كسر في العظم ولكنها تستمر بشكل طبيعي .

تبدأ هشاشة العظام بنقص في الخلايا العظمية ونقص في كتلة العظام بدون وجود كسر وهي الفقدان الزائد لكتلة معادن العظام وناتج القوة في كسر واحد أو أكثر هو خلل في العمليات الكيماوية للعظم .اما ظاهرة هشاشة العظام والتي تعني فقدان كبير في الكتلة المعدنية للعظم فهي من أكثر حالات الاضطراب الايضي شيوعا في الولايات المتحدة الأميركية.

شكل 6-4 عظم الضنبوب هو الأكثر حملا للوزن في الطرف السفلي ، لو إن 88% من كثافة العظم اقرب الى مفصل الركبة ما كمية القوة الضاغطة والتي تؤثر في كل عظم الضنبوب عندما يقف شخص معين يزن 600 نيوتن يقف في وضع تشريحي؟ فما كمية القوة الضاغطة التي تؤثر على كل عظم الضنبوب إذا كان الشخص يحمل ل 20نيوتن كيس من البقاليات ؟

الحل :

الوزن = 600 نيوتن

نستنتج ان الوزن = القوة الضاغطة Fc

المعادلة Fc للركبتين = (600 نيوتن) ×

2/ (0,88)

Fc على ركبة واحدة = 264 نيوتن

Fc مع حقيبة بقاله = (600 نيوتن

+20 نيوتن) (0,88) / 2

Fc مع الكيس = 272,8 نيوتن

اقتران حالة هشاشة العظام بالعمر

Age–Associated Osteoporosis

معادن العظام تتكدس وتتراكم طبيعيا خلال فترة الطفولة والمراهقة،حتى تصل ذروتها في مرحلة المراهقة المتأخرة أو مرحلة البلوغ المبكر.اما بعد الوصول الى الذروة فلا يتفق الباحثون في عملية تحديد لطول الفترة التي تبقى خلالها كثافة العظم ثابتة .

فيما يتعلق بالعمر فالانخفاض المتزايد لكثافة العظم وقوة العظم في كلا الجنسين رجالا ونساء يمكن أن يبدأ في بواكير العشرين، حيث تفقد العظام تقريبا من 0,5 الى 1 % من كتلتها حتى سن 50 سنة للسيدات او مرحلة انقطاع الدورة الشهرية وكذلك الرجال المسنين ،فتظهر بعد سن اليأس زيادة في معدل فقدان العظم بقيمة تقدر 6.5 لكل سنة تسجل خلال السنوات الخمس الأولى حتى ثمان سنوات.

ان ظاهرة (Osteoporosis) موجودة عند اغلب الناس كبار السن وتصبح منتشرة بشكل متزايد عند العدد المتزايد لكبار السن فأغلبية المتأثرين بهذه الحالة هم النساء كبيرات السن اللائي يتجاوزن سن اليأس والرجال كبار السن سريعو التأثر حيث يقدر إن 90%من الكسور التي تحدث بعد عمر 60سنة متعلقة بحالة هشاشة العظام.

وهذه الكسور واحدة من الأسباب التي تقود الى الموت عند كبار السن والمصطلح المذكور يعني انخفاض في كتلة العظم وقوته عند الاصابة بمثل هذه الحالة.

عادة ما تبدأ الكسور الأولى في الظهور بعد سن اليأس ب 15 سنة حيث تعاني المرأة ضعف ما يعانينه الرجل عند الكسور وخاصة حالات الكسور التي

تحدث في الرقبة وستة أضعاف ما يعانيه الرجل عند الإصابة بالكسور الفقرية لما يعانيه الرجال في نفس العمر.

ابرز الأعراض التي يعانيها المصاب بحالة هشاشة العظام هو الشعور بالآم الظهر الصادر نتيجة حدوث كسر في العظم الاسفنجي في الأجسام الفقرية بشكل اسفين مكون بذلك مايطلق عليه الحداب الصدري kyphosis ويدعى هذا التشوه (بحدبة العجوز) .

وتعتبر كسور الضغط الفقري مؤلمة جدا ومضعفة وتأثر على حياة الفرد بدنيا ووظيفيا ونفسيا وبينما يفقد العمود طوله و هنالك خدر وتتمل إضافي على قفص الضلع الضاغط على الحوض هناك ما يقدر بـ26%من النساء في عمر الخمسين فما فوق يعانين من كسور الضغط الفقري وبينما يهرم العمود الفقري للرجل فهناك زيادة في قطر الفقرة وذلك كي يودي الى تقليل الشد الضاغط أثناء حمل الورك ولهذا وعلى الرغم من التغيرات في كتلة العظام التي تحدث فان القوة التركيبية سوف لن تنخفض ،السؤال لماذا لا يحدث التغير المشابه في النساء وجوابه غير معلوم.

- ✓ لين العظام (Osteopenia): وهي حالة قلة كثافة المواد المعدنية في العظم والتي تجعل الفرد قريبا من حدوث الكسور لديه.
- ✓ هشاشة العظام (Osteoporosis): وهي علة او حالة اضطراب في كتلة وقوة العظم يمكن ان تسبب حدوث كسر واحد او عدة كسور

الثالوث الرياضي الأنثوي Female Athlete triad

إن الرغبة في التفوق الرياضي يمكن ان يدفع الكثير من الرياضيات الإناث لبذل مجهود كبير بهدف زيادة أوزانهن الواطئة الغير مرغوب فيها او اللجوء الى هذا التمرين الخطير يستلزم مراعاة مجموعة من العناصر الاساسية ومنها الأكل المضطرب والطمث اضافة الى هشاشة العظام والتي تعرف بالثالوث الرياضي الأنثوي.

حيث ان 62% من الرياضيات الإناث يتعرضن إلى أساليب أكل غير نظامية ،فنظام الأكل غير المنتظم المطول يمكن ان يودي الى حدوث حالات (anoxia nervosa) و (bulimia nervosa) وهي عبارة عن حالة من عصبية وشراهة في الأكل إضافة إلى الإمراض التي تصيب ما نسبته 1-10% من المراهقات.

ويحصل العجز في الطاقة عندما يتجاوز الانفاق كمية الطاقة المكتسبه عند اتباع نظام غذائي مثل التقييد في الأكل او فوضى الاكل ورغم ان الاكل غير المنتظم ينطوي على كثير من الاختلالات الوظيفية وكذلك السلوك الشاذ للاكل (الاكل لحد التخمه من ثم التقيؤ) والاستمرار عليه يعد من العوامل الخطره المسببه لاضطرابات التغذية ويمكن ان يؤدي هذا الاضطراب لفترة طويلة الى الاصابة في حالة فقدان الشهيةanorexia او الشهية المفرطةbulimia هذه الاصابة التي تؤثر على 1-10 من النساء المراهقات تشمل 15% من وزن الجسم او أكثر دون ادني وزن طبيعي للعمر والطول وخشية كبيرة من زيادة الوزن وتشويه الجسم اضافة الى انقطاع الطمث اما بالنسبة للإصابة بحالة الشهية المفرطة فيجب اللجوء الى استخدام التقيؤ بشكل منتظم واستخدام العقاقير المسهلة والمدررة اضافة الى اتباع برنامج حمية صارم والتدريب العنيف لتجنب حدوث زيادة في الوزن واهتمام أكثر بوزن وشكل الجسم .

العلاقة بين الأكل الغير منتظم وانقطاع الطمث غير مفهومة بشكل جيد ويظهر بان انقطاع الطمث ربما يكون متعلق بانخفاض سمنة الجسم أو التدريب المتزايد فقد سجل ما نسبته 2-5%من النساء في الولايات المتحدة اللائي يعانين من انقطاع الطمث ولكن الانتشار في الرياضات الأنثوية في تصاعد ،وتشير الدراسات حول رياضات المنافسة النسائية في مختلف أنواع الرياضة إلى إن نسبة الإصابة وانقطاع الطمث الابتدائي تصل الى 3.4-66%يصبن بحالة انقطاع الطمث الابتدائي مع تاخر بدء الحيض بعد 16 سنه او الاصابة بحالة انقطاع الطمث الثانوي بغياب ثلاث الى ستة دوائر حيضية متتالية.

ان الربط بين انقطاع الطمث وحالة (osteoporosis) أي قلة المواد المعدنية في العظم هي كذلك غير مفهومة بشكل جيد ولذلك فان العلامة الشائعة تظهر انخفاض في مستوى الاستروجين ،على الرغم من ان مدى تأثير المواد المعدنية للعظم بين الرياضيات الإناث غير معلوم فان نتائج عدم الانتظام عند المرأة الشابة ستكون مأساوية بين أكثر من 200من العداءات الإناث ممن يعانين من انقطاع الطمث فان هنالك 10%اقل كثافة عظم من النساء ذوات انقطاع الطمث الاعتيادي وهذه ذات أهمية خاصة بالنسبة للرياضيات المراهقات وذلك لان 50%من المواد المعدنية للعظم و15% من طول البالغ يتكون طبيعيا في سن المراهقة. وليس غريبا من ان الرياضيات الإناث اللائي يعانين من انقطاع الطمث يمكن ان يسبب نسبة عالية من كسور الإجهاد مع كسور كثيرة مرتبطة بالبداية المتأخرة للطمث (menarche) إضافة الى ذلك فان فقدان العظم الذي يحدث بأنه يمكن ان يكون غير قابلة التغيير وان الكسور المتخلخلة يمكن ان تحطم حالة الوقوف للأبد.

الوقاية من قلة كثافة وقوة العظم Preventing Osteoporosis

ان سبب حالة (osteoporosis) غير معروف على الرغم من ان التدريب المنتظم يعزز من امتصاص العظم للمواد المعدنية وصحته فمن الواضح إن العوامل الهرمونية تسلط تأثير هائل وكبير وتعطى انتشار لظاهرة (osteoporosis)عند النساء الإناث اللواتي يعانين من توقف الطمث ،الحمية المختارة وعوامل متعلقة بأسلوب الحياة هي من العوامل المؤثرة على كثافة العظم .

ان المستويات الواطئة لهرمون الاستروجين والمستوى الواطي لهرمون التستيرون في الذكور يعزز فقدان العظم عند الأطفال والبالغين وهناك طريقين يشكل عندهما هرمون الاستروجين ضررا على العظم :

1. يقلل الفعالية التي يمتص عندها الكالسيوم في الجسم .
2. تسهيل إعادة نشاط الخلايا الهادمة للعظام (steoclast) والتي تعمل على امتصاص العظم.

هنالك بعض الأدلة تشير إلى إن امتصاص الكالسيوم المتزايد يولد تأثيرا ايجابي على كثافة العظم عند بعض النساء،في كمية الكالسيوم الممتص لها تأثير ايجابي بواسطة الكاليستوريال (الناشط من فيتامين d) وسلبيا ومن خلال طبيعة الحمية او النظام الغذائي ، فنظام تغذية الكالسيوم ذو أهمية كبيرة خلال فترة المراهقة ولسوء الحظ فان الفتيات الأمريكيات يفشلن في الوصول الى الامتصاص اليومي الموصى به في عمر 11سنة.الغذاء المعتدل وإكمال الكالسيوم يمكن ان يكون مهما جدا لتحسين كثافة العظم بين الفتيات المراهقات في حال عدم كفاءة الحمية الغذائية .

كذلك فان برنامج الحمية الغذائية للكالسيوم هي نافعة جدا للنساء اللائي يتجاوزن عمر 60 سنة وعلى أية حال فخلال ثلاث من العقود الخمسة فان

اغلب النساء لا يرغبن في الاستفادة من ضبط البرنامج الغذائي لعنصر الكالسيوم المهم .

كذلك فان هنالك عوامل أخرى ذات تأثير سلبي في عملية امتصاص المواد المعدنية وكثافة العظم ومنها انقطاع الطمث والتدخين وتناول الكحول والنشاط البدني الضعيف،فيتامين d غير الكافي بنسبة أعلى من المستويات الموصى بها في برنامج تغذية من البروتين والفسفور إضافة إلى تناول الكافيين .

الرياضيات الإناث في رياضات التحمل تتعرض للمخاطرة بتنمية ثالوث الرياضة الأنثوية الخطيرة

إن عملية انقطاع الحيض بعد سن اليأس عند النساء يمكن ان يكون نافعا في استكمالات الاستروجين كما يوصف من قبل الطبيب ،العوامل الجنسية ،تأثر كذلك على كل من كتلة العظم المتحققة ومعدل التغير في كثافة العظم.

- ✓ التدريب المنتظم أوضح بأنه فعال في إحداث موازنة بين العمر وفقدان العظم.
- ✓ النقص في هرمون الاستروجين والتسترون يودي الى تعزيز حالة فقدان الكتلة المعدنية وقوة العظم أي Osteoporosis

البحوث الأخيرة تشير إلى ان مستقبل العوامل الطبية التي تحفز على تشكيل العظم ربما تكون قادرة على الوقاية ومن ثم التخلص من حالة هشاشة العظام وحتى يصبح ذلك حقيقة فالنساء الشابات بشكل خاص يشجعن على زيادة كتلة العظم وتقليل فقدانه عن طريق الانهماك في التدريب المنتظم وتجنب العوامل الحياتية التي تؤثر سلبا على صحة العظم.

الإصابات الشائعة للعظم Common Bone injuries

فيما يتعلق بالوظائف الحركية المهمة التي تنفذ بواسطة العظم فصحة العظم هي جزء هام من الصحة العامة وصحة العظم يمكن ان تفسد نتيجة تعرضه للإصابات والإمراض.

الكسور (fractures) :هو عملية تمزيق اتصال العظم . طبيعة الكسر تعتمد على الاتجاه والمقدار ومعدل الحمل الحركي إضافة إلى صحة ونضوج العظم عند الإصابة ويمكن ان تصنف الكسور على أنها :

1. بسيطة (Simple) عندما تبقى نهايات العظام داخل الأنسجة الرقيقة المحيطة.
2. كسور مركبة(Compound) عندما تخرج نهاية واحدة أو كلتا النهايتين خارج الجلد
3. كسور مضاعفة (Comminuted) اومفتته :عندما يكون معدل الحمل سريع فمن المحتمل حدوث تفتت العظم .
4. الخلع (Avulsions)وهي كسور سببها حمل توتري وعنده يسحب الوتر او الرباط شظية صغيرة من العظم بعيدا عن بقية العظم ويمكن ان تسبب الرمي الانفجاري وحركات القفز ربما تودي الى كسور الخلع الوسطية عند اللقمة الوسطى وعظم العقب في الاستعمال المتزامن للقوى باتجاهات متضادة وبنقاط مختلفة على طول العظم كالعظم الطويل يولد عزم دوران في لحظة الالتواء وبالنتيجة يودي الى كسر العظم ،لحظة الالتواء تتولد على ساق لاعب كرة القدم عندما تنزل على الأرض وتستعمل القوى في عدة نقاط مختلفة على الساق و باتجاهات متقابلة ،وعندما يحدث الالتواء تحصل حالة شد على جانب والضغط على جانب آخر كما نوقشت في الفصل (3) ونتيجة لكون العظم أقوى من مقاومة الضغط أكثر منه الى مقاومة الشد فعندما يدور جسم لاعب التزلج في حالة السقوط فيمكن للأحمال الالتوائية اذ

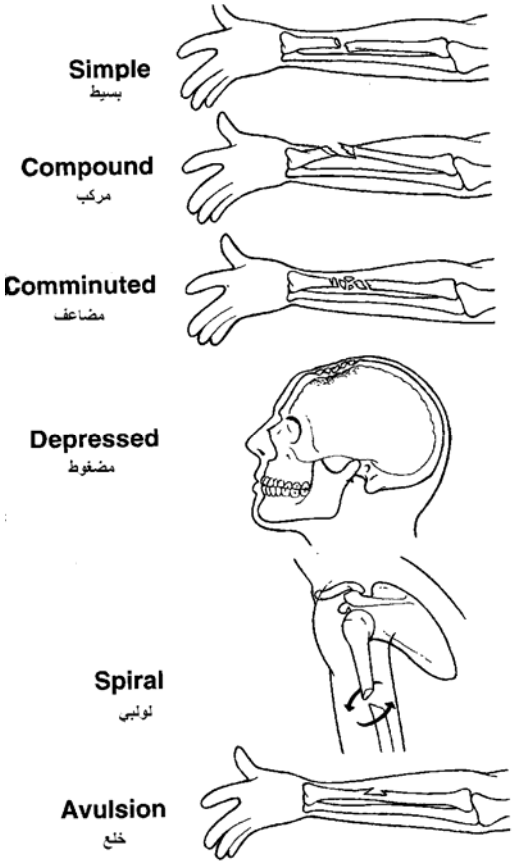
تسبب نوع اخر من الكسور اللولبية في عظم الضنبوب وفي بعض الحالات فان اسلوب التحميل المركب للقوة السطحية وقوة الشد يمكن ان يحدث خلل في الشكل المائل للمحور الطولي للعظم .جانب العظم الذي يتحمل التوتر سيكسر أولا ،عزم الدوران المستعمل على طول المحور الطولي للعظم كان يكون العظم الطويل يمكن ان يسبب الالتواء أو فتل العظم .الالتواء ينتج شد سطحي على طول العظم كما موضح في(فصل 3) وعندما يدور بالتحميل المركب للقوة السطحية والتوتر ينتج فشل في الانحراف الى المحور الطولي للعظم .

- ✓ الكسر (fractures):يعني تمزيق إيصال العظم.
- ✓ تحت الحمل والثني المتزايد ،العظم يميل الى الكسر في الجانب الحامل للتوتر.

وبما ان العظم هو أقوى في مقاومة الضغط منه الى مقاومة التوتر والقوة السطحية ،فان كسور الضغط الحاد للعظم عند غياب ظاهرة هشاشة العظم ستكون نادرة الحدوث وعلى أية حال فانه وتحت تأثير الحمل المركب فان الكسر الناتج عن الحمل ألالتوائي يمكن ان يكون متأثرا بوجود الحمل الضاغط أيضا .

5.الكسر الضاغط (Depressed) وهو من الكسور التي تحدث نتيجة نزول شظايا العظم الى داخل الأنسجة السفلية .

وبما ان عظام الأطفال تحتوي على كميات اكبر نسبيا من الكلايكوجين أكثر من عظام البالغين فان عظامهم تكون أكثر مرونة وأكثر مقاومة للكسر تحت ضغط الحمل اليومي من عظام البالغين وبالنتيجة فان الكسور الخضراء أو الكسور غير الكاملة هي كسور شائعة لدى الأطفال وأكثر حدوث مما يحدث للبالغين.وتحدث نتيجة تعرضها للأحمال الالتوائية وأحمال الثني.



شكل(7–4) أنواع الكسور

- ✓ كسور العصا الخضراء (A greenstick fracture) :هي كسور غير كاملة تنتج عن طريق الثني والأحمال الالتوائية.

6.كسور الإجهاد (stress fractures) لذلك تعرف بكسور التعب تنتج من قوى ثابتة بخطوات متكررة أي زيادة في مقدار تردد الحمل ينتج رد فعل يودي الى حدوث ضرر بالغ الدقة فيستجيب العظم لهذا الضرر الدقيق عن طريق إعادة التشكيل، إذ تقوم الخلايا الهادمة (osteoclasts) بامتصاص النسيج المتضرر ثم تقوم الخلايا البانية (osteoplasts) بوضع عظم جديد في المكان ،وعندما لا يكون هنالك وقت لعملية الإصلاح قبل ان يظهر الضرر الدقيق فالحال يمكن ان يتطور الى كسر إجهاد ،وهذا النوع من الكسور يبدأ على شكل تمزق صغير في امتداد الطبقات الخارجية للعظم القشري (coticubone) ولكنه سيكون أسوا بمرور الوقت وفي النهاية يتسبب في تكملة الكسر ألقسري عند العدائين فالمجموع ميال الى حدوث كسور الإجهاد وهنالك حوالي 50% من الكسور تحدث في عظم الضنبوب و20%تحدث في عظم الرسغ،كذلك تسجل كسور عظام الرقبة والحوض بنسبة 16.22%.

من خلال الأشعة نلاحظ عظم الشظية معرض إلى

الزيادة في التدريب وشدته لا تعطي الوقت الكافي لإعادة تشكيل العظم هما السبب الأساس في ذلك اضافة الى ذلك فهناك عوامل أخرى تودي إلى حدوث كسور الاجهاد لدى العدائيين ومنها التعب العضلي والتغيرات المفاجئة في اتجاه الركض وسطح الركض.

إصابات الطبقة المشاشية Epiphyseal

حـوالي 10% مـن إصـابات الهيكـل العظمـي الحـادة فـي الأطفـال والمراهقين يمكن ان تصل الى منطقة الصفيحة المشاشية للعظم والتي تعني تغضرف العظم نتيجة تمزق تجهيز الدم مصحوب بنخر النسيج وتغيير كبير في شكل الصفيحة .

اما بالنسبة للنتوءات epiphyses فهي تعني مواقع الاتصال بين الوتر والعظم المكان الذي يتأثر به شكل العظم بالأحمال التوترية عندما تكون خاضعة للتأثير وتسمى الصفائح المشاشية للعظم صفائح الضغط pressure epiphyses.

ويطلق على النتؤاءات بصفائح السحب epiphyese cration بعد حدوث انواع التحميل.

- ✓ إصابات الصفائح المشاشية (epiphyseal) يمكن أن تنهي نمو العظم بشكل مبكر.

Summary الملخص

العظم هو نسيج حي حركي وظائفه الميكانيكية هي إسناد وحماية أنسجة الجسم الأخرى ويتأثر كنظام عتلات قوي يمكن ان يعالج براعة عن طريق العضلات المترابطة.

قوة ومقاومة العظم للكسر تعتمد على تركيبه المادي وتركيبه التنظيمي، فالمواد المعدنية تساهم في صلابة العظم وقوته والكلاجين يعطي مرونته وقوة المفصلية العظم القشري اصلب من العظم اللحائي وأقوى بينما يكون العظم اللحائي ذو قابلية على امتصاص الصدمة.

العظم هو نسيج حركي بشكل كامل يمكن ان يشكل بصورة مستمرة استنادا الى قانون وولف، وعلى الرغم من ان العظام تنمو في الطول فقط تغلق الصفائح البناءة عند البلوغ ،فكثافة العظام ستتغير بصورة مستمرة واتساع في الحجم والشكل خلال نشاطات الخلايا الهدامة والبناءة.

تخلخل العظام (Osteoprosis) حالة خلل تتميز بالفقدان المتزايد لكتلة العظم وقوته شائعة بشكل كبير عند كبار السن وتؤثر على النساء بعمر مبكر وبشدة اكبر منها عند الرجال وكذلك هي موجودة في الإنذار المتكرر بين الشباب وكذلك الأكل الغير منتظم الرياضيات اللواتي يعانين من انقطاع الدورة الشهرية.

اختبر معلوماتك

1. وضح لماذا تكون عظام جسم الإنسان أقوى في مقاومة الضغط عنها في مقاومة قوة الشد والقوة السطحية.
2. يكون نسيج عظم الفخذ هو الأقوى في مقاومة القوة الضاغطة ما يعادل نصف القوة في مقاومة القوة الالتوائية وخمس قوة مقاومة القوة السطحية shear فإذا كانت القوة الالتوائية8000 نيوتن كافية لإحداث كسر فما هي القوة الضاغطة التي ستولد الكسر ؟ وما مقدار القوة السطحية التي ستحدث الكسر؟ (الجواب قوة الضغط =16.000نيوتن،القوة السطحية =3200نيوتن
3. وضح لماذا تكون كثافة العظم مرتبطة بوزن جسم الفرد.
4. رتب النشاطات الآتية حسب تأثيرها على زيادة كتلة العظم ،الركض،السباحة ،الدراجات،رفع الإثقال،الهوكي والتنس،اكتب نسب ترتيبك.
5. لماذا يكون نسيج العظم منظما بشكل مختلف (العظم القشري مواجه العظم الاسفنجي)
6. ماهي أنواع الكسور التي تحدث نتيجة التحميل المركب والتوترالقوة السطحية بالتتريب)
7. ما هي أنواع الكسور التي تحدث نتيجة التحميل المركب فقط ؟وشخص أنواع الكسور المرتبطة بالأحمال المسببة.
8. ما يقارب 56%من وزن الجسم مسنود بالفقرة المتحركة الخامسة.ما كمية الشد الموجود على مساحة 22سم2 من تلك الفقرة لرجل منتصب

يزن 756 نيوتن افترض ان السطح الفقري هو افقي ،الجواب 19.2 نيوتن/سم2

9. في المسالة رقم 8 ما هو الشد الموجود على الفقرة المتحركة الخامسة إذا كان الفرد حاملا عارضة تزن 222 نيوتن بين كيفيه؟الجواب/2903 نيوتن/سم2

10. لماذا يكون الرجال اقل ميلا للإصابة بكسور الضغط الفقرية من النساء.

11. صف الحركة التي تحدث في مفاصل عند حركة المشي أو الركض.

12. ماهي العوامل التي تساهم في المرونة .

13. كيف ترتبط المرونة بإصابة المفاصل .

14. قارن بين ثبات ومرونة المفصل .

15. ناقش الأهمية النسبية لثبات ومقدرة المفصل على الحركة في الأنشطة الرياضية التالية الجمباز وكرة القدم والفطس والسباحة .

16. برهن ان الطريقة التي تكون فيها العظام التالية محملة عندما يكون الشخص واقفا بوضعه التشريحي وكن دقيقا قدر الإمكان في تشخيص أي جزء منهم يكون أكثر تحميلا

أ- الفخذ
ب- عظم الساق
ت- عظم الترقوة
ث- عظم العضد
ج- الفقرة الثالثة المتحركة

17. ضع مخطط لبرنامج تدريبي تمهيدي يستخدم مع مجموعة من كبار السن اللذين يعانون من انخفاض قوة وكتلة العظم (هشاشة العظم).

18. تأمل حول ماهي التمارين أو الخطط الأخرى التي ممكن استخدامها في الرحلات الفضائية لحماية رواد الفضاء من فقدان كثافة المواد المعدنية للعظم عندهم .

19. كيف تتكيف عظام الطيور والأسماك لطرق التنقل والحركة.

20. لماذا تكون برامج الأكل الصحية مهمة لماذا يكون الرجال أكثر ميلا من النساء للإصابة بهشاشة العظم وقوة العظم وكتلة الماد العدنية

21. برهن ان قابلية العظم عل مقاومة الضغط والقوة المسلطة عليه بالمقرنة مع نفس الخصائص للخشب والفولاذ والبلاستك .

22. عندما تمتص قوة الصدمة بواسطة القدم تتأثر الأنسجة الرقيقة في المفاصل لتقليل كمية القوة المنقولة الى الأعلى خلال النظام الهيكلي إذا خفضت القوة المؤثرة عل القدم 1875 نيوتن منخفضة 15% بواسطة أنسجة مفصل الكاحل و45% عن طريق أنسجة مفصل الركبة فما هي القوة المنقولة الى الفخذ الجواب 750 نيوتن .

23. ما مقدار الضغط المسلط على عظم الكعبرة في مفصل المرفق عندما تنحرف العضلة العضدية ذات الرأسين بزاوية 30درجة بالنسبة لعظم الكعبرة المحيط مسلطة عليه قوة التوائية قدرها 200 نيوتن . الجواب 173 نيوتن .

24. اختر شكل تشريحي واعد مشاهدة هيكل الإنسان ثم اختر عظم محدد من كل أربع أنواع ووضح كيفية تناسب شكل وحجم العظم وتركيبه الداخلي مع وظيفته البيوميكانيكية

25. اختر ثلاث عظام عل الشكل التشريحي وادرس شكل كل عظم وما الذي يشير إليه شكل العظم حول المواقع المحتملة لنقاط تماس الرباط بالعضلة التي تبذل فيها العضلات للقوة .

26.استخدم أنبوبة ورقية تمثل عظم طويل ثم اضغط عل الانبوبة بتحميلها بالأوزان حيت تلتوي استخدم نظام الماسكات والبكرة اعد التجربة بتحميل الأنبوب في الشد والقوة السطحية سيفشل بشكل متزايد سجل الوزن الذي يفشل عنده الأنبوب واكتب قطعة إنشائية لمناقشة نتائجك واربطها بالعظام الطويلة

27.استخدم ورق سميك (كارتون مقوى) والصقها بتراكيب أقراص غسيل شبيهة بما موجود في العظم الاسفنجي استخدم عل الأقل ثلاث مربعات صغيرة لتسع خلايا بعد ان يجف اللصق واستخدم المقصاة لقطع جدران خليتين عشوائيتين .في كل مربع وجدران أربع خلايا مختارة بشكل عشوائي مع أي مربع آخر تاركا المربع الأخر سليما حمل متزايد لكل ثلاث مربعات حتى تلتوي المادة وسجل الوزن التراكيب الباهتة وناقش نتائجك واربط التجربة بفصل العظم اللحائي في انخفاض كتلة وقوة العظم أي حالة هشاشة العظم.

28.اذا حشرت كلتا العضلتين الداليتين deltoids بزاوية مقدارها 60 درجة على عظم وولدت كل عضلة منهما قوة بمقدار 100 نيوتن فما مقدار القوة التي تؤثر عموديا على عظم الفخذ ؟(الجواب 173,2 نيوتن)

الفصل الخامس

بايوميكانيكية

مفاصل الانسان الهيكلية

The Biomechanic Of Human Skeletal Articulations

بعد قراءة هذا الفصل سيتمكن القارئ من:

- ✓ تصنيف المفاصل استنادا إلى التركيب وقابليات الحركة.
- ✓ تفسير وظائف الغضروف المفصلي والغضروف الليفي.
- ✓ وصف خصائص المادة للأنسجة الرابطة المفصلية ومعرفة العوامل التي تساهم في ثبات المفصل ومرونته ومع الفوائد والأضرار للطرق المختلفة لزيادة مرونة المفصل .

تلعب المفاصل دورا كبيرا في قابلية الحركة واتجاهها في أجزاء الجسم حيث أن التركيب التشريحي لمفصل الركبة غير المصابة يختلف قليلا من شخص الى آخر وكذلك مناطق التمفصل التي توجد فيها مثل عظم الفخذ والساق السفلي والتي تسمح لها بالحركة في المفصل (شكل1-5) إضافة إلى ذلك فإن الاختلافات في الخفة والارتخاء النسبي للأنسجة الرقيقة المحيطة تؤدي الى حدوث حركات مفصلة مختلفة هذا الفصل سيناقش المشاهد البايوميكانيكية لوظيفة المفصل متضمنا أفكار عن ثبات ومرونة المفصل.

تصنيف المفاصل Classification of joint

يصنف علماء التشريح المفاصل بالاعتماد على تعقيد المفصل وعدد المحاور الموجودة في هندسة المفصل وقابليات الحركة.

وبما ان الكتاب يركز على حركة الإنسان فملخص نظام تصنيف المفاصل يستند الى قابلية الحركة متبوعة بأمثلة عن المفاصل لكل نوع

1. المفاصل المثبتة synathroses

هذه المفاصل الليفية يمكن ان تضعف القوة (تمتص الصدمة) ولكنها تسمح قليلا بحركة العظام عند المفصل وتشمل:

أ. المفاصل الدرزية sutures في هذه المفاصل تكون صفائح العظام مرتبطة بشكل غير نظامي متزاوج بدقة وترتبط بقوة بواسطة الألياف المتصلة بالألياف تبدأ عند البلوغ المبكر وتتحرك في النهاية عن طريق العظم التحاما والمثال الوحيد في جسم الإنسان هو صفائح الجمجمة .

ب. المفاصل الرباطية المفصلية Syndesmoses : هذه المفاصل تربط النسيج الليفي الكثيف بالعظام بعضها مع البعض الأخر إذ يسمح بحركة محدودة ومنها تتضمن المفصل الليفي الضنبوبي الوسطي والمفاصل الليفية الضنبوبة السفلية.

2. المفاصل الارتفاقية Amphiarthroses :

وتتحرك بشكل قليل بحيث تمتص هذه المفاصل الغضروفية القوى المستعملة وتسمح بحركة اكبر للعظام القريبة أكثر من المفاصل المثبتة (Synathrodial) وتتكون من :

أ. المفاصل الالتحامية الغضروفية (Synchondroses) مدعومة ومسنودة بواسطة الغضروف العظام في هذه المفاصل تمسك مع بعضها البعض بواسطة طبقة سميكة من الغضروف والأمثلة هي المفاصل المقصية والصفائح أللحائية .

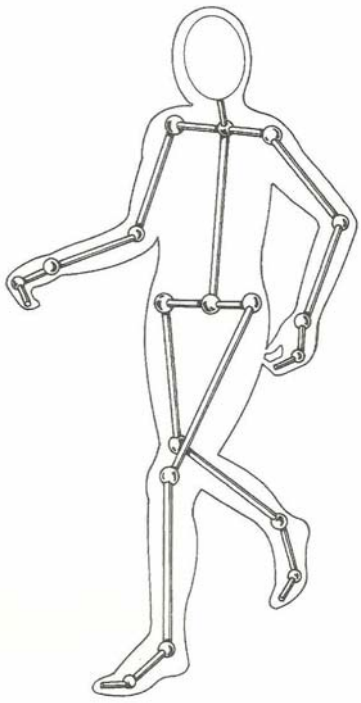
ب. المفاصل الارتفاقية (Symphyses) تعزل الصفائح السميكة للغضروف العلوي قرصا من الغضروف الليفي من العظام مثل المفاصل الفقرية.

3. مفاصل حرة الحركة أو المفاصل السائبة (Diarthroses)

وتشير إلى تعقيدات قليلة لقابلية وإمكانية الحركة ومثل هذه المفاصل تعطي سطوح العظم المفصلية بغضروف مفصلي يحيط بالمفصل وغشاء مفصلي وغشاء زليلي داخل غشاء المفصل يفرز سائل زيتي يدعى بالسائل المفصلي.

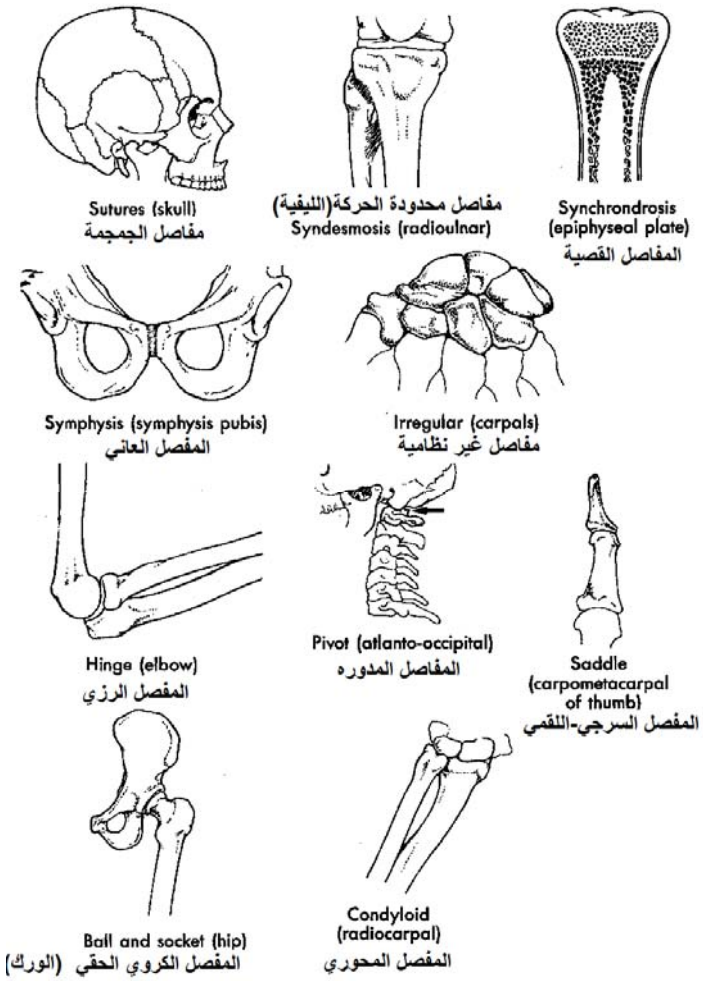
- ✓ الغضروف المفصلي Articular cartilage : وهي طبقة من نسيج رابط ابيض يغطي سطوح العظم المفصلية في المفاصل حرة الحركة .
- ✓ Articular capsule: الغشاء المفصلي ذو طبقتين يحيط بكل مفصل دهني
- ✓ السائل الزيتي synovial fluid : وهو سائل اصفر زيتي واضح يساعد في عملية تزييت أو الانزلاق داخل الغشاء المفصلي في المفاصل الدهنية يبطن التراكيب المنفصلة وغالبية الأغشية الصغيرة يفصل العظم عن الأربطة ويعمل على تقليل الاحتكاك عل الأربطة خلال الحركة للمفصل بعض الأغشية مثل غشاء (olecrach) في مفصل المرفق الذي يقوم بعزل العظم عن الجلد.

إن أغلفة الرباط أما هي تراكيب زيتية ذات طبقتين تحيط بالأربطة الموجودة في ارتباط قوي مع العظام.



(شكل 1-5) حركيا جسم الإنسان يمكن أن يعتبر سلسلة من الروابط القوية أو أقسام قوية ترتبط في المفاصل

الكثير من الأربطة العضلية الطويلة تنمو عبر مفاصل الأصبع والرسغ وتكون محفوظة عن طريق أغلفة الرباط المفاصل الزيتية تتنوع بشكل كبير حسب عدد محاور الحركة للدوران.



(شكل 2–5) أنواع المفاصل الموجودة في جسم الإنسان

- ✓ الأهمية الأكبر بالنسبة لعلماء الحركة هي المفاصل الحرة الحركة وثانيا المفاصل الفقرية، ذات المحور الواحد وذات المحورين والمفاصل ذات الثلاث محاور وقليل من المفاصل غير المحورية.

أنواع المفاصل في جسم الإنسان

Type of joint in the human body

أ. الانزلاقية Gliding

في هذه المفاصل تكون سطوح العظام المفصلية مسطحة تقريبا والحركة الوحيدة المسموحة بها هي الانزلاق غير المحوري . الأمثلة تتضمن مفصل المشط الداخلي ومفصل الرسغ الداخلي ومفصل الكاحل والمفاصل السطحية الصغيرة للفقرة .

ب. الرزية Hinge joint:

يسمح بالحركة في مستوى واحد فقط . أي الثني والمد كما هو الحال في مفصل والركبة ومفاصل السلاميات. وهي عبارة عن سطح عظم مفصلي واحد محدب والأخر مقعر

جـ. المدورة (المحورية) Pivot:

وفي مثل هذه المفاصل تكون عملية الدوران مسموحة ولكن حول محور واحد ومن الأمثلة عل ذلك المفصل المحوري المدور والمفصل الزندي الكعبري.

د. اللقمية Condyloid

سطح عظم مفصلي واحد ذو شكل محدب بيضوي والأخر سطح مقعر يسمح بهذا النوع من هذه المفاصل أداء حركات المرونة والامتداد والإبعاد والتقريب والأمثلة تتضمن المفصل الثاني الرسغي السلامي والمفصل الكعبري الرسغي.

هـ. المفصل السرجي Saddle

يكون على سطحي العظم المفصلي كلاهما على شكل شبيه بسرج الركوب قابلية الحركة فيه تكون شبيهه بحركة المفصل البيضوي ولكن بمعدل عالي من الحركة اكبر مثل المفصل الرسغي السلامي في إصبع الإبهام.

و.. مفاصل الكرة والحق Ball and socket

من هذه المفاصل تكون سطوح العظام المفصلية محدبة ومقعرة بالتبادل الدوران يكون مسموح في ثلاث مستويات والأمثلة على ذلك مفصل الكتف والورك.

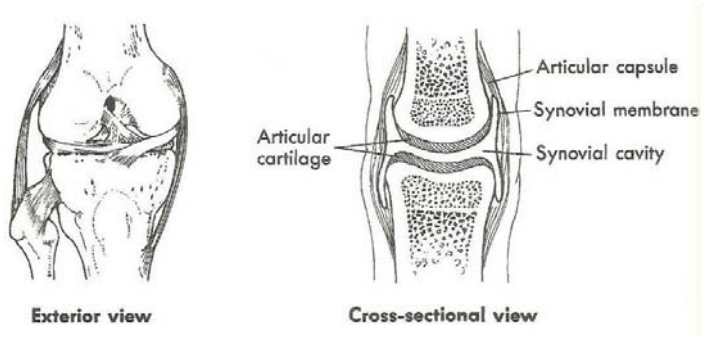
الغضروف المفصلي Articular Cartilage

يجب ان تكون مفاصل الأداة الحركية مزيتة بدقة في حالة كون الأجزاء المتحركة كماكنة تتحرك بحرية ولا تتعب بعضها البعض الآخر وهناك نوع خاص من نسيج رابط ابيض كثيف يعرف بالغضروف المفصلي تعطي تزييت واقي وهناك طبقة سميكة حافظة من هذه المادة تغطي نهايات العظام المفصلية من مفاصل (Diarthradial) الحرة الحركة.

الغضروف المفصلي يقدم غرضين مهمين:

1. يقوم بتوزيع الأحمال في المفصل فوق مساحة عريضة حيث تكون كمية الضغط في أي نقطة احتكاك بين العظام قليلة.
2. يسمح بحركة العظام المفصلية في المفصل بأقل احتكاك.

يمكن للغضروف أن يقلل ضغط الاحتكاك القصوي المؤثر عل المفصل بنسبة 50% أو أكثر، التزييت المدعوم عن طريق الغضروف المفصلي مهم جداً كي يجعل الاحتكاك الموجود في المفصل 17% الى 33% من احتكاك الزلاجة على الجليد بنفس الحمل.



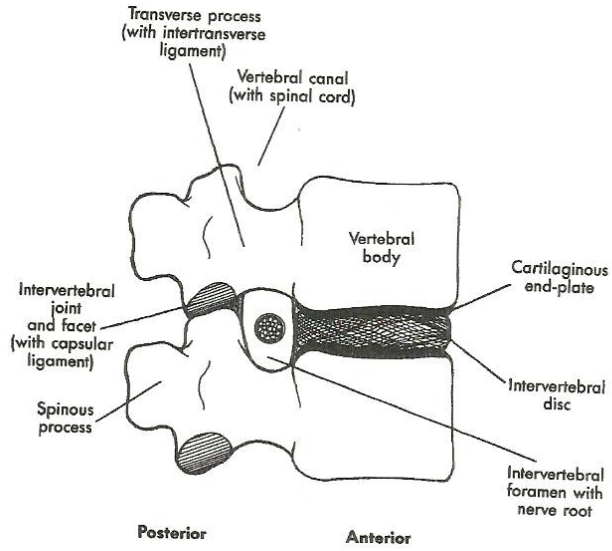
(شكل 3-5) مخطط لمفصل الركبة مع الغشاء الرابط للتجويف المفصلي والداخلي بشكل جزئي(الغضروف المفصلي من المشهد الخارجي والداخلي بشكل جزئي.

الغضروف الليفي المفصلي Articular Fibro cartilage

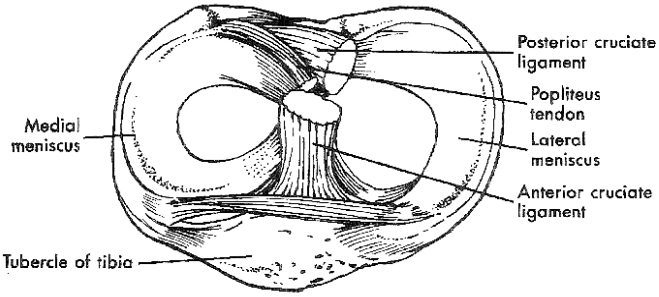
في بعض المفاصل يكون الغضروف الليفي المفصلي أما بشكل قرص غضروفي أو أقراص جزئية يعرف بالأقراص الغضروفية وهي موجودة كذلك بين العظام المفصلية. الأقراص الفقرية الداخلية (شكل 4-5)

الأقراص الغضروفية للركبة (شكل5-5) هي أمثلة عل ذلك وعلى الرغم من ان وظائف الأقراص والأقراص الغضروفية غير واضحة فالوظائف المحتملة تتضمن الأتي :

1. توزيع الأحمال عل سطوح المفصل.
2. تحسين دور السطوح المفصلية .
3. تحديد حركة وانزلاق عظم بالتعاقب مع الأخر.
4. المحافظة عل محيط الارتباط.
5. التزييت.
6. امتصاص الصدمة.



(شكل 5–4) وظائف الأقراص الفقرية الداخلية كوسائد مائية ثابتة بين الفقرات



(شكل 5–5) الأقراص الجزئية في مفصل الركبة تساعد في توزيع الأحمال وتقليل الضغط المنقول عبر المفصل

- ✓ الغضروف الليفي المفصلي هو قرص نسيجيي رقيق أو هي الأقراص الجزئية meniscis التي تدخل بين العظام المفصلية.
- ✓ الأقراص الفقرية الداخلية تأثر كوسائد بين الفقرات والتي تعمل على تقليل معدلات الضغط عن طريق نشر الأحمال.

- ✓ الزيادة في مقدار وتردد الحمل في المفصل يمكن ان يضر في الغضروف المفصلي حيث يكون في اقل كفاءة في تنفيذ وظائفه.

النسيج المفصلي الرابط Articular Connective Tissue

ترتبط العظام بالعضلات بواسطة الأوتار والأربطة التي تربط العظام بالعظام وهي أنسجة مبنية ومشكلة أساسا من الكولاجين ومن ألياف مرنة.

لا تمتلك الأوتار والأربطة القابلية عل الربط كقابلية نسيج العضلات ولكنها قابلة للتمدد قليلا ،هذه الأنسجة ذات طبيعة مرنة وبإمكانها العودة الى طولها الطبيعي بعد المد مالم تكن ممتدة بحدود مرونتها فالأربطة والأوتار المجتازة لحدود مرونتها عند الإصابة تبق ممدودة وغير قادرة على العودة إلى وضعها الطبيعي ولن تعود إلا باستخدام التداخل الجراحي (شكل 5-6)

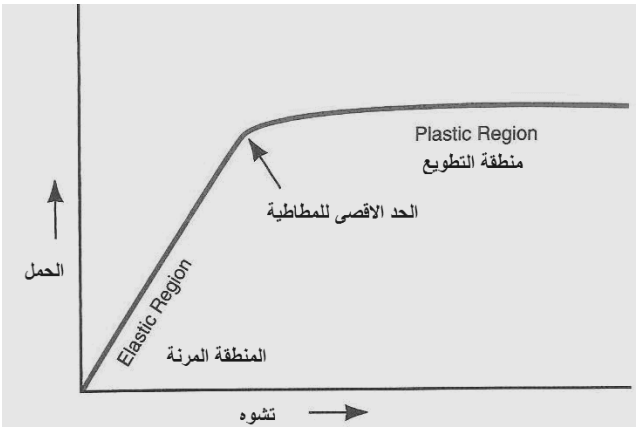
الأربطة والأوتار مثلها مثل العظام تستجيب الى الجهد الميكانيكي المتغير عن طريق الزيادة في كتلة العظم وانخفاض كتلة العظم.

وأثبتت البحوث بان التدريب المنتظم في مدة من الزمن يؤدي الى زيادة حجم وطول كل من الأربطة والأوتار وكذلك زيادة طول الاتصالات بين الأربطة والأوتار والعظم.

ثبات المفصل JOINT STABILITY

إن الثبات في منطقة المفصل هو القابلية على مقاومة الخلع وبالتحديد قابليته على مقاومة تغيير إحدى نهايتي نهاية العظم بالتتابع مع الآخر للوقاية من إصابة الأربطة والعضلات وأوتار العضلات المحيطة بالمفصل فهنالك العديد من العوامل التي تؤثر عل ثبات المفصل.

ثبات المفصل هو قابلية المفصل على مقاومة الإزاحة غير الطبيعية للعظام المفصلية .



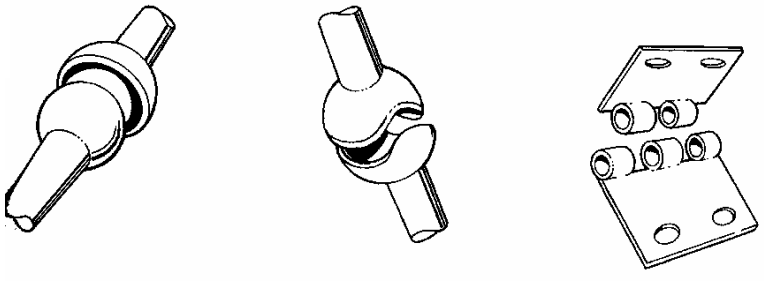
(شكل 6-5) عندما تكون المادة متشوهة (تتمدد) فوق الوضع الطبيعي فإنها ستبقى مشوهه أو ممدودة بشكل ثابت، وتعود المادة إلى الطول الطبيعي بعد أن تزال القوة طالما بقي الحمل في حدود المنطقة المرنة.

- ✓ المادة الممدودة بعد حدود مرونتها تبقى ممدودة بعد طولها الأصلي بعد إزالة التوتر أو الشد.
- ✓ ثبات المفصل: هو قابلية المفصل على مقاومة الإزاحة غير الطبيعية للعظام المفصلية.

شكل سطح العظم المفصلي
Shape of the Articulating Bone Surfaces

في العديد من المفاصل الحركية تكون الأجزاء المفصلية متضادة في الشكل بشكل كامل وذلك لكي تتلاءم مع بعضها البعض (شكل7-5).
تكون نهايات العظام المفصلية للإنسان عل شكل سطوح محدبة ومقعرة وعلى الرغم من أن اغلب المفاصل ذات سطوح مفصلية متغيرة فهذه السطوح ليست متناسقة وهناك موقع نموذجي واحد ملائم تماما في منطقة الاتصال يعرف

بمنطقة الاتصال القصوى للسطوح المفصلية ويكون ثبات المفصل في مثل هذا الموقع اكبر في العادة.

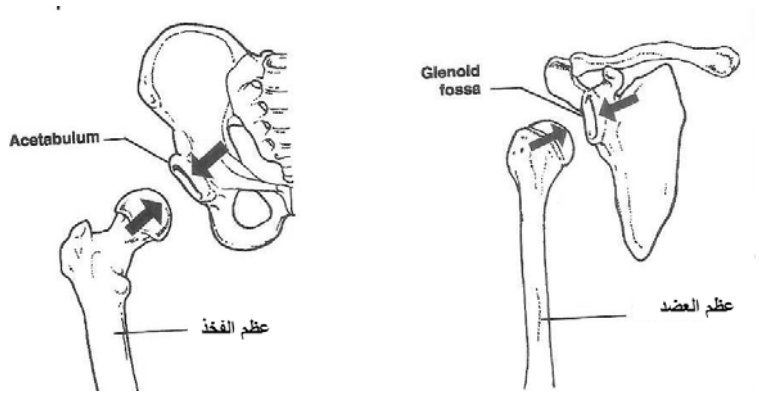


(شكل7-5) المفاصل الميكانيكية غالبا ما تأخذ إشكال وأجزاء متطابقة

إن أي حركة في العظام بعيدا عن المفصل في الموقع المذكور تؤدي إلى انخفاض في منطقة الاتصال مكان الانحراف إلى أي موقع غير الانحراف أعلاه فأما أن تكون مساحة الاتصال كبيرة أو صغيرة وبالتالي زيادة أو انخفاض في الثبات وعلى سبيل المثال الورك يعطي تجويف عميق نسبيا لرأس وعظم الفخذ وهناك دائما مقدار كبير نسبيا في منطقة الاتصال بين العظمين والذي هو السبب الوحيد في ثبات مفصل الورك.

أما في مفصل الكتف فالتجويف الصغير يكون ذو محيط دائري أفقي ما يقارب 75% من المحيط الأفقي لرأس عظم العضد والمحيط الأفقي والذي يساوي 60% من حجم رأس العضد.

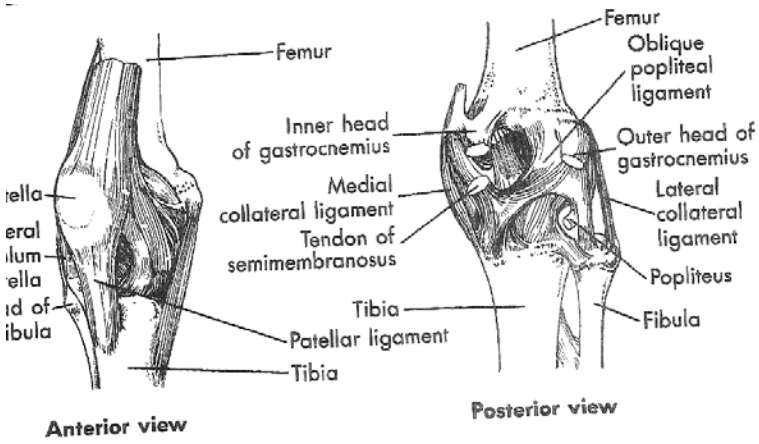
إن تجاهل أو إهمال التنوعات التشريحية في الأشكال والأحجام في سطوح العظام المتصلة في أي مفصل مقصود بين الإفراد موجود وان بعض الناس يمتلكون مفاصل كثيرة اقل ثباتا من المعدل.



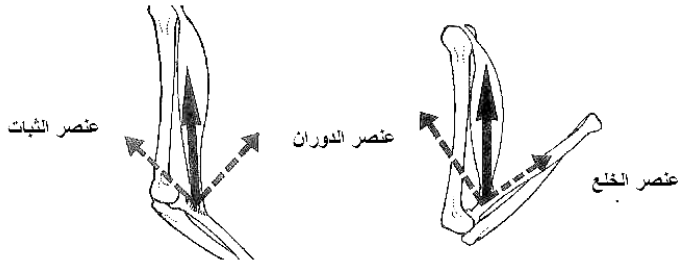
(شكل 8–5) منطقة الاتصال بين هذين العظمين صغيرة نسبيا والمساهمة في عدم ثبات المفصل للكتف هي معقدة

ترتيب الأربطة والعضلات
Arrangement of ligaments and Muscles

تؤثر الأربطة والعضلات وأوتارها على ثبات المفصل في مفاصل مثل مفاصل الركبة والكتف والتي يكون عندها تركيب العظم غير ثابت بشكل خاص.
حيث يساهم الشد في الأربطة والعضلات بشكل كبير في ثبات المفصل عن طريق المساعدة في تماسك نهايات العظام المفصلية مع بعضها البعض في حالة كون هذه الأنسجة ضعيفة نتيجة عدم استعمالها أو مدها أكثر من قابليتها . فثبات المفصل سيكون قليلا أما الأربطة والعضلات القوية غالبا ماتزيد في ثبات المفصل نتيجة لامتدادها أكثر مما تتحمل.



(شكل 9-5) إن زاوية اتصال اغلب الأوتار مع العظام تكون مرتبطة ومنظمة عندما تبذل العضلة مجهودا أو عندما تكون مشدودة فالنهايات المفصلية للعظام في المفصل تكون مسحوبة مع بعضها البعض لتعزيز ثبات المفصل وعادة ما توجد هذه الحالة عندما تكون العضلات عل جوانب متقابلة للمفصل الذي فيه الشد في نفس الوقت.



(شكل 10-5) انقباض العضلة ذات الرأسين ينتج عنصر القوة في المرفق وذلك يؤدي إلى تثبيت أو خلع بالاعتماد على الزاوية الموجودة في المفصل عند حدوث الانقباض .

في حالة إجهاد العضلات ستكون غير قادرة على المساهمة في ثبات المفصل وتمزق الأربطة المتوترة سيكون وارد الحدوث وأكثر احتمالا حيث تكون العضلات المتعبة المحيطة بالركبة غير قادرة على حماية الأربطة المشدودة عندما تكون

مشدودة أكثر من حدود المرونة الثابتة فإصابات الجمناستك أكثر حدوثا عندما يكون الرياضي متعبا.

لايدعم الشد الحاصل في العضلات المارة بالمفصل ثبات المفصل على الدوام ومثلما يتضح في (شكل10-5). فان مركبة قوة العضلة التي تؤثر بشكل عمودي على المحور الطولي للعظم الماس أو المتصل يمكن أن تساهم في دوران قسم من الجسم حول المفصل العابر أو المار بواسطة العضلة فيصطلح عليه مركبة الدوران.

أما عندما يشكل خط قوة العضلة زاوية باتجاه مركز المفصل فمركبة قوة العضلة التي تؤثر بشكل موازي إلى العظم تقوم بسحب نهايات العظم المفصلية اقرب من بعضها إلى البعض الأخر عند المفصل العابر (شكل10-5) ولهذا السبب يصطلح على ذلك مركبة التثبيت أما عندما يكون خط قوة العضلة يشكل زاوية بعيدا عن مركز المفصل تميل مركبة التوازن لقوة العضلة الى سحب العظم الماس بعيدا عن مركز المفصل لذلك يطلق عليه عامل الخلع في العضلة.

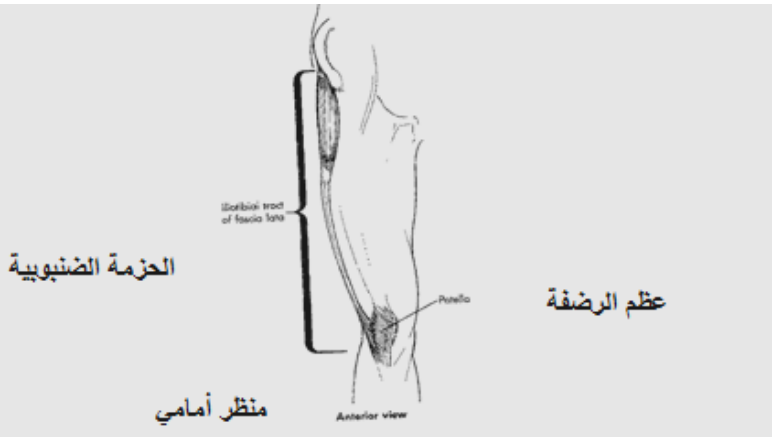
نادرا ما يحدث الخلع الحقيقي من الشد المتزايد عن طريق العضلة. ولكن وجود مركبة الخلع في قوة العضلة فسيكون هناك ميل ال حدوث الخلع.

فإذا كانت زاوية المرفق اقل من 90 درجة والشد الناتج عن طريق العضلة ذات الرأسين يميل إلى سحب عظم الكعبرة بعيدا عن مكان التمفصل مع عظم العضد فالنتيجة قلة ثبات المرفق في ذلك الموقع المحدد.

أنسجة رابطة أخرى Other Connective Tissues

يعرف النسيج الليفي الرابط الابيض باللفافة ب (fascia) وهي تحيط العضلات وتعمل على ربط الألياف العضلية في داخل العضلات وتمنح الحماية والإسناد بالخصوص الجزء القوي والثابت الذي يعرف بالحزمة الابتدائية (initial bad) التي تمر في الموقع الجانبي للركبة لتساهم في

عملية الثبات (شكل 11-5) . النسيج الرابط الأبيض (fascia) والجلد خارج الجسم وأنسجة أخرى تساهم جميعها في سلامة المفصل.



(شكل 11-5) الحزمة الضنبوبية منطقة سميكة قوية من الأنسجة الرابطة البيضاء العابرة للركبة وتساهم في تثبيت الركب.

- ✓ مركب الدوران Rotary component: وهو مركب قوة العضلة التي تؤثر بشكل عمودي على العظم.
- ✓ زاوية المفصل The joint angle: ترتبط بعزم التدوير الأقصى وهو ما يقارب (90) درجة الزاوية الدقيقة تختلف قليلا باختلاف هندسة المفصل وموقع العضلة الماسة للعظم.
- ✓ مركب الثبات Stabilizing component: وهو مركب قوة العضلة المنتجة للقوة باتجاه مركز المفصل المار.
- ✓ مركب الخلع Dislocating component: وهو مركب قوة العضلة المتولدة بعيدا عن المركز المفصل المار.

مرونة المفصل JOINT FLEXIBLITY

ان مصطلح مرونة المفصل يستخدم في وصف معدل الحركة المسموح به في أي من المستويات الحركية للمفصل.

المرونة الثابتة مصطلح آخر يشير إلى معدل الحركة الموجودة عندما يكون قرب الجسم عندما يتحرك بواسطة شريك آخر،أو بواسطة طبيب بينما يشير مصطلح المرونة المتحركة إلى معدل الحركة الممكن انجازه بواسطة التحريك النشط لقسم من أجزاء الجسم عن طريق قوة انقباض العضلة وتعتبر المرونة الثابتة المؤشر الأفضل للقوة النسبية وارتخاء المفصل في مواضع الارتباط بجوهر الإصابة.

المرونة الحركية يجب ان تكون كافية لتجنب التقييد في معدل الحركة المطلوبة للحياة اليومية والنشاطات البدنية .

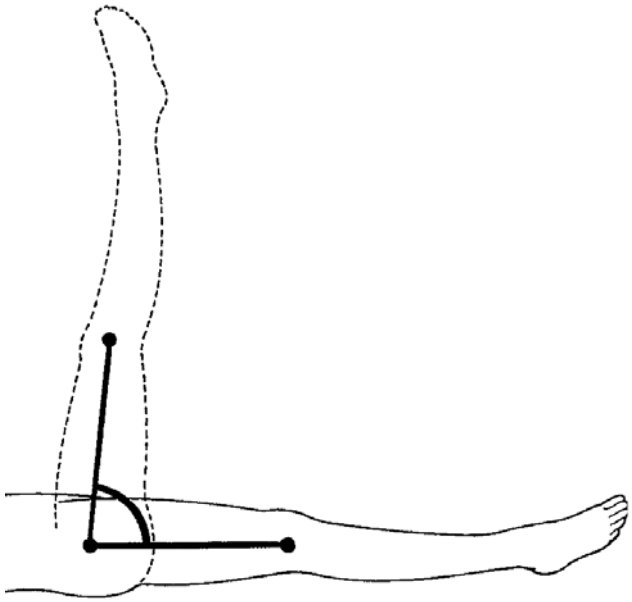
وعلى الرغم من أن المرونة العامة للناس غالبا ماتكون مرونة نسبية فحقيقة ان المرونة هي التي تحدد المفصل ولا يمكن ضمان نفس الدرجة من المرونة في كل المفاصل في حالة وجود مقدار كبير من المرونة في احد هذه المفاصل.

رياضة الجمباز تتطلب معدل كبير من المرونة في المفاصل الكبيرة في الجسم.

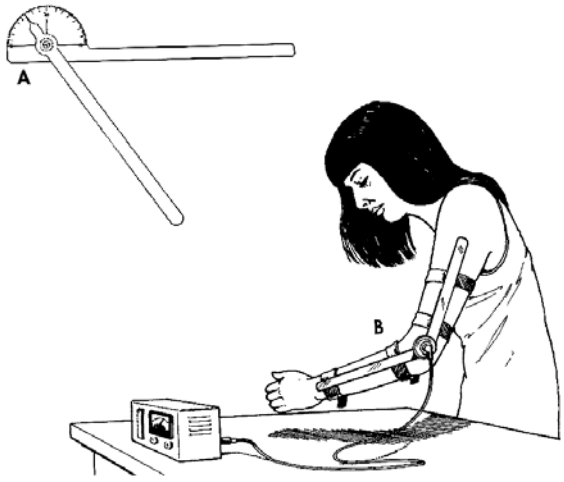
قياس معدل حركة المفصل

Measuring joint Range of motion

يقاس معدل حركة المفصل بصورة مباشرة ،فعلى سبيل المثال معدل المرونة في الورك هو الاختلاف في الزوايا عندما تكون في الموضع التشريحي (ممتد بشكل كامل) وزاوية الورك عندما يكون في أقصى مرونة (شكل12-5) أما معدل الشد وبالعودة الى الوضع التشريحي فهو نفس المعدل بالنسبة للمرونة عندما تحدث الحركة في الوضع التشريحي في اتجاه آخر فيكون معدلها كمعدل الامتداد القصوي . الآلات المستخدمة لقياس معدل حركة المفصل موضحة في (شكل13-5)(وشكل14-5).



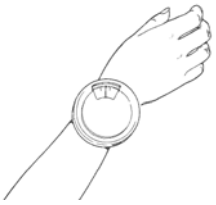
(شكل 12-5) يقاس معدل حركة المرونة الخاصة بالحوض نموذجيا باضطجاع الفرد عل ظهره وهو جيد لتمطيه الطرف المشلول باستخدام تقنيات pnf



(شكل 13-5)

A. جنيومتر وهو عبارة عن منقلة لقياس الزوايا ذات ذراعين النقطة التي تشطر فيها الذراعين لكون تصطف مع المحاور الطولية لأقسام الجسم لقياس الزاوية المجودة في المفصل.

B. جهاز جنيومتر الكهربائي مع بوتشيفر يوضع على محاور دوران وذلك حتى تكون الزاوية بين اذرع الجونميتر متغيرة كمية الناتج الكهربائي لمسجل المتغيرات يمكن أن تكون ثابتة لتسجيل التغييرات في وضع المفصل خلال تنفيذ النشاطات المختلفة.



(شكل 14-5) وهو جهاز خاص للمرونة ويتكون من إبرة جاذبية كإبرة البوصلة Flex meter وتشير دائما إلى اتجاه الجاذبية الذي يمثل وضع البداية ويتم وضع القياس بوضع الجهاز على المفصل ويتم اخذ الفرق بين الوضع الأولي للجهاز والوضع النهائي علما بان إبرة موازية تصل إلى قياس 360 درجة

العوامل المؤثرة على مرونة المفصل

Factors Influencing joint flexibility

هنالك العديد من العوامل المختلفة والتي تؤثر على مرونة المفصل فأشكال سطوح العظم المفصلية وتداخل العضلة او النسيج الدهني ربما ينهي الحركة فعلى سبيل المثال عندما يكون مفصل المرفق في أقصى مد فأن اتصال نتوء عظم الزند بالحجرة العضدية يقيد الحركة الزائدة في ذلك الاتجاه والعضلة أو السمنة في الاتجاه الداخلي للذراع ممكن ان يحدد مرونة مفصل المرفق.

في معظم الأشخاص فأن مرونة المفصل هي قدرة الأنسجة الهلامية(الكلولاجنية) والعضلات المارة بالمفصل على الارتخاء النسبي والامتداد.

إن عملية شد الأربطة والعضلات بمد محدد هي من العوائق الشائعة لحركة المفصل وعندما لأتكون هذه الأنسجة مشدودة فعادة ما يقل امتدادها أما سائل الأقراص الغضروفية الموجود في بعض المفاصل فلها تأثير ايضا على حركة المفاصل.

فقد أوضحت الدراسات المختبرية بان تمدد أنسجة الكولاجين يزيد قليلا من معدل حركة المفصل وهو مالم يبرهن لحد ألان وبذلك فأننا بحاجة إلى المزيد من البحث لنحدد نوع الإحماء المطلوب لزيادة معدل حركة المفصل.

المرونة والإصابة Flexibility and Injury

أوضحت الدراسات والبحوث بان خطر الإصابة يرتفع عندما تكون المرونة منخفضة بشكل كبير أو عند انعدام التوازن الملحوظ بين الجوانب المحكمة والغير محكمة من الجسم.

مرونة المفصل المحدودة بشكل كبير غير مرغوب بها وذلك لأنه في حالة شد العضلات والأنسجة الكولاجينية تزداد احتمالية تمزيقها في حالة ضغط المفصل فوق معدل الحركة الطبيعي.

في دراسة للاعبات الجمباز الإناث من اللوتي اصبن بكب عال في الكتف والمرفق والمعصم والورك لديهن مرونة اقل بالنسبة للواتي يصبن بنوع عارض، فالإصابة الواطي يسبب في حدوث الاصابات المتعلقة بحالة الخلع وبالتبادل فأن الارتخاء التام هو ارتخاء المفصل المنخفض في الثبات ولذلك فالميل إلى التغيير مرتبط عند إجراء اختبار لتقييم مرونة الورك أسفل الظهر للجلوس، والوصول الى الراحة بين مجموعة من مجندي الجيش الأميركي تبين إن اقل مرونة واكبر مرونة كانت ضعفي ميلها للإصابة عند الجنود ذوي المرونة المتوسطة.

اما بالنسبة للرياضيات الإناث اللواتي لديهن مرونة في الورك غير متوازنة ب- 15% أو أكثر يتعرضن لامتحان إصابة الطرف السفلي بنسبة 2,6 .

تعتمد كمية المرونة المرغوبة عل شكل كبير على النشاطات التي يرغب الرياضي الاستعداد لها فرياضة الجمباز والرقص تتطلب بوضوح مرونة عالية وإضافة الى ذلك فرياضي الرقص والجمباز بحاجة الى عضلات قوية إضافة الى أوتار وأربطة قوية بهدف تحقيق الانجاز الجيد ولتلافي الإصابة.

وعلى الرغم من ان كبر حجم العضلات ربما يكون عائقا في معدل حركة المفصل فان القوة الكبيرة وثبات المفصل يساعد في إنتاج معدل اكبر لحركة المفصل.

وبما ان الناس عادة يكونوا اقل مرونة مع تقدم أعمارهم فهذه الظاهرة تعتمد بشكل أساسي على انخفاض مستويات النشاط البدني أكثر من التغيرات الفطرية وبغض النظر عن عمر الفرد فالأنسجة الكولا جينية والعضلات المارة بالمفصل ليست مشدودة ولكنها ستقصر وعلى النقيض من ذلك عندما تكون الأنسجة مشدودة بانتظام فإنها ستطول وسترجع مرونتها من ناحية اخرى فقد أشارت العديد من الدراسات الى ان المرونة تزيد بشكل ملحوظ بين كبار السن الذين يشتركون في برنامج منتظم للتمرين والتمدد.

تقنية زيادة مرونة المفصل

Techniques for Increasing Joint Flexibility

زيادة مرونة المفصل غالبا ماتكون عنصرا مهما في برامج المعالجة وإعادة الشفاء والبرامج المعدة لتدريب الرياضيين لرياضة معينة ان زيادة المرونة والمحافظة عليها تستلزم مد الأربطة والعضلات التي تحدد معدل الحركة للمفصل.

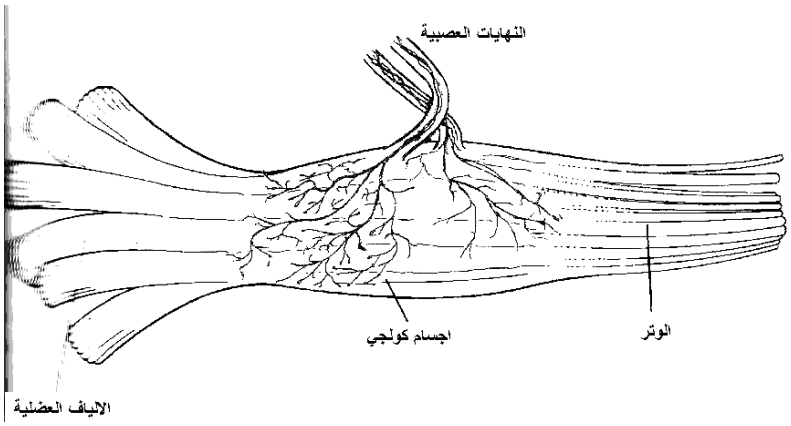
ويمكن استخدام عدة طرق لمد هذه الأنسجة فبعضها يكون أكثر فعالية من البعض الاخر نتيجة للاستجابات العضلية العصبية المختلفة.

الاستجابة العضلية العصبية للمد

Neuromuscular Response to stretch

آلات الاستلام الحسية تعرف بالمستلمات الحية (كولجي) توجد في أماكن الارتباط بين العضلات وأوتارها وبعدد اقل بين الأوتار(شكل 15-5) تحفز هذه المستلمات بوجود الشد القوي في العضلة فتستجيب هذه المستلمات من خلال اتصالاتها العصبية وذلك عن طريق إنهاء تزايد الشد في العضلة (زيادة ارتخاء العضلة) وكذلك بواسطة التمهيد لزيادة الشد في العضلات المضادة .

المستلمات الحية كولجي موجودة في الأنسجة الوترية التي تكون غير مرنة نسبيا بالمقارنة مع العضلة .



(شكل 15-5) أجسام كولجي

- ✓ أجسام كولجي Golgi tendon organ: وهي مستلمات حسية تقوم بمنع زيادة الشد في العضلات وتبادر الى زيادة الشد في العضلات المقابلة.

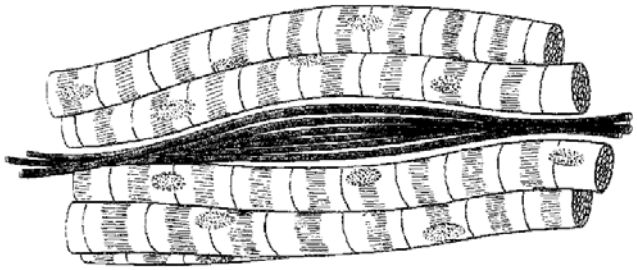
إضافة إلى ذلك فان هذه المستلمات ستحفز بشكل غير مرغوب فيه بواسطة المعدل الضعيف للشد الذي ربما ينتج مد بطيء.

نوع اخر من المستلمات وهي المنتشرة في داخل ألياف العظام وهذه المستلمات التي تميل بشكل موازي الى الألياف تعرف بوشائع العضلات وتقرا لشكلها (شكل 16–5) حيث تستجيب عند حدوث الشد البطيء الخفيف للعضلة إضافة إلى معدل أسرع للتمدد عند وجود استثارة اكبر للاستجابة.

شخص الباحثون اثنين من الاستجابات العامة لوشائع العضلة المشدودة.

أولا : أنها تبدأ انعكاس المد.

ثانيا: تنهي زيادة الشد في مجموعة العضلة المضادة للحركة وتعرف العملية بالانتهاء أو التوقف التبادلي .إن انعكاس الشد يعرف بـ (myotatio reflex) ويحفز عن طريق نشاط الوشائع في العضلة المشدودة اما الاستجابة السريعة فتستلزم النقل العصبي عبر الاتصال الحسي المفرد مع الأعصاب الموردة للحس الحاملة للحافز من الوشائع الى الحبل الشوكي والأعصاب التي تعيد الحس.



يمثل شكل الوشيعة العضلية.

- ✓ وشيعة العضلة Muscle spindle:هي مستلمات حسية تعمل على إثارة الاتصال المعاكس في العضلة المشدودة وتعمل على منع تزايد الشد في العضلات المعاكسة .
- ✓ انعكاس الشد Stretch reflex : عملية الانعكاس تبدأ بواسطة مد وثني مع العضلة يؤدي الى تزايد الشد العضلي.
- ✓ المنع المتبادل Reciprocal inhibition: هو عملية منع العضلة المعاكسة الناتج من الوشائع العضلية .

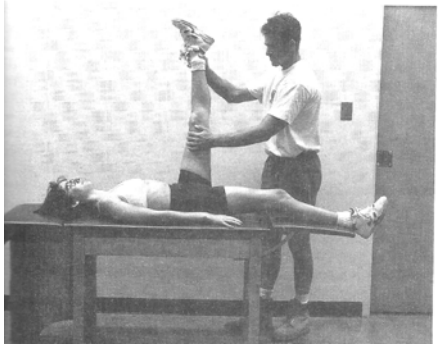
ان إعادة استثارة الإشارة مباشرة من الحبل الشوكي الى العضلة يؤدي الى تزايد الشد في العضلة وفحص الارتعاش العصبي للركبة هو فحص عصبي شائع لوظيفة محرك ،وهو مثال الوظيفة الوشيعة العضلية التي تؤدي إلى إنتاج اتصال قصير للعضلة المشدودة فان ضربة أو نقرة على الوتر ستمهد الى انعكاس المد وتؤدي الى حدوث الانعكاس العصبي الناتج عن التزايد الآني للشد في مجموعة الأوتار الرباعية.

المد الفعال والمد الخامل Active and Passive Stretching

يمكن أن يكون المد خاملا ويمكن ان يكون مدا نشطا، حيث ينتج المد الفعال عن طريق انقباض العضلات المضادة للحركة تلك التي تكون على جانب المصل مضادة لشد العضلة .

الأوتار والأربطة التي تعمل على ثني الركبة والتي تعمل على مدها يتوجب ان تتقبض أما المد الخامل فسيلتزم استخدام قوة جاذبية وهي قوة مستعملة عن طريق قسم اخر من الجسم او قوة مستعملة من قبل شخص اخر ليحرك جزء من الجسم إلى أقصى معدل للحركة يعطي المد الفعال وظيفتين:

- ✓ الأولى تنشيط الوشائع العضلية المشدودة ومجموعة العضلات المولدة للقوة التي تعمل على إيقاف الزيادة الكبيرة للشد في مجاميع العضلة الممدودة خلال التوقف التبادلي.
- ✓ ثانيا ان المجاميع العضلية المعتادة على زيادة القوة فهي عضلات مدربة بالمد الخامل ويمكن ان تنفذ الحركة بشكل اكبر من معدل الحركة الموجود أكثر منه عند الشد الفعال ولكن الضرر المصاحب لاحتمال الإصابة المتزايد فسيكون حاضرا ومتوقعا.



الشد السلبي يمكن ان يكون بمساعدة شريك اخر في التمرين

الشد الايجابي بدون مساعدة خارجية

ان المد المتحرك هو عبارة عن جعل القوة الدافعة لأجزاء الجسم تمد مفصل الجسم بشكل ضار فوق حدود معدل حركة المفصل ونتيجة لكون المد المتحرك يؤثر على انعكاس الارتداد ويؤدي الى التزايد الموجود للتوتر في

العضلة الممدودة فسيحدث التمزق لنسيج العضلة الممدودة وبما ان مدى الشد لايمكن ان يسيطر عليه فان احتمالية حدوث الإصابة ستكون عالية في كل الأنسجة الممدودة، أما عند الشد الثابت ستكون الحركة بطيئة عندما يصل موقع المفصل المرغوب فانه سيحافظ على الثبات عادة حوالي 10- 30 ثانية وهذه الفترة الزمنية كافية لتحفيز المستلمات الحسية (كولجي) التي تقطع استجابة وشيعة العضلة لرفع مستوى ارتخاء العضلة الممدودة ولذلك فالمد الثابت يجب ان يعاد مرتين او ثلاث لكل مجموعة عضلية بالتعاقب.

وعلى الرغم من ان المد المتحرك والمد الثابت متساويات في مدى التأثير بالنسبة لزيادة معدل الحركة للمفصل فان هذا المد الثابت يفضل على المد المتحرك فبالوقت الذي يمكن للمد المتحرك ان ينتج الما عضليا فلا يؤدي المد الثابت الى حدوث ذلك فغالبا ما يستخدم في عملية إعادة الشفاء من الألم والعضلات المجهدة،

- ✓ المد المتحرك Ballistic stretching : شد يكون من سلسلة من الامتدادات السريعة الارتدادية.ويمكن أن تكون خطرة وذلك بسبب كونها تعزز انقباض العضلات الممدودة والزخم المتولد ربما يبعد أقسام الجسم عن معدل الحركة الطبيعي مما يؤدي الى حرف الجسم من معدل الحركة الطبيعي مما يؤدي الى تمزيق أنسجة الكولاجينوس.
- ✓ الشد الثابت Static stretching : هو المحافظة على شد ثابت ومستقر طول الوقت ويكون عادة بزمن 30 ثانية .

تسهيل عمليات التحسس الداخلي العصبية العضلية
Proprioceptive Neuromuscular facilities

تعرف معظم عمليات الشد المؤثرة بتسهيلات التحسس الداخلي العصبية العضلية (proprioceptive neuromuscular facility) النواحي الفنية الى استخدمت تقنياتها أصلا من قبل أصحاب النظريات لمعالجة المرضى المصابين بالشلل العضلي العصبي فجميع عمليات (PNF) تستلزم أسلوب لتبديل الانقباض والارتخاء في العضلات المصممة لاكتساب الفائدة من استجابة (GTO) المستلمات الحسية (كولجي) .

ان كل النواحي الفنية لعملية (PNF) تتطلب وجود شريك او طبيب وان عملية مد الاوتار العرقوبية بوضع الانبساط تعطي لنا عدة طرق واضحة من (PNF) انظر(شكل12-5).

تقنية الارتخاء والانقباض تستلزم مد ثابت بتأثير فعل خارجي في (HAMSTRIGS) مجموعة الاوتار العرقوبية ويتبع ذلك انقباض نشط للأوتار مقابل مقاومة الشريك في التمرين . وبالتالي ترتخي أوتار الركبة بينما يقوم الشريك في التمرين بدفع الساق نحو زيادة المرونة في الورك . وهناك مرحلة من الارتخاء التام بالساق في موضع جديد لمرونة الورك المتزايدة و كل مرحلة من هذه العملية تستمر بشكل نموذجي للبقاء من 5-10 ثواني والتتابع الكامل سينفذ على الأقل أربع مرات.

ان إجراءات الانقباض والارتخاء تبدأ مثلما تبدأ في طريقة المسك العكسي البطيء عن طريق الشريك باستخدام الشد السلبي في الاوتار العرقوبية متبوع بانقباض فعال لهذه الاوتار لمقاومة الشريك.

وطريقة الانقباض والارتخاء في الاوتار العرقوبية هي انقباض ايزوتوني ناتج من الحركة البطيئة للساق باتجاه توسع الحوض في نظرية الشد والارتخاءالذي يكون

انقباض الاوتار العرقوبية ايزومتري ضد مقاومة الشريك غير الحركية، اما بعد الانقباض في كلا الطريقتين يتوجب ارتخاء الاوتار العرقوبية والعضلة الرباعية في الوقت الذي يشد به أوتار الركبة بتأثير خارجي تستمر كل مرحلة عادة من 5-10 ثوان والتتابع التام يعاد عدة مرات .

طريقة الارتخاء والانقباض للعضلات المحركة هو تنوع اخر لعملية تسهيل عمليات التقلص العضلي العصبي بـ 5-20 ثانية لمراحل تتابعيه حيث تبدا هذه الأربطة بانقباض فعال قصوي للعضلة الرباعية لمد الركبة متبوع بارتخاء في حين يقوم الشريك بإسناد الساق يدويا في المكان الذي ينجز فيه بنشاط وفعالية و يمكن ان يزيد معدل حركة المفصل فوق مراحل المد الفردي.

احدى نتائج احد البحوث اوضحت بان مد أوتار الركبة يحافظ على مد الحوض الأمامي كما ان ميل الحوض خلفا هو أهم تقنية المد المستخدمة بين إجراءات PNF وأشار البحث بان عملية ارتخاء-انقباض العضلات المحركة مقابل الانقباض هو اعلى من الانقباض والارتخاء إضافة إلى ذلك فقد أظهرت إحدى الدراسات بان طرق الانقباض-الارتخاء مقابل الانقباض-الارتخاء مع انقباض لمدة 5 ثواني لا يظهر استجابات(GIO)كافية لتجاوز انعكاس.

التهاب المفاصل Osteoarthritis

وهو الصيغة الشائعة لالتهاب المفاصل الانحلالي غير الالتهابي في المراحل الأولى للاضطراب يفقد المفصل ليونته ونعومته ويصبح خشن وغير منتظم.

وبالنتيجة يترك الغضروف سطوح العظام المفصلية غير مستقر ويقيد في معدل الحركة والتيبس مع الم يسكن بالراحة أما تيبس المفصل فيتحسن عن طريق الحركة والنشاط سبب هذه الحالة المرضية غير معلوم ولكن إساءة الاستعمال الحركي غالبا ما يكون هو العامل المسبب من شخص الى أخر بالوراثة.

ملخص SAMMURY

الأوضاع التشريحية لمفاصل جسم الإنسان تحكم قابليات وإمكانات الحركة المباشرة لأقسام الجسم المفصلية من منظور الحركات المسموح بها هنالك ثلاثة أنواع رئيسية للمفاصل (مفاصل غير قابلة للحركة وقليلة الحركة ومفاصل حرة الحركة كل هذه المفاصل يقسم الى أقسام ثانوية أخرى من المفاصل بخصائص تشريحية عامة.

نهايات العظام المفصلية تكون مغطاة بغضروف مفصلي الذي يعمل على تقليل ضغط الاتصال ويقوم بتزييت المفصل.

الأقراص الليفية الغضروفية أو ما يسمى menisci موجودة في بعض المفاصل وتساهم في الوظائف والمهام المذكورة سلفا .

وللأوتار والأربطة قابلية قليلة للتمدد وهذه الأنسجة شبيهه بالعضلات والعظام التي تستجيب لمعدلات ضغط ميكانيكية اعتيادية تتولد عن طريق نقصان كتلة العظم . مرونة المفصل بشكل أساسي هي وظيفة الامتدادات المرتبطة بالعضلات والأربطة التي تعمل على اتساع المفصل فإذا لم تتمدد هذه الأنسجة تميل الى القصر او تكون قصيرة اما الطرق التي تؤدي الى زيادة المرونة فتتضمن المد المعاكس الثابت وكذلك pnf وهو إجراء فعال لمد العضلات والأربطة.

اختبر معلوماتك

1- كون أو شكل لائحة تشير إلى نوع المفصل أو المستويات الحركة المسموح بها لمفاصل (الكتف،المرفق،الرسغ،الحوض،الركبة والكاحل).
2- صف الاتجاهات ومعدلات الحركة التقريبية التي تحدث في مفاصل جسم الانسان من خلال الحركات التالية:
   - ✓ المشي
   - ✓ الركض
   - ✓ تنفيذ القفز
   - ✓ النهوض من موقع الجلوس
3- ماهي العوامل المؤثرة على مرونة المفصل؟
4- وضح لماذا يقوم الرياضيين بربط مفاصلهم قبل المشاركة في فعالية ما رياضية وماهي المنافع والإضرار المحتملة لعملية الربط .
5- ماهي العوامل التي تساهم في المرونة؟
6- ما المعدل المطلوب لمرونة المفصل ؟
7- ناقش العلاقة بين ثبات المفصل ومرونته ؟
8- وضح لماذا يطول طول القبضة عندما يكون الرسغ بامتداده الأطول وبأقصى امتداد .
9- لماذا يكون المد الارتدادي ؟
10- ناقش الأهمية المرتبطة بثبات المفصل وحركة المفصل للرياضيين اللذين يشاركون في السباقات التالية :
11- الجمناستك . كرة القدم . السباحة .

12-اكتب قائمة لتشخيص نوع المفصل أو المستوي الحركي لمفصل الفقري،مفاصل الرسغ (اليد)،مفاصل المشط(القدم)،مفصل الإبهام،المفصل الزندي.

13-كيف يكون الغضروف المفصلي مشابه أو مختلف عن الأنسجة الاعتيادي.

14-ما هي التمارين المحددة التي يوصى بها لزيادة الثبات لكل من المفاصل الآتية:

- ✓ الكتف
- ✓ الركبة
- ✓ الكاحل

15-ما هي التمارين المحددة التي يوصى بها لزيادة المرونة بصورة فعالة من المفاصل الآتية:

- ✓ الحوض
- ✓ الكتف
- ✓ الكاحل

16-في أي من أنواع الرياضة يكون أكثر الرياضيين عرضة للإصابة والتي ترتبط بقلة كفاءة ثبات المفصل؟وضح جوابك.

17-في أي نوع من أنواع الرياضة يكون أكثر الرياضيين عرضة للإصابات التي تتعلق وترتبط بعدك كفاءة مرونة المفصل ؟وضح جوابك.

18-ما هي التمارين الموصى بها لأكثرية المواطنين الذين يهتمون بالمحافظة على المستوى اللازم لمرونة المفصل؟

19-بمساعدة شريك استخدم جهاز goniometry لقياس مرونة الحوض مع الساق الممدودة بشكل كامل وبعد 30 ثانية مد للفخذين ثابت ونشيط ،وضح نتائجك.

20-مع الشريك استخدم جهاز goniometry لقياس معدل مرونة الحوض، مع مد كامل للساق قبل وبعد مد الساق بإحدى تقنيات PNF الموصوفة في الفصل، وضح نتائجك.

الفصل السادس

ميكانيكية العضلات الهيكلية لجسم الإنسان

THE BIOMECHANICS OF HUMAN SKELETAL MUSCLE

بعد اكمال هذا الفصل سيتمكن القارئ من ..

- ✓ فهم وتشخيص الخصائص السلوكية للوحدة الوترية العضلية
- ✓ توضيح كيف تولد العضلات الهيكلية الحركات حركات متناسقة لجسم الإنسان
- ✓ توضح العلاقة بين أنواع الليف العضلي وبشكل خاص الليف الذي يساهم في الأداء العضلي.
- ✓ مناقشة أفكار القوة والطاقة والتحمل من منظور بايوميكانيكي
- ✓ مناقشة أفكار تحريك الأطراف وامتصاص الصدمة.
- ✓ مالذي يساعد الرياضيين في التفوق في سباقات التحمل كسباق المارثون والسيطرة في سباقات القوة كسباق العدو؟
- ✓ ما هي مميزات النظام العصبي العضلي التي تساهم في سرعة الحركة؟
- ✓ كيف يمكن أن يقترن نشاط عضلة معينة مع أنشطة المفاصل المختلفة؟
- ✓ من منظور بيوميكانيكي ماهي القوة؟

العضلة هي النسيج الوحيد القادر على زيادة الشد بصورة فعالة هذه الميزات تساعد العضلة الهيكلية او العضلة المشدودة في تأدية وظائفها الهامة في المحافظة على وضع الجسم المستقيم،تحريك الإطراف وامتصاص الصدمة،ونتيجة لقدرة العضلة لانجاز هذه الوظائف عندما تحفز بصورة صحيحة .

فالجهاز العصبي للإنسان والجهاز العضلي غالبا ما يشيران مجتمعين إلى نظام واحد هو النظام العضلي العصبي.

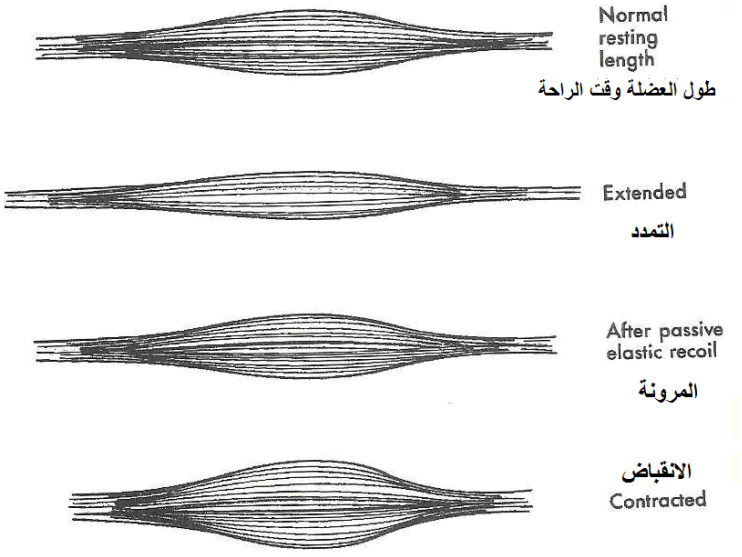
يناقش هذا الفصل الخصائص السلوكية لنسيج العضلة،النظام الوظيفي للعضلة الهيكلية والجوانب البيوميكانيكية لوظيفة العضلة.

الخصائص السلوكية للوحدة الوترية العضلية
BEHAVIORAL PROPERTIES OF THE MUSCULOTENDINOUS UNIT

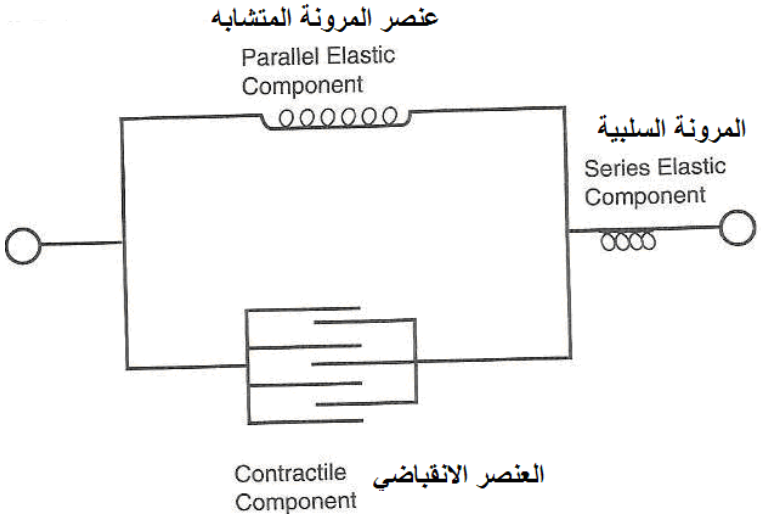
الخصائص السلوكية الأربعة لنسيج العضلة هي التمدد والمرونة والسرعة والقدرة على تنمية الشد هذه الخصائص العامة لكل العضلات الموجودة في البشر والحيوانات الثديية والزواحف والبرمائيات والطيور والحشرات .

التمدد والمرونة Extensibility and Elasticity

ان خصائص أو مميزات التمدد أو المرونة هي خصائص عامة للعديد من الأنسجة الحركية (البايلوجية) وكما في شكل 1-6.



(شكل 1-6)الخصائص المميزة لنسيج العضلة هي التمدد والمرونة والانقباض وحدة المزاج (السيالات العصبية).



(شكل 2-6) من وجهة نظر ميكانيكية تتصرف الوحدة العضلية الوترية للجزء الانقباضي (ألياف العضلة) بشكل متوازي مع جزء مرونة واحد (أغشية العضلة) وبشكل سلاسل مع جزء مرونة آخر(الأوتار)

فالتمدد هو القابلية على أن تكون متمددا أو تزيد في الطول والمرونة هي القابلية على الرجوع إلى الطول الطبيعي بعد التمدد والانقباض .

الأسلوب المرن للعضلة وصف بأنه تركيب عنصرين رئيسيين (شكل1-6) أغشية العضلة تمثل العنصر المرن الموازي (PEC) وذلك يعطي الشد المقاوم عندما تكون العضلة مشدودة تحت تأثير خارجي(شد سلبي)، أما الأوتار تمثل عنصر المرونة المتسلسل(SEC) التي تؤثر على شكل نابض لخزن الطاقة المطاطية عندما تكون العضلة في حالة شد ايجابي فعال عناصر العضلة هذه او مركباتها المطاطية العضلية معينة بشكل دقيق وذلك لان الأغشية والأوتار تكون بشكل موازي وبالتتابع في سلسلة مع الألياف العضلية التي تستند الجزء القابل للانقباض.

مطاطية هيكل الإنسان هو مصدر ثقة لتكون مطابقة أساسيا لجزء المرونة المتسلسل (SEC) أي مرونة للعضلة المشتقة من أغشية العضلة .

الارتداد المطاطي لنسيج العضلة المشدودة (SEC) يساهم وبشكل كبير في القوة التي تنمو عن طريق مرونة العضلة وكذلك تعود الى طول الراحة الطبيعي الذي يتبع المد أو شد العضلة ويدعم ايضا الانتقال السلس للشد من العضلة إلى العظم.

كل من (SEC) و (PEC) يمتلكان خاصية اللزوجة التي تساهم في تمدد وعودة العضلة الى الشكل الاعتيادي .

عندما يستمر المد الثابت للمجموعة العضلية لأوتار الركبةhamstrings لفترة من الزمن فان العضلة ستطول بشكل متزايد ويزداد معدل حركة المفصل وبطريقة مماثلة بعد أن تكون المجموعة العضلية مشدودة فإنها لن ترجع إلى الطول الاعتيادي حالا وستقصر تدريجيا مدة من الوقت وهذه الاستجابة المطاطية اللزجة للعضلة غير مرتبطة الجنس.

- ✓ المرونة المتشابهParallel elastic: وهي خاصية المرونة السلبية للعضلة المستخدمة من اغشية العضلة.
- ✓ Series component elastic: وهي خاصية المرونة السلبية للعضلة المشتقة من الأوتار.
- ✓ العنصر الانقباضيContractile component : خاصية العضلة التي تساعد في تنمية الشد عن طريق الألياف العضلية المحّفزة.
- ✓ خاصية اللزوجة تساعد العضلة في زيادة الطول بشكل متزايد لمدة معينة عندما تكون العضلة ممدودة.

حدة الطيع والقابلية على تنمية الشد

Irritability and the Ability to Develop Tension

هناك خصائص نوعية للعضلة منها حدة الطيع وهي قابلية الاستجابة للحافز الذي يؤثر على العضلات وهو أما كيميائية كهربائية مثل الفعل الكامن من العصب الماس أو حافز حركي ميكانيكي مثل الضربة الخارجية لجزء من العضلة فإذا كان الحافز بكمية كافية تستجيب العضلة عن طريق زيادة الشد.

القابلية على زيادة الشد هي واحدة من المميزات الفريدة لنسيج العضلة وقد تبين تاريخيا إن زيادة الشد بواسطة العضلة كان يشير الى عملية الانقباض أو لجزء الانقباض لعمل العضلة.

ان عملية الانقباض هي القابلية على تقصير الطول وعلى أية حال فشد العضلة ربما لا يؤدي الى تقصير العضلة.

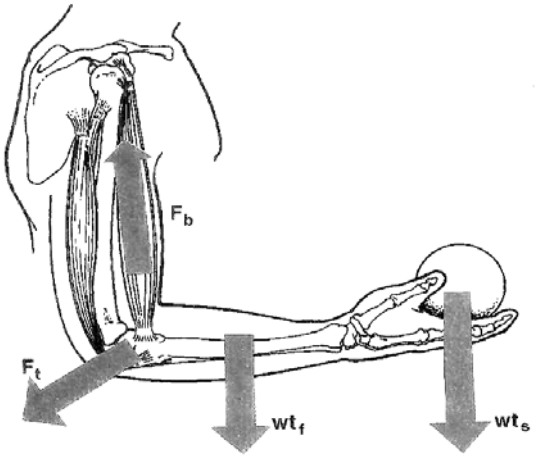
وظيفة العضلة الهيكلية KELETAL MUSCLE FUNCTION

الشد هو عبارة عن قوة سحب عندما تحفز العضلة (تنشط) يزداد الشد، فكمية الشد الموجودة هي ثابتة على طول العضلة وعلى أمكنة الاتصال الوترية العضلية للعظم.

القوة التوترية المتزايدة بواسطة العضلة تسحب على العظام المترابطة خلال الأوتار وتقوم بتوليد عزم دوران في المفصل أو المفاصل المارة في العضلة.

ان مقدار عزم الدوران المتولد هو حاصل القوة التي تولدها العضلة والمسافة العمودية لخط القوة من مركز دوران المفصل بالاعتماد على قوانين إضافة المؤشر فان حاصل عزم الدوران الموجود في المفصل يحدد اتجاه أي من الحركات الناتجة وان وزن جزء من الجسم والقوى الخارجية المؤثرة على

الجسم والشد في أي عضلة مارة بالمفصل يمكن ان تعمل على توليد عزم دوران في ذلك المفصل (شكل3-6).



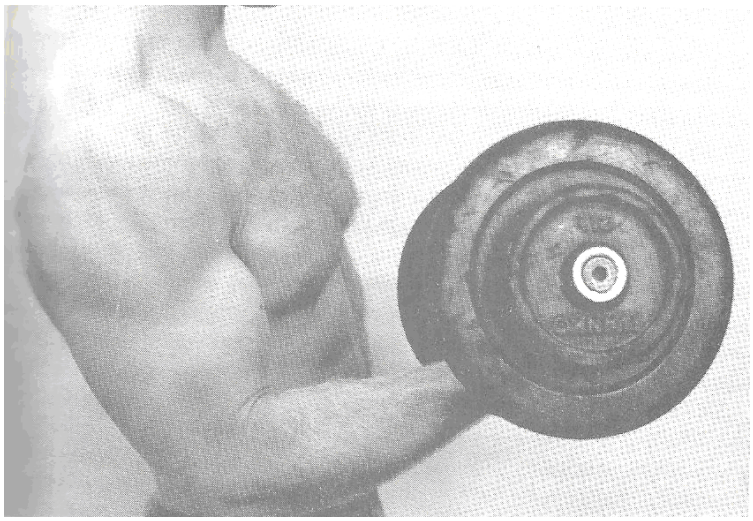
(شكل 3-6) عزم الدوران المسلط بواسطة العضلة ذات الرأسين أعلى الذراع يجب أن (Fb) تقاوم عزوم الدوران المتولدة بواسطة القوة في العضلة ثلاثية الرؤوس (Ft) وجه الذراع واليد (WTf) ووزن القذف في الذراع (WTs).

رياضي كمال الأجسام يحتاجون إلى الشد الذي لايطيل العضلة (isometric) وذلك لعرض حجم العضلة وتوضيحها.

أنواع الانقباض العضلي Type of Muscle Contraction

عندما يولد الشد العضلي عزم دوران اكبر من عزم الدوران المقابل والمقاومة في المفصل فان العضلة ستقصر مسببة تغيير في زاوية المفصل.

- ✓ محصلة عزم الدوران في المفصل هو كمية المؤشرات عزم الدوران العضلة وعزم الدوران المضاد.



خلال مرحلة ثني المرفق في فتل وجه الذراع العضلات العضدية والعضلة ذات الرأسين أعلى الذراع تؤثر كعضلات محركة أساسية وبقية العضلات العضدية تعتبر عضلات مساعدة.

- ✓ عزم الدوران المسلط بواسطة العضلة ذات الرأسين أعلى الذراع يجب ان يقابل عزوم الدوران المتولدة عن طريق القوة المتزايدة في العضلة ثلاثية الرؤوس. وزن الساعد في اليد ، وزن الثقل في اليد.

عندما تقصر العضلة فعملية الانقباض ستكون مركزة وتكون حركة المفصل الناتجة في نفس الاتجاه كمحصلة لعزم الدوران المتولد عن طريق العضلات، ليف العضلة المنفرد قادر على تقصير مايقارب نصف طول العضلة عند الراحة الاعتيادية العضلات يمكنها أيضا أن تزيد من الشد بدون عملية التقصير.

عندما يكون عزم الدوران المقابل في المفصل المار بالعضلة مساو إلى عزم الدوران التي تتجه العضلة (بمحصلة صفر لعزم الدوران الموجود)، فسيبقى طول العضلة ثابتا غير متغير ولا تحدث حركة في المفصل.

وعندما يزداد الشد العضلي ولكن دون حدوث تغيير في طول العضلة فالانقباض يسمى ايزومترك ونتيجة لكون زيادة الشد أو المد يزيد من قطر العضلة ففي سباق بناء الأجسام سيزداد الشد الايزومتري بالتزامن في العضلات على الجوانب المتقابلة للساق مثلما موجود في العضلة ثلاثية الرؤوس والعضلة ذات الرأسين أعلى الذراع يعمل على تكبير العضلات المشدودة بالرغم من عدم حدوث الحركة في مفصلي الكتف والمرفق .

عندما يتجاوز عزم دوران المفصل المضاد الناتج عن طريق شد العضلة فالعضلة ستطول،وعندما تطول العضلة ستكون محفزة لزيادة الشد فالانقباض في هذه الحالة سيكون لا مركزي (eccentric) أي إطالة العضلة واتجاه الحركة للمفصل تقابل محصلة عزم دوران العضلة .

يحدث شد اللامركزي eccentric في عضلات ثني المرفق عند مد المرفق أو مرحلة خفض الثقل في تمرين الفتل، الشد eccentric يعمل عمل كابح ميكانيكي للسيطرة على السرعة دون وجود شد eccentric في العضلات للذراع الأمامية اليد والثقل ستسقط بدون وجود تحكم وذلك بسبب الجاذبية الأرضية .

عندما تسبب العضلة حركة في المفصل خلال الشد المركزي(Concentric) فزيادة الشد في هذه الحالة مؤثرة كعنصر مسبب للحركة (agonist) ونتيجة لمساهمة عدة عضلات مختلفة غالبا ما تساهم في الحركة، فالتمييز بين العضلات المسببة للحركة الرئيسية والمساعدة يحدث أحيانا فعلى سبيل المثال عند مرحلة مد المرفق في فتل الذراع الأمامية والعضلات العضدية ذات الرأسين أعلى الذراع تؤثر كعضلات محركة أساسية أما العضلات الأخرى الموجودة تعمل عمل العضلات المحركة مساعدة ثانوية.

عندما تواجه العضلة حركة في المفصل خلال زيادة الشد اللامركزي (eccentric) فانه يؤثر كعضلة مواجهه (antagonist) تواجه عزم دوران المتولد بواسطة العضلات المحركة (agonist).

- ✓ Concentric (الانقباض المركزي): وهو انقباض يتطلب تقصير العضلة.
- ✓ Isometric (الانقباض الثابت): وهو انقباض لايستلزم تغيير في طول العضلة .
- ✓ Eccentric (اللامركزي): انقباض يستلزم إطالة العضلة .
- ✓ Agonist (العاملة):وظيفة تؤدي بواسطة العضلة لتوليد الحركة أي يمكن ان نسميها عضلات حركة .
- ✓ antagonist (المضادة): وظيفة تؤديها العضلة من خلال توليد عزم دوران مضاد لذلك الذي تولده العضلات المحركة أي يمكن ان نسميها عضلات كابحة (مضادة للحركة).

العضلات المضادة غالبا ماتمنح السيطرة أو الكبح أو الإيقاف وبشكل خاص عند الحركة القوية السريعة فمن خلال مرحلة مد المرفق لفتل الذراع الأمامية والتي تحدث عندها الحركة عن طريق فعل الجاذبية فعضلات ثني

المرفق تعمل على عضلات مضادة تسيطر على سرعة مد المرفق عندما ينزل أي شخص من منحدر أو تل فان وظائف العضلة الرباعية أعلى الفخذ ستقبض وتعمل عمل كابح ميكانيكي لثني الركبة.

وظيفة أخرى تنفذ بواسطة العضلات تستلزم تثبيت قسم من الجسم مضادة لقوة معينة ستقوم بتكوين شد في عضلات أخرى أو أن تكون قوة خارجية مثل وزن المادة المرفوعة .

العضلات المعينية Rhomboids تؤثر وتعمل عمل مثبتات عن طريق زيادة الشد لتثبيت عظم الكتف مقابل سحب اثنين من الحبال في سباق التزلج على الماء ، وهناك وظيفة رابعة يتوجب على العضلات القيام بها على اعتباراتها تعمل عمل معادلة (neutralizer) أي أنها تقوم بالتخلص من نشاط غير مرغوب من قبل العضلات المحركة والوقاية من النشاطات غير مرغوب من قبل العضلات المحركة والوقاية من النشاطات غير المرغوبة عندما تقوم بالشد والإبعاد في المفصل في حين إننا نطلب الثني فقط، فنشاط العضلات المحايدة (neutralizer) يسبب عملية التقريب والتي يمكن أن تزيل عملية الإبعاد المتولدة عندما يزداد الشد المركز للعضلة العضدية ذات الرأسين فإنها ستنتج كل من الثني في مفصل المرفق وانقلاب الذراع الأمامية forearm.

يتطلب تنفيذ حركات الإنسان نموذجيا القيام نشاطات منسقة للعديد من المجاميع العضلية توثر بالتتابع وبانسجام، فعلى سبيل المثال حتى عملية رفع قدح من فوق منضدة يحتاج الى عدة مجاميع عضلية لأداء العمل وبطرق مختلفة فوظائف التثبيت تنفذ بواسطة العضلات الكتفية وكل من العضلات الثني وعضلات المد في الرسغ . ان عمل العضلات المحركة المنفذة بواسطة عضلات الثني في الأصابع والمرفق والكتف ونتيجة لكون عضلات ثني الكتف تنتج تقريب عمودي سرعة الحركة فستكون مسيطر عليها بشكل جزئي عن طريق نشاط العضلات التي تولد عزم الدوران المقابل لذلك المتولد عن طريق

العضلات المحركة أي العضلات الكابحة في العضلات المادة للمرفق، فعندما يعود قدح الماء الى المنضدة تعتبر الجاذبية محرك رئيسي مع نشاط العضلات الكابحة في المرفق والعضلات الثانية للكتف التي تسيطر على سرعة الحركة.

- ✓ stabilizer : وظيفة تؤديها العضلة تثبت جزء من الجسم مقابل قوة أخرى.
- ✓ neutralizer: وظيفة تؤديها العضلة لإزالة النشاط غير المرغوب به المتولد بواسطة العضلات المحركة.

عضلات المفصل المتعدد- المفصلين

Two-joint and Multi-joint Muscles

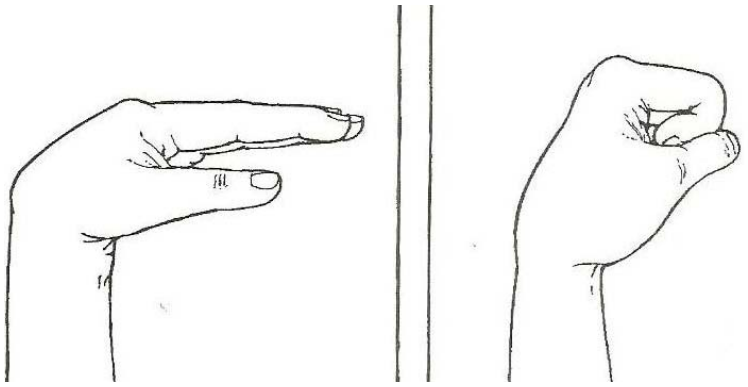
تمر العديد من العضلات في جسم الإنسان عبر مفصلين وأكثر الأمثلة على ذلك العضلة ذات الرأسين أعلى الذراع والعضلة العضدية ذات الثلاث رؤوس ومجموعة أوتار الركبة وعدد من العضلات المارة بالرسغ وكل مفاصل الأصابع وبما ان كمية الشد الموجود في أي عضلة هو ثابت خلال طولها وكذلك في أمكنة اتصالاتها الوترية مع العظم فان العضلات تحدث الحركة في كلا المفصلين أو جميع المفاصل المارة بالتزامن في نفس الوقت ان نشاط مفصلين أو عدة مفاصل في العضلة تحدث حركة في أي مفصل عابر أو مار بالعضلة بالاعتماد على موقع أو ميلان اتصال العضلة المرتبط بالمفصل كما ان القوة والارتخاء الموجودة في الوحدة الوترية ونشاط العضلات الأخرى.

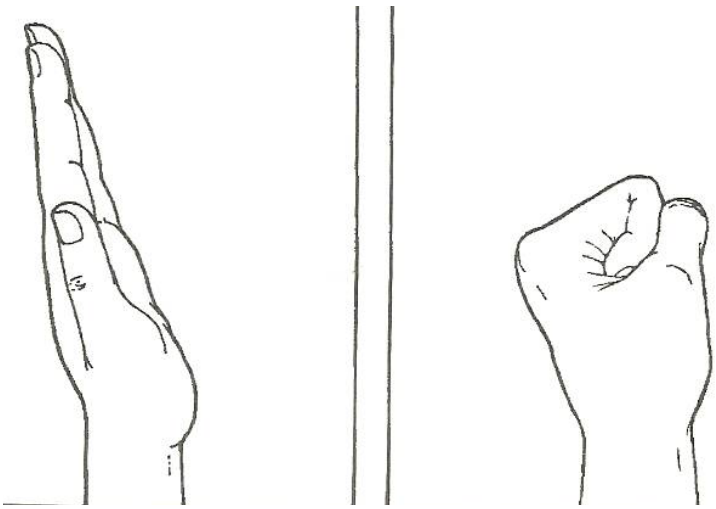
هناك فائدتين تتعلقان بوظيفة عضلات مفصلين أو مفاصل متعددة وهما عدم القدرة على تقصير المد المطلوب لتوليد معدل عالي من الحركة في كل المفاصل العابرة في نفس الوقت والتي يطلق عليها بالفعالية غير الكافية فعلى سبيل المثال العضلات التي تثني الإصبع لا تستطيع أن تولد أحكام القبضة عندما يكون الرسغ في حال ثني عندما يكون في وضع وسطي كما موضح في

(شكل4–6) بعض عضلات المفصلين غير قادرة على إنتاج القوة عموما عندما يكون وضع المفصلين العابرين لمكان العضلات في حالة ارتخاء شديد المشكلة الأخرى لغالبية الناس هي عدم قدرة المفصلين أن تشد إلى المدى المطلوب لمعدل الحركة في الحركة في الاتجاه المعاكس في كل المفاصل العابرة وهذه المشكلة يصطلح عليها بعدم الكفاءة السلبية فعلى سبيل المثال فالمعدل الأكبر للمد الأقصى في الرسغ عندما لاتكون الأصابع ممدودة بشكل كامل (شكل 5–6) وبطرقة مماثلة فالمعدل الأكبر لثني مفصل الكاحل يمكن أن ينفذ عندما تكون الركبة في حالة ثني نتيجة تغيير في شدة وقوة.

- ✓ عضلات المفصلين يمكن ان تفشل في إنتاج القوة عندما تكون راضية وفعالة وغير كافية ويمكن إن تقيد معدل الحركة عندما تكون ممدودة بشكل كامل (عدم الكفاءة السلبية)

(شكل 4–6) عندما يمتد الرسغ بشكل كامل وعضلات المد العابرة للرسغ تكون راضية ولا يمكنها أن تعطي الشد الكافي لتشكيل القبضة حتى يكون للرسغ ممدودا للوضع الحيادي الأكثر .





(شكل 5-6) عندما تكون مادات الأصابع ممدودة أقصى مد بكلأ من الرسغ والأصابع في المد الكامل ،فمعدل حركة مد المفصل تكون مقيدة. مد الأصابع يساعد في مد إضافي في الرسغ، وتحديد معدل الحركة ثم المفصل نتيجة الشدة في مفصلين أو عدة مفاصل للعضلة يصطلح عليها (عدم الكفاية السلبية).

- ✓ عدم القابلية على زيادة الشد في المفصلين والمفاصل يصطلح عليها عدم الكفاءة الفعالية.

التنظيم الوظيفي للعضلة الهيكلية

FUNCTIONAL ORGANIZATION OF SKELETAL MUSCLE

هناك مايقارب 434 عضلة في جسم الإنسان تشغل 40% إلى 45% من وزن جسم الإنسان البالغ تتوزع العضلات بشكل أزواج على جانبي اليسار واليمين من الجسم حوالي 75 زوج من العضلات مسؤولة عن حركة ووضع الجسم والباقي يتطلب نشاطات قبل السيطرة على العين والبلع عندما يزداد الشد في العضلة فالأفكار والمبادئ البايوميكانيكية مثل مقدار القوة المتولدة وتزداد السرعة التي عندها والقوة في الوقت الذي تكون عندها القوة مستمرة وفعالة عن طريق الخصائص التشريحية والسيكولوجية للعضلة .

ألياف العضلة Muscle Fibers

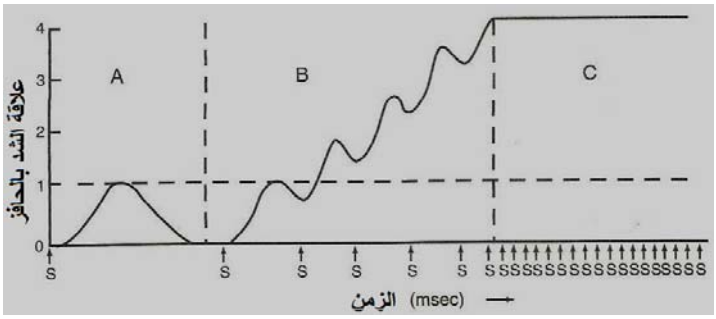
يصطلح على الخلية العضلية المفردة (ليف العضلة) وذلك بسبب شكلها الخيطي الرفيع،التنوع الكبير في طول وقطر الليف يرى عند البالغين .بعض الألياف يمكن ان يجتاز الطول الكامل للعضلة بينما تكون بعض الألياف الأخرى اقصر بكثير ،الألياف ذات طول30 سم كانت واضحة ومشخصة.

تنمو الألياف العضلية الهيكلية في الطول والمحيط منذ الولادة حتى مرحلة البلوغ مع زيادة الانثناءات الخمسة في محيط الليف خلال هذه المرحلة ويمكن ان يزداد محيط الليف كذلك عن طريق زيادة التدريب.

في بعض حيوانات البرمائيات فان عدد الألياف العضلية الموجودة كذلك يزداد مع زيادة العمر والحجم ،وهذا ما لا يظهر عند البشر فعدد الألياف العضلية الموجودة عند الولادة يستمر طول الحياة عدا الفقدان الوقتي عند الإصابة فالزيادة في حجم العضلة بعد التدريب ،المقاومة يتمثل في زيادة محيط الليف أكثر مما هو في مجموعة من الألياف.عدد الألياف العضلية الموجودة يتمدد ويتنوع من شخص إلى آخر وراثيا.

غالبية الألياف العضلية الموجودة في الحيوانات الثديية هي من نوع الخلايا الارتعاشية (twitch type) التي تستجيب إلى المحفز عن طريق زيادة الشد في نوع الألياف الارتعاشية .ينبع الشد في الليف ألارتعاشي حافز العصب المفرد الصاعد إلى أعلى قيمة في اقل من 100متر بالثانية ثم يهبط وينخفض بسرعة في جسم الإنسان الألياف بشكل عام تكون نشطة بإطلاق وابل من ايعازات العصب(السيالات العصبية) عند السرعة والحوافز الناجمة تأثر في الليف حالا في حالة الشد ويظهر بارتفاع متزايد لإعادة الحافز الناجحة تأثر في الليف حالا في حالة الشد يكون مرتفعا حتى تصل أقصى مقدار (شكل 6-6) يؤثر الليف بشكل تكراري كي يحافظ على أقصى شد على مستواه لفترة من

الوقت وهو مايسمى (tetanus) وهذا يعني حالة العضلة التي تولد شد أقصى ثابت ناتج عن تكرار التحفيز يكون الشد عند هذه الحالة (tetanus) ربما يعادل 4 مرات من شد الذروة خلال الارتعاش المنفرد وبينما تطول حالة إنتاج الشد الثابت الأقصى فالتعب يولد انخفاض تدريجي في مستوى الشد الناتج ليست كل الألياف العضلية الهيكلية هي من النوع ألارتعاشي المنفرد وبينما تطول حالة إنتاج الشد الثابت الأقصى فالتعب يولد انخفاض تدريجي في مستوى الشد الناتج .ليست كل الألياف العضلية الهيكلية هي من النوع ألارتعاشي فالألياف من نوع الصوتية موجودة في الأجهزة المحركة للعين فهذه الخلايا تحتاج إلى أكثر من محفز قبل بدء زيادة الشد.



(شكل 6–6) (أ) يزداد الشد في ليف العضلة في الاستجابة إلى الحافز المفرد (ب) في الاستجابة إلى التحفيز المتكرر و(ج) في الاستجابة إلى التحفيز المتكرر العالي

Summatio: وهو تأثير إضافي متزايد الحافز متكرر.

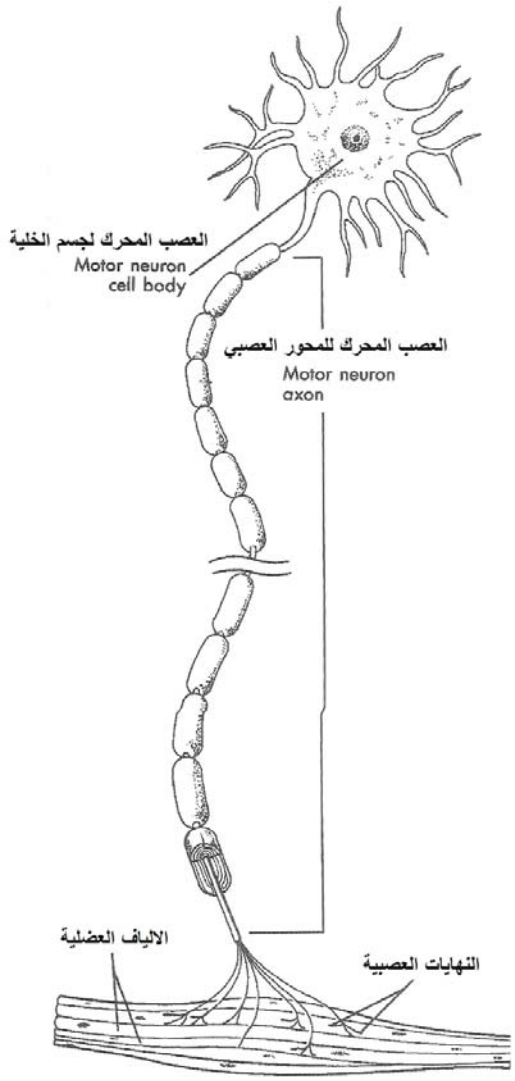
Tetanus(الشد): حالة العضلة التي تنتج شد أقصى ثابت ناتج من تحفيز متكرر.

Motor unit (الوحدة الحركية) : وهي عصب الحركة المفرد وكافة الألياف.

وحدات الحركة Motor Unite

تنتظم الألياف العضلية على شكل مجاميع وظيفية بإشكال مختلفة تتألف من عصب محرك منفرد وكل الألياف تحرك بواسطته . تعرف هذه المجاميع بوحدات الحركة (شكل7-6) وكل محور لليفه العصبية يقسم عدة مرات وذلك لكي يسند الليف الواحد بصفيحة النهاية الحركية . وبشكل نموذجي يوجد فقط صفين نهاية فقط تتوزع الياف وحدة الحركة يجب ان لاتكون موزعة فوق مساحة لعدة سنتمترات وتستثار بألياف وحدات حركة أخرى مع استثناءات قليلة وتقتصر وحدات الحركة على عضلة واحدة وهي موجودة داخل تلك العضلة .وحدات الحركة المفردة للحيوانات الثدية يمكن ان تكون من اقل من 100 الى مايقارب 2000 ليف بالاعتماد عل نوع حركات العضلة التي تقوم بها العضلة ، كما ان الحركات التي تؤدى بدقة مثل الحركات الموجودة في العيون أو الأصابع تنتج بواسطة وحدات الحركة بعدد قليل من الألياف الحركات القوية عادة ماتكون نتاج وحدات الحركة الكبيرة.

ويصل كل عصب محرك Motor neuron يغادر النخاع الشوكى عدداً من الألياف العضلية المختلفة ، ويعتمد هذا العدد على نمط العضلة وتسمى جميع الألياف العضلية المتصلة بليفة عصب محرك واحد بالوحدة العضلية Motor unit.



(شكل 7–6) تتألف الوحدة الحركية في العصب المفرد من الالياف العضلية والنهايات العصبية والعصب المحرك للمحور العصبي والعصب المحرك لجسم الخلية.

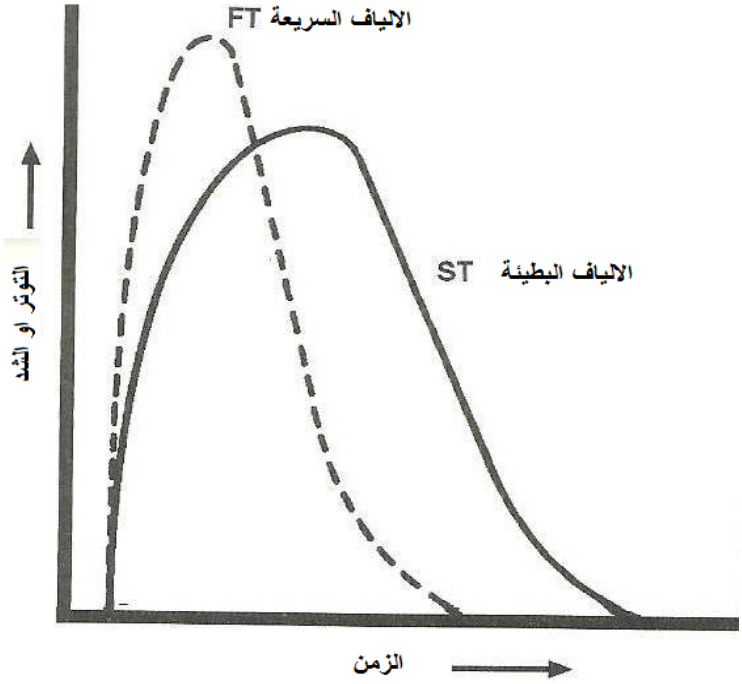
أنواع الألياف Fiber Type

على الرغم من إن جميع الألياف في وحدة الحركة هي من نوع واحد فغالبية العضلات تحتوي على الألياف السريعة (FT) والألياف البطيئة (ST) مع كميات نسبية تتنوع من عضلة إلى أخرى ومن فرد الى آخر فعلى سبيل المثال الياف القدم التي تستخدم بصورة رئيسية لضبط الوقوف فهي يحتوي على الألياف البطيئة (ST) وعلى العكس من ذلك فان STROCNEMIUS والمكسوة بطبقة فإنها تحتوي على الألياف السريعة والألياف البطيئة (ST،FT) معا تساهم الألياف السريعة مساهمة فعالة في نجاح الانجاز في المسابقات والفعاليات التي تتطلب السرعة والانقباض العضلي القوي مثل سباقي العدو والقفز .وسباقات التحمل مثل ركض المسافات الطويلة والدراجات والسباحة تتطلب عمل فعال لمقاومة تعب الألياف البطيئة (ST) وأوضح الباحثون وباستخدام العضلات بالنسبة لرياضيي الصنف العالمي في الفعاليات التي تتطلب القوة والطاقة عادة ما يكون لديهم نسب عالية من الياف (FT) الى الألياف السريعة أما رياضيي التحمل وذوو المستوى العالي رياضيي النخبة فلديهم نسب عالية من الألياف البطيئة (ST) وعلى الرغم من أن هذه الحقائق تقترح بان التدريب الرياضي ربما يؤدي إلى ان تتحول الألياف من نوع إلى أخر فان هذا مالم يبرهن باستنتاج توزيع نوع من الليف لمتدربي القوة النخبة ورياضيي التحمل النخبة يهبط في معدل لكون نوع من الليف الموجودة عند الأشخاص غير الرياضيين إضافة إلى ذلك فان الباحثين اوضحو بان إزالة تقليل أو تبديل الإيعاز العصبي عن طريق الوحدة الحركية أو الليف العضلي لايجعل كل الألياف تتحول إلى نفس النوع.

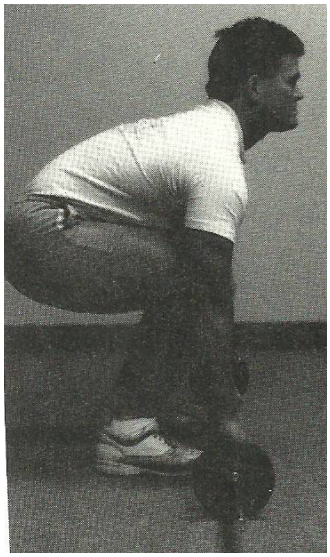
قائمة(1–6) مميزات الليف العضلي الهيكلي

الميزات	النوع الأول البطيء المؤكسدة SO	النوع الثاني السريعة المؤكسدة FOG	النوع الثاني ب السريع كلاي كولايتك FG
سرعة الانقباض	بطيء	سريع	سريع
معدل التعب	بطيء	متوسط	سريع
المحيط	صغير	متوسط	كبير
تركيز ATP	بطيء	عالي	عالي
المايتوكوندريا	عالي	عالي	قليل
تركيز إنزيم كلاي كولايتك	واطئ	متوسط	عالي

افترض الباحثون عدة إشكال تطبيقية بالاعتماد على الخصائص الحيوية والانقباضية لهذه الأنواع الثلاثة من الألياف قائمة (1–6) ويشار إلى الألياف البطيئة ST من نوع (I) ويشار إلى الألياف السريعة (FT) بنوع (Πa) و بنوع (Πb) مصطلحات أخرى للألياف من نوع (ST) أي البطيئة مثل الألياف المؤكسدة البطيئة (SO) مع الألياف السريعة التي تقسم الى الكلايكولايتك المؤكسدة السريعة (FOG) والألياف الكلاكولايتك السريعة (FG) بالإضافة الى التصنيف المتضمن الألياف البطيئة وألياف مقاومة التعب السريعة (FFR) وألياف التعب السريع (FF) الأنظمة التصنيف هذه تستند على خصائص مختلفة لليف ولا تتغير من الداخل.



الألياف السريعة تكون بشد اكبر سرعة من الألياف البطيئة.



رافعي الإثقال النخبة يرغبون في امتلاك عضلات تتركب من نسبة عالية من الألياف السريعة (FT)

التوزيع الناقوسي الشكل للألياف السريعة المقابل للألياف السريعة المقابلة للألياف العضلية البطيئة يظهر التركيب بان غالبية الناس لديهم معدل تقريبي من الألياف البطيئة والسريعة ولهذا فان نسبة صغيرة لديهم عدد كبير من الألياف السريعة FT) ونسبة قليلة لديهم عدد عالي غير اعتيادي من الألياف البطيئة (ST).

يكتسب البشر بالوراثة نسبة عالية من الألياف البطيئة (ST) ربما تجذب إلى أنواع من الرياضة تتطلب القوة وتلك التي لديها نسب عالية من الألياف البطيئة (ST) ربما ستختار رياضيات التحمل.

تمديد وحدات الحركة Recruitment Of Motor Unite

ينفذ الجهاز العصبي المركزي نظام محكم السيطرة يساعد العضلة على الانقباض طبقا إلى متطلبات الحركة لكي تكون رقيقة ، دقيقة أو حركات مختصرة يمكن تنفيذها فالأعصاب التي تحتوي على وحدات حركية بطيئة الحركة (ST) لها بوابات واطئة وسهلة التنشيط نسبيا بينما تكون الألياف أو الوحدات الحركية للألياف السريعة التي تدعم بواسطة الأعصاب صعبة التنشيط وبالنتيجة فالألياف البطيئة (ST) هي التي تنشط أولا فحركة الساق ناتجة سريعة وبينما تتزايد متطلبات القوة ومتطلبات السرعة وإدامة النشاط والفعالية.

إن وحدات الحركة ذات البدايات العالية تنشط بصورة متزايدة بنوع (11a) أو ألياف (FOG) المضافة قبل نوع (11b) أو ألياف (FG) وفي داخل كل نوع من الليف يزداد سهولة النشاط ويمكن تحريك الجهاز العصبي المركزي انتقائيا أو التقليل من الوحدات الحركية.

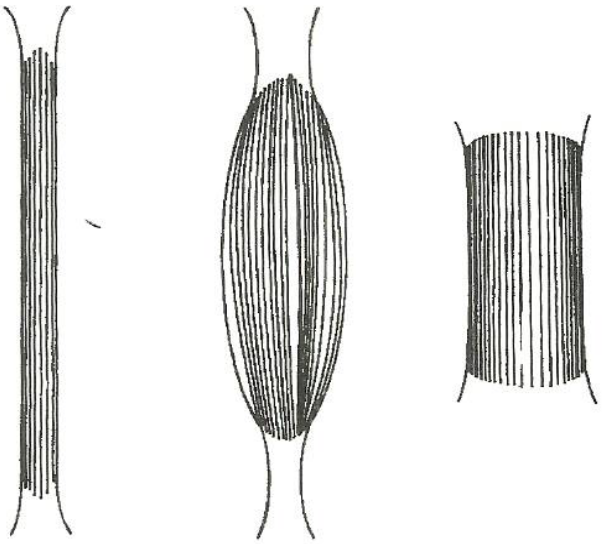
خلال تمرين الشدة الواطئة يمكن إن يمدد الجهاز العصبي المركزي للألياف البطيئة (ST) بشكل خاص تقريبا وبينما يستمر النشاط ويبدأ التعب فنوع الياف (11a) ووحدات الحركة لنوع (11b) تكون نشطة لحين اشتراك جميع الوحدات الحركية.

شكل الليف Fiber Architecture

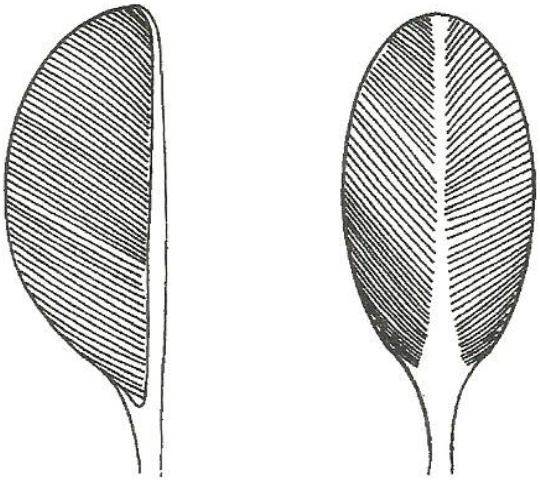
هنالك وظيفة أخرى مختلفة وهي ترتيب الألياف في داخل العضلة فميلان الألياف في داخل العضلة والترتيب الذي تتصل عنده أوتار العضلة مختلف بشكل لافت للنظر بين عضلات جسم الإنسان هذه الاعتبارات التركيبية تؤثر على قوة الانقباض العضلي ومعدل الحركة والذي عنده يتمكن للمجموعة العضلية ان تحرك قسم من الجسم.

نظام الألياف العضلية الثنائي يصطلح عليها بالمتوازي وعلى الرغم من الأنواع الثانوية لتنظيمات وترتيب الألياف المتوازية كانت افتراضية فان الاختلاف بين نوعي المظلة هذين هو كافي لمناقشة الملامح البايوميكانيكية.

في تنظيم الليف المتوازي للألياف تنظم بشكل متوازي بالمحور الطولي للعضلة (شكل 9–6) إن جوف العضلة المستقيمة الخيطي والعضلة العضدية ذات الرأسين لها تنظيمات ليفية متوازية في تنظيم ليف مستعرض هو واحد وعنده تتمدد الألياف في زاوية الى المحور الطولي للعضلة كل ليف في العضلة.



الإشكال الليفية المتوازية

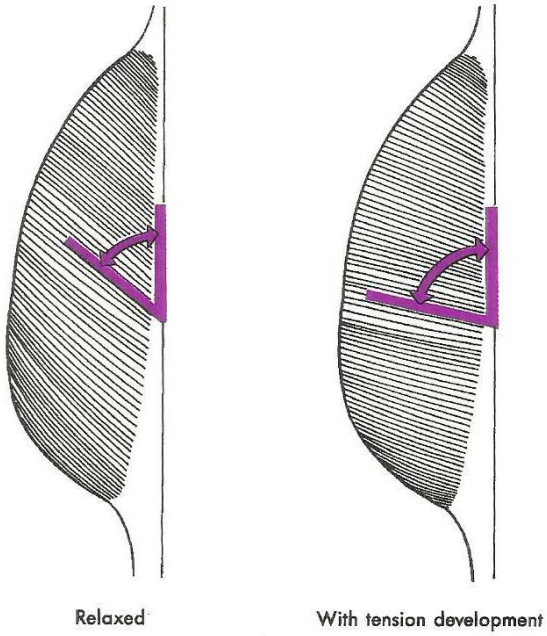


الإشكال الليفية المستعرضة

(شكل 9–6) الإشكال الليفية المستعرضة والمتوازية

- ✓ وحدات الحركة الارتعاشية البطيئة (Slow twitch motor) : تولد دائما شد في الأول فيما إذا كانت الحركة بطيئة أو سريعة .
- ✓ تنظيم الليف المتوازي(parallel fiber arrangement) : هو أسلوب الألياف في داخل العضلة والذي عنده تكون الألياف متوازية بصلابة إلى المحور الطولي للعضلة.

المستعرضة متصلة بالعظام مرة بزاوية الميل 60 درجة فمقدار القوة الفعالة النشطة المنقولة إلى الوتر المستعرض يتصل بعظم واحد أو أكثر من الأوتار في بعض منها تمتد إلى الطول الكامل للعضلة وبعض هذه الألياف ربما يعرض في زاوية من حيث الاستعراض زاوية التماس مع الوتر العظام الضنبوبية للساق والعضلة المستقيمة لها إشكال مستعرضة للألياف عندما يزداد الشد في العضلة ذات الليف المتوازي أي تقصير للعضلة هو أساس النتيجة لتقصير أليافها فعندما تقصر الألياف المستعرضة فإنها ستدور حول اتصال أو اتصالات الوتر وبشكل متزايد ستزيد زاوية الاستعراض (شكل 10-6) وكما مبين في المشكلة الموضحة في(شكل 11-6) فالزاوية الأكبر للاستعراض هي الزاوية الأقل كمية من حيث القوة المؤثرة المنقولة من الوتر أو الأوتار لحركة العظام المتصلة فعندما تتجاوز زاوية الاستعراض 60 درجة فان مقدار القوة المؤثرة المنقولة إلى الوتر هي اقل من 1,5 من القوة الناتجة بواسطة الألياف العضلية.



(شكل 10–6) تزداد زاوية الاستعراض بينما يزداد باضطراد الشد في ألياف العضلة مع تطور الشد

وعلى الرغم من ان الشكل المستعرض للألياف يقلل من القوة المؤثرة الناتجة في مستو معين لشدة الليف فهذا التنظيم يسمح لجميع الألياف أكثر من الكمية التي يمكن ان تجمع في العضلة الطولية التي تشغل نفس الفراغ وبالنظر إلى العضلات المستعرضة تحتوي على عدد اكبر من الألياف لكل وحدة من حجم العضلة فإنها يمكن ان تنتج قوة اكبر من العضلات ذات الليف المتوازي لنفس

الحجم وعلى أية حال فان تنظيم الألياف المتوازي يمكن كامل العضلة للتقصير اكبر مما تستطيع في شكل الألياف المستعرضة.

- ✓ العضلات ذات الليف المتوازي يمكن ان تحرك أقسام الجسم من خلال معدلات اكبر من حركة العضلات ذات الليف المستعرض.

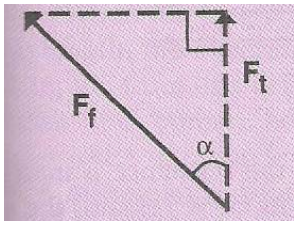
العوامل الميكانيكية المؤثرة على القوة العضلية
MECHANICAL FACTORS AFFICTING MUSCULAR FORCE

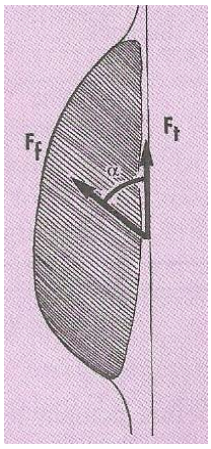
كمية القوة الناتجة بواسطة العضلة تتعلق بسرعة تقصير العضلة طول عند التحفيز في اقل زمن بعد استلام العضلة للمحفز وبسبب هذه العوامل فهي أحكام هامة لقوة العضلة درست بإسهاب من قبل المختصين والعلماء من هذا المجال.

- ✓ يعزز تنظيم الألياف المستعرضة توليد القوة العضلية وسهولة تقصير العضلة.

شكل 11-6 ماكمية القوة المسلطة بواسطة وتر العضلة المستعرضة عندما يكون الشد في الألياف 100 نيوتن وزاوية الاستعراض المذكورة هي :

40.1 درجة
2. 60 درجة
3. 80 درجة





القوة = 100نيوتن الحل المطلوب القوة العلاقة بين الشد في الألياف والشد في الوتر هو:

الوتر = القوة(الليف) × جا الزاوية

أ.القوة =100نيوتن×جا 40 = 76,6 نيوتن

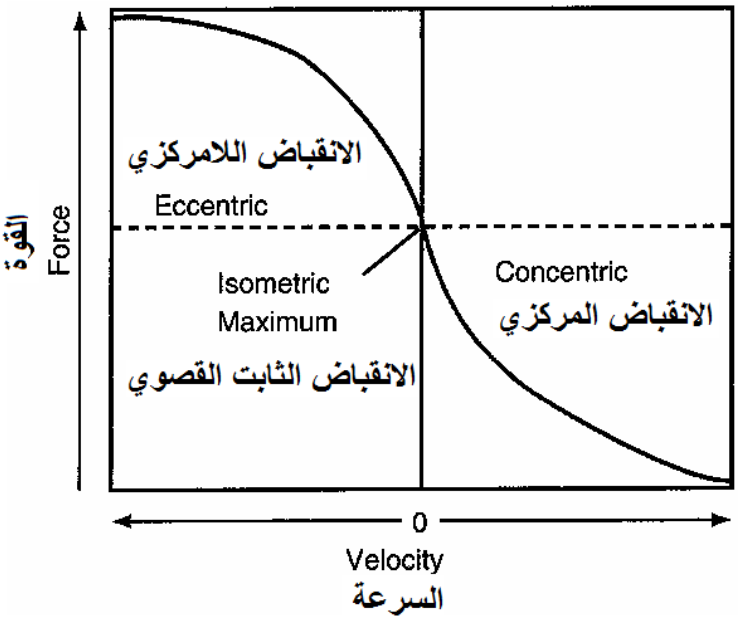
ب. القوة=نيوتن100× جا60 = 50نيوتن

ج.القوة= 100نيوتن ×جا80 = 17.4 نيوتن

علاقة القوة بالسرعة Force–Velocity Relationship

العلاقة الكلاسيكية بين القوة والسرعة للشد المركزي وتطويره في نسيج العضلة هي من أوائل الوصايا ل هيل في 1938 العلاقة بين القوة المركزة المسلطة عن طريق العضلة والسرعة التي عندها تكون العضلة قادرة على التقصير هي علاقة عكسية وكما هو واضح في قسم من المنحني الأسفل ودرجة الانقباض الايزومتري في (شكل 12–6) عندما تزيد العضلة الشد المركز ضد الحمل العالي فسرعة تقصير العضلة يجب إن تكون سريعة نسبيا.

فعلاقة القوة بالسرعة لاتتضمن ماهو غير ممكن لتحريك مقاومة ثقيلة في سرعة قصوى. العضلة الأقوى هي المقدار الأكبر للشد الايزومتري الأقصى (موضح في مركز شكل 12–6) وهذا هو الكميه القصور للقوة التي تولد قبل الإطالة عندما تكون المقاومة في ازدياد أي ان الشكل العام لمنحني السرعة والقوة سيبقى نفسه بغض النظر عن مقدار الشد الايزومتري الأقصى.



(شكل 12–6) العلاقة بين القوة والسرعة لنسيج العضلة عندما تكون المقاومة مهملة فان العضلة ستنقبض بسرعة قصوى وبينما يزداد الحمل فان سرعة الانقباض المركزي يهبط إلى الصفر عند الشد الايزومتري الأقصى بينما يزداد الحمل وتطول العضلة بشكل مختلف.

تتضمن علاقة القوة بالسرعة عدم إمكانيتها على ان تحرك حمل خفيف بسرعة بطيئة فغالبية الفعاليات للحياة اليومية تتطلب حركات بطيئة يمكن السيطرة عليها إلى الأحمال الثانوية القصوى دون الحد الأقصى وتشير العلاقة أو حاجة القوة العضلية السرعة القصوى فان سرعة تقصير العضلة تحدد بالتطابق مع الأسلوب والطريقة الموضحة في الصورة (شكل12–6) في سرعة الحركة دون القصوى فان سرعة تقصير العضلة تعود إلى السيطرة الإرادية فقط ،أما عدد من وحدات الحركة المطلوبة تكون فاعلة ونشطة فعل سبيل المثال يمكن ان تلتقط القلم فوق المنضدة بسرعة أو ببطء بالاعتماد على الأسلوب المسيطر عليه بتمديد وحدات الحركة في المجاميع العضلية المشتركة واختيرت العلاقة بين القوة

والسرعة لعضلة الإنسان الهيكلية الرقيقة إضافة الى أنسجة العضلة فحتى العضلات الصغيرة مسؤولة عن الارتعاش أو الرفرفة السريعة في أجنحة الحشرات كما إن القوة القصوى للقوة في سرعة الصفر والقيم القصوى ى للسرعة في الحمل الأدنى تتنوع مع الحجم ونوع العضلة على الرغم من ان الأسس السيكولوجية لعلاقة السرعة مع القوة غير مفهومة تماما فان شكل القسم المركزي ينسجم مع معدل إنتاج الطاقة في العضلة .

علاقة السرعة مع القوة للعضلة ذات الحمل فوق الشد الايزومتري الأقصى موضحة في قمة نصف(شكل12-6) في الأحمال الأكثر من الشد الأقصى الايزومتري فان العضلة ستطول طبقا للطريقة الموضحة في الصورة .

في الأحمال الأقل من الشد الأقصى الايزومتري ،فان سرعة إطالة العضلة تعود الى السيطرة الإرادية

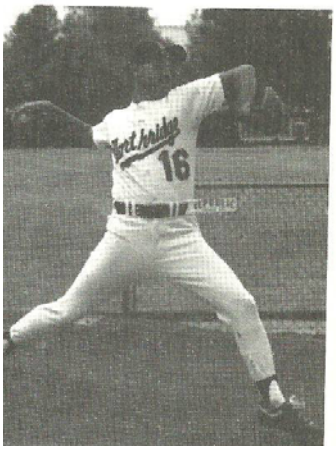
تستلزم تدريب القوة المركز استخدام المقاومة التي هي اكبر من إمكانية الرياضي لتوليد القوة الايزومترية القصوى وحالما يفرض الحمل فالعضلة تبدأ تطول.

وأوضحت البحوث بان هذا النوع من التدريب يمكن ان يكون فعالا في زيادة القوة ولكن ليس أكثر من تقنيات التدريب المركز او التدريب الايزومتري كذلك ان التدريب الايزومتري مقرون بزيادة الم العضلة.

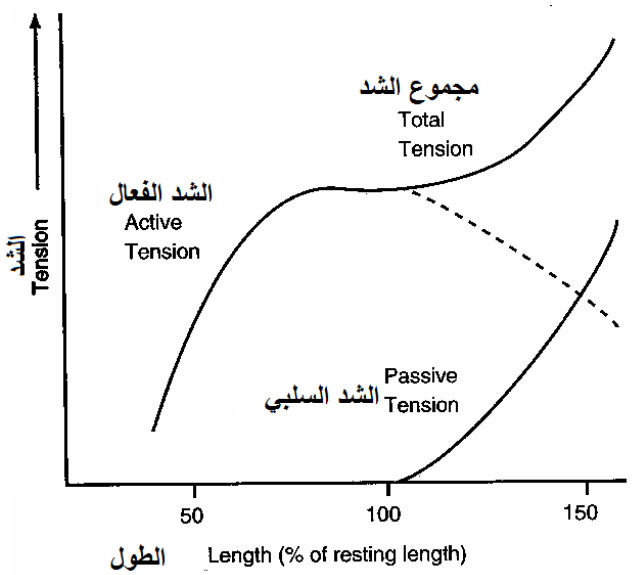
العلاقة بين الطول والقوة Force-length Relationship

مقدار القوة الايزومترية القصوى للعضلة قادرة على الإنتاج جزئيا بالاعتماد على طول العضلة في ألياف العضلة المفردة وتحضيرات العضلة المنعزلة فتولد القوة يكون في ذروتها وعندما تكون العضلة في طول الراحة الطبيعي لا ممدودة ولا منقبضة وعندما يزداد طول العضلة أو يقل دون طول الراحة فالقوة القصوى للعضلة ستنخفض ثم بعد ذلك تشكيل المنحني ألناقوسي الشكل في داخل جسم

الإنسان فان قابلية توليد القوة ستزداد عندما تتمدد العضلة قليا تنتج العضلات الليفية المتوازية امتدادات قصوى فوق طول الراحة فقط إما العضلات ذات الليف المستعرض فتنتج امتدادات قصوى فوق طول الراحة فقط اما العضلات ذات الليف المستعرض فتنتج امتدادات فيما بين 120% و130% من طول الراحة هذه الظواهر هي نتيجة لمساهمة الأجزاء المرنة من العضلة بشكل أساسي (SEC) والتي تضيف إلى الشد الموجود في العضلة عندما تكون العضلة ممدودة . (شكل 13–6) يوضح طريقة زيادة الشد الأقصى بينما طول العضلة يؤدي وظيفته بالمساهمة الفعالة للجزء الانقباضي والمساهمة المؤثرة ل (SEC) ولـ (PEC) المشار إليها.



لاعب البيسبول يبدأ بمد قوي لثني الكتف قبل رمي الكرة بعكس المد حينها مساهمة تنامي الشد القوي في هذه العضلات.



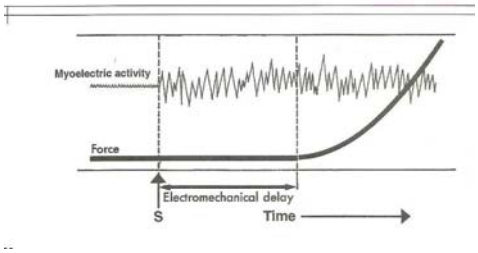
(شكل 13–6) الشد الكلي الموجود في العضلة المشدودة هو كمية الشد الفعال والمجهز بواسطة ألياف العضلات والشد المؤثر عليه المجهز بواسطة أربطة وأغشية العضلات.

عندما تمتد العضلة بصورة فعالة فان عنصر المرونة المتسلسلة (SEC) سينتج تأثير مرونة مطاطي ويعكس المد في نفس الوقت بوادر نمو الشد في العضلة ولهذا فالمد في نفس الوقت بوادر نمو الشد في العضلة لهذا فالمد يعزز القوة اللاصقة لتقصير العضلة إن أسلوب الانقباض الغير مركزي (المتبوع بشكل سريع بالانقباض المركزي يعرف بدورة تقصير المد .تساهم هذه الظاهرة في الزيادة الفعالة للقوة العضلية المركزة في العديد من الفعاليات الرياضية كرة القدم والبيسبول يبداون بشكل نموذجي بمد قوي لثانيات الكتف والمادات العمودية حالا قبل رمي الكرة يظهر نفس النشاط في المجاميع العضلية للجذع والأكتاف في ذروة المرجحة الخلفية لضرب الكولف ومضرب البيسبول. دورة تقصير المد تعزز طاقة المرونة التي تستخدم خلال الركض وبشكل خاص عند تناوب الشد المركز واللامركزي الموجود.

البحث يوضح بان وضع جدار البداية في زاوية 30 أو 50 درجة بالمقارنة في زاوية 70 درجة إلى المضمار كذلك يزيد سرعة البداية خلال العدو.

علاقة القوة بالزمن Force–time Relationship

عندما تحفز العضلة فبعد انتهاء فترة قليلة من الوقت تبدأ العضلة بزيادة الشد (شكل14–6) إشارة إلى التأخير الميكانيكي الكهربائي (EMD) فهذه الفترة من الوقت يعتقد ان هناك حاجة لها نتيجة للعنصر الانقباضي للعضلة لمد عنصر المرونة المتسلسل وبمرور الوقت فان رخاوة العضلة تكون مفقودة ومرة يكون عنصر المرونة المتسلسل غير كافي ومن ثم زيادة مردودات الشد ومنافعه طول التأخير الميكانيكي الكهربائي (EMD) بتنوع بشكل لافت للنظر بين عضلات البشر بقيم من 2– الى 100 MSE اكتشف الباحثون تتولد في العضلات بنسبة عالية في الألياف السريعة بالمقارنة مع العضلات ذات النسبة العالية للألياف البطيئة. ترتبط قوة الانقباض الأعلى مع التأخير الكهروميكانيكي الأقصر. العوامل مثل طول العضلة ونوع الانقباض وسرعته والتعب لا تظهر أي تأثير على التأخير الكهروميكانيكي الوقت المطلوب للعضلة لزيادة الشد الايزومتري ربما يكون ثانية كاملة تتبع EMD . أوقات زيادة القوة الأقصر مرتبطة بالنسبة العالية للألياف السريعة في العضلة وحالة التدريب .



(شكل 14–6)الوقت الموجز 20–100 م/ثا الذي يقطع بين تحفيز العضلة وبدء زيادة الشد يعرف بالتأخير الميكانيكي الكهربائي ؟

القوة العضلية . الطاقة . التحميل

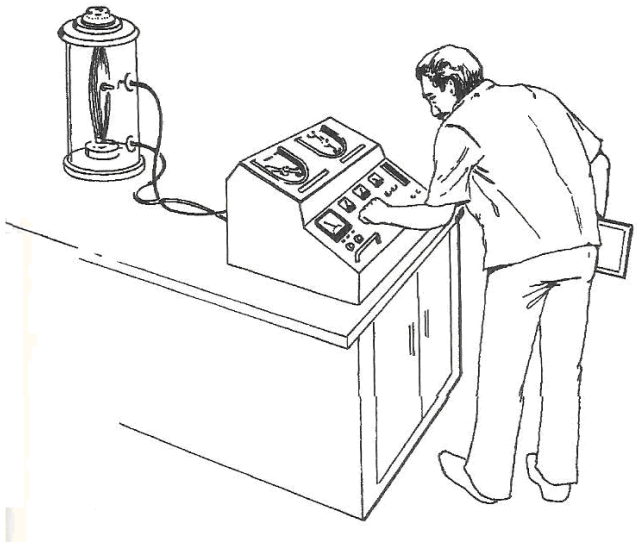
MUSCULAR STRENGTH ,POWER,AND ENDURANCE

عن تقييم العملية للوظيفة العضلية فان خصائص توليد القوة تناقش من خلال أفكار القوة العضلية الطاقة والتحمل هذه الخصائص هي لها دلائل هامة للنجاح في صيغ مختلفة للنشاط البدني العنيف مثل تقسيم الأخشاب رمي الرمح أو محاولة تسلق الجبال بين الموطنين الكبار الإفراد الذين لديهم إصابات واضطرابات الجهاز العصبي العضلي فالمحافظة على القوة العضلية الكافية والتحمل ضرورية لتنفيذ النشاطات اليومية ولتجنب الإصابات.

القوة العضلية Muscular Strength

عند دراسة عضلة حيوان والقيام بتحفيزها كهربائيا في المختبر فبإمكانهم أن يقيس بصورة مباشرة القوة المتولدة بواسطة العضلة (شكل 15-6) فبشكل كبير من العمل التجريبي لهذا النوع فان فهمنا للعلاقة بين السرعة والقوة والطول وقوة النسيج العضلي تكون مستنتجة

- ✓ دائرة تقصير المد: انقباض غير مركزي يتبع فورا بانقباض مركز.
- ✓ التأخير الميكانيكي الكهربائي :الفترة بين وصول المحفز العصبي وزيادة الشد بواسطة العضلة.

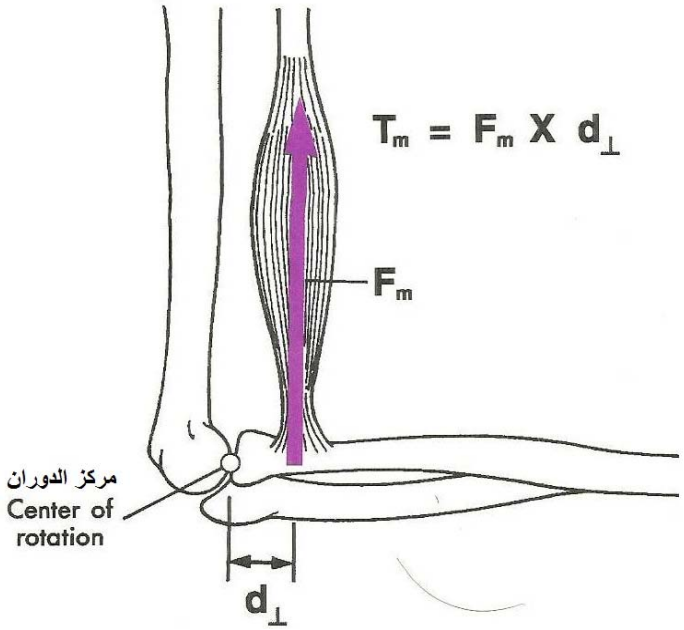


(شكل 15–6) فهم العلاقات بين القوة والسرعة القوة والطول لنسيج العضلة مشتقة ومستنتجة من تجارب مختبريه لنسيج العضلة المستأصل ومن البحث الذي يشارك فيه الحيوان والإنسان السليم .

العلماء يتعاملون مع العضلة المفصولة وما يتعلق بقوة العضلة كقوة قصوى قادرة على الإنتاج وعلى أية حال ففي جسم الإنسان فليس بالإمكان ان نقيم بشكل مباشر القوة الناتجة بواسطة العضلة التقييم الأكثر المباشر للقوة العضلية المجري بشكل شائع هو قياس عزم الدوران الأقصى الناتج المجموعة العضلية بشكل كامل في المفصل القوة العضلية ربما تكون مهمة كوظيفة لإمكانية توليد القوة الكلي للمجموعة العضلية لتوليد عزم الدوران في مفصل معين .

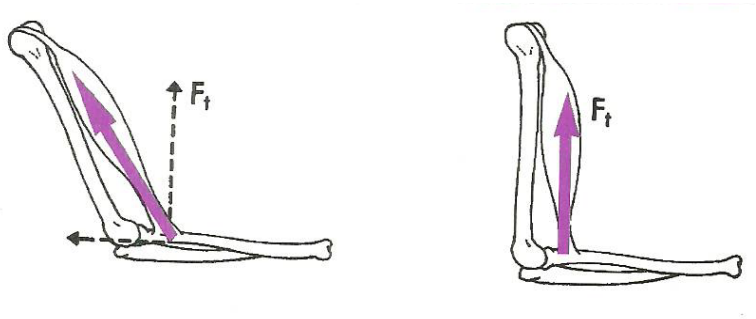
عزم الدوران هو عبارة عن ناتج القوة والمسافة العمودية التي تؤثر القوة عندها من محور الدوران لان القوة كمية متجهه فيمكن ان تتحلل الى عنصرين متعامدين واستنادا الى عزم الدوران يتولد بواسطة عضلة واحدة هو ناتج عنصر القوة العضلية العمودي عل العظم والمسافة من تماس العضلة الى مركز الدوران في المفصل شكل 16–6 فقط جزء القوة العضلية العمودي بشكل مباشر على

العظم لـه تـأثير فـي جعل العظم والمسافة من تماس العضلة العمودي بشكل مباشر على العظم يكون لـه تـأثير فـي جعل العظم يدور حول المفصل عندما تسحب العظم بزاوية 90 درجة الى العظم فان نسبية 100% من القوة سيتحرك أو يميل إلى تحريك العظم.



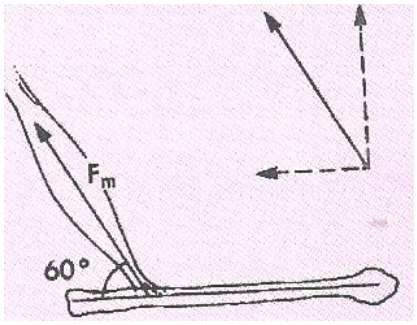
(شكل 16–6) القوة العضلية عموما على إنها كمية عزم الدوران الذي يمكن ان تولده المجموعة العضلية في المفصل

وبينما تتغير زاوية المفصل وزاوية السحب تصبح اكبر من أو اصغر من 90 درجة بشكل متزايد اقل من القوة التي تسحب بشكل متعامد على العظم والجزء الأكبر من القوة متجهه بشكل متوازي الى العظم (شكل 17–6).



(شكل 17–6)جزء القوة العضلية الذي ينتج عزم الدوران في المفصل العابر موجه بصورة عمودية الى العظم الماس

شكل 18–6 ماكمية عزم الدوران الناتج في مفصل المرفق بواسطة العضلة ذات الرأسين المدرجة بزاوية 90 عندما يكون الشد في العظم بقوة 400 نيوتن .
افترض إن تماس العضلة الى نصف القطر هو 3سم من مركز الدوران في مفصل المرفق .



المعلوم
القوة 400 نيوتن
الزاوية =60 درجة
المسافة 0,03متر
مخطط الحل المطلوب فقط جزء القوة العضلية العمودي على العظم يولد عزم الدوران في المفصل من المخطط العمودي لقوة العضلة هو
(400نيوتن)× (جا60) = 346,4نيوتن
(346.4 نيوتن)×(0,03 م)=10,4 نيوتن/ م

وبناء على ذلك فان القوة العضلية مشتقة من الكمية القصوى للشد التي يمكن أن يولدها نسيج العضلة ومن مقدار عزم الدوران للمفصل الناتج عن طريق مراكز

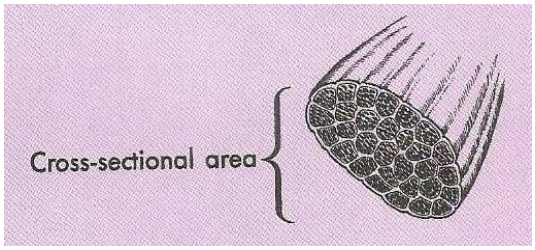
العضلات المساهمة بالتعاقب مع مركز المفصل كلا المصدرين يتأثر بعدة عوامل. قابلية الشد المتولد من العضلة يتعلق بالمساحة الجزئية المارة وحالة تدريبها. قابلية توليد القوة لكل مساحة جزئية عابرة هي تقريبا 90 نيوتن /سم2 وكما هو موضح من عينة المشكلة المعروضة(شكل 16-6) في كلا التدريبين للقوة المركزية واللامركزية تكتسب القوة بعد على الأقل 12 أسبوع تظهر بأنها مرتبطة بالعوامل مثل العضلة المدربة أكثر من الزيادة في المساحة المقطعية العابرة هذه الإمكانية تزداد قوة أضافية بواسطة اكتشاف التدريب القوي الذي يولد قوة في الساق المدربة.

شكل 19-6 ما كمية الشد الذي ممكن ان يزداد بالمساحات المقطعية العابرة التالية

4سم2

10سم2

12سم2



الحل

المطلوب قابلية الشد والزيادة فيها

إمكانية توليد شد نسيج العضلة هو 90 نيوتن /سم2 .

القوة الناتجة بواسطة العضلة هي ناتج 90 نيوتن /سم2 .

المساحة المقطعية العابرة .

القوة =(90 نيوتن /سم2)(4سم2) =360 نيوتن

القوة = (90 نيوتن /سم2) (10سم2)= 900 نيوتن

القوة = (90 نيوتن /سم2) (12سم2)= 1080 نيوتن

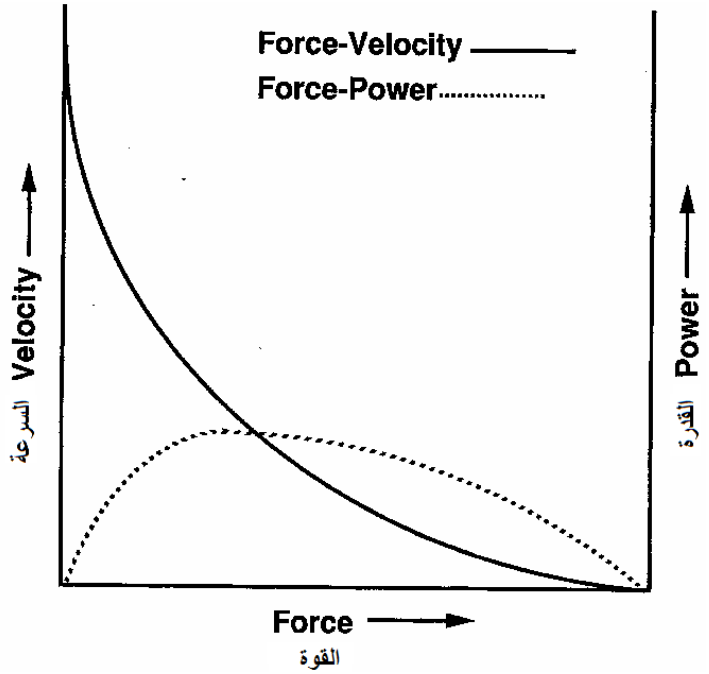
فرضية إن العضلة مركبة أساسا من وحدات حركية سريعة قادرة على إنتاج اكبر قوة لكل مساحة مقطعية مار اكبر من العضلات المكونة بشكل كبير من وحدات الحركة البطيئة اتضح بأنها فرضية خاطئة.

كمية عزم الدوران المتولد بواسطة عضلة معينة في أي مفصل تعتمد على مقدار الشد في العضلة زاوية اتصال العضلة بالعظم والمسافة بين تماس العضلة بالعظم ومحور الدوران في مركز المفصل الكمية الأكبر لعزم الدوران تنتج عن طريق الشد الأقصى في العضلة التي تميل بزاوية 90 درجة عن العظم بقدر البعد من مركز المفصل قدر الإمكان .

القدرة العضلية Muscular Power

الطاقة الميكانيكية هي حاصل القوة والسرعة وبالنتيجة فان القدرة العضلية هي حاصل القوة العضلية والسرعة حيث يمكن اعتبارها مزيج من القوة والسرعة الا أن نسبة القوة العضلية تفوق نسب الصفات البد نية الأخرى حيث تقصر العضلة فتظهر الطاقة القصوى تقريبا في ثلث السرعة القصوى وعند ثلث القوة القصوى المركزة شكل20-6 يوضح القوة العضلية الموضوعة مقابل الشد المركزي في العضلة ولان القوة العضلية و سرعة تقصير العضلة لا يمكن ان تقاس بصورة مباشرة في جسم البشر الصحي فيمكن تعريف القوة العضلية بشكل عام على أنها معدل إنتاج عزم الدوران في المفصل أو ناتج محصلة عزم الدوران والسرعة الزاوية في المفصل واستناد الى ان الطاقة العضلية متأثرة بالقوة العضلية وسرعة الحركة فان الطاقة العضلية هي مساهم هام بالنشاطات التي تتطلب كل من القوة والسرعة.

الركض يتطلب قدرة عضلية وخاصة في أوتار الركبة



(شكل 13–6) العلاقات بين الشد المركزي وسرعة التقصير وقدرة العضلة

إن رياضي قذف الثقل الأقوى ليس من الضروري أن يكون هو الأفضل وذلك لان تعجيل الجلة هو العنصر الحاسم في المسابقة ، فالرياضات

التي تتطلب حركات انفجارية كرياضة رفع الإثقال والرمي والقفز والركض تعتمد على إمكانية توليد الطاقة العضلية .

وبما إن الألياف السريعة تعمل عل زيادة الشد بسرعة اكبر من الألياف البطيئة فان النسبة الكبيرة من الألياف السريعة في العضلة هي مصدر قوة لتدريب الإفراد للسباقات التي تعتمد عل القوة العضلية فالإفراد الذين لديهم نسبة عالية من الألياف البطيئة وهؤلاء الذين يمتلكون ألياف سريعة لذلك يمكنهم ان يطوروا طاقتهم القصوى بشكل أسرع في عملية تقصير العضلة.

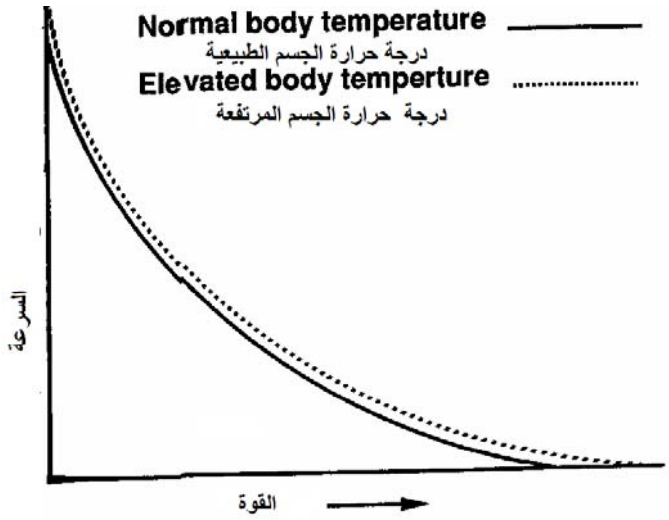
التحمل العضلي Muscular Endurance

التحمل العضلي هو عبارة عن قابلية العضلة على الشد لفترة من الزمن ،حيث ان الشد يجب أن يكون ثابتا ، فعندما يعبر لاعب الجمباز البار الحديدي يجب أن ينوع دورانيا كما يحدث خلال التجديف والركض وسباقات الدراجات فالشد المبذول في أطول وقت هو التحمل الأكبر وعلى الرغم من ان القوة العضلية القصوى والقدرة العضلية القصوى هي أفكار محددة نسبيا فالتحمل العضلي غير مفهوم بشكل جيد بسبب متطلبات السرعة والقوة تؤثر دراماتيكيا على طول الوقت .

التعب العضلي هو نقيض التحمل فالتعب الأكثر سرعة هو الأقل تحمل فالترتيب المعقد للعوامل الفسيولوجية والعصبية يؤثر على المعدل الذي يحدث عنده تعب العضلة فعندما يصل ليف العضلة إلى التعب التام فلا يكون قادرا على زيادة الشد عندما يحفز ويمكن أن يحدث التعب في العصب الحركي ذاته (FG) ألياف تتعب بسرعة اكبر من ألياف (fog) وألياف (SO) هي الأكثر مقاومة للتعب فقد أوضح الباحثون بان نسبة الألياف (ST) البطيئة مرتبطة بشكل مباشر طول الوقت بمستوى 50% من الشد الايزومتري الذي يمكن أن يحتفظ به.

تأثير درجة حرارة العضلة Effect of Muscle Temperature

عندما ترتفع حرارة الجسم حرارة الجسم ستزداد سرع الوظائف العضلية والعصبية وهذا سيؤدي إلى تغيير في منحنى السرعة والقوة مع قيمة عالية من الشد الايزومتري الأقصى والسرعة القصوى للتقصير الممكن في حمل مقصود (شكل21-6) ففي درجة الحرارة المرتفعة فان نشاط وحدات الحركة القليلة يكون مطلوبا بالدعم وإسناد الحمل المعين إن عمليات الايض تعمل على تزويد الأوكسجين وتعيد نقل ناتج الفضلات من العضلة العاملة وان يسرع في درجات حرارة الجسم العالية هذه المنافع تنتج قوة عضلية زائدة طاقة وتحمل تعمل على زيادة التدفئة والإحماء قبل محاولة العمل الرياضي وظيفة العضلة يمكن أن تكون أكثر فعالية في درجة حرارة 38,5 ارتفاع درجة حرارة الجسم فوق هذه النقطة الذي ربما يحدث خلال التمرين الشاق دون الشروط العالية لدرجة الحرارة أو الرطوبة فيمكن ان تكون في هذه الحالة خطيرة جدا على الرياضي مسببة في هذه الحالة استهلاك الحرارة أو ضربة الحمى فمنظمي سباقات المسافات الطويلة الذين يشاركون في سباقات الركض والدراجات يجب ان يكون مدركون للصواعق المحتملة التي ترتبط بالمنافسة في مثل هذه الظروف.



(شكل 21–6) عندما ترتفع درجة الحرارة قليلا فمنحني السرعة والقوة سيتبدل وهذه فوائد الإحماء قبل المحاولة الرياضية

سباق الدراجات للمسافات الطويلة يتطلب تحمل عضلي و خاصة في أوتار الركبة

ملخص SAMMURY

العضلة هي مرنة وقابلة للتمدد وتستجيب إلى التحفيز والأكثر أهمية من ذلك هو قابلية النسيج البيولوجية لزيادة الشد الانقباضي العضلي هو المركزي واللامركزي بالاعتماد على تطويل وتقصير العضلة أو محافظة على عدم تغيير الطول.

الوحدة الوظيفية للنظام العضلي العصبي هي الوحدة الحركية المؤلفة من عصب الحركة الواحد وكافة الألياف.

ألياف الوحدة الحركية أما أن تكون ذات ارتعاش بطيء او ارتعاش سريع مقاومة للتعب حيث ان كل من الألياف السريعة أو البطيئة موجود في عضلات الإنسان وعلى الرغم من ان التركيب الليف العضلي يظهر بأنه محدد جنسيا ترتيب الألياف في داخل عضلات الإنسان الهيكلية أما إن يكون متوازي أو مستعرض فترتيب الألياف المستعرض المائل يعزز من إنتاج القوة بينما يساعد الترتيب الليفي المتوازي في تقصير العضلة بشكل كبير هناك علاقات معرفة بشكل جيد بين ناتج قوة العضلة وسرعة تقصير العضلة .فطول العضلة عند التحفيز والوقت منذ بداية المحفز . ونتيجة للمساهمة الإضافية لعناصر مرونة العضلة فان إنتاج القوة سيعزز عندما تكون العضلة ممدودة بوصف انجاز العضلة في مصطلحات القوة العضلية وا لطاقة والتحمل من منظور بايوميكانيكي فان القوة هي قابلية المجموعة العضلية و على توليد عزم الدوران في المفصل اما الطاقة فهي معدل إنتاج عزم الدوران في المفصل والتحمل هو مقاومة التعب.

اختبر معلوماتك

1. اكتب قائمة بثلاث أمثلة للفعاليات المطلوبة للانقباض المركزي وثلاث أمثلة من النشاطات المطلوبة للانقباض الغير المركزي وشخص العضلات المحددة والمجاميع العضلية المشتركة.
2. اكتب خمسة مهارات حركية يمكن عندها أن تقيم النسبة العالية للارتعاش السريع لألياف العضلة واكتب قائمة لخمس مهارات عندها أن تقيم النسبة الغالبة للألياف الارتعاش البطيئة.
3. افترض طريقة لمد الوحدات الحركية في المجموعة العضلية الأكبر أو المجاميع المشاركة في كل الفعاليات التالية :
   - ✓ امشي على درج طائر.
   - ✓ الركض على درج طائر.
   - ✓ رمي الكرة.
   - ✓ سباق دراجات 100كيلومتر.
   - ✓ إدخال خيط بإبرة.

4. حدد ثلاثة عضلات لها ترتيب ليفي متوازي ثم وضح الطرق التي تكون عندها الوظائف العضلية مسنودة بمثل هذا التنظيم.
5. اجب عن أربع مشاكل في تنظيم الليف المستعرض المائل.
6. كيف يتأثر منحني القوة والسرعة بتدريب القوة العضلية ؟
7. اكتب إنشاء العوامل البيوميكانيكية التي تحدد القوة العضلية.
8. اكتب قائمة للفعاليات التي يكون عندها إنتاج القوة العضلية مسنود بواسطة الجزء المرن المتسلسل وانعكاس الشد.

9. يمكن ان تولد العضلة مايقارب 90 نيوتن من القوة لكل سنمتر مربع من المسافة المقطعية المارة في حالة كون المساحة المقطعية المارة بالعضلة ذات الرأسين العضدية وما مقدار القوة التي يمكن ان تبذل ؟ الجواب 900 نيوتن .

10. باستخدام نفس القوة ضمن المساحة المقطعية المارة كما في المسالة 9 ثم ضمن المساحة المقطعية المارة لعضلتك ذات الرأسين العضدية ما مقدار القوة التي يجب ان تنتجها العضلة ؟

11. حدد اتجاه الحركة (المرونة ،المد الخ) في الحوض والركبة والكاحل ومصدر القوة الذي يسبب الحركة في كل مفصل للفعاليات التالية :

- ✓ الجلوس في الكرسي
- ✓ اخذ خطوة عل سلم طائر
- ✓ ضرب الكرة .

12. احسب كمية عزم الدوران المتولد في المفصل عندما تكون العضلة ماسة للعظم في 3سم من مركز المفصل تسلط قوة شد بمقدار 100 نيوتن في زوايا التماس التالية :

1- 30درجة الجواب 1,5 نيوتن /متر
2 - 60 درجة الجواب 2,6 نيوتن /متر
3- 90 درجة الجواب 3 نيوتن / متر
4- 120 درجة الجواب 2,6 نيوتن / متر
5- 150 درجة 1,5 نيوتن / متر

13.اكتب مشكلة كمية لك بمشاركة التالي : شد العضلة ، زاوية تماس العضلة بالعظم ،مسافة التماس من مركز المفصل ،عزم دوران في المفصل ،أعط حلا لمشاكلك.

14.مع الشريك ،استخدم جهاز الجونيومتر لقياس معدل حركة الكاحل في حركات الثني الداخلية والخارجية عندما تكون الركبة ممدودة بشكل كامل ومثنية بارتياح. وضح نتائجك.

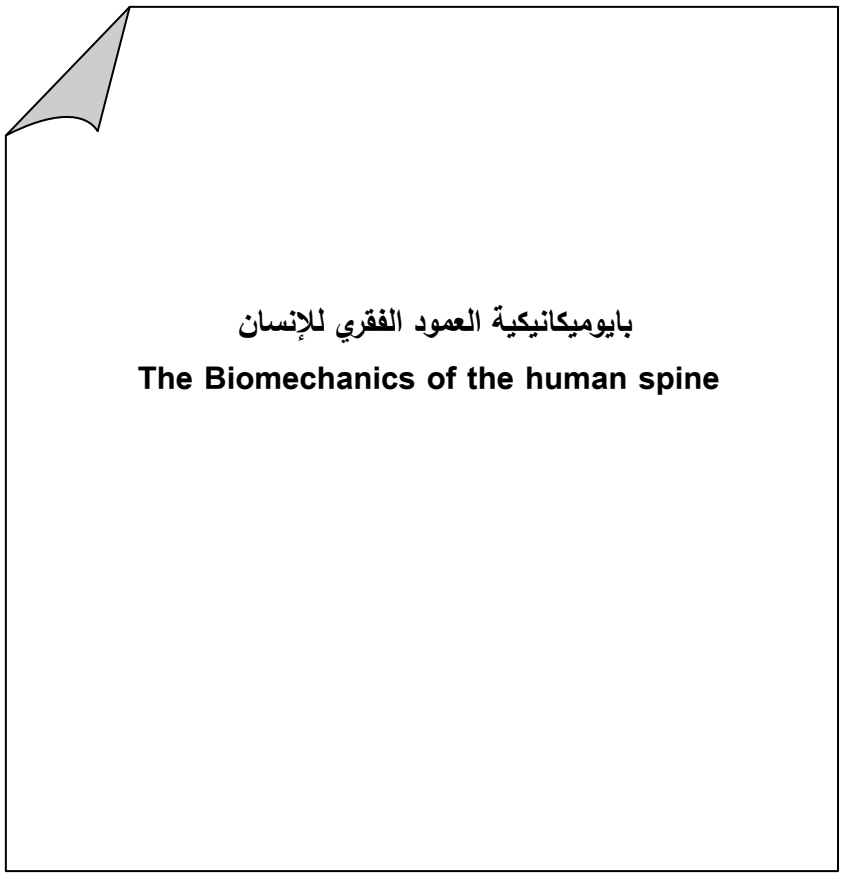
15.استخدم سلاسل من الكرات الحديدية المربوطة بحبل .حدد وزنك الأقصى لتمرين فتل وجه الذراع .عندما يكون مفصل المرفق في زوايا 5 درجة و90درجة و140درجة .وضح استنتاجاتك .

16. باستخدام جهاز التصوير الالكتروني مع أقطاب سطحية موضوعة فوق العضلة العضدية ذات الرأسين ،نفذ تمرين فتل الذراع في أوزان خفيفة وثقيلة .وضح التغيرات الداخلة.

17.باستخدام جهاز الاكترومايكرافي مع أقطاب الكترونية سطحية موضوعة فوق العضلة العضدية ذات الثلاث رؤوس الصدرية الكبرى ونفذ تمرين بنج بريس بعرض قبضة واسع .متوسط .ضيق فوق البار. وضح الاختلافات في مشاركة العضلة .

18.باستخدام جهاز الالكترومايوكرافي مع أقطاب سطحية موضوعة فوق العضلة ذات الرأسين العضدية ،نفذ تمرين فتل وجه الذراع التعب .ماهي تغيرات التعب الدالة في الجهاز ،وضح نتائجك.

الفصل السابع



بايوميكانيكية العمود الفقري للإنسان

The Biomechanics of the human spine

بعد نهاية هذا الفصل سيتعرف القارئ على:

- ✓ تفسير كيفية تأثير التركيب التشريحي على قابليات الحركة للعمود الفقري.
- ✓ ستحدد العوامل التي تؤثر على الحركة النسبية واستقرار المناطق المختلفة في العمود الفقري.
- ✓ ستوضح الطرق التي يكيف بها العمود الفقري لتنفيذ وظائفه الحركية. توضيح العلاقة بين مكان العضلة وطبيعة وتأثير نشاط العضلة في الجذع
- ✓ وصف المساهمات الحركية الإصابات الشائعة للعمود الفقري.

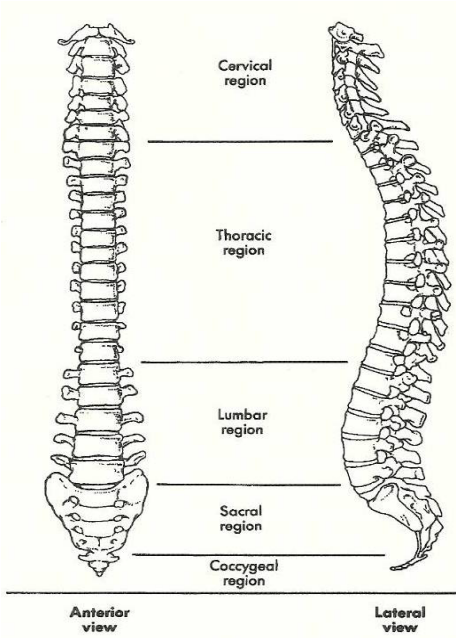
إن العمود الفقري عبارة عن جزء معقد ومهم جدا من الناحية الوظيفية في جسم الإنسان فبوجود الارتباط الميكانيكي بين الطرفين العلوي والسفلي يساعد العمود الفقري على الحركة بجميع المستويات الثلاثة للحركة وكذلك فانه يعمل على حماية الحبل الشوكي.

فبالنسبة للعديد من الباحثين والأطباء فان هذه المنطقة تشكل أهمية خاصة وذلك لان الإصابة بألم أسفل الظهر تعتبر مشكلة طبية اجتماعية واقتصادية وهي مشكلة العصر.

تركيب العمود الفقري Structure of the spine

العمود الفقري Vertebral Column

يتألف العمود الفقري من 33 فقرة مقسمة تركيبيا إلى خمس مناطق شكل (1-7) من الأعلى إلى الأسفل فهناك 9 فقرات عنقية و12 فقرة صدرية و 5 فقرات ظهرية و5 فقرات عجزية وأربعة فقرات عصعصية صغيرة وهناك ربما تكون فقرة إضافية واحدة أو اقل من واحدة وخاصة في المنطقة الظهرية. ونتيجة للاختلافات التركيبية وللأضلاع .فهناك مقادير متنوعة في الحركات المسموح بها بين الفقرة القريبة في المواقع العنقية والصدرية والظهرية في العمود الفقري يوجد في داخل هذه المواقع فقرتين قريبتين وبينهما أنسجة دقيقة تعرف بقسم الحركة motion segment.



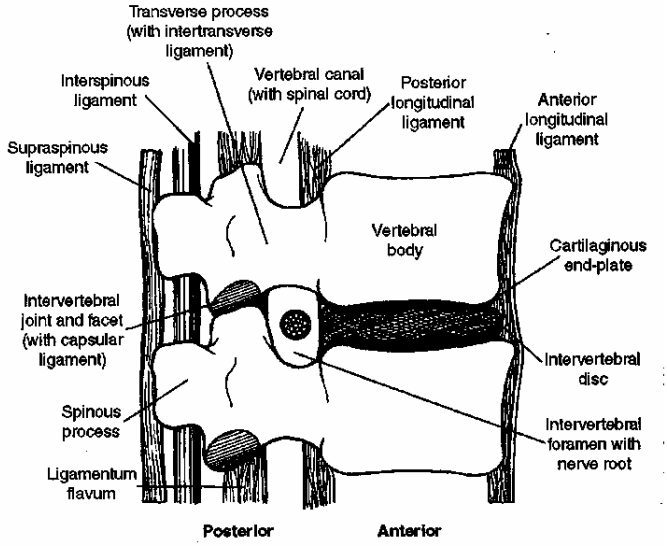
(شكل1-7) التركيب الفقري للعمود الفقري يحدد خمس مناطق منه

قسم الحركة هذا يعتبر مهم ذلك لاعتباره قسم الوحدة الوظيفية في العمود الفقري (شكل 2-7) ويحتوي كل قسم على ثلاثة مفاصل تفصل الأجسام الفقرية بواسطة القرص الفقري مشكلا نوع من الارتفاق المفصلي الداخلي ، أما مفاصل السطوح

الأيسر والأيمن الموجودة بين النتوءات المفصلية العلوية والسفلية فتكون من النوع ألانزلاقي سهل التحرك على استقامة مع الغضروف المفصلي.

تتمثل الوظائف الثلاث الرئيسية للعمود الفقري في :

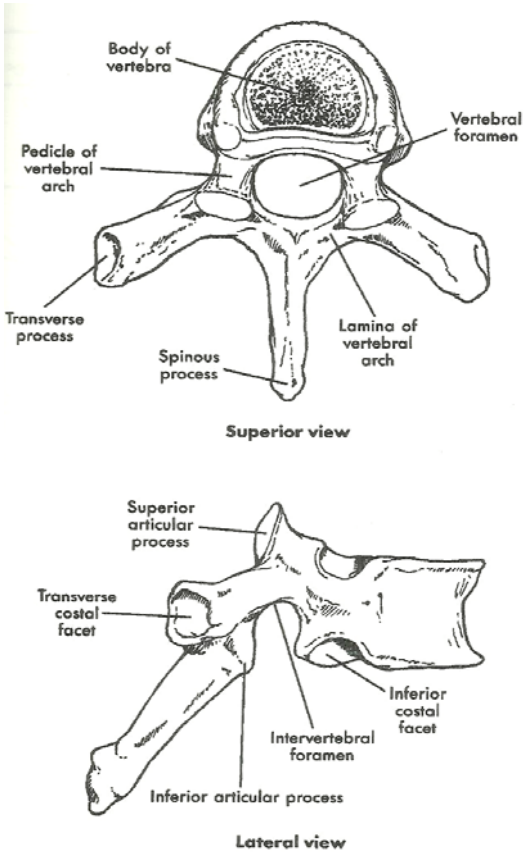
1. حماية الحبل الشوكي والجذور العصبية، والعديد من أعضاء الجسم الداخلية
2. توفير دعم هيكلي وتوازن للحفاظ على الوضعية المستقيمة المنتصبة .
3. السماح بحركة مرنة .



(شكل 2–7) يتألف قسم الحركة من فقرتين متجاورتين والأنسجة الدقيقة المرتبطة وهي الوحدة الوظيفية للعمود

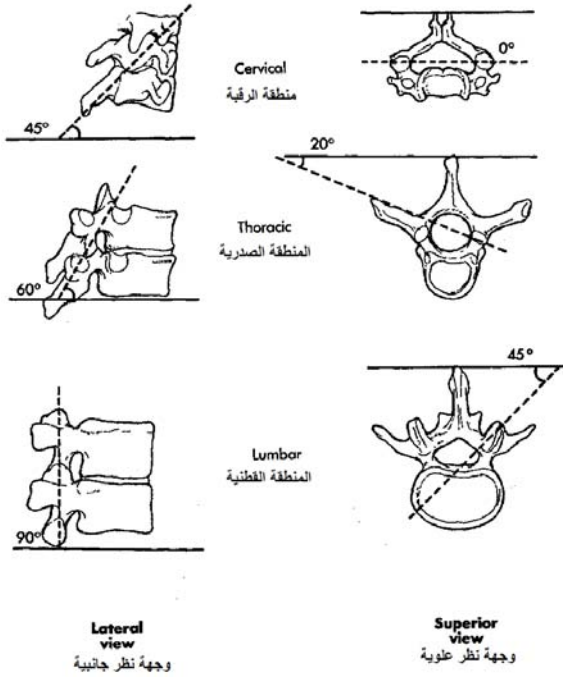
Vertebrae الفقرة

تتكون الفقرة النموذجية من حلقة عظمية مجوفة كمدخل عصبي وعدد من النتوءات العظمية (شكل3–7) تساعد الأجسام الفقرية كأجزاء رئيسية لحمل وزن الجسم في العمود الفقري وتشكل هذه المداخل العصبية والجوانب الخلفية للأجسام إضافة إلى الأقراص الفقرية الداخلية مسارا او ممرا واقيا للحبل الشوكي وأوعية الدم المتصلة يعرف بالقناة الفقرية(vertebral canal)



شكل(3–7) تركيب الفقري كما شوهد في الفقرة الصدرية الوسطى.

تساعد النتوءات المستعرضة والشوكية في تحسين الوظيفة الميكانيكية للعضلات المتماسة وهنالك اتساع في جسم الفقرة من منطقة العنق نزولا الى المنطقة الظهرية (شكل 4-7) وبشكل خاص تكون الفقرات الظهرية اكبر واسمك من فقرات المناطق العلوية من العمود الفقري وهذه تخدم الغرض الوظيفي فعندما يكون الجسم في حالة وقوف يجب أن تسند كل فقرة ليس فقط وزن الأذرع والرأس لا بل تساعد ايضا في اسناد كل منطقة الجذع الموجودة فوقها.

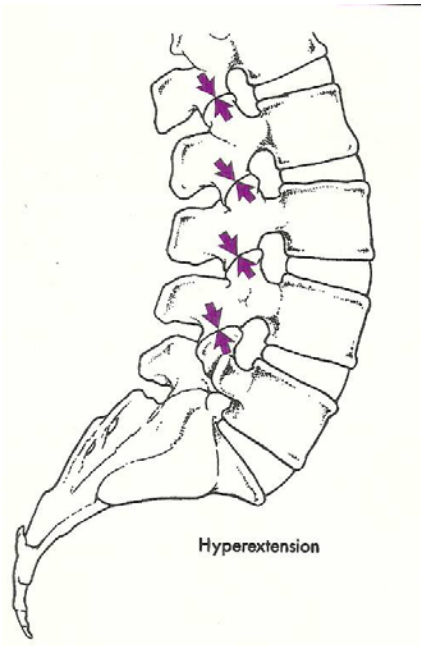


شكل(4-7)
الانحراف التقريبي للمفاصل السطحية.
ا. العمود الفقري العنقي الأسفل للمناطق بدرجة ميل 45 درجة بالمستوى المستعرض موازي للمستوى الأمامي.
ب.العمود الصدري بزاوية ميل 60 درجة إلى المستوى المستعرض و20 درجة للمستوى الأمامي .
ج.العمود الظهري السطوح بزاوية ميل 90 درجة بالمستوى المستعرض و 45 درجة إلى المستوى الأمامي

تقلل الفقرة الظهرية ذات السطح الكبير كمية الضغط المسلطة على هذه الفقرات التي يجب أن تكون فاعلة ، كذلك تزداد مساحة سطح حمل الوزن للقرص الداخلي عن طريق الوزن المحمول في كافة الثدييات ويختلف حجم وزاوية النتوءات الفقرية على امتداد العمود الفقري وهذا التغير في درجة الانحراف

في مفاصل السطح الصغير هو الذي يعمل على تحديد معدل الحركة في مناطق العمود المختلفة.

وإضافة إلى وظيفتها في تسهيل الحركة في قسم الحركة فان مفاصل السطح الصغير تساعد ايضا في حمل الوزن حيث انها مع تعطي حوالي 80% من إمكانية العمود الفقري لمقاومة الالتواء الدوراني والقوة السطحية نصف هذه المساهمة هو من هذه المفاصل كذلك فأنها تساعد في اسناد وحمل ما يقارب 30% من الأحمال الضاغطة على العمود الفقري خاصة عندما يكون العمود الفقري في حالة المد القصوى.



شكل(5-7) ينتج المد الكامل للعمود الفقري ضغطا على سطح المفاصل.

- ✓ انحراف المفاصل السطحية الصغيرة تحدد قابليات الحركة في قسم الحركة.

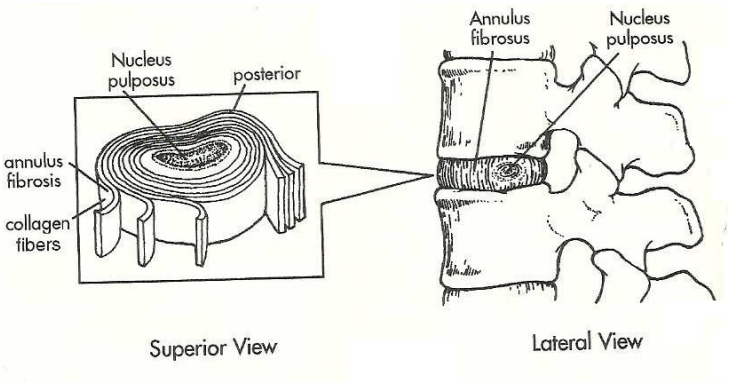
الأقراص الفقرية الداخلية Intervertebral Discs

إن المفاصل الموجودة بين الأجسام الفقرية المتجاوزة هي عبارة عن مفاصل ارتفاقيه متصلة بأقراص غضروفية ليفية متداخلة تعمل عمل الوسائد او البطانات.

تشكل الأقراص الفقرية الداخلية الصحية عند البالغين حوالي ربع ارتفاع العمود الفقري فعندما يكون الجذع مستقيما فان الاختلافات في سمك الأقراص الأمامية والخلفية يولد انحناءات ظهرية وصدرية و عنقية في العمود الفقري ويتألف القرص الداخلي من تركيبين وظيفيين:

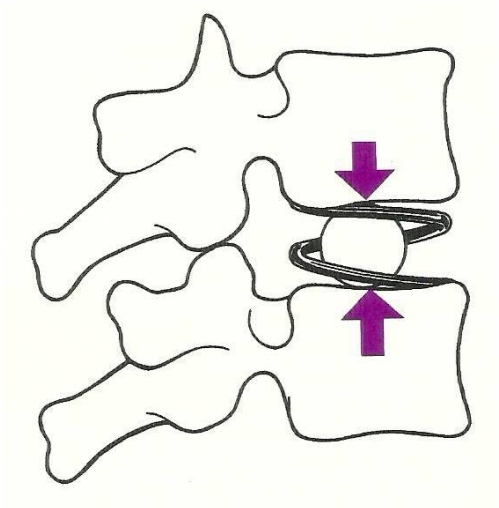
أ. يتألف القرص السميك الخارجي من غضروف ليفي يدعى الليف الحلقي Annulus fibrosis وهو عبارة عن حلقة خارجية سميكة تتكون من غضروف ليفي يحيط بالمادة الجيلاتينية المركزية وتسمى pulpous nucleus أو النواة المركزية (شكل6-7) ويتألف الليف الحلقي annul fibrosis من 90 حزمة مركزة من الكولا جين المربوطة بقوة مع بعضها البعض وتتقاطع الألياف الكولاجينية في الليف الحلقي عموديا بزاوية 30 درجة مع بعضها البعض مشكلة تركيبا أكثر حساسية للشد الدوراني منه إلى الضغط والشد والقوة المستقيمة يشكل الماء في نواة القرص المعافى للشاب ما يقارب 90% اما تبقى سيكون من الكولاجين والبروتيوكلايكنس ومواد خاصة تتفاعل كيميائيا مع الماء .

- ✓ إن تكوين ومحتوى السائل العالي الكامل يجعله مقاوما الى الضغط .



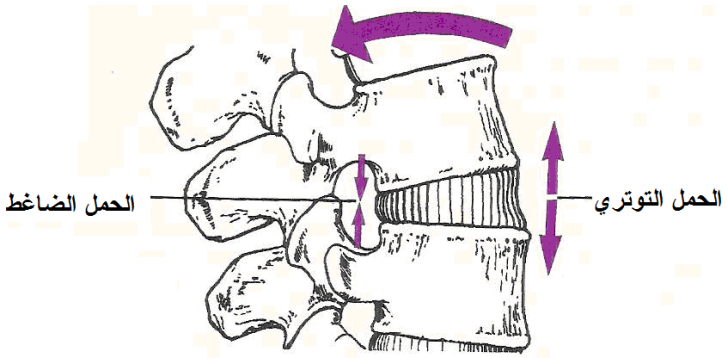
شكل 6-7 في القرص الفقري الداخلي لليف الدائري يتكون من صفائح رقيقة ذات ألياف كولا جينية متقاطعة تحيط بالسائل النووي.

من الناحية الميكانيكية تعمل هذه الأقراص الحلقية annulus عمل نابض ملتف ذو شد تستطيع من خلاله ربط الأجسام الفقرية مجتمعة ضد مقاومة للنواة اللبية nucleus pulpous التي يعمل كحامل للكرة ويتألف من مادة هلامية غير قابلة للضغط (شكل 9-7) تدور الأجسام الفقرية حول النواة خلال حركتي الثني والمد في حين تقوم المفاصل السطحية بتوجيه هذه الحركات وكما موضح في الشكل(8-7)فان حركات الثني الفقري المد والثني الجانبي تؤدي الى توليد شد ضاغط على جانب واحد من الأقراص وشد توتري على الجانب الآخر بينما يعمل الدوران الفقري على توليد الشد السطحي في الأقراص(شكل 9-7).

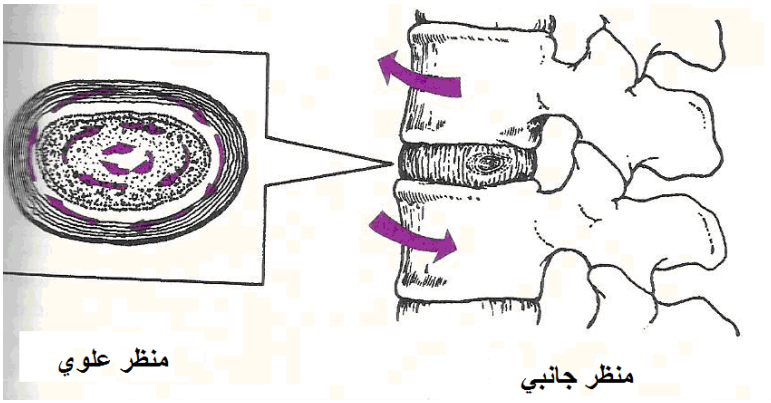


شكل (9-7) من الناحية الحركية تعمل الألياف الخلفية عمل نابض ملفوف يعمل على السيطرة على القسم الفقري بينما يعمل السائل النووي كحامل لكرة يجعل الفقرة تدور أثناء حركات الثني والمد واللف الجانبي.

- ✓ Annulus fibrosis: وهو حلقة غضروفية ليفية تكون القرص الفقري الداخلي والخارجي.
- ✓ nucleus pulpous : مادة هلامية تحتوي على سائل عالي تقع في جانب الليف الدائري للقرص الفقري الداخلي.



شكل (8-7) عندما ينحني الجذع فان الحمل التوتري يتولد على جانب واحد من الأقراص والحمل الضاغط على الجانب الآخر.



شكل 9–7 يولد الدوران الفقري شد سطحي في داخل الأقراص مع قوة سطحية حول القوة الدافعة للقرص.

خلال النشاطات اليومية يكون الضغط هو الشكل الأكثر شيوعا للحمل على العمود الفقري وعندما يكون القرص محملا في الضغط فانه يميل بالتزامن الى فقدان الماء وامتصاص الصوديوم والبوتاسيوم حتى يكون تركيز التحلل الداخلي كافيا للوقاية من فقدان ماء إضافي فعندما يحصل هذا التوازن فان ضغط القرص الداخلي يكون مساويا للضغط الخارجي.

ان الحمل المستمر لعدة ساعات يمكن أن يودي الى حدوث انخفاض خفيف اخر في استسقاء القرص (hydration) ولهذا السبب فان العمود سيصاب بانخفاض في الطول ما يقارب 2 سم في اليوم مع ما يقارب 54 % من الفقدان الذي يظهر خلال الثلاثين دقيقة الأولى بعد النهوض الصباحي.

وحالما يزال الضغط فوق الأقراص فانها ستعيد امتصاص الماء بسرعة وتزداد ارتفاعات وحجوم القرص واختبار علماء الفضاء يشير الى وجود زيادة مؤقتة في ارتفاع العمود الفقري لما يقارب 5سم عندما يكون غير متأثرا بالجاذبية .

تتزود الأقراص الفقرية الداخلية حتى سن 8 سنوات ولكن بعد هذا العمر فان الأقراص يجب أن تعتمد على الوسائل الأساسية الحركية للمحافظة على الحالة الغذائية الصحية.

إن التغيرات الداخلية في وضع ومكان الجسم تعمل على تغير ضغط القرص الداخلي مسببة بذلك (قوة دفع) وتدفق الماء إلى الداخل والخارج يؤدي إلى نقل المواد الغذائية وتدفق منتوجات بقايا الايض إلى الخارج وبشكل أساسي تحقق نفس الوظيفة التي يغطي من خلالها الجهاز الدوري التراكيب الوعائية في داخل الجسم والمحافظة على وضع جسم مستقر ومريح تماما لفترة من الزمن يقلل من نشاط الدفع ويمكن أن يؤثر بشكل سلبي على وضعية الأقراص وصحتها.

مثلما تؤثر الإصابة فان التقدم بالعمر تقلل من امتصاص الماء في الأقراص مع انخفاض مصاحب في إمكانية امتصاص الصدمة. إن محتوى السائل في الأقراص عند الإصابة يبدأ بالانخفاض في العقد الثاني من العمر ويحتوي القرص الشائع في الشيخوخة على سائل يقل بما يقارب 35% وبينما يظهر هذا التغيير الانحلالي فان الحركات غير الاعتيادية ستحدث بين الأجسام الفقرية القريبة وان مزيدا من الأحمال والضغط والتوتر والقوة السطحية على العمود الفقري يجب أن يتولى القيام بها بقية التراكيب الأخرى وبشكل خاص سطوح وأغشية المفاصل وتتضمن النتائج انخفاض طول العمود الفقري مصحوبا في غالب الأحيان بالتغيرات الانحلالية في تراكيب العمود ويمكن أن تظهر تغييرات وضعية ويمكن أن ينخفض الانحناء الاقعس الطبيعي في منطقة الفقرات الظهرية عند محاولة الفرد إزالة الضغط على المفاصل عن طريق الاستمرار بوضع الثني في العمود الفقري إضافة الى ذلك إن الإدمان على التدخين والتعرض الى الاهتزاز يمكن أن تأثر سلبيا على تغذية القرص الفقري بينما يمكن للتمارين النظامية أن تعمل على تحسينها وتطويرها .

الأربطة Ligaments

الأربطـة هـي أنسـجة خاصـة تتكـون مـن نسـب معينـة مـن أليـاف الاسـتيكية(مرنة) وأليـاف كـولجن وهـذه الأربطـة غنيـة بالأعصـاب وفقيـرة مـن الأوعية الدموية.

وتوصل الأربطة بين عظمين أو أكثر وتساعد أيضاً على تثبيت المفاصل. أما الأوتار فتربط العضلات بالعظام. وهي تتنوع في حجمها وتتميز بنوع ما من المرونة.

ويـوفر نظـام الأربطـة فـي العمـود الفقـري، بالإضـافة إلـى الأوتـار والعضـلات، نوعاً طبيعياً مـن التدعيم يساعد علـى حمايـة العمود الفقري من الإصابة وتحافظ الأربطة على ثبات المفصل خلال السكون والحركة، علاوة على ذلك تساعد الأربطة على منع الإصابة جراء حركات التمدد والانثناء المفرط.

وهنالك العديد من الأربطة التي تعمل على إسناد العمود الفقري مساهمة في استقرار أقسام الحركة (شكل10–7) فالرباط الطولي الأمامي القوي والرباط الطولي الخلفي الضعيف يعملان على ربط الأجسام الفقرية في مناطق العنق والصدر والظهر.أما الرباط الفقري العلوي supraspinatus فيتصل بالنتوءات الشوكية spinons على امتداد العمود الفقري يتوسع هذا الرباط بشكل واضح في المنطقة العنقية في المكان الذي يشار اليه رباط العنق (شكل 11–7).

تمتلك الفقرة المجاورة عدة اتصالات إضافية بين النتوءات الشوكية والنتوءات المستعرضة والصفيحة الرقيقة مسنودة على التوالي عن طريق الاربطة الشوكية الداخلية والأربطة المستعرضة الداخلية ومجموعة اربطة(flare).

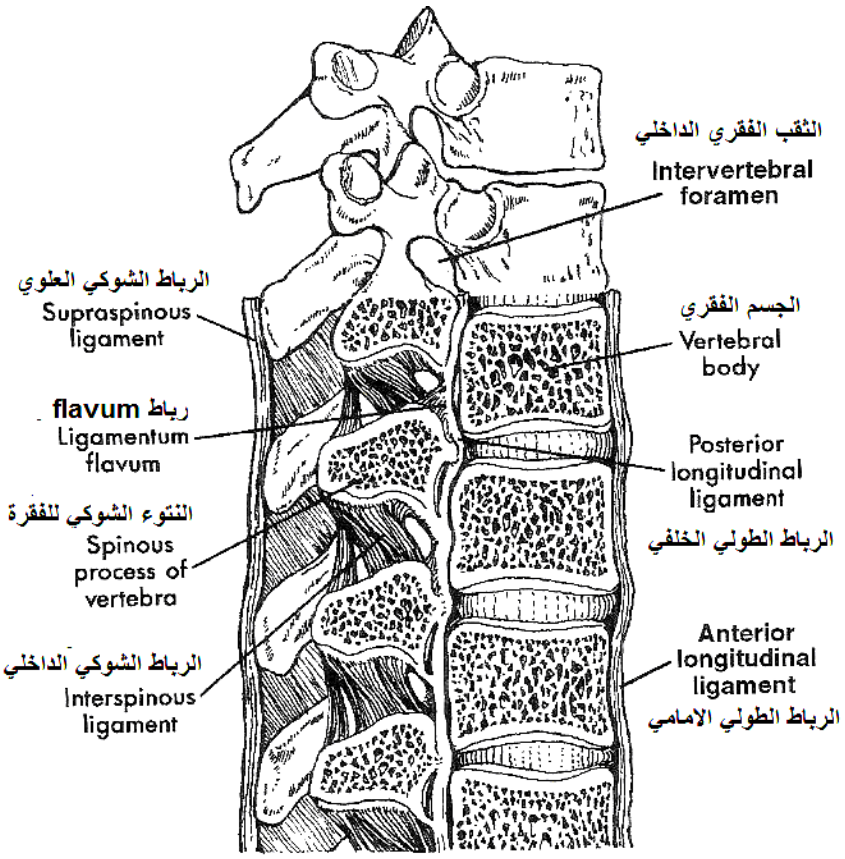
هناك رباط كبير آخر وهو الرباط الأصغر ligamentam flavum يعمل على ربط الصفيحة الرقيقة للفقرة القريبة المجاورة على الرغم من إن اغلب الأربطة الفقرية تتكون وبشكل أساسي من ألياف الكولاجين .

الرباط الأصغر يتكون من نسبة عالية من الألياف المطاطية والتي تطول عندما تكون مشدودة خلال الثني الفقري وتقصر عند حدوث المد الفقري وان الرباط الأصغر ligamentum flavum في حالة شد حتى عندما يكون العمود الفقري في الوضع التشريحي معززا بذلك ثبات العمود الفقري إذ يعمل هذا الشد على توليد شدا ثابتا وخفيف في الأقراص الفقرية الداخلية يشار اليه "بالضغط المسبق" prestress.

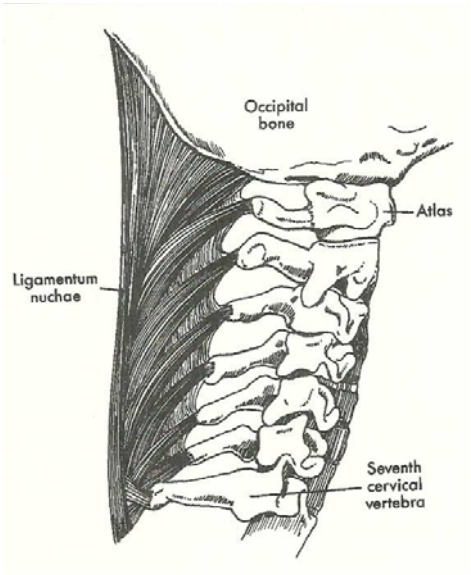
الانحناءات الفقرية Spinal Curves

كما يشاهد بالمستوى المائل فان العمود الفقري يحتوي على أربعة انحناءات طبيعية،الانحناءات الصدرية والقطنية وتكون هذه بشكل مقعر أماما وموجودة ولأديا ويشار إليها بالانحناءات الفقرية الاولية(primary spinal carves)

- ligamentum flavum:وهو رباط اصفر يربط الصفيحة الرقيقة للفقرة والتي تتميز بمطاطيتها.
- prestress : وهو عبارة عن ضغط على العمود ويتولد عن طريق الشد بواسطة بقية الأربطة.
- الجزء المكبر من الرباط الفقري العلوي suprspinous في العنق هو رباط العنق.



شكل(10–7) الأربطة الكبيرة في العمود الرباط المستعرض هو رباط غير مرئي في هذا القسم الوسطي داخل العمود



شكل(11–7) الرباط الشوكي العلوي supraspinous من المنطقة العنقية.

أما الانحناءات العنقية والظهرية تكون مقعرة إلى تزيد وتزداد من دعم الجسم في وضع الاستقامة بعد بدء الطفل اليافع بالجلوس والوقوف وبما إن هذه الانحناءات غير موجودة عند الولادة لذلك يطلق عليها بالانحناءات الفقرية الثانوية وبالرغم من التغير القليل في الانحناءات العنقية والصدرية خلال سنوات النمو فان منحنى العمود الظهري يزداد بما يقارب 10% في المرحلة المحصورة 7 – 17 سنة.

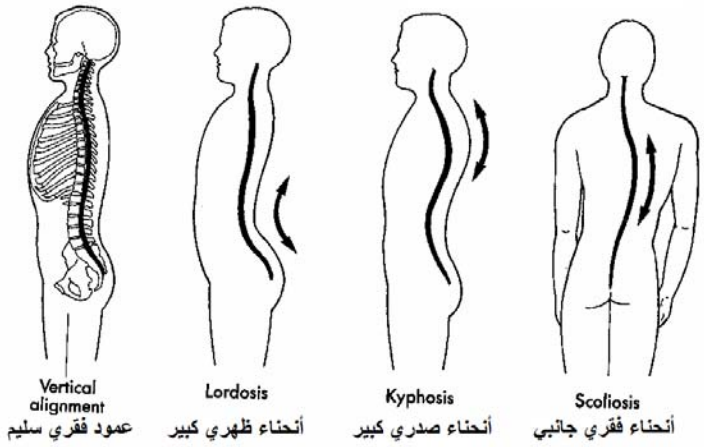
يتأثر وضع المنحنى الفقري بعوامل الوراثة والحالة المرضية والحالة الذهنية للفرد والقوى التي يكون عندها العمود فعالا بشكل طبيعي ومن الناحية الميكانيكية تساعد هذه الانحناءات العمود الفقري على امتصاص الصدمة دون التعرض للإصابة بشكل اكبر منه عندما يكون مستقيما وكما وضحنا في نقاش الفصل الرابع فان العظام تاخذ اشكالا من خلال الاستجابة الى مقادير

واتجاهات القوى المؤثرة عليها وبنفس الطريقة، فان الانحناءات الأربعة يمكن أن تصبح معوجة ومنحرفة عندما يكون العمود خاضعا لقوى غير اعتيادية.

إن المبالغة في الانحناء الظهري(التقعس lordosis) غالبا ماتقترن وترتبط بالعضلات البطيئة الضعيفة بالانحناء الحوضي الأمامي (شكل12-7)، ومن جملة الاسباب التي تسبب هذه الحالة وجود التشوه الفقري وضعف العضلات البطنية إضافة الى زيادة التمرين في رياضات تتطلب المد الظهري الأقصى والمتكرر مثل رياضة الجمباز والتزلج ورمي الرمح وسباحة الفراشة.

إن أعراض (التقعس)القوي تختلف مع شدة الحالة ونتيجة للاصابة بمثل هذه الحالة فانها تعمل على إحداث شدا ضاغطا بحدوث الإصابة على الأجزاء الخلفية للعمود الفقري، والألم أسفل الظهر هو العارض الشائع.

يصاحب حالة التقعس lordosis ميل حوضي أمامي يجعل العديد من الرياضيين المراهقين أكثر ميلا للإصابة بالألم أسفل الظهر.



شكل(12-7) الانحناءات الفقرية الغير طبيعية للعمود الفقري

- ✓ الانحناءات الفقرية الابتدائية والانحناءات الفقرية الثانوية والظهرية والعنقية التي تزداد حتى يبدأ وزن الجسم بان يكون مسنودا في حالة الوقوف والجلوس.
- ✓ Lordosis الحدب: انحناء كبير في المنطقة الظهرية للعمود الفقري.

هناك انحناء فقري غير طبيعي آخر وهو(التحدب kyphosis) الانحناء الصدري الزائد (شكل12-7) وهو عبارة عن اضطراب فقري مالوف عند المراهقين فحوالي 25% من المراهقين يواجه صعوبات من جراء الإصابة بهذه الحالة وغالبا ما تسبب مرض تقوس الظهر scheuermann والذي تكون فيه الفقرة بشكل إسفين واحد أو أكثر من إسفين سميت هذه الحالة ب(حدبة السباح) وغالبا ما تشاهد عند المراهقين الذين يمارسون وبشكل كبير سباحة الفراشة وتزداد هذه الحالة عند النساء كبيرات السن المصابات بمرض تخلخل العظام osteoporosis انخفاض كثافة العظم وقوته كما نوقش في الفصل الرابع ويوجد أحيانا اضطرابات في نمو النسيج لمرضى scheuermann في الفقرة الظهرية تعالج هذه الحالة باستخدام الربط (bracing).

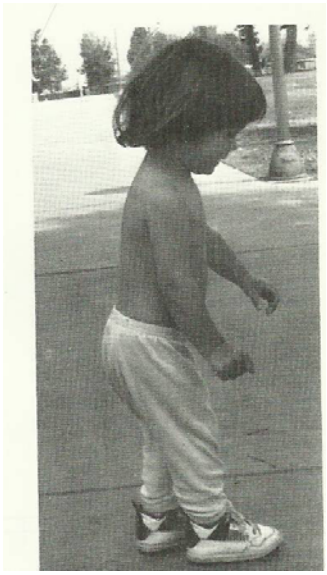
يشار الى الانحرافات أو الانحرافات في المنحني الفقري بمصطلح scoliosis(انحناء ظهري الى الجانب) (شكل 12-7) والذي يعني الانحراف الفقري الجانبي ويتصاحب التشوه الجانبي للفقرة المشتركة،مع درجة الإصابة من المعتدلة الى الشديدة ويمكن ان تظهر حالة الاصابة scoliosis أما بالمنحني C أو المنحني S بمشاركة الفقرات الصدرية والظهرية أو كلاهما.

يوجد نوع من التباين بين حالات التحدب التركيبي وغير التركيبي ،حيث يصاحب التحدب التركيبي تقوسا متصلبا يتواصل حدوثه حتى مع وجود ثبات في العمود الفقري أما الانحناءات التحدبية غير التركيبية فتكون مرنة وصحيحة في حالة حدوث الثبات الجانبي للعمود الفقري.

تنتج هذه الحالة المرضية الحنف الجانبي scoliosis من أسباب متعددة ومنها العاهات الخلقية وأنواع من أمراض السرطان يمكن أن تساهم في زيادة التحدب التركيبي.

ويمكن ظهور حالة الحدب غير التركيبي نتيجة قصر طول الرجل أو الالتهاب الداخلي وإن الانحرافات الجانبية الصغيرة في العمود الفقري شائعة نسبيا وربما يكون سببها بسيط كحمل الكتب أو كيس ثقيل على جانب من الجسم كل يوم بين مايقارن من 90% الى 90% من المجموع المصابين بهذه الحالة مصطلح علة مجهولة idiopathic والذي يعني بان السبب غير معلوم حالة الانحناء الجانبي الغير معلوم والأكثر شيوعا مشخصة بين الأعمار 10 و13 سنة ويمكن أن تشاهد في أي عمر وهي الحالة الأكثر شيوعا بين الإناث وتختلف الأمراض المرتبطة بهذه الحالة مع اختلاف شدة الحالة فالحالات البسيطة ربما تكون ذات أعراض تختلف وقد تصحح بمرور الوقت وكذلك فالحالات المعتدلة الخفيفة يمكن أن تعالج بتمارين التقوية الصحيحة اما الحالات الشديدة للعمود الفقري تكون مؤلمة ومشوهة وتعالج بواسطة الربط أو التداخل الجراحي.

- ✓ Kyphosis الحدب: هو عبارة عن انحناء كبير المنطقة الصدرية من العمود الفقري.
- ✓ Scoliosis هو عبارة عن انحناء فقري جانبي.



لاحظ التسطح النسبي لطفل عمره 3 سنوات الانحناء الظهري لن يصل الى النمو الكامل حتى سن 19 سنة.

- ✓ إمكانيات الحركة في العمود كوحدة هي مثلما يحدث في مفصل الكرة والتجويف، الحركة لثلاثة مستويات إضافة الى التدوير أو الدوران.

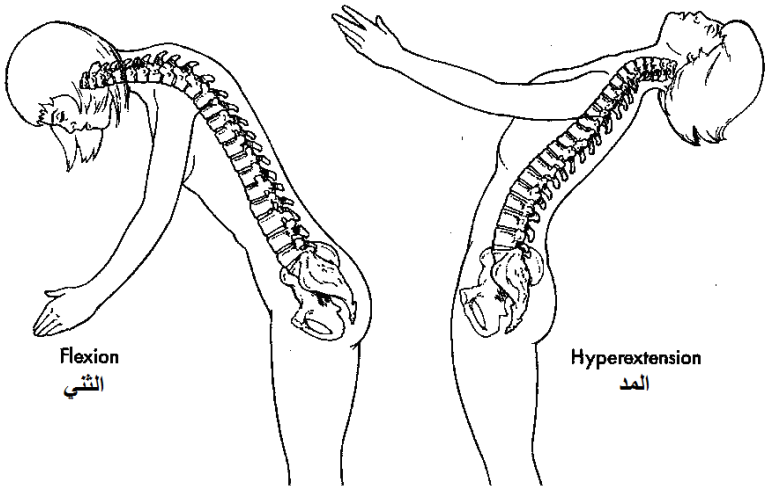
حركات العمود الفقري Movement of the spine

يتيح العمود الفقري كوحدة واحدة الحركة في كل المستويات الثلاثة للحركة إضافة للدوران ونتيجة لان الحركة المسموح بها بين الفقرتين المتجاورتين تكون قليلة فان الحركات الفقرية دائما تستلزم مشاركة عدد من أجزاء الحركة بحيث يكون معدل الحركة المسموحة في كل قسم محكوم بقيود تشريحية وتختلف وتتنوع في المناطق العنقية والصدرية والظهرية من العمود الفقري.

الثني والمد و المد الأقصى

Flexion,Extension,and Hyperextension

يكون معدل حركة الثني والمد في اجزاء الحركة أهمية كبيرة في مناطق العنق والظهر بقيم ممثلة بقدر 19 درجة في المفصل الفقري العنقي 5و 6 و 20 درجة في المفصل الظهري 5 والفقرة العجزية القطنية 1 شكل (13-7) في العمود الفقري الصدري وبكل الأحوال ونتيجة لميل السطوح الصغيرة فان معدل الحركة يزداد بما يقارب 4 درجات في الفقرة الصدرية 1 و2 الى مايقارب 10 درجات في الفقرة 10 الى 12.



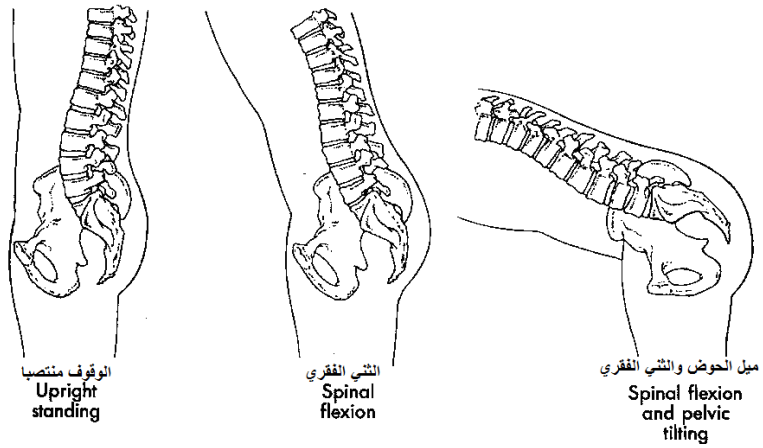
شكل 13-7 من العدم الخلط بين الثني الفقري وثني الورك أو الثني الحوضي الأمامي

بالرغم من إن هذه الحركات الثلاثية تحدث خلال النشاط كمحاولة لمس الأصابع.

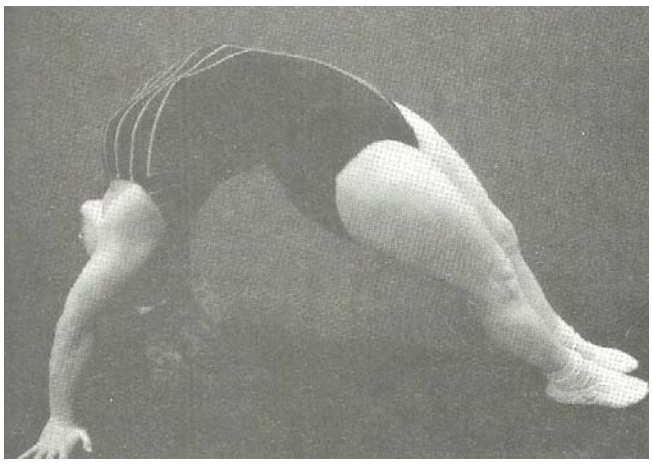
من المهم عدم وجود إرباك في حركات الثني الفقري مع ثني الورك او ثني الحوض الأمامي بالرغم من إن الحركات الثلاث تحدث عند أداء فعالية معينة كفعالية لمس الأصابع.

يحصل ثني الورك من دوران الفخذ بالمستوى المائل المباشر بالتعاقب مع الحزام الحوضي أو بالعكس ويكون الميل الحوضي الأمامي حركة متجهه

إماما من العمود الحرقفي الأمامي بالتعاقب مع الغضروف الحوضي ومثلما ذكر سابقا فان ثني الورك يعزز ويدعم الثني الفقري يصطلح على مد العمود الى الخلف بالوضع التشريحي الخلفي بالمد الأقصى hyperextention (شكل13-7) ويعتبر معدل الحركة القصوى للعمود الفقري مهما في المناطق العنقية والظهرية فالمد الأقصى الظهري مطلوب في تنفيذ العديد من المهارات الرياضية وبضمتها العديد من أنواع السباحة والقفز العالي والزانة والجمباز معلى سبيل المثال عند تنفيذ تمرين المرونة الخلفية لليد فان المنحنى الموجود طبيعيا في المنطقة الظهرية السفلي يمكن ان يزداد عشرون ثنية شكل (14-7) معدل الحركة في الثني والمد يختلف باختلاف طول العمود الفقري.



شكل(14-7) عندما يثني الجذع فان الدرجة 50 إلى الدرجة 60 من الحركة تحدث في العمود الظهري مع حركة إضافية ناتجة من ثني الحوض الأمامي.

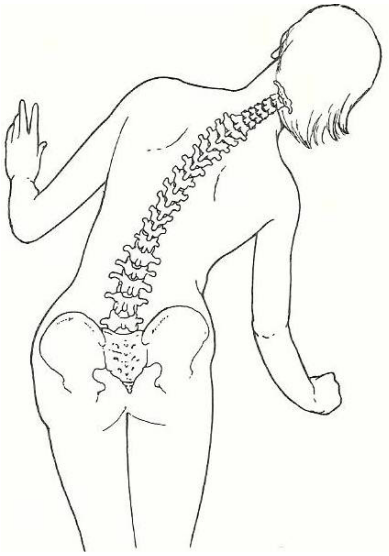


تجتاز الرياضيات الإناث في الجمباز المد الأقصى الظهري الكبير خلال العديد من المهارات الشائعة.

الدوران والثني الجانبي Lateral flexion and Rotation

يصطلح على حركات العمود بالمستوى الأمامي البعيدة عن الوضع التشريحي بالثني الجانبي lateral flexion (شكل 15-7).

يحدث المعدل الأكبر للحركة للثني الجانبي المسموح فيها في المنطقة العنقية للفقرة إل 4و 5 أما معدل الثني الجانبي المسموح به في المنطقة الصدرية فيكون اقل بعض الشيء عندما يكون معدل الحركة بين الفقرات المتجاورة حوالي 6 درجات



(شكل 15-7) يختلف معدل الحركة في الثني الجانبي باختلاف طول العمود الفقري

باستثناء الأقسام السفلية والتي ترتفع عندها قابلية الثني الجانبي الى ما يقارب من(8–9) درجات وكذلك فان حركة الثني الجانبي في العمود الظهري تكون بمستوى6 درجات عدا الفقرة الظهرية 5 والفقرة العجزية القطنية 1 والتي تكونان اقل بحوالي 3 درجات .

ان حركة الدوران الفقري بالمستوى المستعرض أكثر حرية في المنطقة العنقية للعمود ويمكن ان تصل حد 12 درجة من الحركة المسموح بها في الفقرتين العنقيتين 1،2 أما المنطقة الصدرية فتاتي بالدرجة الثانية من حيث الحرية في الحركة ، ما يقارب حركة دوران بمعدل 9 درجات من الحركة المسموح بها بين أقسام الحركة العلوية .من الفقرة 7،8 نزولا فان معدل قابلية الدوران ينخفض بشكل مضطرد بحوالي 2 درجة من المعدل المسموح للحركة للعمود الفقري وذلك بسبب التشابك الداخلي للنتوءات المفصلية هناك ويسمح بالحركة الدورانية في المفصل العجزي الظهري في ترتيب 5 درجات وبما إن تركيب العمود الفقري يسبب الدوران والثني الجانبي معا ليصبحا مزدوجين لذا يكون الدوران مصحوبا بثني جانبي خفيف الى نفس الجانب بالرغم من أن هذه الحركة غير ملحوظة بالعين المجردة.

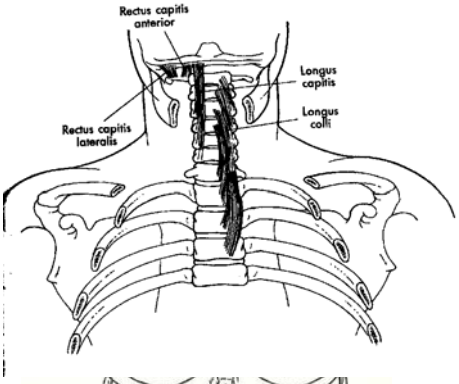
عضلات العمود الفقري Muscles of the spine

تسمى عضلات الرقبة والجذع بأزواج ، بواحدة على اليسار والأخرى على جانب اليمين من الجسم وهذه العضلات يمكن ان تسبب الثني الجانبي أو دوران الجذع.

المشهد الأمامي Anterior Aspect

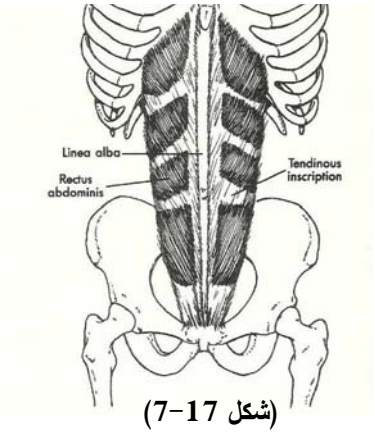
ان مجاميع العضلات الأمامية الكبرى في منطقة العنق هي عضلات فقرية وتتضمن عضلات rectus capitis الراسية المستقيمة و rectusالراسية المستقيمة الجانبية capitis latealis و longus الراسية الطولية capitis و longus colli والأزواج الثمانية من العضلات hyoid اللامية (شكل (9-16،9-19).

إن ازدياد الشد من الجانب بواسطة هذه العضلات يودي الى ثني الرأس وكذلك فان الوظيفة الرئيسة لهذه العضلات تظهر في تحريك عظم hyoid خلال حركة البلع .أما زيادة الشد unilateral في جانب واحد من الفقرات الأولية فهو يساهم في الثني الجانبي للرأس باتجاه عضلات الانقباض أو دوران الرأس بعيدا عن عضلات الانقباض بالاعتماد على أي من العضلات الأخرى تعمل بوظيفة عضلات محايدة.

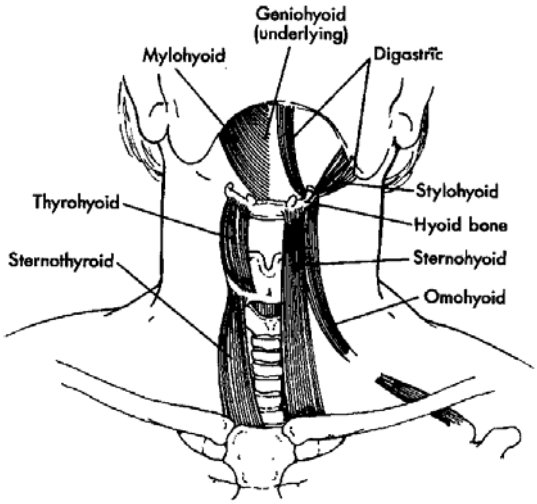


(شكل 16-

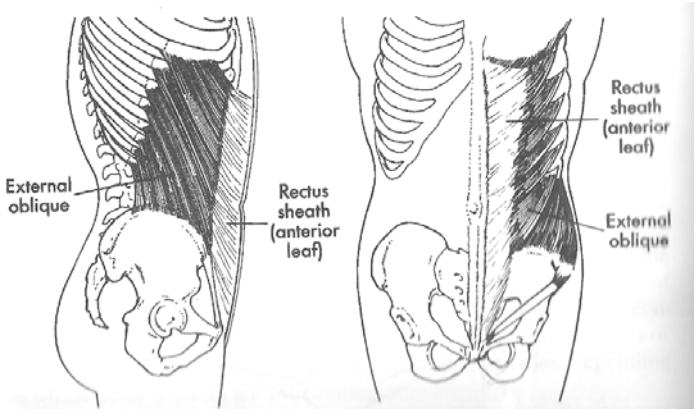
ان العضلات البطنية الرئيسية هي البطنية الفخذية rectus abdomini الداخلية و external oblique المائلة الخارجية (شكل9-18،9-19،9-20) هذه العضلات هي عضلات الثني الكبرى في العمود الفقري وكذلك تعمل على تقليل الانحناء الحوضي للأمام.



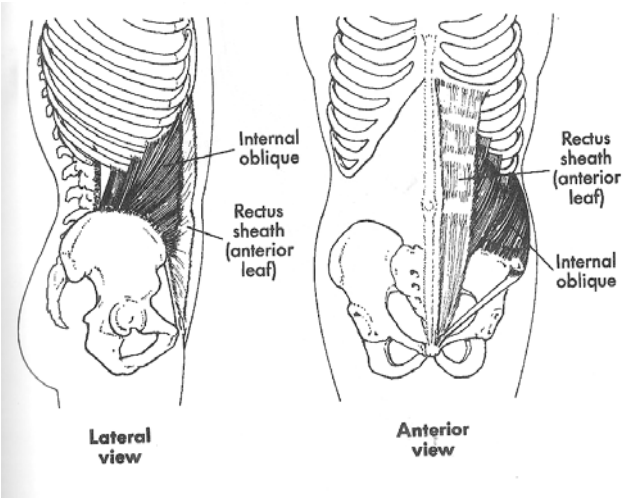
(شكل 17-7)



شكل (16-7) العضلات الأمامية لمنطقة العنق



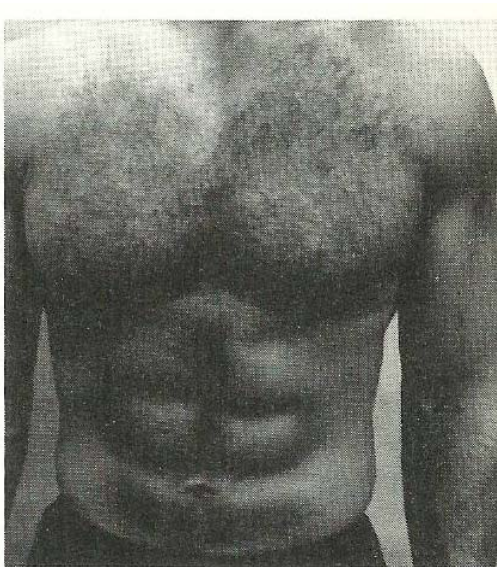
شكل 19-7 العضلات المائلة الخارجية



شكل 20–7 العضلات المائلة الداخلية.

تؤدي عملية زيادة الشد من جانب واحد بواسطة العضلات إلى إحداث الثني الجانبي للعمود باتجاه العضلات المشدودة وتسبب زيادة الشد في العضلات المائلة إلى الداخل دوران العمود نحو نفس الجانب .

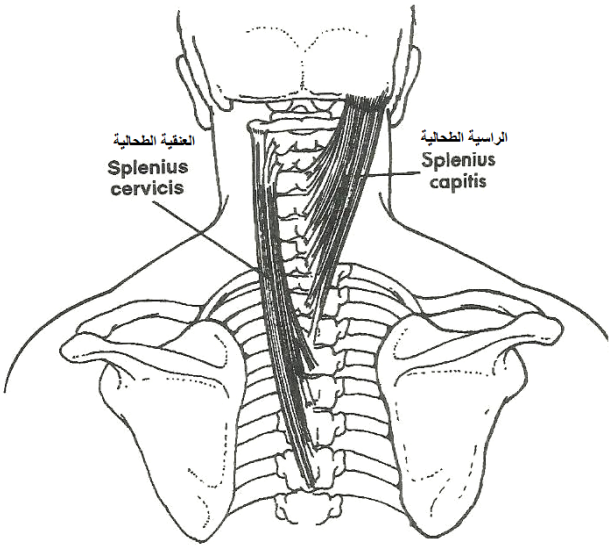
في حالة زيادة زيادة الشد في العضلات المائلة الى الخارج تؤدي الى الدوران بالاتجاه المعاكس،اما في حالة ثبات العمود فان العضلات المائلة الى الداخل تؤدي إلى دوران الحوض بالاتجاه نفسه وتشكل هذه العضلات الجزء الأكبر من الجدار البطني والذي يعمل على حماية أعضاء البطن.



العضلات البطنية المستقيمة هي العضلات البطنية البارزة.

المشهد الخلفي posterior Aspect

ان عضلتي الطحالية الراسية splenius capitis والطحالية العنقية splenius cervices هما عضلات المد العنقية الرئيسية(شكل 21-7) زيادة الشد التي تحدث من الجانبين في العضلات الأربعة الصدغية العليا suboccipitals ،العضلة المستقيمة الكبرى capitis الصغرى وعضلتي capitis المائلتين العلوية والسفلية (شكل 22-7) هي عملية مساندة عندما تقوم هذه العضلات العنقية الخلفية بزيادة الشد على جانب واحد فإنها تثني جانبا او تقوم بتدوير الرأس باتجاه العضلات المنقبضة.



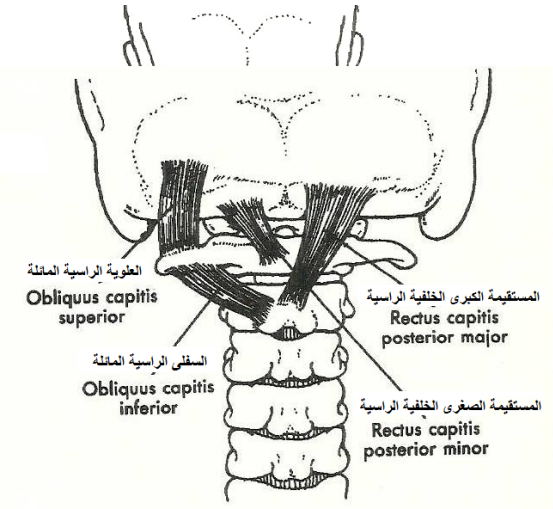
شكل (21-7)عضلات المد العنقية

تعتبر مجموعتي عضلة المنطقة الظهرية والصدرية الخلفية عضلات الانتصاب الكلي العجزية الشوكيةsacrospinalis وشبه الشوكيةsemispinalis والعضلات الفقرية العميقة وكما موضح في الشكل

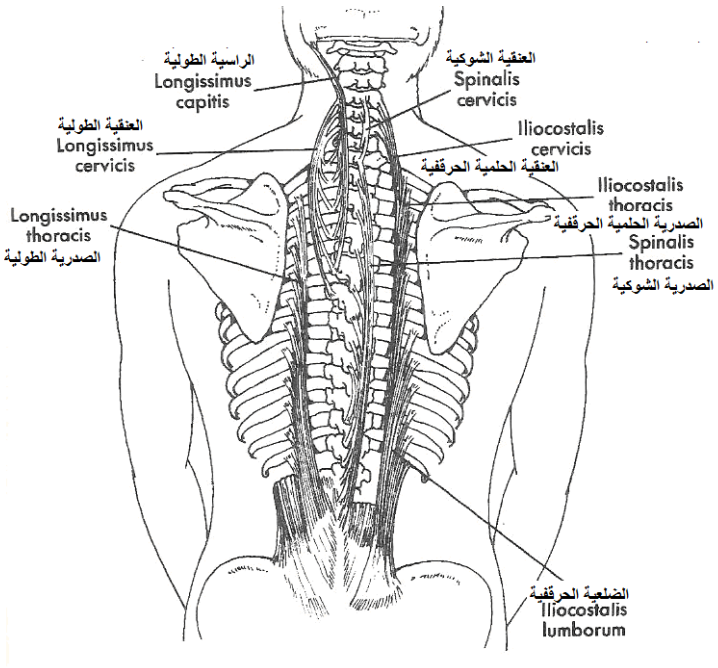
(7–23) فـان مجموعـة العضـلات الناصـبة تتضـمن العضـلات الشـوكية spinalis ، وعضلات الضلعية الحرقفية iliocostis .

والعضـلات الطوليـة (شـكل 7–24)semispinalis شـبه الفقريـة مـع عضـلات العنقية،الراسـية capitis،cervicis والفـروع الصـدرية وبضـمنها عضـلات التـدوير (rotators) والعضـلات الشـوكية الداخليـة وعضـلاتsarii الداخلية والعضلات الضلعية الرافعة (levatores costarums) وهي تتمثل (بالشكل 7–25).

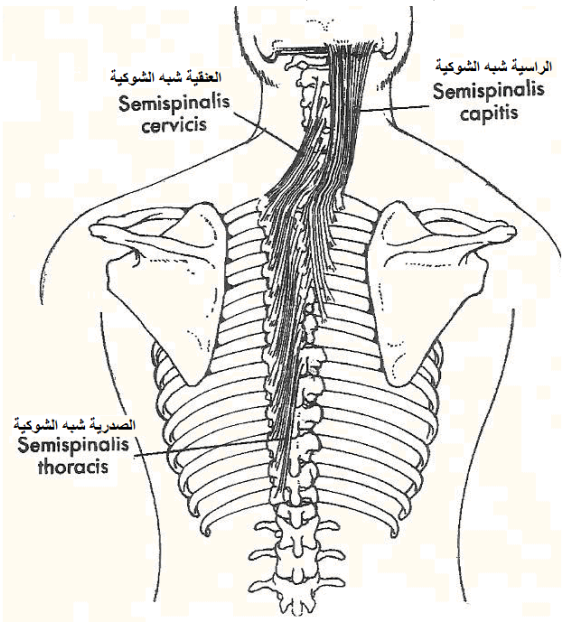
وتعتبر مجموعة عضلات انتصاب العمود من اكبر عضلات المد في الجذع حيث تساهم عضلات الجذع الخلفية في حركة المد والمد الأقصى في حالة حدوث الشد الثنائي من الجانبين وتساهم في حركة الثني الجانبي عند حدوث الانقباض من جانب واحد. موضحة في شكل (7–24)



شكل (7–22)عضلات occipital الثانوية.



(شكل 23-7) مجموعة العمود الناصبة



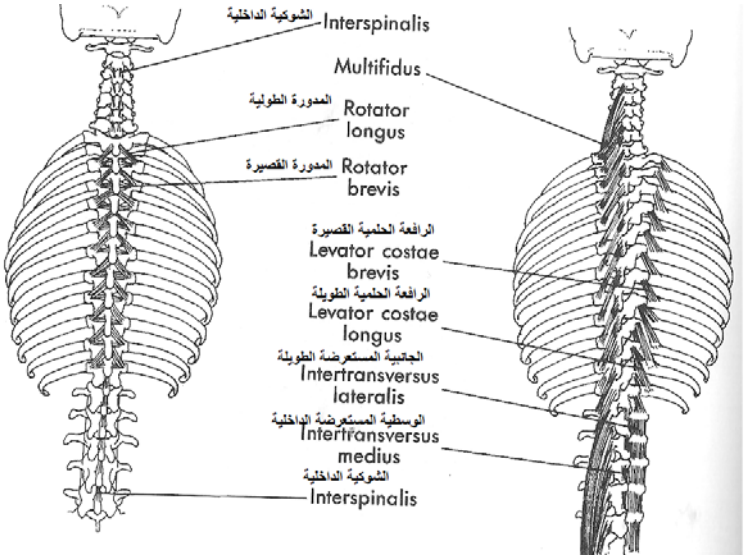
شكل (24-7) مجموعة عضلات شبه الفقرية semispinalis

عضلات العمود الفقري العميقة

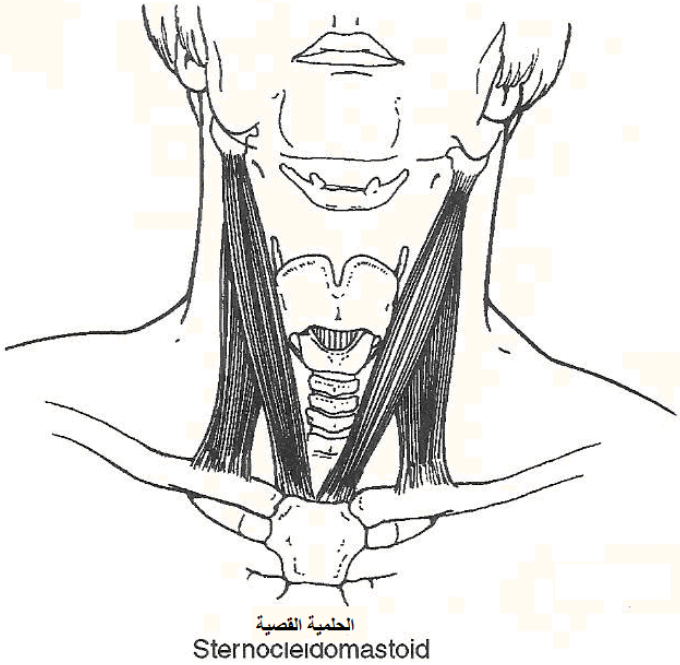
المشهد الجانبي lateral Aspect

تتضمن العضلات على جانب العنق عضلة الحلمية القصية sternocleidomastoid البارزة والعضلة رافعة الكتف levator scapulae والعضلات شبه الشوكية الحرقفية scalenus الأمامية ،الخلفية ،الوسطى شكل(9-9،26-9،29-28).إن زيادة الشد في عضلة الحلمية القصبية sternocleidomastoid من الجانبين يودي الى ثني العنق أو مد الرأس،أما الانقباض الاحادي الجانبي فسينتج الثني الجانبي الى نفس الجانب او الدوران الى الجانب المقابل ،يمكن ان تساهم عضلة الكتف الرافعة levator scapulae في الثني الجانبي للرقبة عندما تنقبض من جانب واحد مع ثبات الكتف وتساعد العضلات الحرشفية scalenus الثلاثة في حركة الثني والثني الجانبي للرقبة ،بالاعتماد على زيادة الشد فيما إذا كان من جانب واحد او من جانبين في منطقة الظهر تكون العضلات القطنية الرباعية guadratus lumborum والعضلة الخصرية الكبرى psoas هي من اكبر العضلات المائلة جانبا (شكل 9-9،29-30) وتساعد هذه العضلات للثني من الجانبين ولأداء حركة الثني الجانبي عند انقباضها من جانب واحد.

وتساعد هذه العضلات في عملية ثني العمود الفقري عند انقباضها من الجانبين وفي حركة الثني الجانبي للعمود عند انقباضها من جانب واحد.

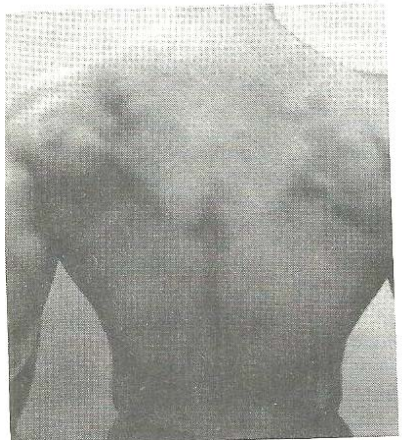


شكل 25-7 عضلات العمود الفقري العميقة

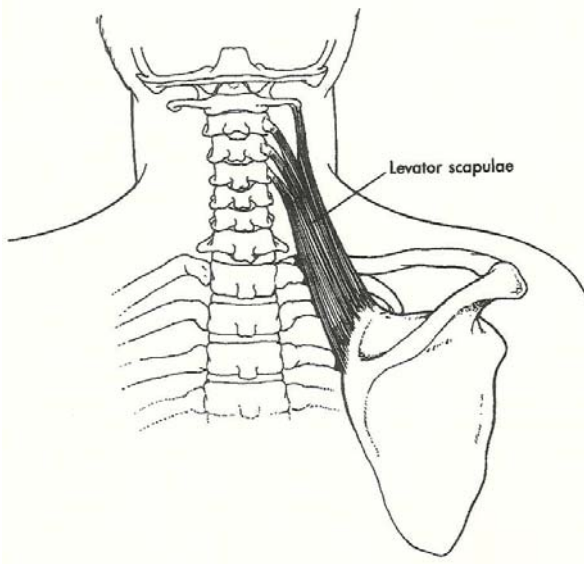


شكل 26-7 عضلة sternocleidomastoid

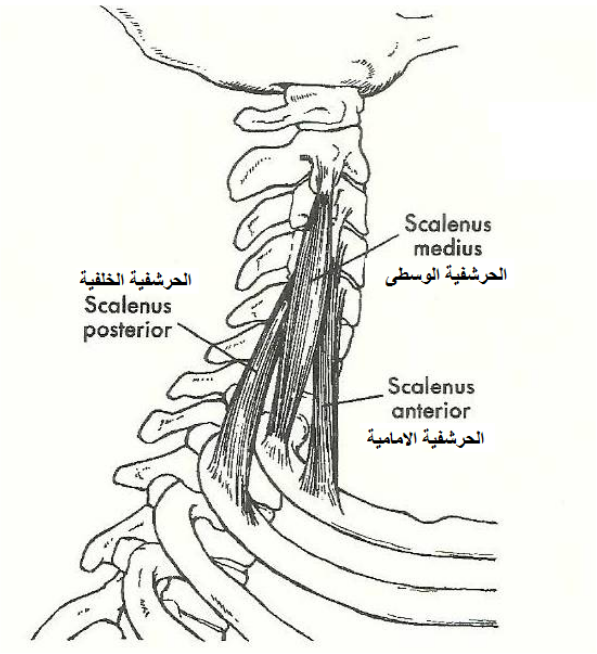
- ✓ مجموعة العضلة الشوكية الناصبة erector spine البارزة هي عضلة المد الأكبر وعضلة المد الأقصى للجذع وهي مجموعة عضلة الجذع التي غالبا ما تكون مشدودة.



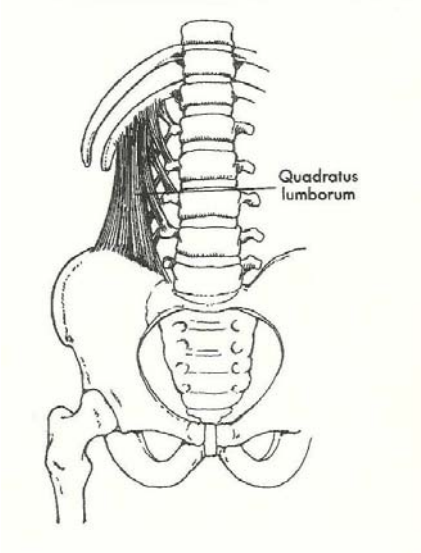
العضلات الخارجية للجذع الخلفي



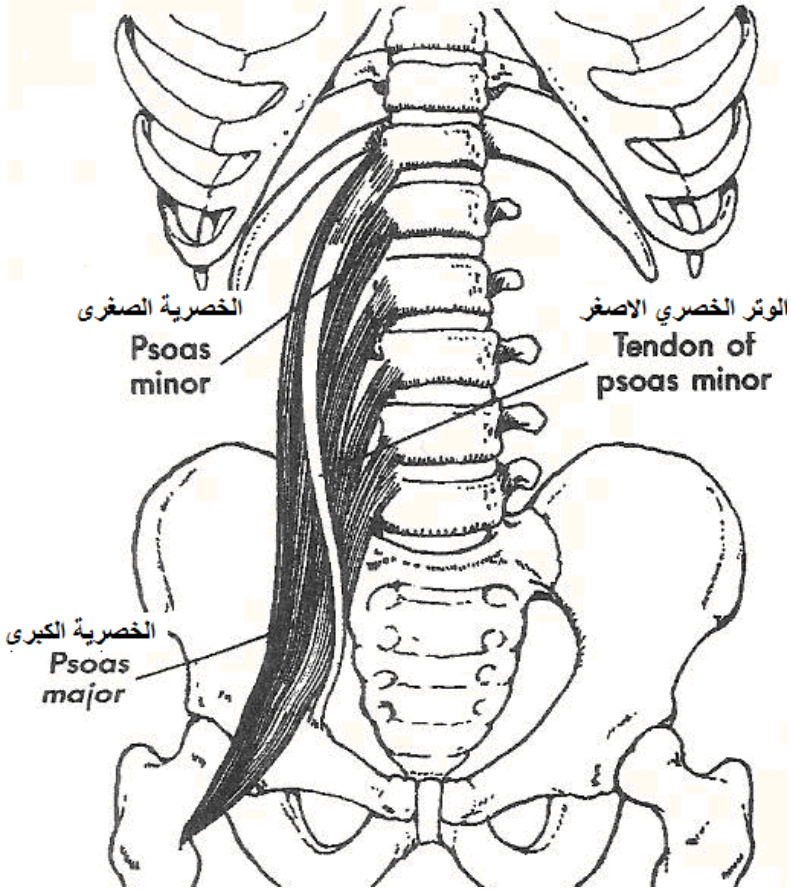
شكل 29-7 عضلة الكتف الرافعة levator scapulae



شكل 28-7 العضلات الحرشفية



شكل 29-7العضلات القطنية الرباعية Quadratus lumborum



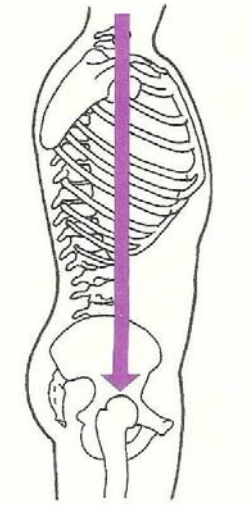
(شكل 30–7)العضلة الخصرية psaos

الأحمال على العمود الفقري Loads on the Spine

تتضمن القوى التي تؤثر على العمود الفقري وزن الجسم والشد في الأربطة والشد في العضلات المحيطة والضغط الداخلي وأية أحمال خارجية مستعملة.

عندما يكون الجسم في وضع مستقيم فان الشكل الأكبر للحمل على العمود الفقري سيكون محوريا وفي هذا الوضع يكون وزن الجسم هو وزن الحمل الواقع على الأيدي والشد في الأربطة المحيطة اضافة الى العضلات وجميع ما ذكر يساهم في الضغط على العمود.

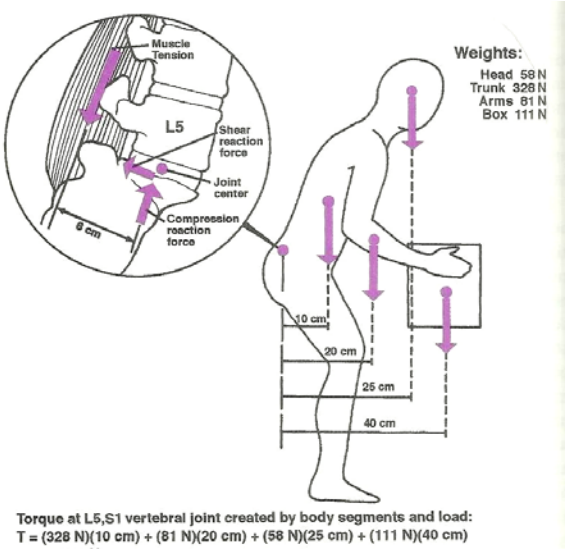
في حالة الوقوف منتصبا ستكون مركز جاذبية الجسم الكلية أمامية بالنسبة للعمود الفقري (شكل 39-7) واضعة العمود تحت تاثير قوة انثناء امامية ثابتة للمحافظة على وضع الجسم فان عزم الدوران تؤثر بشكل معاكس عن طريق شد عضلات المد الخلفية وعندما يكون الجذع أو الذراع مثنية فان زيادة اذرع القوة لهذه الاجزاء في الجسم تساهم في زيادة عزم الدوران لعضلات الثني وزيادة الشد في عضلات المد الخلفية (شكل 32-7) ولان عضلات العمود الفقري ذراع قوة صغير جدا بالنسبة للمفاصل الفقرية فإنها يجب أن تولد قوى كبيرة بهدف توليد تأثير مضاد لعزوم الدوران الناتجة حول العمود الفقري بواسطة اجزاء الجسم والأحمال الخارجية شكل (33-7) وبالنتيجة فان القوة الأكبر المؤثرة على العمود عادة ما تكون هي القوة التي تستمد من كفاءة ونشاط العضلة



شكل(31-7) لان خط جاذبية الرأس،الجذع والطرف العلوي يمر أمام العمود الفقري، فان عزم الدوران الأمامي يؤثر على العمود الفقري.

بالمقارنة مع الحمل الموجود عند الوقوف فان الضغط على العمود الفقري من جهة الظهر يزداد مع الجلوس ويزداد أكثر عند الثني أي ثني العمود الفقري ويزداد أكثر عند وضع الجلوس المترهل (شكل34-7).

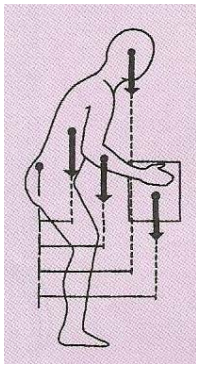
- ✓ لان عضلات العمود لها اذرع قوة صغيرة جدا يجب أن تولد قوى كبيرة لتؤثر بالمقابل على عزوم تدوير الثني الناتجة بواسطة وزن اجزاء الجسم والأحمال الخارجية.



شكل(32-7) العضلات الخلفية مع ذراع قوة يبعد 6 سم يجب أن يقاوم عزم الدوران الناتج بواسطة أوزان الجسم زائدا أي حمل خارجي وهذا يوضح لماذا ينصح أن ترفع وتحمل المواد الثقيلة قريبا إلى الجذع.

شكل 33-7 ما مقدار الشد الذي يتوجب زيادته عن طريق العضلة الفقرية الناصبة erector spinae بذراع قوة مقداره 6 سم من الفقرة الظهرية 5 والفقرة العجزية 1 للمحافظة على الوضع الموضح أسفل ؟ (معدل أوزان القسم ل600 نيوتن(135 باون) للشخص.

القسم	الوزن	ذراع القوة
الرأس	٥٠نيوتن	٢٢م
الجذع	٢٨٠نيوتن	١٢سم
الأذرع	٦٠نيوتن	٢٥سم
الصندوق	١٠٠نيوتن	٦سم



الحل

عندما يكون الجسم في وضع ساكن.فان مقدار عزوم القوة المؤثرة على أية نقطة يكون صفرا في الفقرة الظهرية الخامسة والعجزية

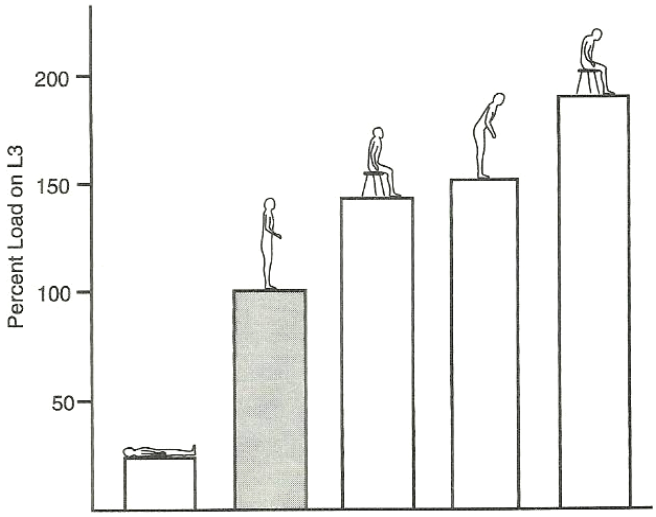
عزم الدوران T=0

0=(fm)(6سم)-

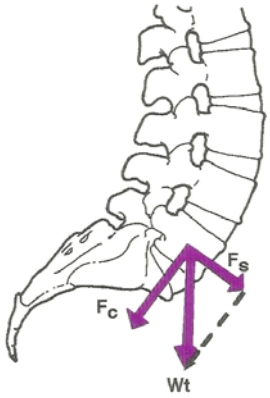
(50نيوتن)(22سم)+(280نيوتن)(12سم)+(60نيوتن)(25سم)+(100نيوتن) (42سم)

0=(fm) (6سم)-10.285نيوتن سم

فإن زيادة أذرع القوة لأقسام الجسم هذه تساهم في زيادة عزم الدوران و زيادة الشد المكافئ أو المعادل للشد في عضلات المد الخلفية.



شكل(34–7) إن الحمل على الفقرة الظهرية الثالثة عند الوقوف (100%) ويقل بشكل ملحوظ في وضع الاستلقاء على الظهر،ولكنه يزداد عند كل الأوضاع الأخرى المعروضة



شكل (35–7) وزن الجسم عند الوقوف يولد مركبتين وهما القوة السطحية(fs) اضافة الى مركبة الضغط (fc) فوق العمود الظهري (مع ملاحظة إن كمية المؤشر من fs وfc هي wt (الوزن).

عند الوقوف المنتصب، فان وزن الجسم ايضا سيسلط حمل على العمود في قوة سطحية shear وهذه حقيقة استثنائية في العمود الظهري،عندما تعمل القوة السطحية على توليد ميل للفقرة لتتحرك أماما بالتتابع مع الفقرة السفلية المجاورة (شكل35-7).

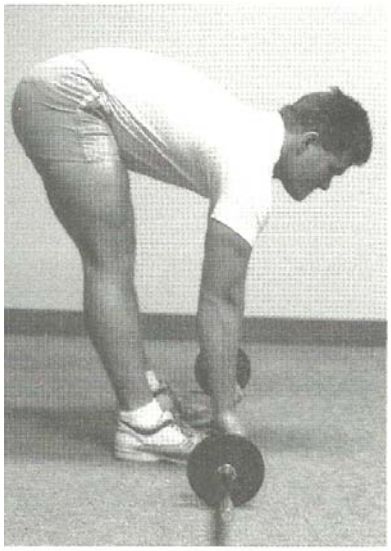
ونتيجة لوجود عدد قليل جدا من الالياف في عضلات المد الكبرى والتي تمتد بشكل موازي للعمود ،وبينما يزداد الشد في هذه العضلات يزداد كل من الضغط والقوة السطحية على المفاصل الفقرية والمفاصل الصغيرة، ولحسن الحظ فان مركبة القوة السطحية الناتجة عن طريق شد العضلة في منطقة الظهر تكون متجهة إلى الخلف لكي تأثر بالمقابل وبشكل جزئي على القوة السطحية الأمامية الناتجة عن طريق وزن الجسم.

ان القوة السطحيةshear هي قوة مهيمنة على العمود الفقري عند الثني وكذلك خلال الفعاليات التي تتطلب ميل باتجاه الخلف للجذع مثلما تحدث في حركات الخطف عند الإبحار وعلى الرغم من الافتقار لفهم اهمية الضغط والقوة السطحية shear الأهمية النسبية للضغط والقوة السطحية على العمود الفقري كونها لم تفهم بشكل جيد فان ضغط القوة السطحية الزائد ثبت بأنه يساهم في حدوث اصابة فطر القرص.

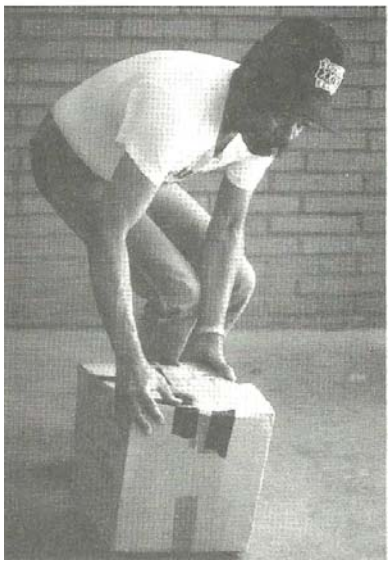
إن الشد في عضلات مد الجذع في حالة الثني الفقري يزداد حتى يقترب العمود من الثني الكامل ،عندما يكبر ومن ثم يختفي وفي النهاية .في هذه النقطة ،تقوم الأربطة الفقرية الخلفية بدعم عزم دوران الثني بشكل تام .يعرف سكون عضلات المد الفقرية عند الثني الكامل بظاهرة ارتخاء الثني.

لسوء الحظ عندما يكون العمود الفقري في حال ثني كامل ،فان الشد في رباط الشوكي الداخلي interspinous يساهم بشكل كبير في القوة السطحية الأمامية وتعمل على زيادة حمل المفصل السطحي.

عندما يجتاز العمود الثني الجانبي والالتواء المحوري، فان أسلوب معقد لنشاط عضلة الجذع مطلوبا بشكل اكبر بهدف اجراء حركتي المد والثني. وقد توقع الباحثون إن 50 نيوتن/م مد عزم الدوران يسلط 800 نيوتن من الضغط على مفصل الفقرة الظهرية الرابعة والخامسة وان 500نيوتن/ م من الثني الجانبي وعزم دوران الالتواء المحوري تولد على التوالي 1400 نيوتن و 2500 نيوتن من الضغط على المفصل. المعلومات المشتقة من الشكل البايوميكانيكي للعمود تفترض بان الشد في عضلات الجذع المضادة للحركة تولد جزء هام من هذه الأحمال الزائدة كذلك فان الحمل غير المنتظم في المستوى الأمامي للجذع يزيد كل من أحمال القوة المستقيمة والضاغطة وذلك بسبب قوة الانحناء الاضافية.



تدريب الوزن(الثقل) بتكنيك خاطئ يمكن أن يسبب إصابة سفلية في الظهر.عندما يكون العمود في ثني كامل كما هو معروض أمامك فالشد على الأربطة الفقرية يضاف إلى القوة السطحية أماما على



رفع الثقل عند التواء او التفاف الجسم يجب أن نتجنبه وذلك لأنه يضع حوالي ثلاث مرات ضغطا اكبر على الظهر منه عند

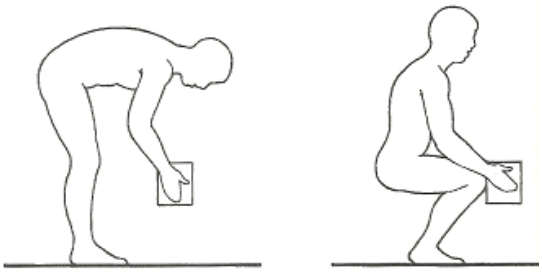
هنالك عامل مؤثر آخر على الحمل الفقري وهو سرعة حركة الجسم ،فقد تبين بان أداء الرفع وبسرعة شديدة ،طريقة الارتجاج بشكل مثير تعمل على زيادة الضغط والقوة السطحية على العمود .إضافة الى توليد الشد في العضلات الفقرية المتوازية هو احد من الأسباب التي توجب أن تكون تمارين

المقاومة بطيئة التنفيذ باستخدام الأسلوب المسيطر عليه. اضافة الى ذلك فعند رفع أحمال معتدلة في أوضاع صعبة،فان العمال المهرة يجب أن يكونوا قادرين على تقليل الحمل الفقري عن طريق رج أولي للحمل بالقرب من الجسم ومن ثم نقل الزخم من الجذع الدائر إلى الحمل.

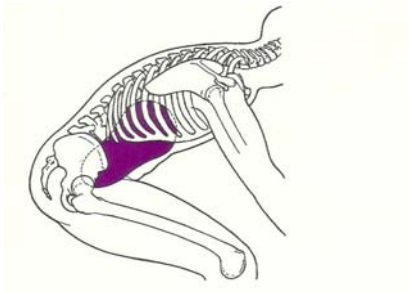
إن القول المأثور القديم بان الرفع بالسيقان لا بالظهر يشير إلى ضرورة تقليل ثني الجذع وبالنتيجة تقليل عزم الدوران المتولد على العمود الفقري بواسطة وزن الجسم ،وعلى أية حال فان القيود البدنية لمهمة الرفع أو التكلفة الفسيولوجية المضافة لرفع الساق بالمقارنة مع رفع الظهر.وغالبا ما يكون تنفيذ هذه النصيحة غير عملي .البحث الأخير يقترح بان التركيز الأكثر أهمية للانتباه للناس الذين يودون الرفع ان يحافظوا على المنحنى الظهري الطبيعي،أكثر مما يسمحوا بثني العمود الظهري،حتى عندما يكون العمود الفقري مثنيا من الورك(شكل36-7)، وهذا ما يساعد في عضلات المد الظهرية الحادة على تعويض الالتواء الجزئي للقوة المستقيمة الأمامية عن وزن الجسم وانتظام أحمال الأقراص الظهرية أكثر من وضع الحمل التوتري على الدوائر الحلقية لهذه الأقراص.

يعتقد بان العنصر الذي يعمل على تخفيف الضغط فوق العمود الظهري هو الضغط البطني الداخلي introabdomial pressure وقد اثبت الباحثون بان الضغط البطني الداخلي يعمل عمل الفقاعة داخل التجويف البطني في إسناد العمود الظهري المجاور عن طريق توليد قوة توتر تعمل على إحداث توازن جزئي للحمل الضاغط وهذا ما اثبت عن طريق ملاحظة زيادة الضغط البطني الداخلي مباشرة قبل رفع حمل ثقيل .اكتشف الباحثون مؤخرا بان الضغط في الأقراص الظهرية يزداد في حالة زيادة الضغط البطني الداخلي.

ويتضح ألان بان الضغط البطني الداخلي يمكن أن يساعد في صلابة الجذع لوقاية العمود من الالتواء تحت تأثير الأحمال الضاغطة.



(شكل 36-7) يوضح ضرورة المحافظة على المنحنى الظهري الطبيعي وتجنب حركة ثني العمود الظهري عند الرفع مثلما نوقش سابقا.



(شكل 39-7) الضغط البطني الداخلي والذي غالبا ما يزداد خلال الرفع،ليساهم في زيادة صلابة العمود الظهري للمساعدة في وقاية الظهر من الاصابة بالانبعاج bucking

إن العديد من النشاطات اليومية تكون شديدة على منطقة أسفل الظهر عوائق حركة الجذع تجعله من الصعب عليه الرفع بعمود منتصب.

- ✓ الثني الجانبي والدوران يولدان أحمال فقرية كبيرة جدا أكثر من الثني.

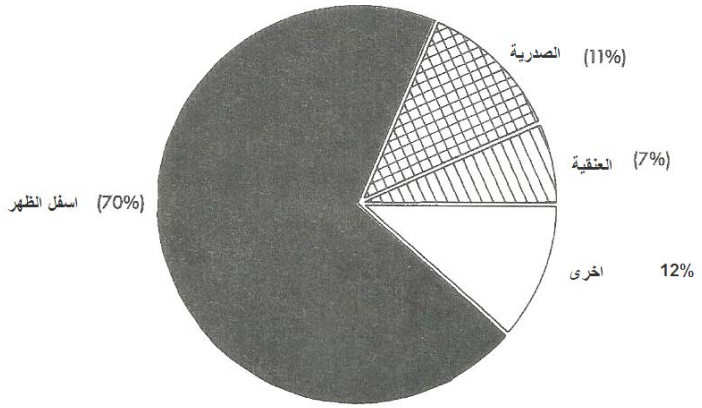
الإصابات الشائعة للظهر والرقبة

COMMON INJURIES OF THE BACK AND NECK

الم أسفل الظهر low Back pain

ما يقدر من 90% إلى 80%من الناس يعانون من الألم أسفل الظهر في بعض الأحيان خلال حياتهم. إن الألم أسفل الظهر يأتي بالمرتبة الثانية بعد الإصابة بحالات البرد الشائعه كسبب الغياب عن العمل.

إن إصابات الظهر هي الأكثر تكرارا والأكثر ثمنا في مطالب تعويض العمال في الولايات المتحدة اغلب هذه الإصابات تشارك بها المنطقة أسفل الظهر أو المنطقة الظهرية (شكل 38–7) وتشخص هذه الاصابة في 10%من المشاكل الصحية المزمنة وكذلك فهي تأتي بالمرتبة الحادية عشر من حيث الإصابة بالإمراض في الولايات المتحدة.



شكل 38–7 غالبية الإصابة بألم الظهر والتي تسبب خسارة لوقت العمل تشارك بها المنطقة الظهرية.

وعلى الرغم من إن العوامل السيكولوجية والاجتماعية هي من العوامل المسببة في هذه الإصابة ،فان الضغط أو الشد الحركي يلعب دورا رئيسيا في زيادة الألم أسفل الظهر وعلى الرغم من إن هذا المرض يصيب الرجال والنساء على حد سواء ربما بسبب غلبة طبيعة مهنهم التي تستلزم التعامل مع مواد ثقيلة فالرجال لديهم ما يقارب ثلاثة أرباع دواعي الإصابة ،وعلى أية حال فان بعض المجاميع الأنثوية مثل الممرضات تسجل معدلات عالية بمثل هذه الإصابة أكثر من العاملات الاخريات اللوائي يعملن في مهن عامة.

المعدلات العالية لحدوث الإصابة وجدت بين العمال الذين يجلسون لفترات طويلة طوال اليوم.

هنالك الكثير من المهن التي تعرض مزاولتها للاصابة بالام الظهر ومنها قيادة السيارات لفترات طويلة ،جامعي النفايات،عمال المخازن،عمال الميكانيك،المسنات في التمريض،عمال قطع الأشجار.

كما نوقش في الفصل 4، فإن أساليب التحميل التي تصيب الأنسجة البيولوجية ربما يتطلب تكراراً واحداً أو عدة تكرارات ذات حمل كبير أو تكرارات متعددة ذات حمل صغير. إن التحميل المتكرر مثلما يحدث في العمل الصناعي وعند تنفيذ التمرين، و في الأعمال مثل سياقه السيارات الكبيرة التي يحدث عند قيادتها اهتزاز السيارة، فمن الممكن لجميع هذه الأسباب ان تسبب الاصابة بالم أسفل الظهر.

وعلى الرغم من بعض الأمراض المعروفة التي تسبب الألم أسفل الظهر، فإن غالبية الحالات غير قابلة للتشخيص.إن عدم إمكانية التشخيص الدقيق للتركيب و التراكيب التشريحية التي تعتبر هي مصدر الألم يجعل من الصعب تحديد العوامل الحركية التي تسبب تزايد الألم.أما المشاكل الصحية الأخرى و التي انخفضت في مدى التأثير نتيجة الجهود الطبية،ولكن وبالرغم من ذلك فإن

عدد الأفراد الذين يعانون من الألم أسفل الظهر في الولايات المتحدة قد ازداد 14 مرة عن معدله بين العامين 1991م – 1981م.مع زيادة النمو السكاني

وعلى أية حال، فإن معظم ألم الظهر هو عبارة عن تحديد ذاتي، و إن نسبة 90٪ – 95٪ من مرضى ألم الظهر يستيعيدون إمكانياتهم في غضون ثلاثة أشهر من الإصابة.

وعلى الرغم من هذه الحقيقة، فإن الأطباء غالباً ما يوصون بتمارين الجلوس كأجراء وقائي وكعلاج لألآم اسفل الظهر،المعدل العام لمثل هذه التشخيصات يشير الى ان الزيادة في معدلات الشد المريح للعضلات البطنية يمكن ان تساعد في حماية او تقليل الانحناء الحوضي الأمامي الزائد، و التقعسية الظهرية (lordosis). ومثلما نوقش بوضوح، فإن الاصابة بالتقعس الظهري (lordosis) يجعل الفرد اكثر ميلا للاصابة بالحالة ومن ناحية اخرى هنالك خطراً حقيقياً في تنفيذ في تمارين الجلوس للوقاية من الألم أسفل الظهر، نتيجة لبعض تطبيقات الجلوس و كذلك تمرين ثني الورك.

بين عضلات ثني الورك، تركيب العضلة الخصرية الحرقفية (iliopsoas)، التي تميل إلى زيادة التقعس الظهري المعروف بـ (lordosis)، عندما تمتد فوق معدلها الطبيعي و استناداً إلى أحد التقارير الطبية، فإن استخدام تمارين الجلوس توضح حقيقة تزايد الألم أسفل الظهر بين 29 شخصاً نفذوا هذه التمارين ويشير البحث الى ان تمارين الجلوسsitup او الالتفاف وقوفاcurlup يجب أنْ تنفذ بركبتين مثنيتين، غير مسنودتين من الأقدام و بجذع مرفوع بما لا يتجاوز 30 درجة لتقليل مشاركة العضلة الخصرية الحرقفية (iliopsoas)، في الوقت الذي تزداد فيه الحاجة للثبات فوق العضلات البطنية.

إصابات الأنسجة الرقيقة Soft Tissue injuries

تشكل احيانا اصابات الرض والشد العضلي والتواء الاربطة معظم إصابات الظهر التي ترتبط بممارسة أنواع الرياضة وتحصل هذه الأنواع من الإصابات من إما تحت تاثير قوة الضرب أو تحميل العضلات فوق قابليتها و بشكل خاص تلك العضلات الواقعة في المنطقة الظهرية. إن التشنجات المؤلمة و الانقباضات في عضلات الظهر يمكن كذلك أنْ تزداد كاستجابة مرافقة للإصابات الفقرية و ربما تكون هذه علامات و أعراض للمشاكل الرئيسية. ويعتقد الباحثون أن طبيعة تركيب الاجزاء البيوميكانيكية هي المسوؤلة عن هذه التشنجات العضلية المصاحبة والتي يمكن أنْ تؤثر كآلية واقية لعدم تحريك المنطقة المصابة.

الكسور الحادة Acute Fracture

تحدد الاختلافات و التباين في القوي نوع اصابة الكسر الفقري الحاصل ويمكن ان تحدث الكسور في النتوء الشوكي (spinous)، أو في النتوء المستعرض نتيجة الانقباض القوي للعضلات المترابطة، أو من الضرب العنيف لظهر العمود، و الذي ربما يحدث عند المشاركة في سباقات الالتحام مثل كرة القدم، الركبي، كرة السلة، الهوكي و لعبة اللكروس و هي لعبة المضاربة الطويلة. إن السبب الأكثر شيوعاً لكسر العنق هو الصدمة أو الرض غير المباشر و يشترط حدوثه استخدام قوة على الرأس أو الجذع، وتحدث الكسور في الفقرات العنقية مراراً في حالة اصطدام الرأس عندما يغطس الناس في ماء ضحل، و كذلك عند ممارسة الجمباز و فعاليات الترامبولين بدون إشراف صحيح.

إن الأحمال الضاغطة الكبيرة مثل تلك التي نواجهها في رياضة رفع الأثقال أو التعامل مع المواد الثقيلة يمكن أنْ يسبب الكسور في صفائح النهايات الفقرية. و

ربما معدلات عالية لقوة الاصطدام تتسبب في كسور الضغط الأمامية للأجسام الفقرية. و هذا النوع من الإصابة يرتبط بحوادث السيارات على الرغم من أنه يمكن أنْ يحدث عند ضرب الالواح في هوكي الجليد وتغير الاتجاه في كرة القدم، أو عند الاصطدامات خلال التزلج أو الانتقال و الحركة على الجليد أو بالونات الهواء الحار.

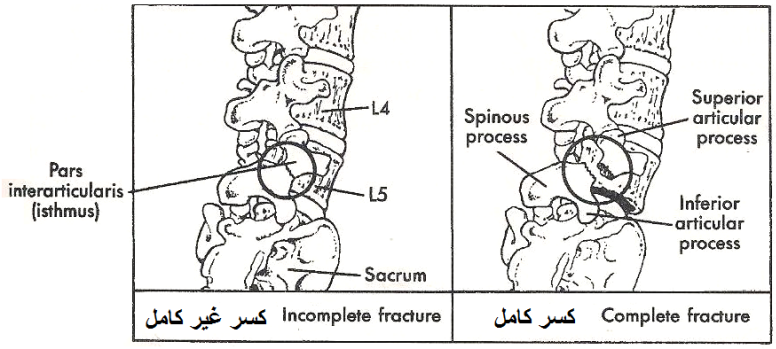
نتيجة لا حدى وظائف العمود الفقري وهي حماية الحبل الشوكي، فإن الكسور الفقرية الحادة خطرة جداً، يمكن أنْ تكون من نتائجها الموت أو الشلل. و لسوء الحظ فإن المشاركة المتزايدة في فعاليات أوقات الفراغ ترتبط بالانتشار المتزايد لإصابات العمود، فعندما يحدث الكسر الفقري، فإن الشخص المتدرب يمكن أنْ بتعامل مع الضحية أو المصاب فقط و ذلك لدقة الإصابة.

تحدث كسور الأضلاع بشكل عام نتيجة الضربات التي تقع خلال الحوادث أو المشاركة في رياضيات الالتحام، و هذه الكسور من الإصابات المؤلمة و ذلك بسبب الضغط الذي تسلطه على الأضلاع مع كل شهيق. و الضرر الذي يحدث في الأنسجة الرقيقة سيكون معقداً بشكل كبير في مثل هذا النوع من الإصابات.

كسور الضغط Stress Fractures

إن النوع الأكثر شيوعاً للكسور الفقرية هو كسر الضغط لمناطق التمفصل. المنطقة الموجودة بين السطوح المتصلبة العلوية و السفلية و هي الجزء الأضعف من القوس العصبي(شكل 39–7). و يطلق على مثل هذه الكسور بالمصطلح الانحلال الفقاري (spondylolysis) و هو غياب الكسر في القوس الفقري بمعدل يتراوح بين الكسر الشعري الخفيف، عن الكسر الكامل أي مستوى انفصال العظم وبالرغم من ان بعض اصابات الازواج المتمفصلة يمكن ان يكون ولاديا فيمكن أنْ تحدث كنتيجة الجهد الحركي أو الضغط الميكانيكي

وإحدى آليات الإصابة تظهر مساهمة الحمل المحوري المتكرر للعمود الظهري عندما يكون في أقصى مده. إن الفصل من الجانبين في كسور المفاصل الداخلية pars interarticularis يطلق عليه بـ نظرية أو فرضية spondylolyis وهو عبارة عن كسر كامل في الازواج المفصلية ناتج عن الانزلاق الامامي للفقرة ناتج عن الخلع الأمامي الفقرة على التوالي مع الفقرة التي تقع أسفلها (شكل 39-7). إن الموقع الشائع لهذه الإصابة هو المفصل العجزي الظهري، و إنّ نسبة 90٪ من حالات الانزلاق تحدث بهذا المستوى وغالباً ما تشخص هذه الإصابة spondylolyis thesis (الانزلاق الفقري)عند الأطفال بين عمري 10-15 سنة وتحدث بشكل كبير عند الأولاد وبينما يوجد ما نسبته 2٪ من النسبة العامة لا يمكن وضوح الكسر فيها أي اصابتهم بحالة الانحلال الفقاري spondylolysis. فان نسبة 5٪ من هذه الحالات مصابون بحالة الانزلاق الفقري spondylolisthesis أي حالة الكسر الكامل من الجانبين.



شكل 39-7 إن كسور الضغط pars interarticularis ربما تحدث من جانب واحد او من جانبين وربما تنتج أو لا تنتج الفصل الكامل.

إن غالبية كسور الضغط بنوعيها الكسر الكامل من الجانبين و الكسر الخفيف الشعري لا يشفيها بمرور الوقت، و يتجه إلى الاستمرار خاصة عندما لا يكون انقطاع في ممارسة الرياضة. إنّ الأشخاص الذين يمارسون الرياضة أو الذين لديهم أمكنة تحتاج إلى المد الأقصى المتكرر للعمود الظهري من أوائل المرشحين للإصابة بما يتعلق بحالة ضغط spondylolysis أي الانحلال الفقاري. بجعل هؤلاء سريعي التأثر يمثل هذه الأمراض و تشمل لاعبات الجمباز الإناث، مراقب الخط في كرة القدم، رافعي الأثقال، و كذلك معدلات كبيرة موجودة بين لاعبي الكرة الطائرة، قافزي الزانة و المصارعين و لاعبي التجديف.

- ✓ Spondylolis thesisالانزلاق الفقاري : وهو عبارة عن كسر كامل من الجانبين في المفاصل الداخلية pars interarticularis ناتج عن الانزلاق الأمامي للفقرة.
- ✓ إن الكسر المتعلق بالضغط في المفاصل الداخلية ،للجزء الأضعف في القوس الحدودي عادة ما تكون شائعة بين الرياضيين الذين يمارسون رياضات تتطلب مد أقصى متكرر للعمود الفقري.
- ✓ إن مصطلح القرص المنزلق غالبا ما يستخدم للإشارة للقرص المفطور ،هو مصطلح مغلوط لان الأقراص كوحدة مترابطة لا تنزلق حول بعضها.

فطر القرص Disc Herniation

إن مصدر ما يقارب بين 1٪ – 5٪ من ألم الظهر يعود إلى الاصابة بفطر القرص و الذي يحدث نتيجة انثناء جزء من نواة الصفيحة الغضروفية nucleus palposas عن القرص الحلقي annulus ، و يسمى كذلك الانزلاق الغضروفي و بالعامية تُسمى الحالة الديسك أما في الطب تدلي غضروف ما بين الفقراتIntervertebral Disc Prolapse ربما تكون هذه التفطرات رضية إثر صدمة أو مرتبطة بالضغط. و كذلك نتيجة التقدم في العمر و التغيرات التركيبية التي تحدث نتيجة الاستعمال (الحركة) و التي تؤدي إلى ضعف الحلقة الليفية و سهولة تمزقها و حدوث شقوق و شروخ فيها ،تعرض سلسلة الظهر لحركة خاطئة و عنيفة مثل دوران مفاجئ أو حمل شيء ثقيل أو ثني أو مد الظهر بعنف.

مُمارسة الرياضة العنيفة مثل المُصارعة و كرة القدم الأمريكية و حمل الأثقال، التدخين و سوء التغذية من عوامل الخطورة التي تزيد من احتمال حدوث الإنفتاق الغضروفي.

يمكن أن يعطي القرص إشارات تظهر حاله التفسخ و الانحلال الواضح فيه اما بالنسبة للأمكنة التي تحدث فيها حالات الاندفاع protrusion فتكون بين الفقرات العنقية الخامسة و السادسة، و السادسة و السابعة و بين الفقرات الظهرية الرابعة و الخامسة و الفقرة العجزية الأولى. و يحدث غالباً على الجهة الخلفية أو الجهة الجانبية الخلفية للقرص. وعلى الرغم من أن القرص عديم الاعصاب و غير قادر على توليد الإحساس بالألم، فإن الأعصاب الحسية تقوم بتزويد الأربطة الطولية الخلفية و الأمامية والأجسام الفقرية اضافة الى الغضروف المفصلي للمفاصل السطحية. في حالة ضغط الفطر على واحد أو أكثر من هذه التراكيب، على الحبل الشوكي، أو على العصب الفقري، والنتيجة يتولد الشعور بالألم أو الخدر.

اختبر معلوماتك

1.ما هي مناطق العمود الفقري التي تساهم في الثني؟ المد الأقصى؟ الثني الجانبي؟ الدوران؟

2.اكتب قائمة لعضلات المنطقة العنقية للجذع طبقاً لكونها أمامية، خلفية، وسطية أو جانبية بالنسبة لمركز المفصل. لاحظ بأن بعض العضلات ربما تقع في أكثر من صنف. شخص الأنسجة التي تدخل من خلال هذه العضلات في كل صنف.

3.اكتب قائمة بالعضلات في المنطقة الصدرية للجذع فيما إذا كانت أمامية، خلفية، وسطية أو جانبية بالنسبة إلى مركز المفصل. لاحظ بأن بعض العضلات ربما تقع في أكثر من صنف. شخص النشاط أو الأنشطة التي تنجزها هذه العضلات في كل صنف.

4.اكتب قائمة بعضلات المنطقة الظهرية للجذع فيما إذا كانت أمامية، خلفية، وسطية أو جانبية بالنسبة لمركز المفصل. لاحظ بأن بعض العضلات ربما تقع في أكثر من صنف. شخص النشاطات التي تنجزها هذه العضلات في كل صنف.

5.كيف لقابلية حركة الجذع أنْ تكون مؤثرة إذا كان الحوض غير قابل للحركة؟

6.ما هي النتائج الشكلية لضعف العضلات البطنية؟

9.تمرين النقل يستخدم في التكيف للرياضات المختلفة. ما الذي تنصحه فيما يتعلق بالوضع الفقري خلال تمرين النقل؟

8.ما هي التي تطيل العضلات في الجهات الأمامية، الجانبية و الخلفية من الجذع؟

9.لماذا يجب أنْ نتجنب الالتواء عند رفع ثقل؟

10.هل عينة المشكلة (1) باستخدام البيانات التالية:

القسم	الوزن	ذراع القوة
الرأس	50 نيوتن	22 سم
الجذع	280 ن	12 سم
الأذرع	65 ن	25 سم
الصندوق	100 ن	42 سم

11.وضح كيف تسهل حركة الحوض من حركة العمود.

12.ما هي التمارين التي يجب أنْ توصف للأفراد المصابين بحالة scoliosis الميل الجانبي و حالة kyphosis التحدب في منطقة ما بين الكتفين و حالة lordosis الانثناء العجزي أي تقعر المنطقة الظهرية السفلى؟

13.ما هي العضلات الكبرى التي تقوم بالحركة عند تنفيذ مد و استقامة الساق و ثني الركبة عند الجلوس المستقيم، هل يجب أنْ يوصف الجلوس المستقيم كتمرين للمرضى المصابين بألم الظهر؟ وضح لماذا يتوجب ذلك أو لا يتوجب ذلك؟

14.لماذا يزداد ألم الظهر عند الأفراد الذين يجلسون على منضدة لفترة طويلة؟ وضح لماذا يكون الانحناء الظهري الطبيعي مفيداً عند رفع الأثقال؟

15.اكتب نظرية توضح لماذا يكون حالة osteoporosis اضطراب في كتلة العظم غالباً ما ترتبط بحالة التحدب الصدري kyphosis المتزايد.

16.اكتب نظرية توضح لماذا يكون فقدان مرونة العمود الفقري بمعدل 5٪ ناتجة من عملية التقدم بالعمر (aging).

19.ما هي نتائج فقدان سوائل القرص الداخلي التي تصاحب عملية aging.

18.ما هي تمارين العمود التي تلاءم الكبار؟ أعط نسبة لاختياراتك.

19.أعط مشكلة مشابهة إلى (و لكن مختلفة عن) العينة المشكلة رقم1. وضح مخطط جسم حر و حل مشكلتك.

20.باستخدام الهيكل العظمي أو الشكل التشريحي للعمود، و دراسة دقيقة للاختلافات في الحجم الفقري و الشكل بين المناطق العنقية، الصدرية، و الظهرية. اكتب قائمة تميز الاختلافات بين المناطق.

21.لاحظ الذكر بدون ملابس في المعدل الكامل الحركة الثني. المد الأقصى، الثني الجانبي، و الدوران و التي تساهم فيها غالبية المناطق التشريحية بهذه الحركات.

22.من مشهد جانبي، صور فيديوياً شخص يرفع أوزاناً خفيفة، متوسطة و ثقيلة، ما هي الاختلافات التي تلاحظها في حركات الرفع؟

23.نفذ تمرين الجلوس المستقيم، رفع الجذع بمعدل 30 درجة تحت الحالات التالية:

- ✓ الساقين ممدودتان تماماً.
- ✓ الساقان مثنيتين بارتياح إلى الورك و الركبة.
- ✓ الساقين مثنيتين بارتياح إلى الورك و الركبة، مع شريك الإسناد الأقدام، ما هو التمرين الأسهل؟ و ما هو التمرين الأصعب؟ اكتب وصفاً نسبياً لهذه التمارين من نقطة الوقوف لمشاركة العضلات.

24.لاحظ وضعية الجلوس لعدة أفراد في الصف أو المختبر. صف التشابهات و الاختلافات التي تراها، واربط هذه بفعالية العضلة و نشاطها لإعطاء مميزات الكراسي و المناضد التي يجلس عليها الأفراد.

الفصل الثامن

علم الحركة المستقيمة للإنسان

LINEAR KINEMATICS OF HUMAN MOVEMENT

علم الحركة المستقيمة للإنسان
(LINEAR KINEMATICS OF HUMAN MOVEMENT)

بعد إكمال هذا الفصل سيتمكن القارئ من:

- ✓ مناقشة العلاقات الداخلية بين أنواع حركات الكينماتيك.
- ✓ ربط الكميات المستقيمة بشكل صحيح مع وحدات قياسها.
- ✓ وصف و تشخص تأثيرات العوامل التي تحكم مسار المقذوفات.
- ✓ توضيح سبب التحليل المنفصل للعناصر العمودية و الأفقية لحركة المقذوفات.
- ✓ تمييز المعدل و الكميات الزمنية وتحديد الظروف التي تكون عندها قادراً على اختيار و استخدام المعادلات الصحيحة لحل المشاكل التي تتعلق بعلم الحركة الخطي (kinematics).
- ✓ لماذا يقترب تعجيل العداء من الصفر في منتصف السباق؟
- ✓ كيف يؤثر حجم قدم الراقص على زمن الإنجاز.
- ✓ على أية زاوية يجب أنْ يرمى القرص أو الرمح لتحقيق المسافة القصوى؟

هذه الأسئلة جميعها تتعلق بخصائص علم الحركة الخطية (kinematics) لشكل الحركة النقي– الحركة الخطية حيث يقدم هذه الفصل دراسة مفصلة عن ميكانيكية حركة الإنسان، مع مناقشة الكميات الخطية الحركية و حركة المقذوفات.

الكميات الحركية المستقيمة LINEAR KINEMATIC QUANTITES

علم الكينماتيك هو العلم الذي يعنى بدراسة هندسة، طريقة أو شكل الحركة بالتناسب مع الزمن. يختلف هذا العلم و الذي يصف شكل الحركة عن علم الكينتك، دراسة القوى التي ترتبط بالحركة يتطلب دراسة علم الحركة الخطية والتي تهتم دراسة الشكل، الصيغة و الأسلوب و تسلسل و تتابع الحركة الخطية بمرور الزمن، دون إشارة خاصة إلى القوة أو القوى التي تسبب أو تنتج الحركة.

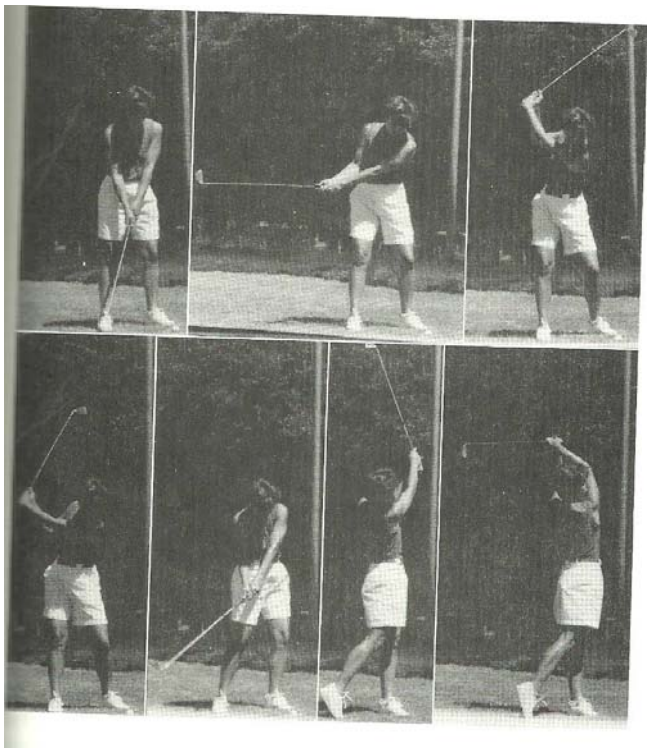
إنّ تحليلات علم الحركة الدقيق غير قابلة التقييم بالنسبة للأطباء، معلمي التربية البدنية و المدربين، عندما يتعلم الناس مهارة حركية جديدة، فإن التعديل المتطور للحركة الخطية يعكس طريقة التعلم، عندما يعيد المريض تأهيل المفصل المصاب، فإن الطبيب يبحث عن العودة التدريجية لحركة المفصل الطبيعية.

- ✓ (Kinematics):هو العلم الذي يعنى بشكل و أسلوب تسلسل الحركات بالتتابع مع الزمن.

يقيس هذا العلم علم الكينماتيك أشكال التحليل الكمية والنوعية. فعلى سبيل المثال الوصف النوعي لحركة ضرب الكرة في كرة القدم يستلزم ذلك تشخيص حركات المفصل الكبيرة بضمنها ثني الورك، مد الركبة و الثني المستقيم في الكاحل. و كذلك التحليل الحركي النوعي يكون أكثر تفصيلاً من خلال التوقيت المتتابع لحركات الجسم، والتي تنقل مرحلة وضوح وإظهار على جزء اللاعب المنفذ لمهارة ركل الكرة . وعلى الرغم من أن أغلب تحليلات حركة الإنسان تنفذ كمياً من خلال الملاحظة النظرية، فإن التحليل الكمي يصح ايضا في العلاجات البدنية، فعلى سبيل المثال فإن قياس معدل حركة المفصل المصاب تساعد في تحديد مدى الحركة التي تحتاجها التمارين عندما يقيس

المدرب انجاز الرياضي في رمي الثقل أو الوثب الطويل فإن هذا التحليل يعتبر تحليل كمي.

غالبا مايدرس علم البيوميكانيك الرياضي كمياً ملامح علم الكينماتيك الذي يعمل على تشخيص العوامل البيوميكانيكية التي ربما تحدد انجاز الرياضي الاستثنائي. يؤدي في بعض الأحيان هذا النوع من التحليل إلى تشكيل نموذج بفضل مزايا علم الميكانيك في انجاز الصوت من خلال الاستخدام العملي من قبل المدربين و الرياضيين.



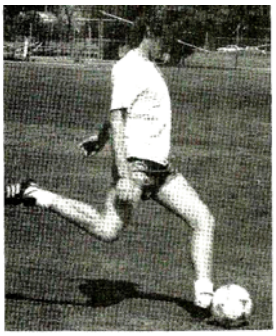
الحركة الخطية والمرجحة للاعبي الكولف

تطبق معظم دراسات علم البيوميكانيك من خلال علم حركة الإنسان الخطية (الكينماتيك) على الرياضيين غير النخبة. فقد تركزت دراسات هذا العلم المراحل مختلفة لتطور أسلوب المشي و قابلية الرمي عند الأطفال اليافعين، بالتعاون مع المتخصصين و علماء البيوميكانيك وثقت أساليب علم الميكانيك التي ترتبط بحالات عدم القدرة العامة نسبياً مثل شلل المخ، مرض داون.

وعموما يستخدم البيوميكانيك عموماً التصوير السينمائي، لتنفيذ التحليل علم الحركة الكمي الكينماتيك، و تستلزم العملية أخذ فيلم و شريط فيديو للإنجاز. و تحليل الحركة بواسطة الكمبيوتر صورة بعد صورة كما وصفت في الفصل الثاني.

المسافة و الازاحة Distance and Displacement

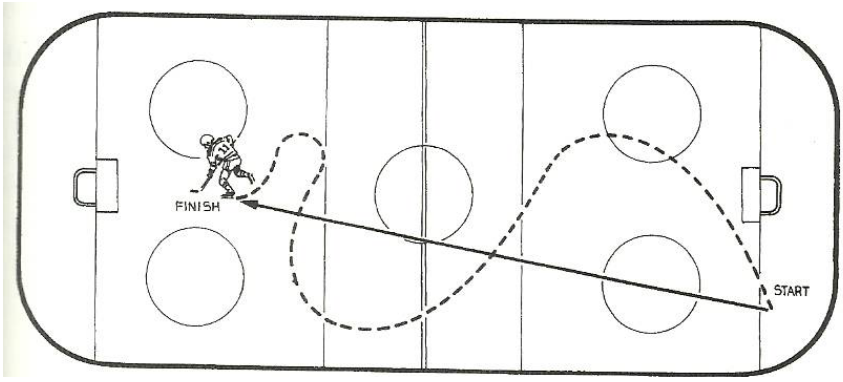
تعتبر وحدات المسافة والازاحة وحدات الطول في النظام المتري، ويكون المتر أكثر الوحدات استخداماً بالنسبة للمسافة و الإزاحة. فالكيلومتر يساوي 1000متر، و السنتمتر و هو 100/1م و الملمتر و هو 1000/1م .



وصف حركي للاعب كرة يجب أن يحتوي تشخيص حركات المفصل، إزاحات الجسم ،الانطلاقات، التعجيل، وقت الحركة و سرعة الكرة الأولية.

إما الوحدات الشائعة في النظام الإنكليزي فهي الإنج، القدم (0,30)م و الياردة (0,9م)، و الميل (1,61 كيلومتراً)، وتحلل المسافة و الإزاحة بشكل مختلف وتقاس المسافة على طول مسار الحركة. عندما يكمل العداء 1,5 دورة

حول ملعب 400م، فإن المسافة التي يقطعها العداء هي 600م (400+200م). أما الإزاحة فتقاس بخط مستقيم من الموقع الأول إلى الموقع الثاني، أو من الموقع الأولي إلى الموقع النهائي. ففي نهاية 1,5 دورة حول الملعب، فإن إزاحة العداء هي طول الخط الوهمي المستقيم الذي يقطع الساحة، بإيصال موقع العداء الأول حتى نصف طريق الموقع النهائي للعداء حول الملعب (انظر مشكلة رقم 1). فبعد إكمال دورتين حول الملعب فإن المسافة هي 800م. و ذلك لأن الموقعين الأول و الثاني هما نفس الموقعين، أما إزاحة العداء فهي صفر. عندما ينتقل المتزلج حول المزلجة الجليدية فإن المسافة التي يقطعها الزلاج يجب أنْ تقاس على طول الملاعب التي غادرها المتزلج، أمّا الإزاحة التي قطعها المتزلج فتقاس على طول خط المستقيم من الموقع الأول حتى الموقع النهائي على الجليد (شكل 1–8).



(شكل 1–8)المسافة التي يتركها المتزلج يجب أن تقاس من الأثر على الجليد، أما إزاحة المتزلج فتقاس بخط مستقيم من المكان الأول حتى المكان النهائي

اختلاف آخر و هو بأن المسافة هي كمية قياسية، أما الإزاحة فهي كمية متجهة، و بالنتيجة تتضمن ليس فقط الطول بين موقعين. كذلك فإن هنالك

أهمية مماثلة و هي الاتجاه الذي تحدث فيه الإزاحة.، فعل سبيل المثال، فإن إزاحة اليخت الذي يقطع بحراً 900م على زاوية شراع جنوباً ستكون900 جنوباً.

ومن هنا يجب أنْ يؤشر اتجاه الإزاحة في عدة طرق مقبولة و مختلفة. وتعتبر اتجاهات البوصلة، مثل الجنوب أو غرب شمال، و مصطلحات شمال و يمين، أعلى و أسفل، موجب و سالب جميع هذه المصطلحات هي مقاييس صحيحة. يعرف اتجاه الموجب على أنه الاتجاه العلوي أو إلى اليمين أما الاتجاه السالب فيخص الاتجاه السفلي أو إلى اليسار، و هذا ما يساعد في الإشارة إلى الاتجاه المستخدم بعلامات الزائد و الناقص ومن المهم جداً الثبات في استخدام النظام أو الاتفاق المتبنى لتأشير الاتجاه في سياق الكلام المأخوذ. وسيكون من الإرباك بمكان وصف إزاحة 500م شمالاً متبوعة بـ 300م إلى اليمين.

- ✓ الإزاحة Displacement :هي التغير في المكان.
- ✓ المسافة المقطوعة و الإزاحة ربما يكونان متساويان في الحركة المعطاة أو ربما تكون المسافة أكبر من الإزاحة، و لكن العكس ليس صحيحاً.

و استناداً إلى الحالة أو الوضع يمكن ان تكون المسافة أو الإزاحة أكثر أهمية من الأخرى، حيث تنصب عدة مجالات للسباق كل 5كم و10كم و ذلك كي يكون خط النهاية جدار واحد أو اثنين من خط البداية، فالمشاركون في هذه السباقات عادة ما يستفيدون من عدد الكيلومترات المسافة المقطوعة بينما بتزايد على طول السباق مجال او مضمار السباق ، أما في حالات أخرى فإن الإزاحة تكون أكثر أهمية. فعلى سبيل المثال، فإن سباقات (الترايثلون) يتطلب السباحة عبر البحيرة ، و نتيجة لكون الخط المستقيم تماماً في السباحة غير ممكن، فإن المسافة الحقيقية التي يقطعها السباح تكون دائماً أكبر نوعا ما منها في عرض البحيرة (شكل 2–8). و على أية حال، فإن مضمار السباق قد يهيئ

كي يكون الطول المحدد لمجرى السباحة هو طول الإزاحة بين نقاط الدخول و الخروج على البحيرة

- ✓ الترايثلون(Triathlon): يبدأ السباق بالسباحة، ثم قيادة الدراجة، وينتهي بالعدو وتتبع كل مرحلة سابقتها مباشرة دون توقف.

يمكن أنْ تكون المسافة المقطوعة و مقدار الإزاحة متطابقان عندما يتحرك المتزلج إلى الأسفل بمسار مستقيم خلال الغابات، فكلا المسافة و الإزاحة ستكون متساويان. و بأي حال فإن ممر الحركة لن يكون مستقيماً، أمّا المسافة المقطوعة و حجم الإزاحة فستكونان مختلفتين.

السرعة و سرعة الانطلاق (speed and velocity)

إن الكميتين الموازيتين المسافة و الإزاحة هما السرعة و سرعة الانطلاق غالباً ما يستخدم هذين المصطلحين وبشكل مترادف في الأحاديث العامة.اذ ان الكميتين الموازيتين للمسافة والإزاحة هما السرعة وسرعة الانطلاق أما في علم الحركة فلها معاني محددة و مختلفة. فالسرعة هي كمية قياسية تعرف على أنها المسافة المقطوعة مقسمة على الزمن:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

- ✓ سرعة الانطلاق هي معدل تغير المكان أو الإزاحة التي تحدث خلال فترة من الزمن

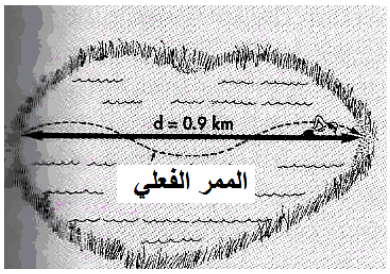
$$\text{سرعة الانطلاق} = \frac{\text{الازاحة}}{\text{الزمن}}$$

- ✓ إن النظام المتري نظام ثابت للقياس في أكبر الدول عدا الولايات المتحدة.
- ✓ الإزاحة و سرعة الانطلاق هما كميات متجهة لسرعة ومسافة الكميات القياسية.

شكل2–8 يعبر سباح يعبر بحيرة بعرض 0,9 كيلومتر في 30 دقيقة، ما سرعة انطلاقه؟ هي يمكن حساب معدل سرعته؟

المعلوم

بعد قراءة المشكلة بعناية،الخطوة التالية هي وضع مخطط لحالة المشكلة عارضاً جميع الكميات المعلومة أو المستنتجة من حالة المشكلة.



الحل

في هذه الحالة، نعمم بأن إزاحة السباح هي 0,9كم. إضافة إلى لا نعلم شي حول المسار الذي يجب أن يتبعه السباح. الخطوة التالية هي تحديد الشكل المناسب لاستخدام و بإيجاد الكمية المعلومة، و هي سرعة الانطلاق.

$$\text{سرعة الانطلاق} = \frac{\text{٠.٩كم}}{\text{٠.٥ ساعة}}$$

سرعة الانطلاق = 1,8 كيلومتر/ساعة

تحسب السرعة على أنها المسافة مقسومة على الزمن. وعلى الرغم من أننا نعرف الوقت لعبور البحيرة، فنحن لا نعلم و لا يمكننا أن نخمن أو أنْ نتوقع من المعلومات المأخوذة المسافة المقطوعة بواسطة السباح. و لذلك فإننا لا نستطيع حساب سرعة الرياضي.

طريقة أخرى للتعبير عن التغير في المكان و هي:

الموقع2 – الموقع1، في أي موقع أول يمثل موقع الجسم في نقطة واحدة من الزمن و الموقع2 يمثل موقع الجسم في النقطة التالية:

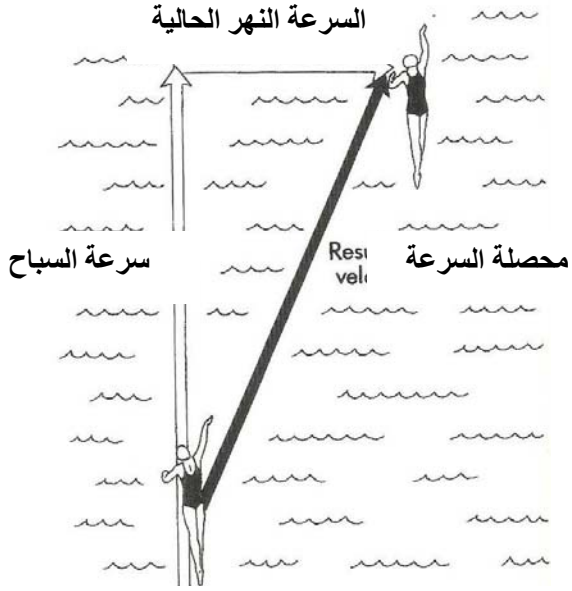
$$\text{سرعة الانطلاق} = \frac{\text{موقع ٢- موقع ١}}{\text{الزمن ٢- الزمن ١}}$$

ولأن سرعة الانطلاق تعتمد على الإزاحة؛ فهي كذلك كمية متجهة وبالنتيجة، فإن وصف سرعة الانطلاق يجب أنْ يتضمن الإشارة إلى كل من مقدار و اتجاه الحركة. فإذا كان اتجاه الحركة موجباً، فإن سرعة الانطلاق ستكون موجبة، و إذا الاتجاه سلبي، فإن سرعة الانطلاق كمية سلبية ويمكن ان تمثل التغير في سرعة انطلاق الجسم يجب أنْ تمثل سرعته اتجاه الحركة أو كلتيهما.

عندما تأثر أكثر من سرعتي انطلاق، فإن قوانين جبر المتجهة والمؤشر تحكم السرعة النهائية و اتجاه الحركة الناتجة. فعلى سبيل المثال، فإن المسار المأخوذ حقيقة بواسطة السباح العابر لنهر يحدد عن طريق متجهة لسرعة السباح في الاتجاه المطلوب و سرعة جريان النهر (شكل3–8) ستعطيك عينة المشكلة الموضحة في الشكل 4–8 توضيحاً لهذه الحالة.

إن وحدات السرعة و سرعة الانطلاق هي وحدات طول مقسومة على وحدات الزمن والوحدات الشائعة في النظام المتري للسرعة و سرعة الانطلاق هي الأمتار لكل ثانية (م/ث) و الكيلومتر لكل ساعة (كم/ساعة). وعلى أية حال فإن أي وحدة طول مقسومة على وحدة الزمن تنتج وحدة مقبولة للسرعة و سرعة الانطلاق.

- ✓ إن وحدتي السرعة و سرعة الانطلاق هما دائما وحدات طول مقسومة على الزمن.



شكل 3-8 إن سرعة انطلاق السباح في النهر هي كمية متجهة لسرعة انطلاق السباح و سرعة الجريان.

وعلى سبيل المثال، فإن سرعة 5م/ث يمكن كذلك أنْ يعبر عنها 5000ملم/ث أو 18,000م/ساعة، و هي عادة ما تكون عملي اكثر في عملية اختيار الوحدات التي تنتج في التعبير عن الكمية في الصيغة الأصغر و الأكثر تنظيما.

عند مشي الإنسان، فإن السرعة هي حاصل طول الخطوة و تردد الخطوة. البالغين عند السرعة وعادة مايميل إلى المشي بخطوات سريعة أطول و تردد خطوة أسرع أكثر مما هو في فترات و حالات قضاء الفراغ. و لغرض المشي بخطوات بطيئة فإن النساء يلبسن حذاءً ذو كعب عالٍ. غالباً ما يصعب على كبار السن زيادة طول الخطوة دون فقدان التوازن ببساطة فان طول الخطوة عند الركض هو ليس وظيفة من وظائف طول الجسم للرياضي . إنّ طول الخطوة خلال الركض لا يسهل وظيفة رفع جسم الرياضي، و لكنه يوضح تأثره بتركيب

ليف العضلة و لباس القدم و حالة التعب و تأريخ الإصابة و درجة ميل سطح الركض.إنّ العداءين الذين يركضون بخطوة بطيئة يميلون إلى زيادة سرعة الانطلاق في البدء عن طريق زيادة طول الخطوة اما في السرعات العالية فإن العداؤون يعتمدون بشكل أكبر على زيادة تردد الخطوة لزيادة سرعة الانطلاق ويتوجب تجنب استخدام طول خطوة طويلة بما يشكل مصدر الخطورة على التواء أربطة عضلات الركبة. إن أولئك الذين يمارسون تمرين الركض عادة ما يفضلون تردد الخطوة المأخوذ فوق المعدل البطيء لتكييف سرع الركض وهنالك سبب واحد ربما يرتبط باقتصاد الركض استهلاك الأوكسجين لتنفيذ مهمة محددة . غالبية العدائين يميلون لاختيار توحيد طول الخطوة و تردد الخطوة والذي يودي إلى تقليل الكلفة البدنية للركض. و مثلما ما نوقش في الفصل الأول ان العديد من أضاف الحيوانات تنفذ نفس الشيء .

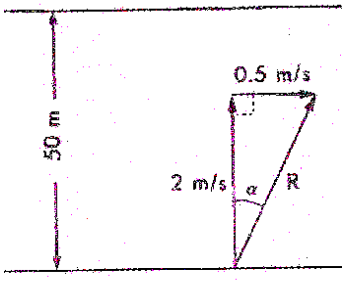
بما إنّ زيادة السرعة مهمة في فعاليات العدو، فقد ركز علماء البيوميكانيك على مزايا علم الكينماتيك و التي تصاحب الانجازات السريعة في الركض و التزلج و سباقات الدراجات و السباحة و مسابقات التجديف. وقد أوضح الباحثون بأنّ أفضل العدائين من الإناث و الذكور يتميزون عن نظرائهم الأقل مهارة عن طريق تردد الخطوة العالي جداً و أوقات الاتصال القصيرة بالأرض إضافة إلى ذلك فان أطوال خطواتهم متوسطة أو أكبر قليلاً من المتوسط وبالمقابل فإن المتزلجين الأكثر سرعة لهم أطوال دورة بمعدل أكبر من المتوسط.

أوضح البحث حول علم حركة التزلج بأن أفضل متزلجي الجليد يبدون تفوقاً نتيجة المعدلات العالية للخطوة، بينما يتميز رياضيي عربة التزحلق بالخطوات الأطول عند تحليل سباقات العدو عادة ما تعتمد المقارنات على اسلوب الخطوة أكثر من دراسة سرعة الانطلاق أو السرعة على اعتبار إنّ المشي البطيء هو نقيض السرعة و على عكس وحدات المسافة المقسومة على وحدات المسافة، فالخطوة موجودة كوحدة زمن مقسومة على وحدات المسافة

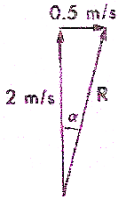
والخطوة هي الزمن المأخوذ لقطع مسافة معينة و عموماً فهي الدقائق لكل كم أو الدقائق لكل ميل.

إنّ سرعة الركض هي حاصل طول و تردد الخطوة

شكل 4-8 يمثل سباح يميل جسمه عمودياً إلى ضفتي نهر متوازيتين، فإذ كانت سرعة انطلاق السباح هي 2م/ث، و سرعة انطلاق جريان النهر هي 0,5م/ث، فما هي سرعة انطلاق السباح الناتجة؟ ما المقدار الحقيقي الذي يجب أنْ يسبحه السباح للوصول إلى الجانب الآخر في حالة كون نصف المسافة للضفة 50م؟



الحل:



المخطط يوضح اتجاه سرع انطلاق السباح و الجريان المرسوم يمكن أنْ نجد سرعة الانطلاق الناتجة تخطيطياً بواسطة قياس الطول و ميل المتجه الناتج لسرعتي الانطلاق المعلومتين.

أ هو تقريباً 0,2م/ث

أ هو تقريباً 15 ثانية

إنّ السرعة الناتجة يمكن أنْ تكون موجودة باستخدام علاقات هندسة المثلثات، يمكن أنْ تحسب سرعة الانطلاق الناتجة باستخدام نظرية فيثاغورس:

$R2 = (2\text{م/ث}) + 2 + (0.5\text{م/ث})2$

$R = \sqrt{(2\text{م/ث}) + 2 + (0.5\text{م/ث})2}$

$R = 2.06\text{م/ثا}$

اتجاه سرعة الانطلاق الناتجة تحسب باستخدام علاقة الجيب تمام

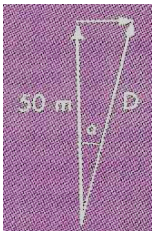
$R \text{ جتا} \theta = 2\text{م/ث}$

$(2{,}06\text{م/ث}) \text{ جتا} \theta = 2\text{م/ث}$

$\theta = \text{جتا}^{-1} \left[\frac{2\text{م/ثا}}{2.06\text{م/ثا}} \right]$

$\theta = 14$ درجة

في حالة انتقال السباح بخط مستقيم في اتجاه سرعة انطلاقه الناتجة، فيمكن أنْ نستخدم علاقة الجيب تمام الحساب إزاحته الناتجة.



$D \text{ جتا} \theta = 50\text{م}$

$D \text{ جتا } 14 = 50\text{م}$

$D = 51{,}5\text{م}$

هنالك طريقة أخرى لمعرفة التغير في سرعة الانطلاق س2− س1، و التي تمثل فيها س1 نقطة معينة في وقت معين و س2 تمثل السرعة في النقطة الاخرى.

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{س٢} - \text{س١}}{\text{التغير في الزمن}}$$

إن وحدات التعجيل هي وحدات السرعة مقسومة على وحدات الزمن.

فإذا زاد تعجيل سيارة من سرعتها بـ (1كم/ساعة) لكل ثانية، فإن تعجيلها هو 1كم/ساعة/ث اما إذا زاد تعجيل متزلج من سرعته بـ (1م/ث) لكل ثانية، فإن التعجيل هو 1م/ث/ث.في المصطلحات الرياضية، فمن الأبسط تمثيل تعجيل المتزلج بـ (1م/ث2). إنّ الوحدة الشائعة للتعجيل هي م/ث2 في النظام المتري.

التعجيل Acceleration

نحن نعرف بأن توالي الضغط للأسفل أو ترك دواسة التعجيل لترتفع للاعلى a لتسرع لسيارة عادة ما يعمل على تغيير في سرعة وانطلاق السيارة و يعرف التعجيل على أنه معدل التغير في سرعة انطلاق أو معدل التغير في سرعة الانطلاق الحاصلة في فترة زمنية معينة.

$$\text{ا} = \frac{\text{التغير في سرعة الانطلاق}}{\text{التغير في الزمن}}$$

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{التغير في السرعة}}{\text{التغير في الزمن}}$$

✓ Acceleration : هو معدل التغير في السرعة

إنّ التعجيل هو معدل التغير في السرعة أو الدرجة التي تتغير عندها السرعة بالتناسب مع الزمن. فعلى سبيل المثال فإن تعجيل جسم في الاتجاه المعاكس في معدل ثابت 2م/ث2 يعني زيادة سرعته بـ(2م/ث). فإذا كانت سرعة الجسم الابتدائية تساوي صفر تصبح سرعته 2م/ثا وبعد ثانية أخرى ستكون سرعته 4م/ثا وبعد ذلك بثانية ستكون سرعته 6 م/ثا.

عند الاستخدام العام يعني مصطلح التعجيل الزيادة او النقصان في السرعة. فإذا كانت س2 أكبر من س1، إذا علمت بأن س تعني السرعة، سيكون التعجيل رقماً موجباً، و الجسم عند الحركة سترتفع سرعته مع الزمن، و على أية حال

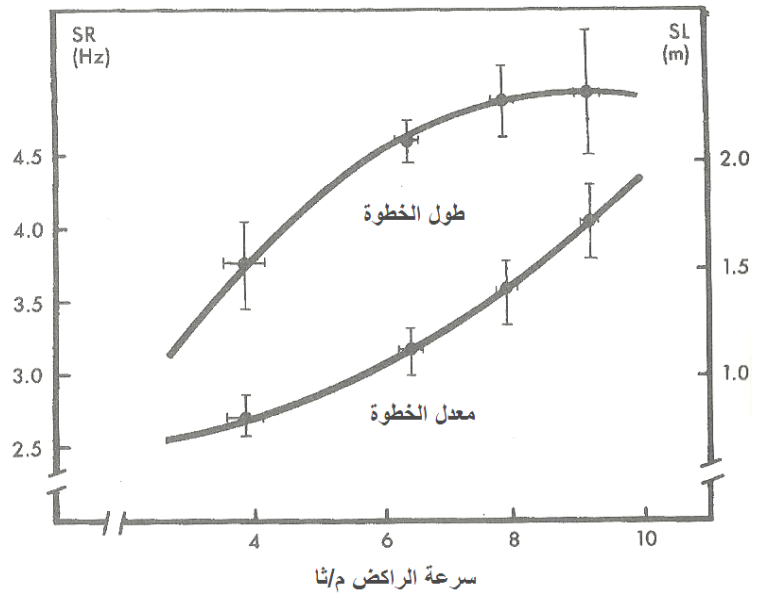
ولأن في بعض الأحيان من المناسب أنْ نميز اتجاه الحركة على أنه موجب أو سالب، فإن القيمة الموجبة للتعجيل ربما لا تعني الارتفاع في سرعة الجسم.

في حالة وصف اتجاه الحركة في مصطلحات غير من الموجب و السالب، فالقيمة الموجبة للتعجيل لا تشير على أنها ارتفاع في السرعة. فعلى سبيل المثال ، إذا كانت سرعة العداء 3م/ث و 5م/ث فيم بعد ثانية، فإن حساب التعجيل الحاصل سينتج رقماً موجباً لأن 1س = 3م/ث، 2س=5م/ث، ز=1ث.

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{٢ س} - \text{١س}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{٥م/ثا} - \text{٣م/ثا}}{\text{١ ثا}}$$

$$= 2\text{م/ثا}2$$



شكل 5-8 إن التغيرات في طول و معدل الخطوة في سرعة الركض من العوامل المؤثرة على سرعة الركض.

وعندما يوصف اتجاه الحركة بمصطلحات أخرى غير الموجب و السالب، وعندما تكون السرعة الثانية 2س أكبر من السرعة الأولى 1س فإن التعجيل سيكون رقماً موجباً، و اتجاه المسألة سيكون الزيادة في السرعة.

كذلك يمكن افتراض التعجيل على أنه قيمة سالبة. و طالما يوصف اتجاه الحركة في مصطلحات غير الموجب و السالب، فإن التعجيل السالب يشير الى بطيء الحركة أو أن سرعته تنخفض. فعلى سبيل المثال عندما ينزلق لاعب البيسبول ليقف فوق الصفيحة الدائرية، فإن تعجيله سيكون سلبيا. إذا كانت سرعة لاعب البيسبول 4م/ث عندما ينزلق بزمن 0,5 ثانية التي توقف الحركة 1س = 4م/ث 2س = صفر و الزمن = 0,5ث، فإن التعجيل سيحسب كالآتي:

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{٢ س} - \text{١ س}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{ت} = \frac{\text{٠} - \text{٤م/ثا}}{\text{٠.٥ ثا}}$$

ت=−8م/ث2

إن الانزلاق باتجاه القاعدة يتطلب تعجيلاً سلبياً للاعب البيسبول

عندما تكون 1س أكبر من 2س في مثل هذه الحالات، فإن التعجيل سيكون سالباً. تعطي المسألة في (شكل 6−8) مثال آخر للحالة التي تستلزم التعجيل السلبي.

إنّ فهم التعجيل يصبح أكثر تعقيدا عندما يكون احد الاتجاهين موجبا والاتجاه المضاد سالبا . و في هذه الحالة فالقيمة الموجبة للتعجيل يمكن أن تشير إما إلى أن المادة في حالة ازدياد في السرعة في الاتجاه الموجب أو بأن

أنها تنخفض بالاتجاه السالب (شكل6-8). حالة كرة ساقطة من اليد بينما تسقط الكرة بشكل أسرع و أسرع بسبب تأثير الجاذبية، فهي تكتسب سرعة، فعلى سبيل المثال 0,3م/ث إلى 0,8م/ث، و لأن الاتجاه السفلي يعتبر هو الاتجاه السلبي، فإن سرعة الكرة حقيقة -0,3م/ث إلى -0,5/ث إلى 0,8م/ث، إذا كانت س1 = 0,3م/ث ، س2 = 0,5م/ث، و الزمن = 0,02ث ، فيحسب التعجيل كالآتي:

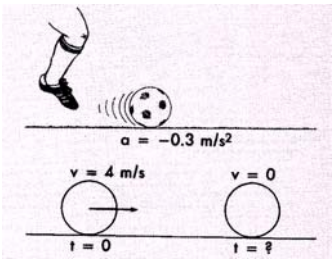
$$\text{التعجيل} = \frac{\text{س٢ - س١}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{ت} = \frac{-٠.٥\ \text{م/ثا} - (-٠.٣\ \text{م/ثا})}{٠.٢\ \text{ثا}} = -١٠\ \text{م/ثا٢}$$

شكل 6-8 لاعب كرة قدم يدحرج كره في ساحة، في الزمن صفر السرعة الآنية للكرة هي 4م/ث، إذا كان تعجيل الكرة ثابتاً على -0,3م/ث2، فما هو الطول الذي ستأخذه الكرة للتوقف؟

المعلوم

بعد قراءة المسألة بعناية، فإن الخطوة التالية هي أنْ نقوم تخطيط حالة المسألة، موضحين كافة الكميات المعلومة.



الحل

الخطوة التالية هي تشخيص الصيغة المناسبة لإيجاد الكمية الغير معلومة.

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{س٢ - س١}}{\text{الزمن}}$$

الكميات المعلومة يمكن أن تملأ لحل الزمن غير المعلوم:

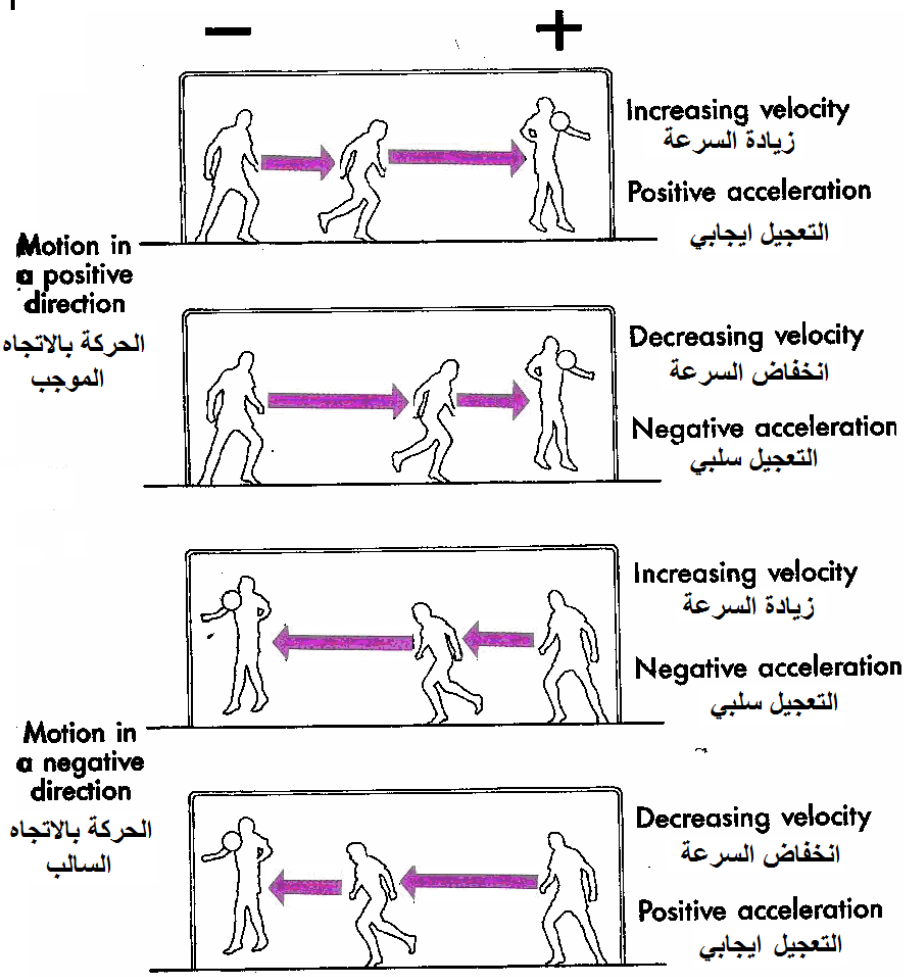
$$-٠.٣\ \text{م/ثا٢} = \frac{٠ - ٤\ \text{م/ثا}}{\text{الزمن}}$$

لإعادة الترتيب بالتساوي نستخدم الآتي:

$$\text{الزمن} = \frac{\text{٠ ـ ٤ م/ثا}}{\text{ـ ٠.٣ م/ثا}}$$

تبسيط المعادلة على الجانب الأيمن بالتساوي لدينا الناتج و هو

الزمن = 13,3ث



(شكل7–8) الأيمن يشير إلى الاتجاه الموجب و اليسار يشير إلى الاتجاه الموجب التعجيل يجب أن يكون إيجابياً، سلبياً، أو يسار الصفر بالاعتماد على اتجاه الحركة و اتجاه التغير في السرعة.

وفي مثل هذه الحالة، تزداد سرعة الكرة حتى يكون تعجيلها سلبياً لأن سرعتها تزداد بالاتجاه السالب. في حالة كون التعجيل سلبياً فأن السرعة اما ان تزداد في الاتجاه السالب أو تنخفض في الاتجاه الموجب و بالتبادل أذا أصبح التعجيل موجباً، فإن السرعة أما أن تزداد في الاتجاه الموجب أو ان تنخفض في الاتجاه السالب.

البديل الثالث هو أنْ يكون التعجيل يساوي صفراً. ويكون التعجيل صفراً عندما تكون السرعة ثابتة ذلك عندما تكون س1 و س2 متساويتان، في منتصف عدو 100م، تعجيل العداء يجب أنْ يكون التعجيل قريباً إلى الصفر و ذلك لأنه في تلك النقطة يجب على العداء الركض بسرعة ثابتة قريبة للسرعة للقصوى.

إن التعجيل و مصطلح (deceleration) (مصطلح نقيض مصطلح acceleration) و له ارتباط بإصابة جسم الإنسان بما ان تغيير السرعة تنتج من استعمال القوة.

حيث ان إن الرباط الصليبي الأمامي الذي يعمل على الحد من الانزلاق الأمامي للفخذ فوق البروزين الضنبوبيين عن ثني الركبة، غالباً ما يصاب عند الرياضيين الذين يحاولون التوقف عن الركض بشكل سريع أو عند تغيير الاتجاه السريع.

فمن المهم أنْ نعرف أن التعجيل كمية متجهة فان تغيير الاتجاهات، حتى عند المحافظة على سرعة ثابتة، تمثل التغير في التعجيل. فكرة التعجيل الزاوي مع تغير ثابت بالاتجاه ستناقش في فصل اخر. إن القوى المرتبطة يتغير التعجيل التي يعتمد على التغير في الاتجاه يجب أنْ تكون متساوية للمتزلجين و متسابقي الدراجات بشكل خاص.

- ✓ عندما يكون التعجيل صفراً، فإن السرعة تكون ثابتة

المعدل و الكميات الآنية Average and Instantaneous Quantities

من المهم أن نعمل على تحديد السرعة أو التعجيل لمادة معينة أو لجسم في وقت معين فعلى سبيل المثال السرعة الآنية للثقل أو القرص في اللحظة الآنية التي يطلق فيها الرياضي والتي تؤثر بشكل كبير في المسافة التي تصلها الأداة في بعض الأحيان فإنه يكفي أنْ نعطي كمية لمعدل لسرعة أو السرعة الإنجاز الكلي.

عندما تحسب السرعة أو سرعة الانطلاق، فإن إجراءات الحساب تعتمد على أنه المعدل أو القيمة الزمنية (الآنية) هي كمية مقدار التأثر يحسب معدل سرعة الانطلاق على أنها الإزاحة النهائية مقسومة على فترة الزمن الكلية، اما معدل التعجيل فيحسب على أنه الاختلاف في السرعة الأولية و السرعة النهائية مقسوماً على فترة الزمن الكلي. يمكن أنْ يقرب حساب القيم الآنية أو الزمنية بتقسيم الفارق في السرعة على فترة الزمن القليلة جداً.

يمكن حساب سرعة الانطلاق على أنها اشتقاق من الإزاحة، و التعجيل على أنه اشتقاق سرع الانطلاق.

يعتبر اختيار فترة الزمن التي تكون عندها السرعة و سرعة الانطلاق كمية ذات مقدار مهم جدا عند تحليل الإنجاز الرياضي في سباقات العدو، فالعديد من الرياضيين يحافظون على الرقم العالمي في النصف الأول من المسابقة أو ثلاثة أرباع المسابقة. لكنه يبطئون في نهاية السباق بسبب التعب. وفي دراسة شملت العداءات الإناث في المدرسة العليا سباق 100م ركض، وجد بأنّ سرع الركض القصوى لـ 8,0 إلى 8,4م/3 وصلت إلى 23 إلى 37 من البداية و بأن معدل 7,3٪ من السرعة القصوى فقدت عندما وصل العداؤون 10م الأخيرة بالتعاقب فإن بعض الرياضيين يؤدون بخطوة ثابتة خلال بعض أقسام السباق و من ثم الوصول إلى السرعة القصوى في نهاية السباق. وباق الاطول يشكل مزيد من

المعلومات المفقودة والمحجوبة عندما يسجل الزمن النهائي او معدل السرعة فقط .

السرعة الآنية للقذف في لحظة الانطلاق تحدد بشكل رئيسي الإزاحة العمودية النهائية للقذف

- ✓ المقذوفات projectile:الجسم في حالة السقوط الحر خاضع فقط لقوى الجاذبية و مقاومة الهواء.
- ✓ عندما يكون التعجيل صفراً، فإن السرعة تكون ثابتة.

علم الكينماتيك و حركات الرمي kinematics of projectile motion

إن الأجسام التي ترمى في الهواء تعتبر من المقذوفات ، ككرة السلة و القرص و قافز العالي جميعها تعتبر أجساماً مرمية في الهواء طالما أنها تتحرك في الجو دون مساعدة .

واستنادا على المقادير المختلفة المؤثرة فان إن الإزاحة الافقية الناتجة للجسم المرمي تحدد الفائز في سباقات الساحة كدفع الجلة و رمي القرص أو رمي الرمح، اما بالنسبة الى واثبي العالي و قافزي الزانة، فإن الإزاحة العمودية القصوى هي فيصل الفوز بمثل هذه المسافات. أما قافزي الفضاء فيجمعون لكلتا الإزاحتين العمودية و الأفقية للهبوط قدر الإمكان قريباً من الهدف على الأرض.

و على أية حال، فليست كل المواد التي تطير في الهواء هي أجسام مرمية. فالمرمي هو جسم في سقوط حر خاضع لقوى الجاذبية و مقاومة الهواء فقط . و لذلك فالمواد كطائرة الهواء و الصواريخ لايمكن اعتبارها أجسام مرمية و ذلك لأنها تتأثر بالقوى المتولدة من محركاتها.

جسم الإنسان يصبح مرمياً خلال مرحلة القفز

المركبات العمودية و الأفقية Horizontal and Vertical Components

تماماً مثلما هو ملائم لتحليل الحركة العامة في مصطلحات مركباتها المستقيمة و الزاوية، فمن المنطقي تحليل المركبات الأفقية و العمودية لحركة الجسم المرمي بشكل منفصل .

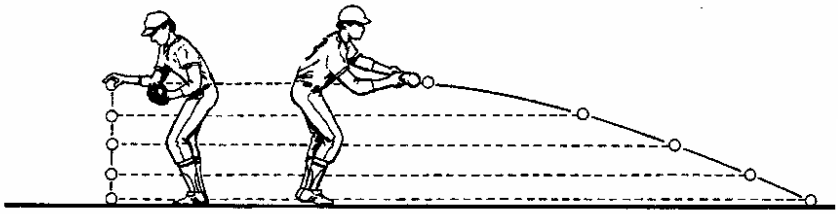
و هذا صحيح لسببين:

الأول :إنّ المركبة العمودية تتأثر بالجاذبية بينما لا قوة (بإهمال قوة الهواء) تؤثر على المركبة الافقية .

ثانياً :إنّ حركة المركبة الافقية ترتبط بمسافة الجسم المرمي، و المركبة العمودية ترتبط باقصى ارتفاع منجز عن طريق الجسم المقذوف . تكون سرعة الجسم المرمي في الهواء متغيرة بشكل ثابت نتيجة للقوى المؤثرة عليه، فعندما

نتفحص و بشكل منعزل فإننا سنجد المركبتين الأفقية و العمودية لسرعة الجسم المرمي تتغيران بالتأكيد.

إنّ مركبتي حركة الجسم المرمي العمودية و الأفقية تعتمدان إحداهما على الأخرى. فعلى سبيل المثال الموضح في الشكل 8-8 فكرة السلة الساقطة من ارتفاع 1م في نفس اللحظة التي تطلق فيها كرة ثانية عمودياً بواسطة مضرب على ارتفاع1م. فكلا الكرتين تهبطان في ساحة بنفس الوقت نتيجة للمركبتين العموديتين لحركتيهما متشابهتان و متطابقتان. و على أية حال، فنتيجة لأن خط القذف له مركبة عمودية للحركة، فإنه كذلك يقطع بعض الإزاحة الافقية .



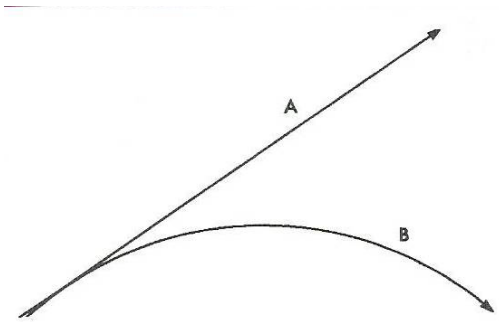
(شكل 8-8) المركبتان الأفقية و العمودية لحركة المقذوف مستقلتان، فالكرة التي تضرب عمودياً لها نفس المركبة مثل الكرة الساقطة بدون سرعة عمودية

تأثير الجاذبيةInfluence of Gravity

إن العامل الأكبر الذي يؤثر على المركبة العمودية و لا يؤثر على المركبة الافقية لحركة الجسم المقذوف هو قوة الجاذبية والتي تزيد تعجيل الأجسام بالاتجاه العمودي باتجاه سطح الأرض (شكل9-8)،خلاف ذلك فان عوامل تتفاوت مع سرعة الريح فان قوة الجاذبية تكون من العوامل الثابتة، و قوة غير متغيرة تعمل على توليد تعجيل أفقي ثابت الى الاسفل .

باستخدام مبدأ أو فكرة الاتجاه للأعلى هو موجب و الاتجاه للأسفل هو سالب، فإن تعجيل الجاذبية يعامل على اعتباره كمية سالبة (9,81م/ث2). يبقى هذه

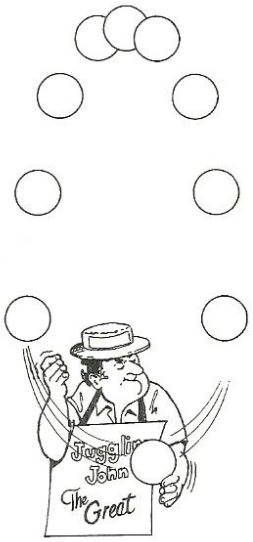
التعجيل ثابتاً بصرف النظر عن الحجم، الشكل أو وزن المقذوف. إنّ المركبة العمودية لسرعة المقذوف الأولية تحدد الإزاحة العمودية القصوى المتحققة بواسطة الجسم المقذوف من ارتفاع القذف النسبي المحدد.



شكل 9-8 تأثير قوة الجاذبية للمقذوفات أ- بدون ب- مع تأثير الجاذبية.

يوضح (شكل 9-8) تأثير الجاذبية على طيران المقذوف في حالة الكرة المقذوفة للأعلى نحو الفضاء بواسطة قاذف الكرة، حيث تترك الكرة يد القاذف بسرعة عمودية ثابتة وبينما تنتقل الكرة و تتحرك أعلى فأعلى، فإن مقدار سرعتها سينخفض ذلك لأنها تجتاز التعجيل السلبي (تعجيل الجاذبية بالاتجاه السفلي).

- ✓ في قمة أو ذروة الطيران و التي هي حالة سكون وثبات بين الارتفاع أو الهبوط، تكون السرعة صفراً.



شكل10–8 طريقة التغير في السرعة العمودية للمقذوف تكون متشابهة عند قمة القذف.

تنتج قوة الجاذبية تعجيلاً ثابتاً على الأجسام القريبة لسطح الأرض تساوي ما يعادل 9,81م/ث2.

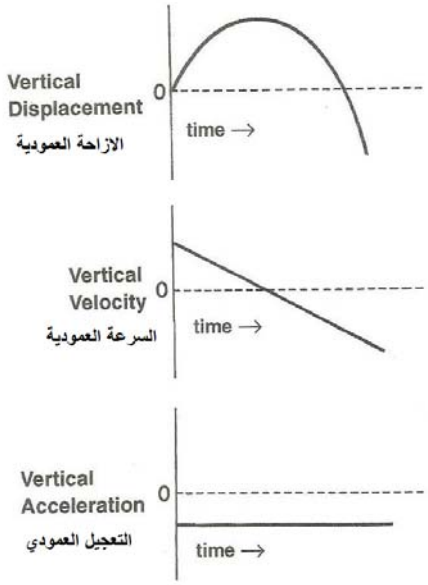
و بينما تسقط الكرة إلى الأسفل، تزداد سرعتها باضطراد مرة أخرى بسبب تعجيل الجاذبية و بما أنّ اتجاه الحركة للأسفل، فإن سرعة الكرة تصبح سالبة بشكل متزايد. في حالة مسك الكرة بنفس الارتفاع الذي قذفت منه، فإن سرعة الكرة ستكون تماماً مثل سرعتها الأولية، بالرغم من اتجاهها المعاكس. مخططات و رسوم الإزاحة العمودية، السرعة، و تعجيل الكرة المقذوفة موضح في (شكل11–8).

تأثير مقاومة الهواءInfluence of Air Resistance

إذا رمي الشيء في الفراغ (بدون مقاومة الهواء)، فإن المركبة الافقية لسرعته ستبقى تماماً نفسها خلال الطيران. و على أية حال ففي غالبية الحالات اليومية، فإن مقاومة الهواء تؤثر على المركبة الافقية لسرعة المقذوف، فالكرة المرمية بسرعة أولية معينة في منطقة خارجية ستتحرك بشكل أبعد إذا رميت بالاتجاه الخلفي ألذنبي أكثر من الاتجاه الأمامي الرأسي و ذلك لأن تأثيرات مقاومة الهواء مختلفة و متنوعة. و على أية حال، و لأغراض التبسيط، فإن المركبة الافقية لسرعة المقذوف ستسجل على أنها كمية غير متغيرة (ثابتة) الكمية في هذا الفصل.

عندما يسقط المقذوف عموديا في الهواء في حالات الحياة اليومية، فإن سرعته في أي نقطة تكون مرتبطة كذلك بمقاومة الهواء. فعلى سبيل المثال، رياضيي الفضاء، تكون سرعتهم اقل بكثير بعد فتح المظلة منها قبل فتحها.

- ✓ بإهمال مقاومة الهواء، فإن السرعة الافقية للمقذوف تبقى ثابتة خلال القذف



شكل 11–8 الإزاحة والسرعة العمودية، و التعجيل، صورة الكرة مقذوفه في الهواء تسقط إلى الأرض

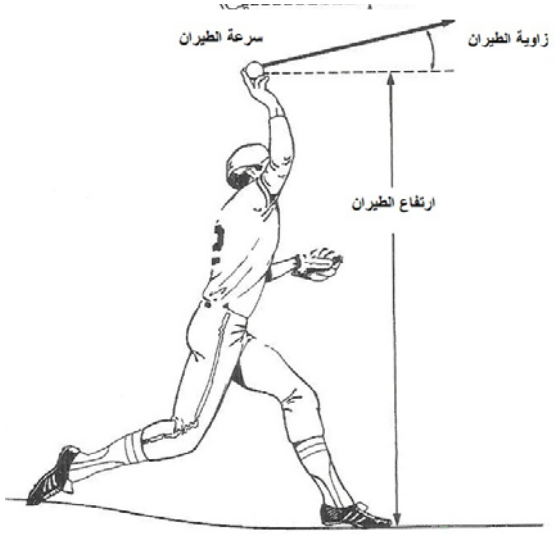
تكون زاوية الرمي مهمة في رياضة كرة السلة بشكل خاص والخطأ الشائع بين اللاعبين الصغار هو رمي الكرة بشكل مستوي

- ✓ إنّ العوامل الميكانيكية الثلاثة التي تحدد المقذوف زاوية الرمي، سرعة الرمي، و الارتفاع النسبي للرمي.
- ✓ trajectory مسار الرمي و هو مجال طيران الرمي.
- ✓ زاوية الطيران angle of projection: و هي الاتجاه الذي يرمى فيه الجسم بالتناسب مع الافق.

العوامل المؤثرة على مجال أو مسار الرمي

FACTORS INFLUNCING PROJECTILE TRAJECTORY

هنالك ثلاثة عوامل مؤثرة على (مجال الرمي) رمي المقذوف وهي زاوية الرمي و سرعة الرمي، الارتفاع التقريبي للرمي (شكل 12-8). إن فهم كيفية تأثير هذه العوامل مهم في سباق الرياضة، و ذلك لتحديد كيفية الوصول الى أفضل أسلوب لرمي الكرات والادوات الاخرى ومعرفة كيفية توقع افضل اسلوب في مسك و ضرب الكرات المرمية و التعامل بشكل صحيح معها.



(شكل 12-8) العوامل المؤثرة على مجال رمي المقذوف تتضمن زاوية الرمي، سرعة الرمي، الارتفاع التقريبي للرمي.

زاوية الرمي(الانطلاق) Projection Angle

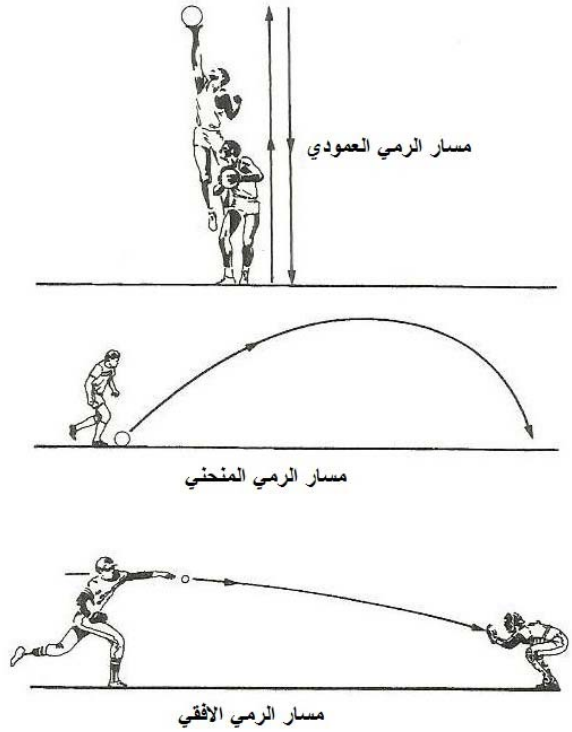
إنّ زاوية الانطلاق و تأثيرات مقاومة الهواء من العوامل المهمة التي تتحكم بشكل مسار المقذوف. و إنّ التغيرات في سرعة الرمي تأثر على مقدار مسافة الطيران او الرمي ، و لكن شكل الرمي يعتمد على زاوية الرمي. في حالة غياب مقاومة الهواء، يتخذ مجال رمي المقذوف واحداً من ثلاثة اتجاهات، بالاعتماد على زاوية الرمي. ففي حالة كون زاوية الرمي عمودية تماماً، فإن مجال الرمي سيكون عموديا بشكل كامل كذلك. وسيتبع المقذوف نفس المجال مستقيماً إلى الأعلى، و من ثم مستقيماً إلى الأسفل. أما حادة كون الزاوية مائلة (زاوية بين صفر و 90 درجة)، فإن المجال الرمي سيكون بشكل مقطعيا (parabolic) والذي يعني شكل القطع المكافئ.

سيكون القطع المكافئ متساوياً و ذلك لكي يكون نصفيه الأيمن والأيسر صورتي مرآة لكل واحد منها. إنّ الجسم المرمي أو المقذوف تماما افقي (في زاوية صفر). سيتبع مساراً مشابهاً لنصف من القطع المكافئ (شكل 13–8).

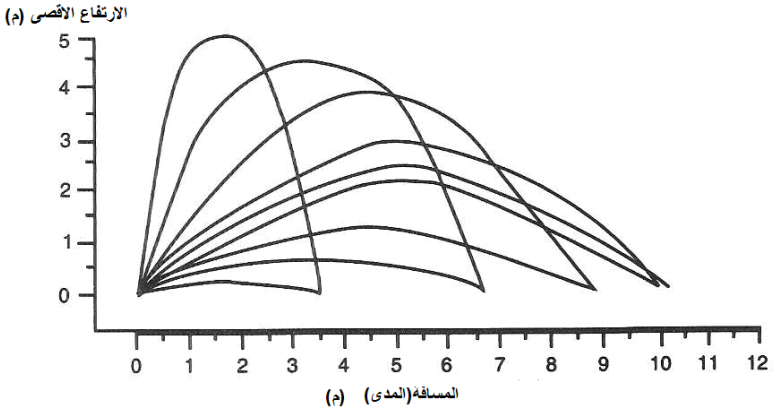
شكل 14–8 يعرض مقذوفات موزونة للمادة المرمية بزوايا مختلفة و في سرعة معينة. كرة مرمية إلى الأعلى من بزاوية رمي 80 درجة افقيا تتبع ارتفاعاً نسبياً و مساراً ضيقاً منجزة ارتفاعاً أكبر من المسافة الافقية . إنّ الكرة المقذوفة إلى الأعلى بزاوية 10 بشكل عمودي تتبع مساراً مستوياً و شكلاً أطول.

(قائمة 1-10)العوامل المؤثرة على حركة المقذوف

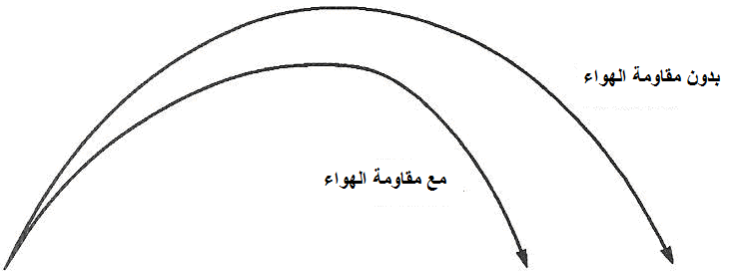
المتغيرات	العوامل المؤثرة
وقت الطيران	السرعة العمودية الأولية، ارتفاع الرمي النسبي
الإزاحة الافقية	السرعة الافقية، السرعة العمودية الأولية ،ارتفاع الرمي النسبي،
الإزاحة العمودية	السرعة العمودية الأولية ،ارتفاع الرمي النسبي
المقذوف	السرعة الأولية، زاوية الطيران ،ارتفاع الرمي النسبي.



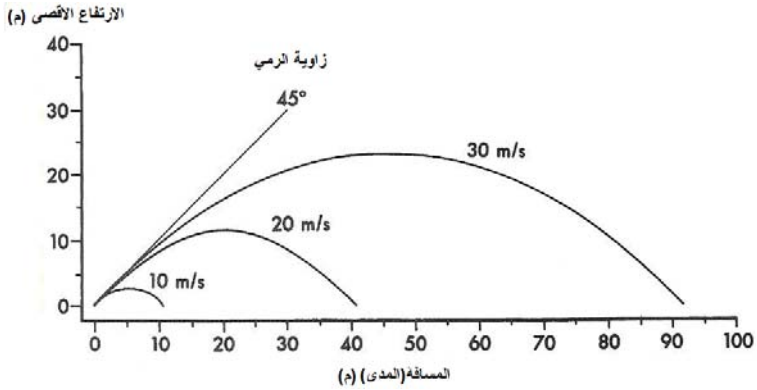
(شكل 13–8) تأثير زاوية الرمي على مسار أو مجال المقذوف



(شكل 14–8) يوضح هذا المخطط قيمة و شكل المسارات للمادة المقذوفة في 10م/ث



شكل 15–8 في الحالات اليومية تؤدي مقاومة الهواء إلى حرف مسار المقذوف



16–8 إنّ تأثيرات سرعة القذف على مسار المقذوف بزاوية رمي تبقى ثابتة

يمكن إن تؤدي مقاومة الهواء الى توليد اضطرابات في شكل و مسار المقذوف. إن التعديل النموذجي في مسار الرمي الناتج عن مقاومة الهواء موضح ومعروض في (شكل 15–8). ولأغراض تبسيط تأثيرات القوى الحركية للهواء، فستكون هذه مهملة في نقاش حركة المقذوفات.

سرعة المقذوفاتprojection Speed

عندما تكون زاوية الرمي و العوامل الأخرى ثابتة، فإن سرعة الرمي تحدد طول و حجم مسار المقذوف. فعلى سبيل المثال عندما يرمى الجسم عموديا للأعلى، فإن السرعة الأولية للمقذوف ستحدد ارتفاع ذروة الرمي، اما بالنسبة للجسم المقذوف بشكل مائل بزاوية مائلة، فإن سرعة القذف تحدد كل من الارتفاع و المسافة الافقية للقذف (شكل16-8) التأثيرات الموحدة لسرعة القذف و زاوية القذف على الإزاحة العمودية أو معدل المقذوف الموضحة في اللائحة (2-10).

إن الإنجاز عند تنفيذ القفز العمودي فوق سطح مستو تعتمد تماماً على سرعة الارتقاء، و تلك هي السرعة العمودية الأكبر عند الإقلاع أو عند النهوض، والقفز الأعلى هو المقدار الأكبر من الوقت الذي ينبغي على القافز عند الطيران (لاحظ الهامش). إنّ الزمن المطلوب لتنفيذ القفز يمكن أنْ يكون أمراً مهماً للراقصين.

إنّ عملية توحيد القفزات العمودية نحو الانجاز يجب أنْ تخطط بعناية، فإذا نفذت القفزات العمودية في غضون ثلث ثانية، فإن ارتفاع القفزات سيحدد أن ما يقرب من 12سم، تحت هذه الظروف، فيجب على الراقص أنْ يعلم بأنّ أكثر الراقصين ليس لديهم أرضية كافية صالحة لتأشير أصابعهم خلال أداء القفز.

القفز العمودي(سم)	زمن الطيران(ثا)
٥	٠.٢
١١	٠.٣
٢٠	٠.٤
٣١	٠.٥
٤٤	٠.٦
٦٠	٠.٧
٧٨	٠.٨
٩٩	٠.٩

سرعة مسار الرمي م/ثا	زاوية مسار الرمي درجة	معدل م
10	10	3.49
10	20	6.55
10	30	8.83
10	40	10.04
10	45	10.19
10	50	10.04
10	60	8.83
10	70	6.55
10	80	3.49
20	10	13.94
20	20	26.21
20	30	35.31
20	40	40.15
20	45	40.77
20	50	40.15
20	60	35.31
20	70	26.21
20	80	13.94
30	10	31.38
30	20	58.97
30	30	79.45
30	40	90.35
30	45	91.74
30	50	90.35
30	60	79.45
30	70	58.98
30	80	31.38

(لائحة 2–10) تأثير زاوية الرمي على معدل الرمي التقريبي

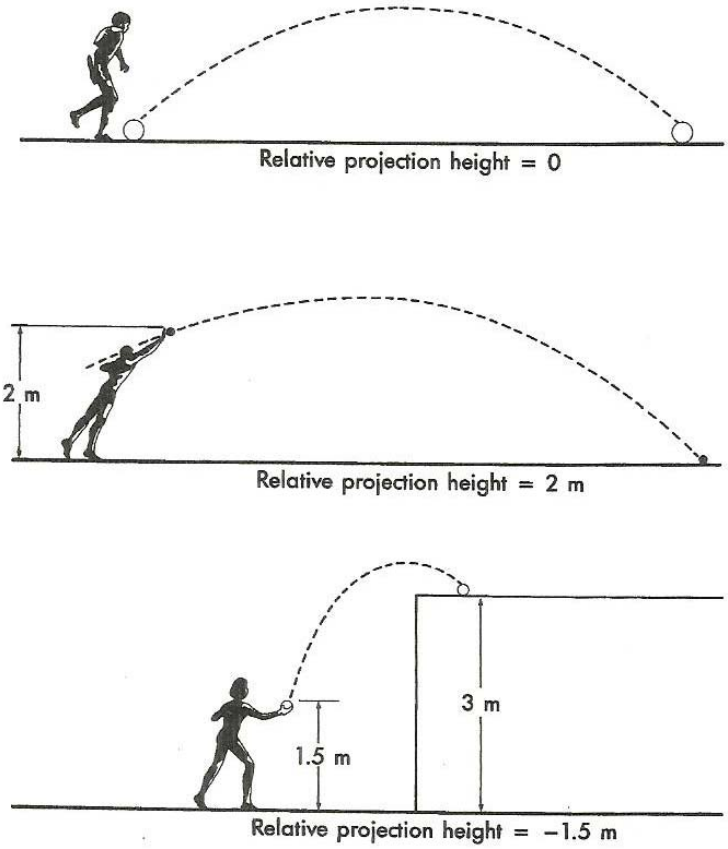
ارتفاع الرمي التقريبيRelative projection Height

إن العامل الأكبر الثالث المؤثر على مسار المقذوف هو ارتفاع الرمي (شكل17-8). هذا الاختلاف في الارتفاع عند بداية الرمي و الارتفاع الذي يهبط عنده الجسم أو يتوقف. فعندما يطلق القرص بواسطة الرامي على ارتفاع 1.5

واحد و نصف متر فوق الأرض، فإن ارتفاع الرمي التقريبي هو 1.5م و ذلك لأن ارتفاع الرمي هو 1.5م أكبر من ارتفاع الساحة أو المنطقة التي يهبط عليها القرص، وفي حال استقرت كرة الكَولف في شجرة، فإن الارتفاع التقريبي للرمي سيكون سالباً و ذلك لأنه ارتفاع الهبوط أصبح أكبر من ارتفاع الرمي.

عندما تكون سرعة الرمي ثابتة فان ارتفاع الرمي الأكبر نسبيا هو بمثابة أطول فترة للطيران واكبر إزاحة افقية يقطعها المقذوف.

في رياضة الغطس، يكون ارتفاع الرمي التقريبي هو ارتفاع لوحة الغطس أو منصة الغطس فوق الماء، في حالة ارتفاع مركز جاذبية الغطاس 1,5م فوق منصة القفز في أعلى مسار القفز فان زمن الطيران سيكون 1,2 ثا من ارتفاع 1م و 1,4 ثانية من منصة يعلو 3م. وهذا يعطي زمناً كافياً للغطاس الماهر لإكمال ثلاث قلبات هوائية من منصة بعلو 1م و 3,5 قلبه هوائية من منصة بعلو 3 م. و يتضمن ذلك محاولة الغطاس تعلم 3,5 قلبات هوائية من ارتفاع 3م، و يجب أنْ يكون أولاً قادراً و بسهولة على أداء 2,5 قلبة هوائية من ارتفاع منصة بعلو 1م.



(شكل 17–8)ارتفاع الرمي النسبي بارتفاع مختلفة

شروط القذف الصحيح Optimum projection Condition

في السباقات الرياضية التي تعتمد على تحقيق الإزاحة الافقية القصوى أو الإزاحة العمودية القصوى للمقذوف، يكون الهدف الرئيسي للرياضي هو زيادة سرعة الرمي في سباقات الرمي، و هنالك هدف آخر و هو زيادة الارتفاع و ذلك لأن ارتفاع الرمي النسبي الأكبر يولد زمن طيران أطول، و بالنتيجة إزاحة افقية أكبر للمقذوف. و على أية حال ليس من الحكمة للرامي أنْ يضحي عن سرعة الإطلاق لزيادة الارتفاع.

✓ ارتفاع الرمي النسبي هو الاختلاف بين ارتفاع الرمي و ارتفاع الهبوط.

إن العامل الذي يختلف بشكل كبير، في كل من المسابقة و المنفذ، هو زاوية القذف المطلوبة عندما يكون ارتفاع الرمي التقريبي صفراً، فإن زاوية القذف التي تولد الإزاحة الافقية القصوى هي 45 درجة. عندما يزداد ارتفاع الرمي التقريبي، فإن زاوية الرمي المتوقعة ستنخفض، و عندما ينخفض ارتفاع الرمي النسبي، فإن زاوية التفاؤل المتوقعة ستزداد (شكل 18-8).

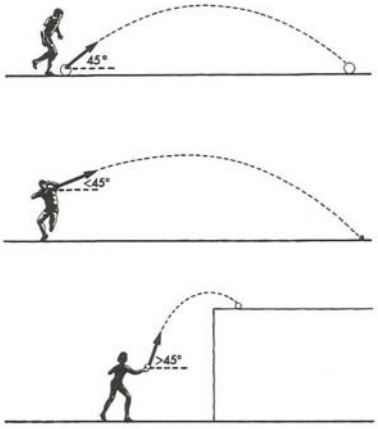
عندما يكون جسم الإنسان هو المقذوف خلال القفز، فإن تحديد زاوية القذف التفاؤلية يكون أكثر تعقيداً و ذلك عن طريق حقيقة أنّ زاوية النهوض يمكن أنْ تأثر على سرعة القذف. فعلى سبيل المثال، في سباق الوثب الطويل، و بسبب كون ارتفاعات الهبوط و النهوض، تتشابه. فمن الناحية النظرية تكون زاوية التفاؤل للنهوض هي 45 درجة بالتناسب مع الافق، وعلى أية حال فهي قد خمنت عن طريق (hay) والتي تحصل من خلالها نظرياً على زاوية النهوض التفاؤلية. حيث يمكن لقافزي الوثب العريض خفض السرعة الافقية و التي يمكنهم الحصول عليها بما يقارب 50٪ . فقد اوضح الباحثون بأنّ النجاح في الوثب العالي و الوثب الطويل و الزانة يرتبط بمقدرة وقابلية الرياضي على زيادة السرعة الافقية عند أداء حركة الارتقاء . إنّ زوايا الارتقاء الحقيقية تطبق بواسطة رياضيي الوثب الطويل النخبة وتتراوح بين 18 درجة إلى 27 درجة.

إنّ زوايا النهوض خلال المراحل الثلاثة للوثبة الثلاثية هي زوايا اصغر بالنسبة للرياضيين النخبة منها عند أولئك الذين يمارسون الوثب الطويل. اما في القفز على الجليد، حين يستفيد الرياضيون من الارتفاع الكبير النسبي بين الارتقاء و الهبوط، تكون زوايا الارتقاء صغيرة بقدر 4,6 إلى 6,2 درجة.

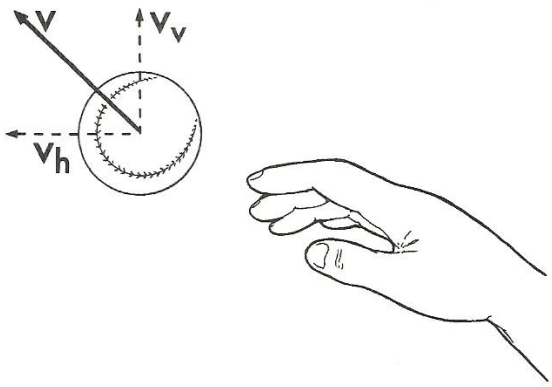
وفي مسابقة كالوثب العالي، حيث يكون الهدف هو زيادة الإزاحة العمودية، أما معدل زوايا النهوض الارتقاء بين هؤلاء القافزين المهرة فيتراوح بين 50 درجة إلى 48 درجة. وفي اسلوب الوثب بطريقة الـ(fosbry) .

أمّا في سباقات الرمي، فإن المميزات الحركية الهوائية للآلات المقذوفة تأثر على مسار الرمي. في مثل هذه الفعاليات (الثقل، القرص، الرمح، و المطرقة)، فإن قذف الثقل هو الفعالية الوحيدة التي لا تتأثر بشكل كبير بالقوى الحركية الهوائية. إنّ اما الفكرة التي تقول بأنّ زاوية الانطلاق التفاؤلية يجب أنْ لا تعمل على تقييد سرعة الانطلاق لا تزال فكرة راقية للإنجاز في فعالية رمي الثقل حيث تتراوح زويا الانطلاق المسجلة بين رماة الثقل النخبة من 36 درجة إلى 37 درجة.

- ✓ يزداد زمن طيران المقذوف بزيادة المركبة العمودية لسرعة القذف أو بواسطة زيادة ارتفاع الرمي النسبي.



شكل 18–8 عندما تكون سرعة الرمي ثابتة ، و الحركة الهوائية غير ذات أهمية، فإن زاوية الرمي الأفضل تعتمد على الارتفاع النسبي للرمي؛ عندما يكون ارتفاع الرمي النسبي صفراً، فإن زاوية 45 درجة هي زاوية التفاؤل وبينما يزداد ارتفاع الرمي النسبي، فإن زاوية الرمي الأفضل ستنخفض و بينما يصبح ارتفاع الرمي النسبي سالباً بشكل متزايد، فإن زاوية الرمي الأفضل ستزداد.



شكل 19–10 المركبتين الأفقية و العمودية لسرعة القذف

- ✓ السرعة الأولية Initial velocity : تجمع كمية المتجه كلاً من زاوية و سرعة الرمي.

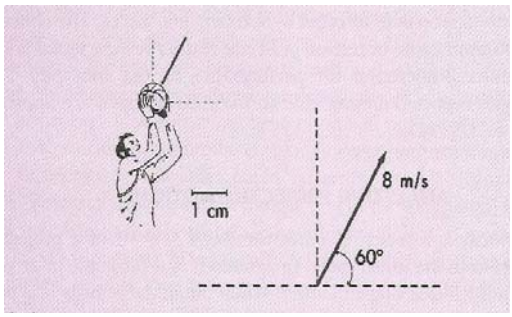
تحليل حركة المقذوف ANALYZING PROJECTILE MOTION

لأن السرعة هي كمية متجهة، فإن السرعة الأولية للمقذوف تندمج مع كل من مقدار السرعة الأولية و زاوية الرمي (الاتجاه) بكمية و مقدار واحد. عند تحليل السرعة الأولية إلى مركبتين عمودية و أفقية، فإن للمركبة العمودية سيكون سرعة أو مقدار بالاتجاه العمودي، و للمركبة الافقية سيكون سرعة أو مقدار بالاتجاه الأفقي (شكل19–8). تكون مقادير المركبتين الأفقية و العمودية على الدوام ذات كمية و ذلك حين إضافتها مع بعضها البعض ستشكل متجه أو مؤشر، متجه السرعة الناتجة سيكون مساوياً في المقدار و الاتجاه لمتجه السرعة الأولية الأصلية. ويمكن إن تكون المركبتين العمودية و الأفقية للسرعة الأولية ذات كمية سواءً كان ذلك هندسياً أو تصويرياً (شكل 20–8).

(شكل 20–8) يمثل كرة سلة مطلقة بسرعة أولية مقدارها 8م/ث و بزاوية 60 درجة، جد المركبتين الأفقية و العمودية لسرعة الكرة الأولية، هندسياً و صورياً.

المعلوم

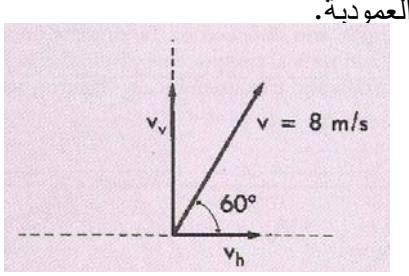
المخطط يوضح تمثيل متجه يمثل السرعة الأولية المرسومة باستخدام مقياس 1سم=2م/ث



الحل

المركبة العمودية المرسومة على طول الخط الافقي إلى الطول المساوي إلى طول متجه السرعة الأصلية و الذي يمتد بالاتجاه الافقي. أمّا المركبة العمودية فترسم بعد ذلك في نفس الأسلوب في اتجاه عمودي على الخط العمودي.

يقاس بعد ذلك أطوال المركبتين الأفقية و العمودية.



طول المركبة الأفقية = 3,5سم

طول المركبة الافقية = 2سم

لحساب مقادير المركبتين الأفقية و العمودية، نستخدم قياس 2م/ثا/سم:

مقدار المركبة الافقية:

سع = 2سم×2م/ثا/سم

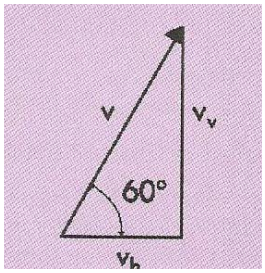
سع = 4سم/ثا

لحساب المركبة العمودية

السرعة = 3,5سم×2م/ثا/سم

السرعة =7م/ثا

لحساب السرعة الأفقية هندسياً، ارسم مثلثاً بجوانب تكون فيه المركبتان الأفقية و العمودية للسرعة الأولية ممثلتين كالآتي:



يمكن ان تستخدم علاقتي الجيب و الجيب تمام لحساب كمية المركبتين الأفقية والعمودية

س = 8م/ثا×جيب تمام 60

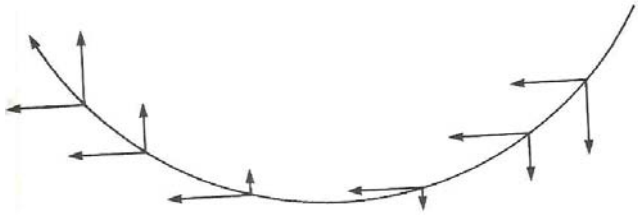
س = 4م/ثا

س = 8م/ثا×جيب 60

س = 6,9م/ثا

لاحظ بأن مقدار المركبة الافقية تكون دائماً مساوية لمقدار السرعة الأولية مضروباً بالجيب تمام زاوية القذف. و بشكل مشابه، فإن مقدار المركبة العمودية الأولية يكون دائماً مساوياً لمقدار السرعة الأولية مضروبة بجيب زاوية القذف.

- ✓ السرعة الأولية initial velocity : تجمع كمية متجه كل من زاوية وسرعة الرمي.



(شكل 21-10) المركبتين العمودية و الأفقية لسرعة المقذوف.

ملاحظة: تكون المركبة العمودية ثابتة، أمّا المركبة الأفقية فتتغير بشكل ثابت

لغرض تحليل حركة المقذوفات من الضروري أنْ تكون المركبة الافقية لسرعة المقذوف ثابتة خلال مسار الرمي و بأنْ تكون المركبة العمودية لسرع المقذوف الافقية متغيرة بشكل ثابت بسبب تأثير الجاذبية (شكل 21–8)، و بما أنّ سرعة المقذوف تكون ثابتة فسيكون التعجيل الافقي مساوياً للصفر خلال الرمي، أما التعجيل العمودي للمقذوف فيساوي النسبة الثابتة 9,81م/ث2.

معادلات التعجيل الأرضي Equations of Constant Acceleration

عندما يتحرك الجسم تعجيل ثابت (موجب، سالب، أو مساوٍ إلى الصفر)، تكون العلاقات الداخلية موجودة بين الكميات الحركية المتعلقة بحركة الجسم. هذه العلاقات الداخلية يمكن أنْ يعبر عنها باستخدام المعادلات الرياضية الأصلية المشتقة بواسطة العالم كَاليلو، و التي تعرف حالياً بقوانين التعجيل الثابت. باستخدام الرموز المتغيرة T , a, v, d (و التي تمثل الإزاحة، السرعة، التعجيل، و الوقت على التوالي) و المعادلات التالية:

$$س_2 = س_1 + ت \times ن$$

$$\text{الإزاحة} = س_1 \times ت + (\frac{1}{2}) ت \times ن^2$$

$$س_2^2 = س_1^2 + 2 \times \text{الإزاحة} \times ت$$

لاحظ بأنّ كلاً من المعادلات يتضمن تركيباً شاذاً من ثلاثة من الكميات الحركية الأربع: الإزاحة، السرعة، التعجيل، و الزمن. و هذا يعطي مرونة جيدة في حل المسائل و التي فيها كميتان معلومتان لإيجاد الكمية الثالثة.

يجب أنْ نتفحص هذه العلاقات كما طبقت للحركية الافقية لحركة المقذوف و التي يكون فيها التعجيل يساوي صفراً. في هذه الحالة كل فان مصطلح تتضمن تعجيلاً يجب أنْ ينقل من المعادلة و تظهر المعادلة كالآتي:

$س_2 = س_1$ (1H)

الإزاحة= $س_1 \times ن$ (2H)

$س_2^2 = س_1^2$ (3H)

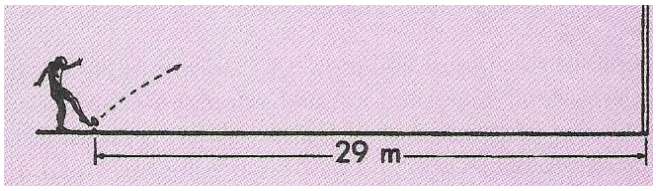
تشير المعادلات (1H) (3H) إلى ثبات المركبة الافقية لسرعة المقذوف، أما المعادل (2H) فيشير إلى ان الإزاحة الافقية تساوي ناتج السرعة الافقية و الزمن

(شكل 22-8) توقفت النقاط عند 20 إلى 20 في نهاتي بطوله AFC 1987 بين احمد علي و أمير الدليمي خلال فترة الوقت الإضافي، سنحت الفرصة لاحمد للتهديف بكرة استقرت على الرمل على مسافة 29م من أعمدة الهدف. ففي حالة ركل الكرة بمركبة افقية بسرعة أولية 18م/ث و كان زمن الطيران2ثانية.هل كانت الركلة بطول يكفي لتحقيق الهدف؟

المعلوم

س = 18ثا

التعجيل (ث) =2ث



نختار صيغة 2H لحل المسألة، بما أنّ الصيغة تحتوي اثنين من المتغيرات، السرعة الافقية والتعجيل كشيئين معلومين، و بما أنّ المتغير الغير معلوم d هو الكمية التي نريد معرفتها:

الإزاحة الافقية nd = السرعة الافقية س ع × الزمن

d = 18م/ث×2ث

d = 36م

تحركت الكرة بمسافة كافية إلى ساحة الهدف، ربح احمد المباراة، تأهل إلى النهائي.

عندما تطبق علاقات التعجيل الثابتة على المركبة العمودية لحركة المقذوف، فإن التعجيل يكون مساوياً إلى 9,81م/ث2، و لا يمكن تبسيط المعادلات بإلغاء قانون التعجيل، و على أية حال، فإن تحليل المركبة العمودية لحركة المقذوف، و السرعة الأولية (1V) تساوي صفراً في حالات مؤكدة. فعلى سبيل المثال، فعندما يسقط الشيء من موقع ثابت، فإن السرعة العمودية الأولية للشيء تكون صفراً، وفي هذه الحالة سيعبر عن معادلات التعجيل الثابت سيعبر عنها كالآتي:

(1V) س2 = ت×ن

(2V) ز = (1/2) ت×ن2

(3V) س2 = 2ت×ز

عند سقوط أي شيء فان المعادلة 1v التي ترتبط بسرعة المادة في أي لخطة تكون حاصل تعجيل الجاذبية و مقدار الزمن التي تكون فيه المادة في سقوط حر. المعادلة 2V فتشير الى أن المسافة العمودية التي تسقط خلالها المادة يمكن أنْ تحسب من التعجيل الأرضي و مقدار زمن سقوط المادة، أمّا المعادلة الثالثة 3V فتعبر عن العلاقة بين سرعة المادة و الإزاحة العمودية في زمن محدد و تعجيل الجذب الأرضي.

إنه من المفيد عند القيام بتحليل حركة المقذوف ان نتذكر بأنّ في نهاية مسار المقذوف تكون سرعة المركبة الأفقية هي صفر، و الهدف هو لتحليل أقصى ارتفاع منجز بواسطة المقذوف فان س2 في المعادلة 3 يمكن ان تساوي صفرا .

(3A) صفر = $س_1^2$+2ت× الإزاحة (ز)

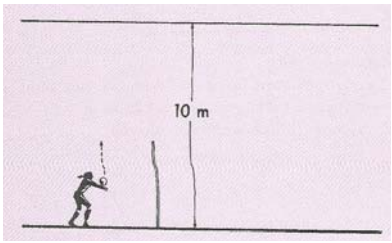
مثال للمعادلة 3A موضح في شكل 23–8، في حالة بأنّ المسألة هي لتحديد زمن الطيران الكلي، تكون هنالك طريقة واحدة لحساب الزمن للوصول إلى القمة و التي تكون نصف زمن الطيران الكلي في حالة كون ارتفاعي القذف و الهبوط متساويان. في هذه الحالة، فإن س2 في المعادلة (1) للمركبة العمودية للحركة يجب أنْ تساوي صفراً لأن السرعة العمودية هي صفر في القمة.

(1A) صفر = $س_1$ + ت × ن

توضح المسألة في شكل 24–8 استخدام المعادلة (1A)

عند استخدام معادلات التعجيل الثابت، من المهم أنْ نذكر بأنه يمكن استخدامها في المركبة العمودية لحركة المقذوف أو المركبة الأفقية لحركة المقذوف ولكن ليس للحركة الناتجة للمقذوف فإذا كانت المركبة الأفقية محللة، ت = صفر، و لكن إذا حللت المركبة العمودية، فالتعجيل (ت) سيكون 9,81م/ث2.

(شكل 23–8) كرة طائرة منحرفة عمودياً بواسطة لاعب في مباراة في المدرسة العليا للجمباز بسقف ذو ارتفاع 10م، إذا كانت السرعة الأولية للكرة 15م/ث2، فهل ستصل الكرة إلى السقف؟



المعادلة المستخدمة لحل هذه المسألة يجب أنْ تتضمن المتغير (d) للإزاحة العمودية و تتضمن المعادلة رقم 2(d) و لكنها ستتضمن المتغير وهو الزمن، و

الذي هو كمية غير معلومة. المعادلة 3 ستتضمن المتغير d والسرعة العمودية ستكون صفراً في ذروة القذف المعادلة الثالثة يمكن أنْ تستخدم 3Aلإيجاد d:

(3) س22 = س12+ 2(التعجيل × الإزاحة)

(3A) صفر = س12+ 2(التعجيل × الإزاحة)

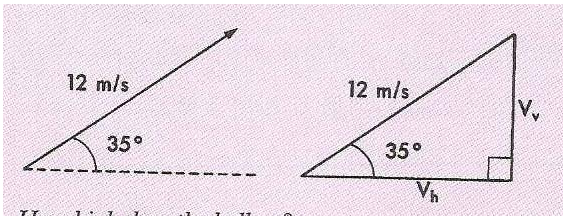
صفر = (15م/ث)2 + 2×(−9,81م/ث2) × الإزاحة

19,62م/ث2× الإزاحة = 225م2/ث2

الإزاحة = 11,47م

و لذلك فإن الكرة لها السرعة الكافية للاتصال بالسقف

(شكل 24–8) كرة مضروبة بزاوية 35 درجة، بسرعة أولية 12م/ث، فكم الارتفاع و البعد الذي ستصل إليه الكرة؟



س ع = 12 جيب تمام 3س

س أ = 12 جيب 35م/ث

ما الارتفاع الذي ستصل إليه الكرة؟

المعادلة رقم واحد لا يمكن استخدامها لأنها لا تتضمن عامل الإزاحة (d). و لا يمكن استخدام المعادلة رقم (2) ما لم يكن الزمن معلوماً. و بما أنّ السرعة العمودية = صفر في نهاية مسار الكرة، فالمعادلة رقم (3) هي المعادلة المختارة:

صفر = س212(ت× الإزاحة)

صفر = (12 جيب 35م/ث)2+ 2×(−9,81م/ث2) × الإزاحة

19,62م/ث2) = 47,37م2/ث2

الإزاحة (d)=2,41م

ما البعد الذي ستصل إليه الكرة؟

يمكن استخدام المعادلة 2H للحركة الافقية لان الزمن الذي تكون فيه الكرة في الهواء غير معلوم. و يمكن استخدام المعادلة 18 لمعرفة الزمن الذي تأخذه الكرة للوصول إلى القمة:

(1A) صفر = س1+ ت× الزمن

صفر 12 جيب 3م/ث+(−9,81م/ث2)×ن

ن = $\frac{\text{٦.٨٨م/ثا}}{\text{٩.٨١ م/ثا}^{٢}}$ = 0,70ثا

زمن الوصول للقمة هو نصف زمن الطيران الكلي، ويكون الزمن الكلي كالآتي:

ن = 0,70ثا ×2

= 1,40ثا

ثم يمكن استخدام المعادلة 2H لإيجاد المسافة الافقية التي تقطعها الكرة.

(2H) الإزاحة الافقية = سع ×ن

الإزاحة الافقية = 12 جيب تمام 35م/ث ×1,4ث

الإزاحة الافقية = 13,36م

شكل 25−8 لائحة ملحقة بالمعادلات التي تخص حركة المقذوف

صيغ تتعلق بحركة المقذوف

FORMULAS RELATING TO PROJECTILE MOTION

1. معادلات التعجيل الثابت

يمكن استخدام هذه المعادلات لربط الكميات الحركية المستقيمة عندما يكون التعجيل ثابتاً، قيمة غير قابلة للتغير.

(1) س2 = س1 + ت×ن

(2) الإزاحة (ز) = س1 ×ن +(0,5) ت×ن2

(3) مربع السرعة النهائية الثانية =مربع السرعة الابتدائية +2(ت× الازاحة)

2.استعمالات خاصة لمعادلات التعجيل الثابت للمركبة الافقية لحركة المقذوف،
التعجيل = صفر
(2H) الإزاحة الافقية = سع×ن

3.للمركبة العمودية لحركة المقذوف، بـ س1 =صفر، عندما يكون المقذوف ساقطا من موقع ساكن.
(1V) س2 = ت×ن
(2V) الإزاحة = (0,5) ت ن2
(3V) $س_2^2$ = 2 (التعجيل× الإزاحة)
4. للمركبة العمودية لحركة المقذوف، بسرعة س2 = صفر، عندما يكون المقذوف في قمة الرمي
(1A) صفر=س1+ ت ن
(3A) صفر = $س_1^2$ + 2ت×ز

المخلصSAMMURY

إنّ علم حركات الكينماتيكية هو علم يعمل على دراسة تتابع الحركة المستقيمة بالتناسب مع الزمن. وتتضمن كميات الحركات المستقيمة في هذا العلم الكميات القياسية للمسافة و السرعة و الكميات المتجهة للإزاحة السرعة و التعجيل، بالاعتماد على الحركة المحللة يمكن الاستفادة اما من الكمية المتجه او نظيرتها القياسية ويمكننا الاستفادة من الكمية الانية او كمية المعدل .

إنّ المقذوف هو جسم في حالة سقوط حر يتأثر فقط بالجاذبية و مقاومة الهواء. تحلل حركة المقذوف في مركبتيه الأفقية و العمودية، هاتين المركبتين

تعتمدان على بعضهما البعض و تتأثر فقط المركبة العمودية قوة الجاذبية. إما العوامل التي تحدد ارتفاع و مسافة المقذوف فهي زاوية القذف وسرعة القذف اضافة الى ارتفاع الرمي .

ويمكننا استخدام معادلات التعجيل الثابت كميا وتحلل حركة المقذوف بتعجيل عمودي ثابت بمقدار يساوي −9,81 م/ث2بتعجيل افقي = صفر

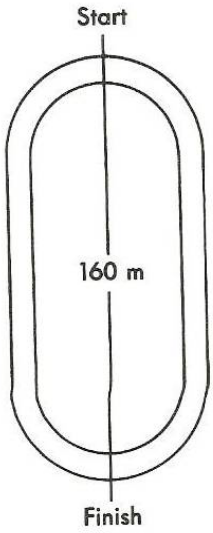
اختبر معلوماتك

ملاحظة: بعض المسائل تتطلب جبر المتجه (انظر فصل3)

1.عدّاء يكمل 6,5 دورة حول ملعب طوله 400م خلال 12 دقيقة اختبار ركض(720ث)

احسب الكميات التالية:

- ✓ المسافة التي يقطعها العداء
- ✓ الإزاحة التي يقطعها العدّاء في نهاية 12 دقيقة
- ✓ معدل سرعة العدّاء
- ✓ معدل سرعة انطلاق العداء
- ✓ معدل خطوة العدّاء



الجواب: أ- 2,6 كم ب- 160م ج- 3,6م/ث د- 0,22م/ث هـ - 4,6 دقيقة/كم

2.كرة تدور تعجيل 0,5م/ث2، إذا توقفت بعد 7 ثوان، ما هي سرعتها الأولية؟ الجواب: 3,5م/ث

3.كرسي ذو عجلات له سرعة5م/ث، بعد نزوله من مرتفع صغير في زمن 1,5ث، إذا اجتاز الكرسي تعجيلاً ثابتاً بمقدار 3م/ث2 عند النزول، فما هي سرعة عداء الماراثون في قمة المرتفع؟ الجواب: 0,5م/ث.

4.عداء يركض شمالاً 5م/ث بـ 120ث و من ثم إلى الغرب 4م/ث2 بـ 180ثانية، أعطِ حلاً تخطيطياً لتوضيح إزاحة العدّاء الناتجة.

5.عداء يركض 400م مباشرة إلى الغرب و 500م إلى الشمال الشرقي و بزاوية 45 درجة من الشرق مباشرة و من الشمال، أعطِ حلاً تخطيطياً لإيضاح الإزاحة النهائية بالتعاقب مع موقع البدء.

لماذا تحلل المركبتين الأفقية و العمودية لحركة المقذوف بشكل منفصل؟

6.كرة قدم تضرب بسرعة افقية أولية 5م/ث و سرعة عمودية أولية 3م/ث، على افتراض بأنّ نقطة الانطلاق و الهبوط نفسها و أهمل مقاومة الهواء، شخص الكميات التالية:

- ✓ السرعة الافقية للكرة 0,5 ثانية نحو طيرانها
- ✓ السرعة الأفقية للكرة في منتصف الطريق خلال طيرانها
- ✓ السرعة الأفقية للكرة الفورية قبل الاتصال بالأرض.
- ✓ السرعة العمودية للكرة في قمة الطيران.
- ✓ السرعة العمودية للكرة في منتصف طريق طيرانها
- ✓ السرعة العمودية الانية للكرة قبل اتصالها بالأرض.

7.إذا سقطت كرة سلة أو بيسبول، و ثقل وزنه 71,2 نيوتن بنفس الوقت من قمة بناية (بمعزل عن مقاومة الهواء). من الذي سيضرب الأرض أولاً؟ و لماذا؟

8.كرة تنس تضرب المضرب خلال أداء ضرب الأرض الافقي بسرعة 22م/ث، فإذا كانت الكرة في الهواء لمدة 0,7 ثانية، فما المسافة الافقية؟ الجواب: 15,4م

9.لاعب ترامبولين يقفز عمودياً إلى الأعلى بسرعة أولية 9,2م/ث، فما هو الارتفاع الذي سيصله لاعب الترامبولين؟ الجواب: 4,31م.

10.وضِّح ما هي العوامل (مواقع المفصل و معدلات الحركة، توليد عزم الدوران في المجموعة العضلية، الخ ....) التي تساهم في الأخطاء الناتجة في (أ) السرعة الافقية الضعيفة جداً للمقذوف و (ب) السرعة العمودية الضعيفة جداً للمقذوف لواحد من مهارات الحركة التالية

- ✓ وقوف القفز الطويل
- ✓ التهديف من القفز في كرة السلة
- ✓ الضربة الأرضية في لعبة التنس
- ✓ الوثب المحوري في الرقص أو التزلج على الجليد
- ✓ أعطِ حلاً هندسياً للمسألة رقم (4). الجواب: الإزاحة: 832م، الزاوية: 35 شمالاً.

11.أعطِ حلاً هندسياً للمسألة رقم (5). الجواب: الإزاحة: 937م، الزاوية: 50 درجة غرباً.

12.طوافة تعليم الدوران في سباق التريـاثلون أصبحت غير راسية، في حالة دفع التيار للطوافة باتجاه الجنوب بسرعة 0,5م/ث، و ضربت الرياح هذه الطوافة باتجاه الغرب بسرعة 0,7م/ث، فما هي الإزاحة الناتجة للطوافة بعد 5 دقائق؟ الجواب: 258م/ث، الزاوية: 54,5 غرباً.

13.زورق يبحر غرباً بواسطة الريح بسرعة 4م/ث، في حالة جريان الماء بسرعة 2م/ث شمال شرق، فأين سيكون الزورق بعد 10 دقائق من موقع البدء؟ الجواب: 1,8كم، الزاوية/ 29درجة شمالاً.

14.لاعب دالاس حاملاً الكرة يهبط باستقامة قرب الخط الجانبي بسرعة 8م/ث يجتاز خط 50 ياردة في نفس الوقت يبدا buffalobill الذي يريد الامساك به بالركض من خط 50 ياردة في النقطة 13,7م قرب الخط الجانبي، ما معدل

السرعة التي يجب ان يكون عليها bill لمسك لاعب دالاس قبل خط الهدف؟ الجواب: 8,35م/ث.

15.كرة قدم مضروبة من ساحة اللعب بزاوية 45 درجة، إذا كانت الكرة في الهواء لمدة 3 ثواني، ما الارتفاع المنجز؟ الجواب: 11,0م.

16.ضربت كرة بمسافة افقية 45,8م في حالة وصول الكرة إلى الارتفاع الأقصى 24,2م بزمن طيران 4,4 ثواني، فهل ضربت الكرة بزاوية رمي أقل من، أكبر من، أو مساوية إلى 45 درجة؟ أعطِ نسبة لجوابك مستنداً إلى الحسابات المناسبة؟ الجواب: 45 درجة.

17.كرة ريشة مضروبة بواسطة مضرب بزاوية 35 درجة، معطياً إياها سرعة أولية بمقدار 10م/ث، فما الارتفاع الذي ستصله؟ ما هو البعد الذي ستقطعه افقياً في نفس الارتفاع الذي رميت منه؟ (الجواب: الإزاحة العمودية vd: 10,68م، الإزاحة الافقية hd:9,58م)

18. سهم رماية يرمى بسرعة 45م/ث بزاوية 10 درجات، فما هو البعد الذي يمكن أنْ يقطعه السهم افقياً قبل أنْ يضرب هدفه في نفس الارتفاع الذي أطلق منه؟ (الجواب: 70,6م)

19.مضمار ذو طول معلوم، اركض دورتين، واحدة بسرعة بطيئة، و واحدة بسرعة عالية، احسب الخطوات خلال كل دورة و احسب زمن كل دورة، احسب معدل طول الخطوة، سرعتك م/ث، احسب الخطوة في كل دورة، و اكتب وصفاً لنتائجك. كيف ستكون نتائجك بالمقارنة مع الصورة في شكل 10-5؟

20.صوّر فيديوياً كرة مرمية عمودياً نحو الهواء، و توقف بنفس الارتفاع الذي رميت منه الكرة. صور قطعة لورقة استكشاف على عارض الفيديو باستخدام إطار خاص. تحرّى عن الصور المتتالية للكرة. فما الذي يظهره التدقيق في الصور حول حركة الكرة المقذوفة؟

21.بالتزامن أسقطت كرتان بشكل افقي و من نفس النوع، فما هي الكرة التي ستصل أولاً؟ و لماذا؟

22.صوّر فيدويا مسار كرة مرمية من شخص معين إلى شخص آخر. سجّل قطعة من ورقة تخطيط على عارض الفيديو باستخدام إطار منفرد أمامي. تفحص الصور المتعاقب للكرة. من أي من نقاط الرمي ستكون الكرة في سرعتها القصوى؟ و ما الذي يظهره التحري عن طبيعة حركة المقذوف؟

23.اكتب خارطة كنز باستخدام فرجال و تتبع المسافات بين نقطة البداية و الكنز. يجب أنْ تحتوي ثلاثة تغيرات في الاتجاه في ممر الوصول إلى الكنز. أشرْ المسافات التقريبية على الخارطة بالأمتار. ربما ستكون مساعداً في تعديل طول الخطوة إلى طول 1متر في تعيين المسافات.

الفصل التاسع

الكينماتيك الزاوي لحركات الإنسان

ANGULAR KINEMATICS OF HUMAN MOVEMENT

بعد إكمال هذا الفصل سيكون القارئ قادرا على:

- ✓ تمييز الحركات الزاوية عن المستقيمة والحركات الخطية المنحنية.
- ✓ مناقشة العلاقات بين متغيرات الكينماتيك الزاوية.
- ✓ تربط بشكل صحيح كميات الكينماتيك الزاوية مع وحدات قياسها.
- ✓ توضيح العلاقات بين الإزاحة الخطية و الإزاحة الزاوية،والسرعة الخطية و السرعة الزاوية و التعجيل الزاوي و التعجيل الخطي.
- ✓ حل المسائل الكمية المرتبطة بكميات الكينماتيك الزاوي و العلاقات بين كميات الكينماتيك الخطي و الزاوي.
- ✓ لماذا يرفع ضارب الكرة يديه الى أعلى مقبض المضرب لأداء الضرب و ليس لأداء الضرب القوي؟
- ✓ كيف تكون الحركة الزاوية للقرص أو المطرقة في الهواء بما يتعلق بالحركة الخطية للآلة بعد الإطلاق؟

هذه الأسئلة تتعلق بالحركة الزاوية أو الحركة النسبية حول المحور.

محور الدوران هو الخط الحقيقي أو الخيال أو العمود المنحرف إلى المستوي الذي يحدث عنده الدوران مثل محور عجلات العربة، الحركة الخطية.

- ✓ إنّ الحركة الزاوية هي المركبة أو العنصر الأساسي للحركة العامة.

ملاحظة الكينماتيك الزاوي لحركة الإنسان

OBSERVING THE ANGULAR KINEMATICS OF HUMAN MOVMENT

يعتبر فهم الحركة الزاوية مهماً جداً و خاصة لدارسي حركة الإنسان، و ذلك لأن أغلب حركات الإنسان الإرادية تستلزم دوران واحد أو أكثر من اجزاء جسم الإنسان حول المفاصل التي تتمفصل عندها.

إن حركة الجسم على العموم عند المشي تظهر عن طريق ميزة الحركات الدائرية التي تحدث في الورك، الركبة و الكاحل حول محاور الدوران الوهمية (الأمامي) المستعرض. عند أداء حركات القفز فإن كلا الذراعين و الساقين تدوران حول المحاور الوهمية الأمامية الخلفية الماره بداخل مفصلي الكتف والحوض. تحدث الحركة الزاوية مثلما تحدث الادوات الرياضية كمضارب الكَولف، و مضارب البيسبول، و عصي الهوكي.

وكما نوقش في الفصل 2، فإن الأطباء، المدربين ومعلمي التربية الرياضية يعملون على تحليل حركة الإنسان روتينياً بالاعتماد على المراقبة النظرية. مالوحظ في بعض الحالات هو نوع من الحركة الزاوية لحركة الإنسان، وبالاعتماد على مراقبة التوقيت ومعدل حركة نشاطات المفصل.فإنّ المحلل ذو التجربة يستطيع ان يضع بعض المؤشرات حول توافق العضلات الذي يؤدي إلى توليد نشاطات المفصل و القوى الناتجة من تلك النشاطات التي تحدث في المفصل.

يعتمد الكثير من الوصف المسجل لمراحل مهارات الحركة على التحليل الحركي الزاوي. فعلى سبيل المثال، فقد شخصت ثلاث مراحل تطورية لضرب الكره بين الأطفال بعمر 2–6 وقد تبين من خلال الدراسة في المرحلة الأولى يضرب الطفل الكرة مستخدما معدل قليل في حركة ثني الورك دون وجود حركة

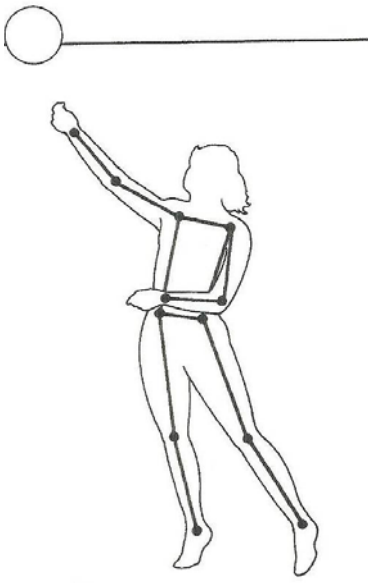
توافقية في أي من المفاصل الأخرى أما في المرحلة الثانية فهنالك تنسيق بين مد الركبة و ثني الورك. مع إبعاد الأذرع عند الأكتاف لعزيز التوازن. أمّا المرحلة الثالثة، فتتميز بثني الورك وبشكل كبير ومد الركبة، و ثني المرفق بالإضافة إلى إبعاد الكتف لتعزيز التوازن.

إنّ المحلل ذو الخبرة و المعرفة يستطيع أنْ يحصل على برنامج ضخم من المعلومات حول التطور النسبي و مستويات المهارة للرياضي المنفذ من خلال الملاحظة و المراقبة الدقيقة للحركة الزاوية.

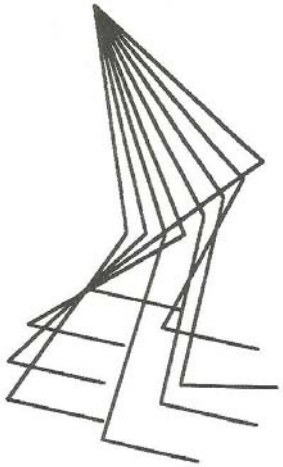
زوايا القياس MEASURING ANGLES

كما موضح في الملحق (أ) تتكون الزاوية من ضلعين يتقاطعان في النهاية. يمكن أنْ ينفذ التحليل الحركي الكمي في علم الكينماتيك بواسطة صور الرمي لجسم الإنسان على قطعة من الورق، بمراكز المفصل ثم تعلم هذه المراكز بنقاط مرتبطة بخطوط تمثل المحاور الطولية لأجزاء الجسم (الشكل 1-9).

يمكن استخدام المنقلة أو آلة قياس الزوايا لوضع قياسات يدوية لتقاطع الزوايا في هذا التمثيل، مع مراكز المفصل المشكلة لتشكيل نهايات الزوايا بين أقسام الجسم المتجاورة. (إنّ طريقة الزوايا بواسطة المنقلة معروفة في الملحق (أ).وبالإمكان تحليل التصوير الفيديوي والأفلام لحركة الإنسان يمكن تحليلها باستخدام هذه الطريقة الرئيسية لتقييم و قياس الزوايا الموجودة في مفاصل جسم الإنسان إضافة إلى الانحرافات الزاوية لأقسام الجسم وعادة ما تنفذ تحليلات الزوايا جهاز الكمبيوتر من تمثيل شكل العصا لجسم الإنسان المخطط في ذاكرة جهاز الكمبيوتر. إنّ تمثيل جهاز الكمبيوتر لحركة ساقي رياضي الدراجات المشتقة من مسارات صور السرعة العالية موضح في (شكل 2-9).



(شكل 1–9) لجسم الإنسان مراكز مفصل من نهايات زوايا أقسام الجسم



(شكل 2– 9) مخطط كمبيوتر للتغيرات الزاوية في مفاصل الورك، الركبة و الكاحل لسائق دراجات

الزوايا المطلقة والزوايا النسبية

Relative Versus Absolute Angles

يتطلب تحليل الزاوية في الفصل قياس زاوية لقسم واحد من الجسم بالمقارنة مع الجزء الآخر للجسم المتصل بالمفصل. إنّ الزاوية النسبية في الركبة هي الزاوية المشكلة و المتكونة بين المحـور الطولـي للفخذ و المحور الطولـي للساق السفلـى (شكل 3-9). عندما يقاس معدل حركة المفصل كمياً، فتلك هي زاوية المفصل النسبية التي يمكن أنْ تقاس.

إنّ التقليد المتبع لقياس زوايا المفصل النسبية هو ما معمول به في موضع الإشارة التشريحية حيث تكون جميع الزوايا في درجة الصفر ومثلما نوقش في الفصل فان حركة المفصل ستقاس بشكل مباشر. فعلى سبيل المثال عندما ترفع اليد الممدودة 30 درجة أمام الجسم في المستوى المائل، فإنّ الذراع ستكون في درجة ثني 30 عند الكتف. و عندما تبعد الساق عند الورك، فإنّ معدل حركة الإبعاد بنفس الشكل من درجات الصفر في موضع الإشارة التشريحي.

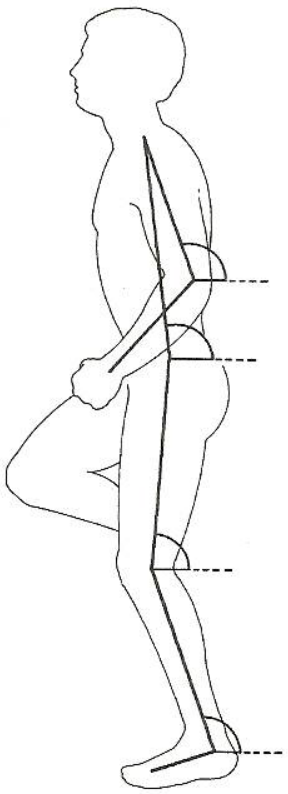
هنالك زاوية مهمة أخرى تعبر في الغالب عن انحراف أقسام الجسم ذاتها. ومثلما نوقش في الفصل 9، فعندما يكون الجذع في حالة ثني فان زاوية انحراف الجذع تؤثر بشكل مباشر على كمية القوة التي يجب أنْ تتولد عن طريق عضلات مد الجذع لإسناد الجذع في الوضع المطلوب وتشير زاوية انحناء جزء الجسم إلى زاويته الكاملة أو المطلقة وتقاس بالتناسب مع خط الإشارة المطلق أو التام العمودي أو الأفقي الشكل (4-9) يوضح مقادير زوايا القسم أو جزء الجسم بالتناسب مع العمود الأيمن .

- ✓ الزاوية النسبية Relative angle : زاوية في المفصل تتشكل بين المحور الطولي لأقسام الجسم المتجاورة.
- ✓ يجب أنْ تقاس الزوايا النسبية على نفس الجانب المعيّن.

- ✓ وضع الاستقامة الممدود بشكل كامل المفصل في المفصل يمثل درجة الصفر.
- ✓ الزاوية المطلقةAbsolute angle: هي ميل أو انثناء زاوي لجزء من الجسم بالنسبة لخط الإشارة الثابت.
- ✓ يجب أن تقاس الزوايا المطلقة الكاملة بنفس الاتجاه من الإشارة المنفردة إمّا عمودياً أو أفقياً.

(شكل 3-9) إن الزوايا التي تقاس في المفاصل هي الزوايا التي تقع بين أجزاء الجسم المتجاورة.

تقاس الزاوية النسبية في مفصل الركبة بين أجزاء الجسم المتجاورة وتقاس الزاوية المطلقة في الجذع بالتناسب مع العمود الأيمن.



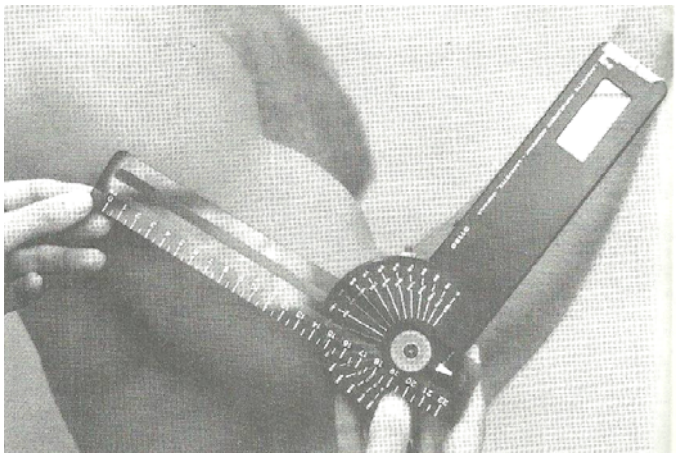
(شكل 4–9) تقاس زوايا الميل لأقسام الجسم الفردية بالتناسب مع خط الإشارة الكامل

آلات قياس زوايا الجسم Tools for Measuring Body Angles

آلة (الجينوميتر) هي الآلة الأكثر شيوعاً من حيث استخدامها من قبل الأطباء لقياس زوايا المفصل النسبية بشكل مباشر وآلة (الجينوميتر) بالأساس هي عبارة عن منقلة (آلة قياس الزوايا) ذات ذراعان طويلان متماسان أحدهما ثابت كي يمتد من المنقلة بزاوية صفر، أما الذراع الآخر فيمتد من مركز المنقلة عبارة عن ذراع حر لكي يمكن تدويره ويمتد مركز النقلة على فوق مركز المفصل، إمّا الذراعان فيمتدان فوق المحور الطولي لقسمي الجسم اللذان يتصلان عند المفصل.

ومن ثم تقرأ الزاوية عند تقاطع الذراع الحر و مقياس المنقلة اما عملية ضبط القراءة فتعتمد على ضبط موقع (الجينوميتر).

إنّ معرفة تشريح المفصل ضرورية لمعرفة المكان المناسب لمركز دوران المفصل. اما عملية تثبيت العلامات فوق الجلد لتحديد موقع مركز الدوران في المفصل و المحور الطولي لقسمي الجسم قبل وضع (الجنيومتر) فيمكن ان تكون نافعة ومفيدة. في بعض الأحيان هنالك آلات أخرى متوفرة لقياس الزوايا النسبية في جسم الإنسان مثل جهاز (الالكتروجنيومتر) وجهاز لايتون فلكسومتر وقد طور جهاز الالكتروجنيومتر عن طريق karpovich في اواخر العام 1950 وهو عبارة عن جهاز (الجنيومتر) مبسط في نهايتيه مؤشر كهربائي وعندما تتصل ذراعي هذا الجهاز بشريط فوق مركز المفصل، فإن التغيرات في الزاوية النسبية في المفصل تسبب تغييرات تناسبية في التيار الكهربائي الصادر عن الجهاز. تسجل هذه التغييرات على خارطة متحركة، التي تؤشر فيها الزاوية الموجودة في المفصل بالتناسب مع الزمن عند الحركة. آلة أخرى تستخدم في التحليل المباشر لزوايا جسم الإنسان و هي (Leighton flexmeter) وهي عبارة عن أداة لقياس الزوايا المطلقة لانحراف جزء الجسم المربوط او المتصل.



(الجينوميتر).
يستعمل لقياس
زوايا المفصل

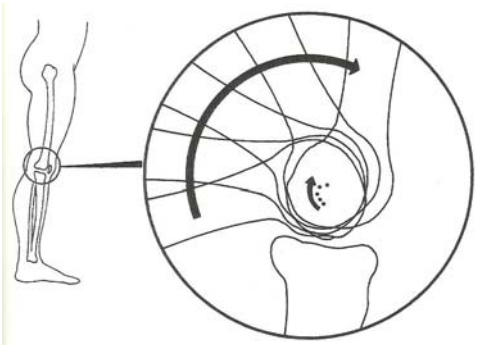
دوران المركز الاني Instant Center Of Rotation

تعتبر عملية قياس زوايا المفصل عملية معقداً و ذلك لحقيقة أنّ الحركة في المفصل تكون في الغالب مصحوبة بإزاحة عظم واحد مرتبط مع العظم المتمفصل في المفصل.

وتحدث هذه الظاهرة بسبب الاختلافات الطبيعية في أشكال سطوح العظم المفصلية و مثال ذلك المفصل الفخذي- الضنبوبي و الذي تكون فيه حركة الدوران الوسطي و الحركة الأمامية للفخذ على النتوء الضبوبي مصحوبة بالثني (شكل 5-9).

وكنتيجة فإن موضع دوران المركز الدقيق في المفصل يتغير قليلا عندما تتغير زاوية المفصل. إنّ مركز الدوران في زاوية المفصل المحددة أو في لحظة معينة من الزمن خلال الحركة، يطلق عليها (المركز الحالي أو الآني).

إنّ الموقع الدقيق للمركز الآني لمفصل معين يمكن أنْ يحدد من خلال قياسات مأخوذة من (x-rays) و التي عادة ما تكون في فترات زمنية 10 درجات خلال معدل من الحركة في المفصل.



شكل 5-9 ممر المركز الآني في الركبة خلال ثني الركبة

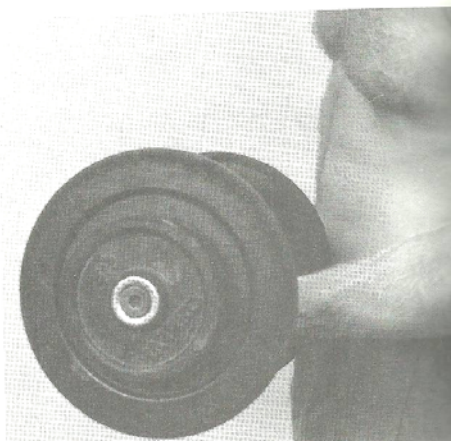
- ✓ المركز الآني أو الفوريinstant center : موقع مركز الدوران في المفصل في لحظة زمن محددة.

علاقات الحركة الزاوية ANGULAR KINEMATIC RELATIONSHIPS

إنّ العلاقات الداخلية بين الكميات في الكينماتيك هي علاقات متشابهة لتلك التي نوقشت في الفصل 10 للكميات الحركية المستقيمة. و على الرغم من أن الوحدات المختلفة للقياس مرتبطة بالكميات الحركية الزاوية بنظيراتها المستقيمة، فإن العلاقات بين الوحدات الزاوية موازية لتلك الموجودة بين الوحدات الخطية المستقيمة.

الإزاحة و المسافة الزاوية Angular Distance and Displacement

فيما يتعلق بمرجحة البندول المتأرجح خلفاً وصعودا من نقطة الإسناد. يدور البندول حول محور يمر داخل نقطة الإسناد العمودية على مستوى الحركة. فإذا تأرجح البندول بقوس 60 درجة، فانه سيتأرجح بمسافة زاوية بـ 60 درجة. فإذا تأرجح البندول بعد ذلك خلفاً 60 درجة إلى موضعه الأصلي، فإنه قد نقل مسافة زاوية مجموعها 120 درجة (60°+60°)، وحسب مسافة الزاوية على أنها مجموع التغيرات الزاوية المتحققة عن طريق دوران الجسم ويمكن استخدام نفس الطريقة لحساب المسافات الزاوية التي تتحرك خلالها أجزاء جسم الانسان ففي حالة تغير زاوية المرفق من صفر إلى 100 درجة خلال مرحلة الثني في تمرين لف الساعد، فان المسافة الزاوية المتحققة ستكون درجة 100



عندما يوجه الذراع إلى وضعه الأصلي في تمرين اللف فان الإزاحة الزاوية في المرفق ستكون صفرا.

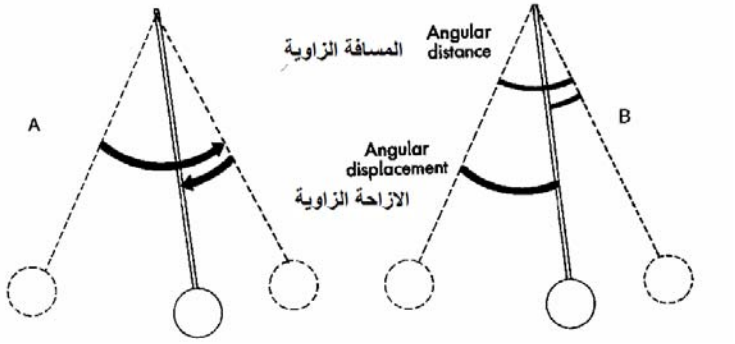
اما في حال عودة المرفق إلى وضعه الطبيعي زاوية الصفر، فانها ستكون قد قطعت ناتجة مسافة زاوية كلية 200 درجة لإكمال اللف. فإن كانت هنالك 10 لفات، فإن المسافة الزاوية المسجلة ستكون 1000° (10×100°).

إنّ الإزاحة الزاوية هي عبارة عن الاختلاف بين السرعة الأولية و السرعة النهائية لحركة الجسم. إذا كانت زاوية الركبة للساق القائدة من 5 درجة إلى 12 درجة خلال مرحلة الإسناد الأولية للركض، فإن المسافة الزاوية و الإزاحة الزاوية في الركبة هما 7 درجات. إذا حدث المد في الركبة، رجوع المفصل إلى وضع الأصلي، فمجموع المسافة الكلية 14° (7+7)، و لكن الإزاحة الزاوية ستكون صفراً بسبب الوضع النهائي للمفصل هو نفسه في موضعه الأصلي.إنّ العلاقة بين المسافة الزاوية و الإزاحة الزاوية ستوضح في (شكل 6–9) تعرف الإزاحة الزاوية مثلما تعرف للإزاحة الخطية المستقيم، فإن للإزاحة الزاوية كل من المقدار و الاتجاه. و بما أنّ الدوران الذي يشاهد من الجانب يحدث إمّا باتجاه عقرب الساعة أو عكس عقرب الساعة، فان اتجاه الحركة الزاوية تحديدها باستخدام مثل هذه المصطلحات يرمز لاتجاه عكس عقارب الساعة بالموجب (+) و بالاتجاه

السالب (–) باتجاه عقرب الساعة (شكل 7–9). أما باستخدام جسم الإنسان فمن المناسب أنْ نشير اصطلاحيا او فنيا إلى اتجاه الإزاحة الزاوية بقدر ارتباطها بالمفصل مثل حركة الثني أو الإبعاد.

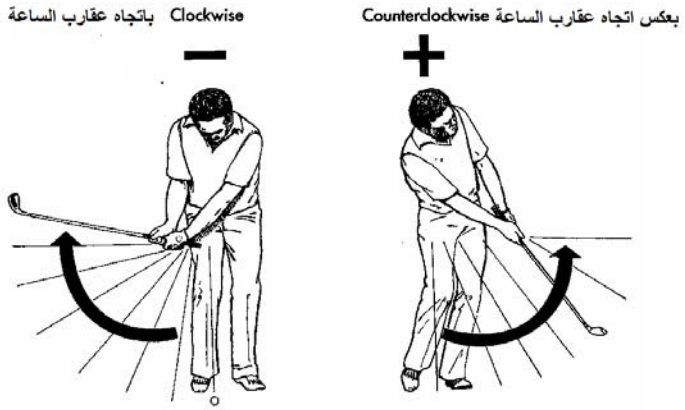
هنالك ثلاث وحدات للقياس شائعة وتستخدم في تمثيل المسافة الزاوية والإزاحة الزاوية وأكثرها شيوعا هي الدرجة.

- ✓ الإزاحة الزاوية Angular Displacement: هي معدل التغير في الموضع الزاوي.
- ✓ يشير اتجاه عكس عقرب الساعة إلى الموجب، واتجاه عقرب الساعة إلى السالب.



(شكل6–9) A– مسار حركة مسار مرجحة البندول

B– إنّ المسافة الزاوية هي مجموع التغيرات الزاوية التي تحدث، الإزاحة الزاوية هي الزاوية بين الموقعين الأولي و النهائي.

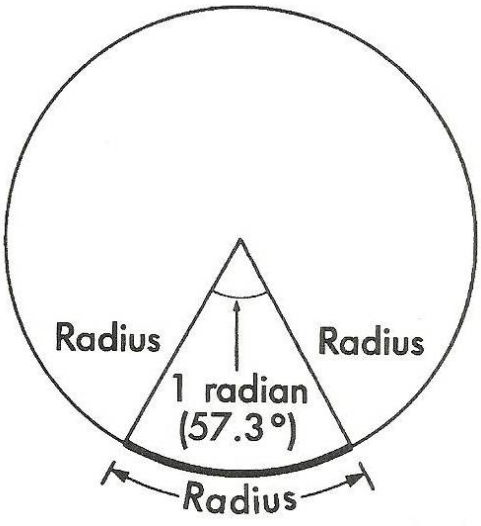


شكل 7–9 يحدد اتجاه الحركة الدورانية عكس عقرب الساعة (موجب) و مع عقرب الساعة (سالب).

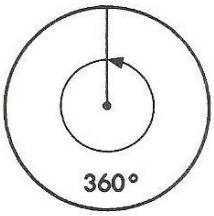
يسجل دوران الدائرة الكاملة قوساً مقداره 360 درجة، قوس 180 درجة فيتخذ خطاً مستقيماً، و درجة 90° تشكل الزاوية القائمة بين الخطين العموديين (شكل 8–9).

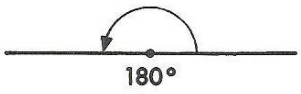
هنالك وحدة أخرى للقياس الزاوي تستخدم في التحليل الحركي و هي (radian) نصف القطر وهي عبارة عن خط يربط مركز الدائرة إلى أي نقطة إلى محيط الدائرة هو نصف القطر. تعرف radian على أنها حجم الزاوية المشكلة في مركز الدائرة بواسطة قوس مساو لطول نصف قطر الدائرة (شكل 9–9) يساوي واحد radian 57,3 درجة. و لأن هذه الوحدة أكبر بكثير من الدرجة، فهي وحدة أكثر ملائمة و مناسبة لتمثيل المسافات او الإزاحات الزاوية الكبيرة جداً.

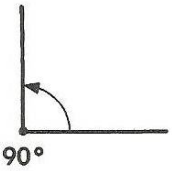
radian: و هي عبارة عن وحدة قياس زاوية وتستخدم في التحويل الكمي الخطي– الزاوي وتساوي 57.3 درجة.



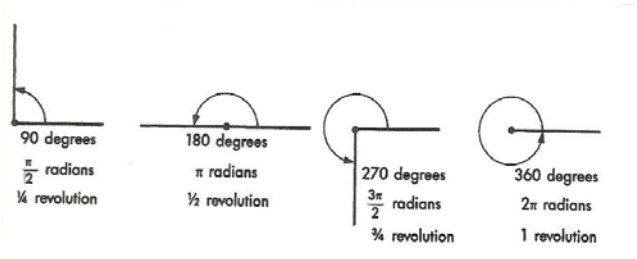
شكل 8-9 زوايا تقاس بالدرجات







تعرف وحدة radian على أنها حجم الزاوية المتكونة في مركز الدائرة بواسطة قوس يساوي طول نصف قطر الدائرة.



شكل 9-9 مقارنة للدرجات، المحيط، و الدورات الكاملة

والراديون radian هو مضاعف (pi،) وهي عبارة عن كمية رياضية تساوي تقريبا 3.14والتي تساوي نسبة محيط الدائرة الى محيطها،فدائرة كاملة تساوي قوس من اثنين radian 2 .

تستخدم في بعض الأحيان الوحدة الثالثة لحساب كمية المسافة أو الإزاحة الزاوية و هي الدورة، دورة واحدة تسجل قوساً مساوياً للدائرة فغالبا توصف مهارات الجمباز و الغطس بعدد الدورات جسم الإنسان عن الأداء.القلبة الهوائية غطس أماماً دورة ونصف هي عبارة عن مثال وصفي.(شكل 9-9) يوضح الطريقة،الدرجات، المحيطات والدورات كوحدات لقياس الزاوية.

السرعة و سرعة الانطلاق الزاوي Angular speed and Velocity

إنّ السرعة الزاوية هي عبارة عن كمية قياسية و تعرف بأنها المسافة الزاوية المقطوعة مقسومة على الفترة الزمنية التي تحدث عندها الحركة.

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{المسافة الزاوية}}{\text{التغير في الزمن}}$$

$$\sigma = \frac{\phi}{t}$$

الحرف الصغير (σ) يمثل السرعة الزاوية، و يمثل الحرف الصغير (ϕ) المسافة الزاوية و حرف (t) يمثل الزمن.

تحسب السرعة الزاوية بحساب التغير في الموقع الزاوي أو الإزاحة الزاوية التي هي تحدث خلال فترة زمنية معينة.

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{التغير في الموقع الزاوي}}{\text{التغير في الزمن}} = \omega = \frac{\Delta \text{الموقع الزاوي}}{\Delta \text{ن}}$$

$$\omega = \frac{\Theta}{\Delta t}$$

- ✓ السرعة الزاوية Angular velocity: عبارة عن معدل التغير في المكان أو الموقع

يمثل الحرف الإغريقي ω السرعة الزاوية، أمّا الحرف الإغريقي Θ فيمثل الإزاحة الزاوية. هنالك طريقة أخرى للتعبير عن التغير في الموقع الزاوي و هي الموقع الزاوي2 – الموقع الزاوي1. يمثل الموقع الزاوي1 مكان الجسم في المنطقة الأولى في زمن معين والموقع الزاوي الثاني يمثل موقع الجسم في النقطة التالية:

$$\omega = \frac{\text{الموقع الثاني}_2 - \text{الموقع الأول}_1}{\text{ن}_2 - \text{ن}_1}$$

ونتيجة لاعتماد السرعة الزاوية على الإزاحة الزاوية. فيجب أنْ تتضمن تحديد الاتجاه (مع أو عكس عقرب الساعة، سالب أو موجب) الذي تحدث عنده الإزاحة الزاوية.

إنّ وحدات السرعة الزاوية و الإزاحة الزاوية هي عبارة عن وحدات المسافة الزاوية و الإزاحة الزاوية مقسومة على وحدات الزمن. الوحدة الأكثر استخداماً للزمن الثانية. اما بالنسبة لوحدات السرعة الزاوية و سرعة الانطلاق الزاوية فهي الدراجات لكل ثانية، تتضمن radian لكل ثانية ،الدوران لكل ثانية و الدورات لكل دقيقة.

إنّ حركة أجزاء الجسم بمعدل عالي من السرعة الزاوية هي صفة الأداء المهاري في العديد من أنواع الرياضات فقد سجل الكثير من السرعات الزاوية في مفاصل ذراع الرمي للاعبي البيسبول لتصل 6180 درجة/ث، (107,9 نصف قطر/ث) من الدروان الداخلي في الكتف و ما يقارب 4595درجة/ث (80,2نصف قطر/ث) في مد المرفق. أوضحت دراسة المقارنة بين رمي الكرة السريعة و الكرة المنحنية بين أعضاء لاعبي الفريق الأسترالي الوطني وتبين بأنّ معدل السرعات الزاوية في الرسغ 3,1 نصف قطر/ث و 5,8 نصف قطر/ث لرمي الكرة السريعة و رمي الكرة المنحنية على التوالي. سرعة زاوية للمضرب خلال ضربات التنس المنفذة بواسطة لاعبات التنس الإناث، أظهرت تماما بأنّ المعدل بين 1900 إلى 2200 درجة/ث (133,2 إلى 38,4 نصف قطر/ث) قبل اصطدام الكرة.

عندما يصبح جسم الإنسان في الهواء كمقذوف عند أداء القفز، فإن ارتفاع القفز هو الذي سيحدد مقدار الزمن الذي سيستغرقه الجسم في الهواء عندما يؤدي المتزلجين حركة محورية ثلاثية بالمقارنة مع حركة المحور الواحد للفرد والمحور المزدوج فهذا يعني بأنه أمّا أنْ تكون السرعة الدائرية أو ارتفاع القفز كبيراً جداً وتشير قياسات هذين المتغيرين الى ان زيادة الزيادة التي ستحصل هي السرعة الزاوية للزلاج.

ان الزلاجون المهرة يدورون أجسامهم بزيادة 5 دورات في الثانية عند الطيران خلال الوثب ثلاثي المحور،وقد سجلت السرعات الدورانية العالية للجسم مع زيادة صعوبة المهارة بين رياضيي الجمباز بقيم متمثلة بدرجة6,80 نصف قطر/ث لمرونة اليد و 7077 نصف قطر/ث لمرونة اليد مع قلبه هوائية و نصف لفة و 10,2 نصف قطر/ث للقلبة الهوائية الخلفية مع لفتين.

التعجيل الزاوي Angular Acceleration

التعجيل الزاوي هو معدل التغير في السرعة الزاوية أو التغير في السرعة الزاوية في فترة زمنية معينة. الرمز الاصطلاحي للتعجيل الزاوي هو الحرف الإغريقي (α)

$$\text{التعجيل الزاوي} = \frac{\text{التغير في السرعة الزاوية}}{\text{التغير في الزمن}}$$

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t2 - t1}$$

تمثل $\omega 1$ السرعة الزاوية في نقطة أولية في الزمن الأول و تمثل $\omega 2$ السرعة الزاوية في الثانية أو النقطة النهائية من الزمن2 (t1،t2 يمثل الزمن الاول والزمن الثاني) استخدام هذه الصيغة موضح في المسألة في الشكل 10-9.

تماماً مثلما هو في التعجيل الخطي، فالتعجيل الزاوي يمكن أنْ يكون موجباً أو سالباً، أو صفراً. فعندما يكون التعجيل الزاوي صفراً، فإن السرعة الزاوية تكون ثابتة. و تماماً مثلما هو في التعجيل الخطي، فإن التعجيل الزاوي الموجب سيشير إمّا إلى زيادة السرعة الزاوية في الاتجاه الموجب أو انخفاض السرعة الزاوية في الاتجاه السالب. بنفس الشكل فإن القيمة السالبة للتعجيل الزاوي ستمثل إمّا انخفاض السرعة الزاوية بالاتجاه الموجب أو زيادة السرعة الزاوية بالاتجاه السالب.

إنّ وحدات التعجيل الزاوي هي وحدات السرعة الزاوية مقسومة على وحدات الزمن.

الأمثلة العامة هي الدرجات لكل ثانية مربعة (درجة/ث2)، أنصاف الأقطار لكل ثانية مربعة (نصف القطر/ ث2)، و الدورات لكل ثانية تربيع (دورة/ ث2).وحدات الكميات الحركية الزاوية و الخطية متناسبة في اللائحة.

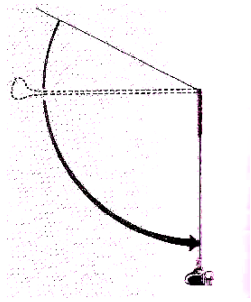
عوامل الحركة الزاوية Angular Motion Vector

نتيجة لتمثيل الكميات الزاوية باستخدام رموز كالأقواس المنحنية تقريباً ستكون غير عملية. الكميات الزاوية تمثل بمتجهات مستقيمة تقليدية باستخدام ما يطلق عليه (قاعدة اليد اليمنى) ، استناداً إلى هذه القاعدة، عندما تكون أصابع اليد اليمنى ملتفة باتجاه حركة زاوية، فإن المتجه المستخدم لتمثيل الحركة يكون مائلاً عمودياً إلى مستوى أو محور الدوران في اتجاه نقاط الإبهام المحددة(شكل 11-9) .

إن مقدار الكمية يجب أنْ يؤشر من خلال نسبة طول المتجه أو المؤشر اضافة الى ذلك، يجب أنْ نلاحظ بأنّ متجهات الحركة الزاوية لا يمكن أنْ تضاف باستخدام طريقة القمة- إلى- النهاية الموصوفة في الفصل 3 بما أنّ الحركة الزاوية لا يمكن أنْ تمثل في كميات متجه حقيقية.

- ✓ إنّ حركة الإنسان نادراً ما تتطلب سرعة ثابتة أو تعجيلاً ثابتاً.
- ✓ قاعدة اليد اليمنى right hand rule: وهي عبارة عن إجراء لتحديد اتجاه مؤشر الحركة الزاوية.

شكل 10–9 مضرب كَولف تأرجح بمعدل تعجيل زاوي و قدره 1,5 نصف قطر/ ث2، ما هي السرعة الزاوية للمضرب عندما يضرب الكرة في نهاية مرجحة 0,8 ثانية؟ أعط جواباً بكلتيّ وحدات المحيط و الدرجة بالوحدات.



المعلوم

ت = 1,5 نصف القطر/ ث2

ن = 0,8 ث

الحل:

الصيغة التي يجب استخدامها هي صيغة المعادلة التي تتعلق بالتعجيل الزاوي، السرعة الزاوية و الزمن:

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$$

التبديل في الكميات المعلومة، ينتج الآتي:

$$\text{١,٥ نصف القطر/ث٢} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\text{٠,٨ ث}}$$

يجب أنْ نستدل بأنّ السرعة الزاوية للمضرب في بداية المرجحة هي صفر:

$$\text{١,٥ نصف القطر/ث٢} = \frac{\omega_2 - \text{صفر}}{\text{٠,٨ ث}}$$

ω = 1,2 نق/ث

الدرجة بالوحدات

ω_2 =(1,2نق/ث)(57,3درجة/نق)

السرعة الزاوية = 68,8 درجة/ث

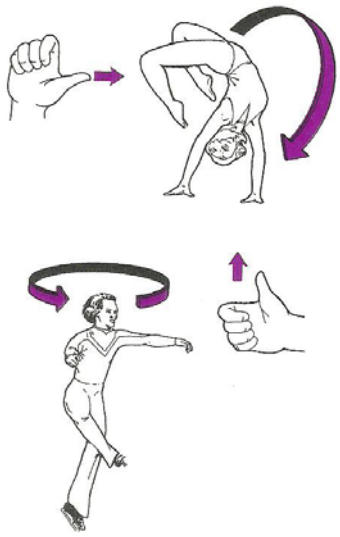
معدل الكميات الآنية الزاوية المضادة

Average Versus Instantaneous anguler Quantités

يمكن حساب السرعة الزاوية، سرعة الانطلاق و التعجيل بقيم ذات معدل، او تحسب بقيم انية بالاعتماد على طول الفترة الزمنية المحددة. تكون السرعة الزاوية الفورية لمضروب البيسبول في لحظة الاتصال بالكرة أكثر أهمية من معدل السرعة الزاوية للمرجحة وذلك نتيجة للتأثير المباشر على سرعة الكرة الناتجة.

وحدات القياس الشائعة

	الإزاحة	السرعة	التعجيل
المستقيمة	الأمتار	الأمتار/ثانية	الأمتار/ث2
الزاوية	نصف قطر	نصف قطر/ث	نصف القطر/ث2



شكل 11-9 متجه الحركة الزاوية مائل عمودياً إلى الإزاحة الخطية من نقطة دوران الجسم

RELATIONSHIPS BETWEEN LINEAR AND ANGULAR MOTION

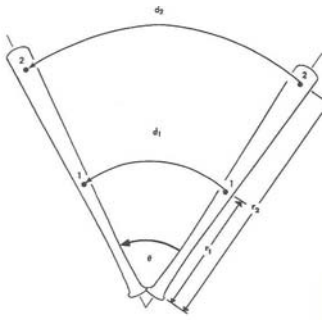
الإزاحة الزاوية و الخطية linear and angular Displacement

تعين المسافة الأكبر لنقطة لجسم يدور من محور الدوران وهي الإزاحة الخطية الأكبر التي تقطع عن طريق تلك النقطة (شكل 12–9). هذه الملاحظة يمكن أنْ يعبر عنها بالصيغة المبسطة للمعادلة الآتية:

$$d=r\Theta$$

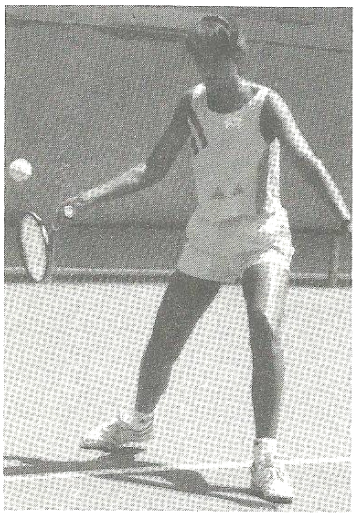
حرف d يشير إلى الإزاحة الخطية، و حرف r يمثل نصف قطر دوران النقطة (مسافة النقطة من محور الدوران)، أمّا الرمز Θ فيشير إلى الإزاحة الزاوية لدوران الجسم و التي تكون كميتها بأنصاف الأقطار.

- ✓ نصف قطر Radius of rotation: و هو عبارة عن المسافة من محور الدوران حتى نقطة التأثير على دوران الجسم



شكل 12–9 إن نصف القطر الأكبر للدوران (r) يمثل اكبر ازاحة خطية لنقطة على الجسم الدائر.

ولتصبح هذه العلاقة صحيحة، يجب أنْ يلتقي هذين الشرطين: يجب ان تحسب الإزاحة الخطية و نصف قطر الدوران بنفس وحدات الطول، أما الإزاحة الزاوية فيجب أن يعبر عنها بأنصاف الأقطار، و على الرغم من أنّ وحدات القياس موزونة بشكل اعتيادي على الجوانب المتقابلة لإشارة المساواة عندما يعبر عن العلاقة الصحيحة فهذه ليست هي المسالة واقعا فعندما يكون نصف قطر الدوران (المعبر عنه بالأمتار) مضروباً بالإزاحة الزاوية في أنصاف الأقطار، فإن النتيجة ستكون إزاحة خطية مستقيمة بالأمتار، تحذف أنصاف الأقطار على الجانب الأيمن من المعادلة في هذه الحالة. لان ومثلما لوحظ من تعريف نصف القطرradian، فإن نصف القطر يخدم في هذه الحالة كعامل تحويل بين القياسات المستقيمة و الزاوية.



التوقيت جدا مهم في ضربات كرة التنس ،فإذا كانت الكرة قريبة او متأخرة في لحظة الاتصال مع المضرب قد تخرج خارج حدود الملعب

يوجد نفس النوع من العلاقة بين السرعة الزاوية لدوران الجسم و السرعة الخطية لنقطة معينة على الجسم في لحظة معينة من الزمن. يعبر عن العلاقة كالآتي:

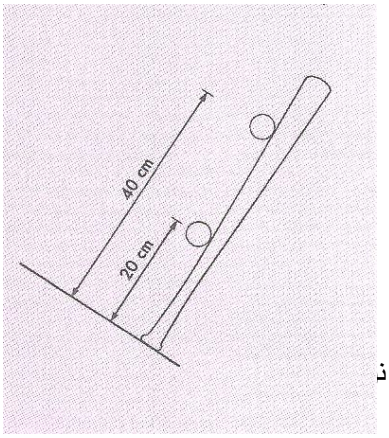
س = نق × السرعة الزاوية

$v=r\omega$

إنّ السرعة المماسية الخطية لنقطة التاثير هي (V)، إمّا حرف R فيعني نصف قطر الدوران لتلك النقطة، أمّا رمز ω فيعني السرعة الزاوية لدوران الجسم، ولتصبح هذه المعادلة صحيحة فيجب أن يعبر عن السرعة الزاوية باستخدام بنصف القطر (نق/ث) بالوحدات ونموذجيا باستخدام نق/ث يجب أن يعبر عن السرعة بوحدات نصف قطر الدوران مقسومة على الوحدات وهي المناسبة للزمن ومرة ثانية تستخدم أنصاف الأقطار كعامل تحويل زاوي–خطي وهي غير متوازنة على الجوانب المقابلة في إشارة التساوي.

م/ث/ =(م) (نق/ث)

شكل 13–9 كرتي بيسبول يضربن المضرب بالتعاقب، تضرب الكرة الأولى على بعد 20سم من محور دوران المضرب. وتضرب الكرة الثانية على بعد 40سم من محور دوران المضرب. فإذا كانت السرعة الزاوية للمضرب 30نق/ث في اللحظة التي تصل فيها لكلتا الكرتان. فما هي السرعة (الخطية)المستقيمة للمضرب في نقطتي الاتصال؟



المعلوم

نق1=20سم

نق2= 40سم

السرعة الزاوية1 = السرعة الزاوية2 = 30 نق

الحل

الصيغة التي يجب استخدامها هي المعادلة المرتبطة بالسرعات الزاوية

(س) السرعة = نق × السرعة الزاوية

<u>للكرة الأولى</u>

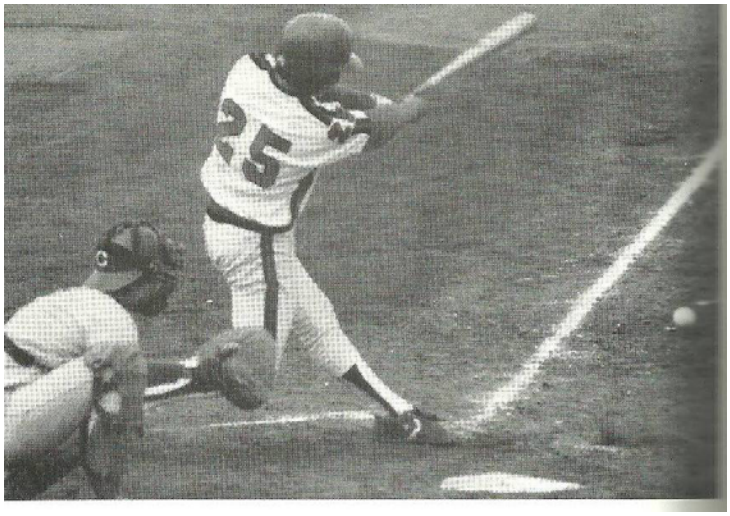
س1 = (0,20م)(30نق/ث)=6م/ث

<u>للكرة الثانية</u>

س2 = (0,40م)(30نق/ث) =12م/ث

استخدام وحدات أنصاف الأقطار للتحويل بين السرعات الزاوية و الخطية موضحة في الشكل( ) في العديد من السباقات الرياضية يكون هدف الانجاز الاني هو توجيه المادة أو الشيء كالكرة والريشة، أو كرة الهوكي، بشكل دقيق في الوقت الذي يتم فيه تحويل كمية كبيرة نسبياً من السرعة لها من مضرب الريشة

أو مضرب الكرة أو مضرب كرة الهوكي أو عصا الهوكي. في لعبة البيسبول وعند الكره يتوجب ان يكون هنالك توقيت دقيق في بداية مرجحة المضرب والسرعة الزاوية للمرجحة لاحداث الاتصال بالكرة وتوجيهها نحو المكان المطلوب.



السرعة الزاوية الأكبر لمضرب البيسبول. ستنتقل الكرة المضروبة إلى المكان الأبعد. شروط أخرى يجب أنْ تكون موجودة.

رمية بسرعة 40م/ث تصل الى الضارب في 0,41 ثانية بعد ترك يد الرامي. فمن المتوقع ان فارق 0,001 ثانية من زمن بدء المرجحة يمكن أنْ يحدد ان كانت الكرة متجهة إلى منتصف الساحة أو اسفل خط منطقة ارتكاب الخطأ وأنّ المرجحة ان بدأت في الثانية 0,003 بشكل مبكر أو متأخر جداً ستحدث دون وجود اتصال مع الكرة بوجود كل العوامل الأخرى فان اكبر نصف قطر للدوران تضرب عنده الأداة المتأرجحة الكرة هو اكبر سرعة زاوية منقولة إلى المضرب.

ففي لعبة الكولف، تنتقى المضارب الطويلة لأداء الضربات الطويلة، و تنتقى المضارب الصغيرة لاداء الضربات القصيرة. واضافة الى ذلك فإن مقدار السرعة الزاوية بنفس أهمية نصف قطر الدوران في تحديد السرعة الخطية في نقطة

معينة فوق الآلة المتأرجحة وغالباً ما يختار الرياضيين النخبة المضارب الطويلة، و ذلك لأنها تزيد نصف قطر الدوران بشكل كبير عند الاتصال بالكره و لكنها في الوقت نفسه أثقل بالنسبة للاعبين الصغار عند مرجحتها بنفس السرعة في حالة استخدام المضارب الأقصر.

إن العلاقة بين نصف قطر الدوران لنقطة الاتصال بين الأداة المنطلقة و الكرة و وسرعة الكرة الناتجة موضحة في (شكل11-15)

من الضروري أنْ ندرك بان السرعة الخطية للكرة المضروبة بواسطة المضرب في كرة الطاولة أو عصا البيسبول أو مضرب الهوكي هي ليست مشابهه للسرعة الخطية لنقطة الاتصال فوق الأداة المتأرجحة. هنالك عوامل أخرى مثل توجيه الضرب و مرونة الصدمة يمكن أن يكون لها تأثير على سرعة الكره.

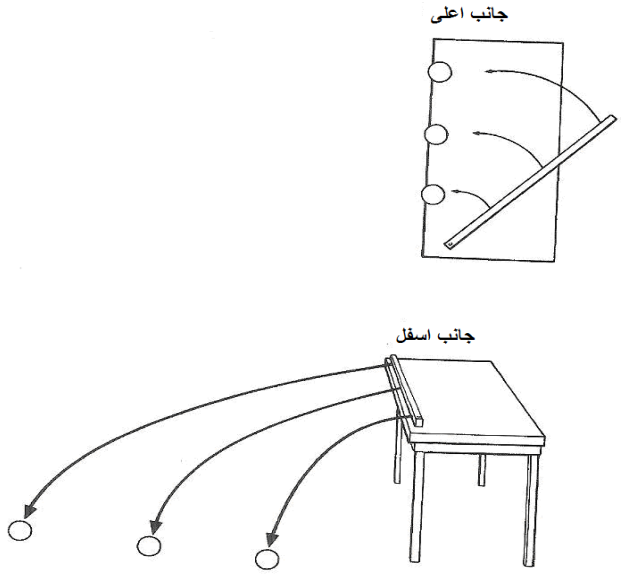
التعجيل الزاوي و التعجيل الخطي Liner and Angular Acceleration

إنّ تعجيل الجسم في الحركة الزاوية يمكن أنْ يحلل إلى مركبتي تعجيل خطيتين عموديتين. تكون هاتان المركبتان متجهتان على طول و عموديتان مع مسار الحركة الزاوية في أي لحظة من الزمن (شكل 14-9)

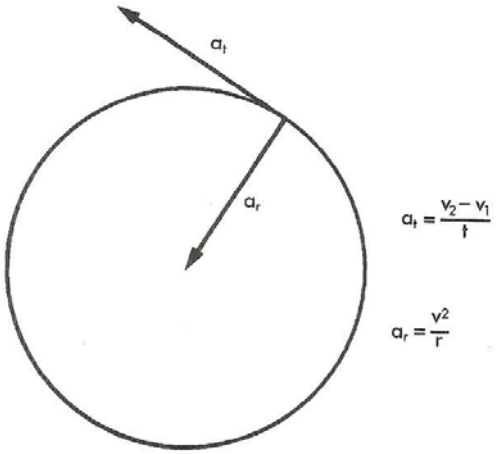
تأخذ المركبة المتجهة على طول مجرى الحركة الزاوية اسمها من مصطلح (tangent) و الذي يعني المماس. و المماس هو عبارة عن الخط الذي يمس والذي لا يعبر المنحني في أي نقطة معينة. تعرف المركبة المماسية بالتعجيل المماسي tangential acceleration والذي يمثل التغير في السرعة الخطية للجسم المتحرك بمسار منحني. تكون صيغة التعجيل المماسي كالآتي:

$$at = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

- ✓ التعجيل المماسي tangential acceleration : هو عبارة عن مركبة من التعجيل الزاوي والتي تتجه على طول مماسي لمسار الحركة الذي يمثل التغير في السرعة الخطية



شكل 14–9 تجربة بسيطة فيها تضرب عصا في حالة دوران ثلاث كرات توضح أهمية نصف قطر الدوران



شكل 15–9 متجها التعجيل القطري و المماسي موضحان بالتناسب مع المسار الدائري للحركة

يرمز للتعجيل المماسي at ، v يشير إلى السرعة الخطية المماسية في وقت بدء حركة الجسم اما v فيشير هذا الرمز إلى السرعة الخطية المماسية لحركة الجسم في الوقت التالي او الثاني وحرف Tيشير إلى فترة الوقت تبقى عندها سرعات حركة الجسم.عندما ترمى كرة ،فالكرة تأخذ مسارا منحنيا بينما يتزايد تعجيلها باستخدام العضلات في الكتف والمرفق والرسغ.المركبة المماسية لتعجيل الكرة ستمثل معدل التغير في السرعة الخطية للكرة.ونتيجة لان سرعة الرمي تؤثر بشكل كبير على مدى المقذوف فان السرعة المماسية يجب ان تكون في أقصاها تماما قبل إطلاق الكرة إذا كان الهدف هو رمي الكرة بشكل سريع ا والى مكان بعيد.

وحال إطلاق الكرة فان التعجيل المماسي سيكون صغيرا وذلك لان الرامي لا يستعمل قوته لفترة أطول. يعبر عن العلاقة بين التعجيل المماسي والتعجيل الزاوي كالتالي:

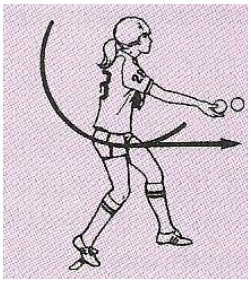
$at=r\alpha$

يشير حرف at إلى التعجيل الخطي وحرف r يشير إلى نصف قطر الدوران وحرف α يشير إلى التعجيل الزاوي. ويتوجب أن تكون وحدات التعجيل الزاوي ونصف قطر الدوران مناسبة ويجب ان يعبر عن التعجيل الزاوي بوحدات نصف القطر حتى تصبح العلاقة دقيقة على الرغم من ان السرعة الخطية لأية مادة تنتقل على طول مسار منحني فاتجاه حركتها يتغير باستمرار اما المركبة الثانية للتعجيل الزاوي فتمثل معدل التغير لاتجاه الجسم في الحركة الزاوية ويطلق على هذه المركبة بالتعجيل القطريradial acceleration وهي تتجه على الدوام نحو مركز المنحني ويمكنان تحسب باستخدام الصيغة التالية : $ar = v2/r$

يشير ar إلى التعجيل القطري ، v يشير إلى السرعة الخطية المماسية لحركة الجسم وحرف r يشير إلى طول نصف قطر الدوران ان الزيادة في السرعة الخطية او الانخفاض في نصف قطر المنحني سيزيد من التعجيل القطري،ولهذا فان نصف القطر لمنحنى الاصغر (المنحنى الاكثر ضيقا) هو المسار الأكثر صعوبة بالنسبة لسائقي الدراجات لتغيير المنحني في سرعة عالية.

عند رمي الكرة، فان الكرة ستأخذ مسارا منحنيا وذلك لان ذراع الرامي ويده يعملان على تقييد حركة الكرة وقوة التقييد هذه ستولد تعجيلا قطريا باتجاه مركز المنحني طيلة الحركة. عندما يطلق الرامي الكرة فان التعجيل القطري لن يبقى لفترة وستاخذ الأداة مسار المماس إلى المنحني في تلك اللحظة ولذلك ستكون عليه توقيت اطلاق الكرة مسالة حاسمة فإذا كان الإطلاق مبكرا أو متأخرا فان الكرة ستتجه الى اليسار او الى اليمين أكثر من ذهابها إلى الأمام بشكل مستقيم. المسالة موضحة في (شكل 16-9) يوضح تأثيرات المركبتان المماسية والقطرية للتعجيل.

(شكل 16–9) رامية كرة بأسلوب الطاحونة الدائرية تؤدي رمية بزمن 0,65 ثانية في حالة كون ذراع رميها بطول 0,7 متر .فما هي مقادير التعجيل القطري والمماسي على الكرة تماما قبل الإطلاق عندما تكون سرعة الكرة المماسية 20 م/ث ؟وما هو مقدار التعجيل الكلي على الكرة في هذه النقطة؟



المعلوم :

ن = 0,65 ث

نق = 0,7 م

س2 = 20 م/ث

الحل :

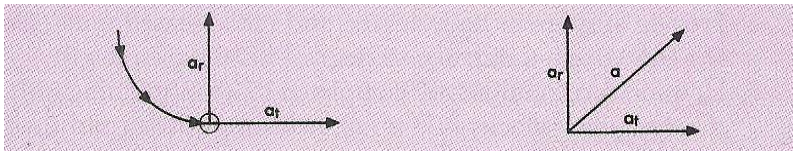
لإيجاد التعجيل المماسي نستخدم الصيغة التالية:

$$a_t = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

نفترض ان س1 = صفر

$$\text{التعجيل المماسي} = \frac{\text{٢٠ م/ث} - \text{صفر}}{\text{٠,٦٥ ث}} = \text{٣٠,٨ م/ث٢}$$

لإيجاد التعجيل القطري نستخدم الصيغة التالية :



$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

$$\text{التعجيل القطري} = \frac{(\text{٢٠ م/ث})^2}{\text{٠,٧ م}} = \text{٥٧١,٤ م/ث}$$

ولإيجاد التعجيل الكلي نشكل متجه للتعجيلين القطري والمماسي وبما ان التعجيلين القطري والمماسي متعامدان مع بعضهما البعض فبالإمكان استخدام النظرية الفيثاغورسية لحساب مقدار التعجيل الكلي.

التعجيل الكلي (ت) = $\sqrt{(0,30 \text{ م/ث}2 + (571,4 \text{ م/ث}2)}$

= 572,2 م/ث2

يمكن أن تساهم كلتا مركبتي الحركة القطرية والمماسية في السرعة الخطية الناتجة للمقذوف عند الإطلاق .فعلى سبيل المثال ، عند السقوط بعد القلبات الهوائية من العارضة العالية في الجمباز.وعلى الرغم من المساهمة الرئيسية للسرعة الخطية لجاذبية مركز الجسم هي بشكل عام من التعجيل المماسي فان المركبة القطرية يمكن أن تساهم بـ 50 % من السرعة الناتجة.اما حجم المساهمة من المركبة القطرية بغض النظر فيما إذا كانت موجبة أو سالبة فهي تختلف باختلاف تكنيك اللاعب المنفذ.

الملخـــص Summary

يعتبر فهم الحركة الزاوية جزءا مهما في دراسة علم البيوميكانيك وذلك لان اغلب الحركات اللاإرادية في جسم الإنسان تتطلب دوران العظام حول المحاور الوهمية للدوران المارة داخل مراكز المفصل التي ترتبط بها العظام .ان الكميات الزاوية في الكينماتيك – الإزاحة الزاوية، السرعة الزاوية والتعجيل الزاوي لها نفس العلاقات الداخلية مثلها مثل نظيراتها الخطية.الإزاحة الزاوية تمثل التغير في الموقع الزاوي وتعرف السرعة الزاوية على إنها معدل التغير في السرعة الزاوية خلال فترة زمنية معينة واعتمادا على اختيار الفترة الزمنية فيمكن ان يحسب كميا القيم بالمعدل او القيم الآنية للسرعة الزاوية والتعجيل الزاوي وختاما فبالامكان يمكن حساب متغيرات الكينماتيك الزاوي المشكلة عن طريق المحاور الطولية لقسمي الجسم المرتبطين بمفصل أو للميل الزاوي الكامل لقسم من الجسم بالتناسب مع خط الإشارة الثابت.هنالك أدوات متنوعة للقياس المباشر للزوايا على جسم الإنسان المنفذ.

أختبر معلوماتك

1.تتغير الزاوية النسبية في المركبة من 180 درجة . 95 درجة في مرحلة ثني الركبة في تمرين القرفصاء .ففي حال إكمال 10 تمارين وضع القرفصاء فما هي المسافة الزاوية الكلية والإزاحة الزاوية الكلية التي تم اجتيازها بواسطة الركبة ؟ أعط الأجوبة بالدرجات وأنصاف الأقطار.

الجواب : = 1700 درجة المسافة الكلية

نق = 29,7 نصف القطر

= صفر الإزاحة الكلية

2.حدد الإزاحة الزاوية،السرعة الزاوية والتعجيل الزاوي للفترة الزمنية التي تتحرك عندها المؤشر الثاني للساعة من الرقم 12 إلى الرقم 6 .

أعط الأجوبة بالدرجات ووحدات أنصاف الأقطار.

الجواب : الازاحة الزاوية = 180 درجة السرعة الزاوية = 6 درجة/ث ، النسبة الثابتة نق – النسبة الثابتة/30نق/ت ، ت = صفر.

3. ما عدد الدورات التي تنفذ في النهاية المغزلية بسرعة زاوية ثابتة بـ 3× النسبة الثابتة نق/ت في الزمن20 ثانية ؟(الجواب 30 دورة)

4. ساق ضارب ممدودة تأرجحت لمدة 0,4 ثانية بعكس اتجاه عقرب الساعة بتعجيل 200 درجة/ث2 فما هي سرعة الانطلاق الزاوية للساق لحظة الاتصال بالكرة ؟الجواب80درجة/ث ، 1,4نق/ث

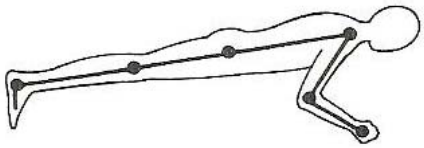
5. سرعة الانطلاق الزاوية لفخذ عداء تتغير من 3 نق/ث الى 2,7 نق/ث خلال فترة زمنية بمقدار 0,5 ثانية .كم كان مقدار معدل التعجيل الزاوي للساق؟ (الجواب 0,6 نق/ث2 ، 34,4 درجة/ث2).

6. حدد ثلاثة حركات تكون خلالها سرعة الانطلاق الزاوية الانية في زمن معين هي كمية ذات تأثير . وضح اختياراتك.

7.أملا القيم المتطابقة المفقودة للقياس الزاوي في اللائحة الآتية :

الدرجات	أنصاف أقطار	الدورات
90	?	?
?	1	?
180	?	?
?	?	1

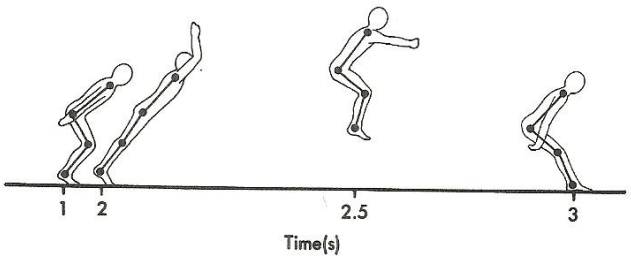
8.قس وسجل الزوايا التالية للرسم الموضح في الأسفل ؟



- ✓ الزاوية النسبية في الكتف.
- ✓ الزاوية النسبية في المرفق.
- ✓ الزاوية القائمة لوجه الاعلى.
- ✓ الزاوية القائمة للساعد.
- ✓ استخدم العمود الأيمن عندما تشير إلى الزاوية القائمة.

9.احسب الكميات التالية للمخطط في الأسفل :

- ✓ سرعة الانطلاق الزاوية في الورك عند كل فترة زمنية .
- ✓ سرعة الانطلاق الزاوية في الركبة عند كل فترة زمنية .
- ✓ ستعطي معلومة ذات معنى لحساب معدل السرعات الزاوية في الورك والركبة للحركة الموضحة في اعلاه؟ أعط نسبة لإجابتك.



10.مضرب تنس تأرجح بسرعة انطلاق زاوية 12 نق/ث لضرب كرة غير متحركة بمسافة 0,5 م من محور الدوران .فما هي السرعة الخطية للمضرب في نقطة الاتصال بالكرة؟(الجواب : 6م/ث)

11.تأرجح مضرب كولف 1,2م في حركة خطية بواسطة لاعب كولف يستخدم اليد اليمنى بطول ذراع قدره0,76 م فاذا كانت السرعة الأولية لكرة الكولف 35 م/ث كم كانت السرعة الزاوية للكتف الايسر في نقطة الاتصال بالكرة ؟(افترض بان الذراع الايسر والمضرب يشكلان بخط مستقيم وبان السرعة الأولية هي ذاتها السرعة الخطية للمضرب.؟(الجواب :17,86 نق/ث).

12.ديفيد يقارع جوليت ،فإذا عجلت رمية لديفيد 0,75 م لمدة 1,5 ثانية في نق/ث2 .فما هي سرعة الانطلاق الأولية للحجرة المرمية؟ (الجواب : 22,5 م/ث)

13. ضربت كرة بيسبول بواسطة مضرب 46 سم من محور الدوران عندما تكون السرعة الزاوية للمضرب 70 نق/ث فإذا ضربت الكرة بارتفاع 1,2 م بزاوية 45 درجة فهل ستجتاز الكرة حاجز بارتفاع 1,2م على بعد 110 متر؟ (افترض إن السرعة الخطية الأولية للكرة المطلقة).(الجواب:كلا فان الكرة عند ارتفاع 1,2م لمسافة 105,7م).

14.عصا وذراع لاعب بولو تشكل جزء صلب بطول 2,5 م فإذا تأرجحت الذراع والعصا بسرعة زاوية 1نق/ث بينما يثب حصان اللاعب بمقدار ب 5م/ث.فما هي سرعة الانطلاق الناتجة للكرة الساكنة التي تتقدم إلى الإمام؟(افترض ان سرعة الكرة هي نفسها السرعة الخطية لنهاية العصا) .(الجواب:7,5م/ث)

15.وضح كيف ستختلف سرعة الكرة في المسالة رقم(4) إذا تأرجحت العصا بزاوية 30 درجة باتجاه حركة الحصان.

16.اكتب ثلاثة حركات تكون فيها الزاوية النسبية لمفصل معين مهمة واكتب ثلاثة حركات تكون عندها الزاوية المطلقة لقسم من الجسم مهمة .وضح اختيارات.

17.رميت عصا نحو الهواء بسرعة زاوية أولية 2,5دورة/ث فإذا اجتازت العصا تعجيل ثابت عند الطيران ب0.2 دورة /ث2وكانت سرعتها الزاوية 0,8دورة/ثا عندما يقوم الرامي بمسكها .فما هي عدد الدورات التي ستؤديها في الهواء؟ (الجواب : 14 دورة)

18.دخل سائق دراجات منحني بنصف قطر 30 م وبسرعة 12م/ث فعندما استخدم الكابح كانت السرعة بمعدل ثابت 0,5م/ث2 فما هي مقادير التعجيلين القطري والمماسي عندما تكون سرعته 10م/ث؟ (الجواب : التعجيل القطري ar =3,33 م/ث2 و التعجيل المماسي at = 0,5م/ث2

19. نفذ التجربة المعروضة في شكل 11-15 في الصفحة 351 .دون المسافات المتحققة بواسطة الكرات الثلاثة واكتب توضيح مختصر .

20.مع رفيق ،استخدم جهاز الجونيومترز لقياس معدل الحركة لثني الرسغ والمد الأقصى ولثني الورك.أعط توضيح للاختلافات في هذه معدلات الحركة بين الشريك وبينك.

21. راقب طفل يضرب كرة او يرميها .اكتب وصف موجز للحركات الزاوية لنشاطات المفصل الأكبر .ما هي الملامح التي تميز الأداء عن الأداء المهاري المعقول للبالغ؟

22.في عمل جماعي ،راقب اثنان من المتطوعين يؤدون بالتزامن قفزات عمودية قصوى من مشهد جانبي اما باستخدام اعادة شريط الفيديو (الإعادة) أي تصوير القفزات او إعادة تنفيذ القفزات لعدة مرات.اكتب وصفا تناسبيا لحركات القفز الزاوية بضمتها الزوايا المطلقة القائمة والنسبية من حيث الأهمية.اكتب وصفا ذاكرا السبب كون إحدى القفزات أكثر ارتفاعا عن الأخريات.

23.ثبت بشريط ورقة رسم على جهاز المونتر(المرشد) في جهاز مسجل الفيديو مستخدما زر، ارسم ثلاث مخططات تمهيدية متوالية لشخص يؤدي حركة معينة.(إذا كانت الحركة بطيئة فستحتاج إلى تجاوز عدد ثابت من الإشكال فيما بين أوراق الرسم هذه).حول هذه الإشكال الى إشكال عصا .

الفصل العاشر

علم الحركة الخطي لحركة الإنسان

LINEAR KINETICS OF HUMAN MOVEMENT

بعد إكمال هذا الفصل سيكون القارئ قادرا على :

- ✓ تحديد قوانين الحركة والجاذبية (نيوتن) ووصف التوضيحات العملية للقوانين.
- ✓ توضيح العوامل التي تؤثر على الاحتكاك ودور الاحتكاك في الفعاليات اليومية والرياضية.
- ✓ تعريف الحافز أو الدافع والزخم وتوضيح العلاقة بينهم.
- ✓ توضيح ما هي العوامل التي تحكم ناتج التصادم بين جسمين
- ✓ مناقشة العلاقات الداخلية بين العمل الميكانيكي ، القدرة ، والطاقة .
- ✓ حل المسائل الكمية التي تتعلق بأفكار علم الكينتك.
- ✓ ما الذي يمكن ان يفعله الناس لتحسين الاحتكاك الالتصاقي عندما يسيرون على شوارع جليدية؟
- ✓ لماذا ترتد بعض الكرات على سطح أعلى مما ترتد على سطح أخر؟

قوانين نيوتن NEWTONS LAWS

اكتشف العالم إسحاق نيوتن (1642 – 1727) العديد من العلاقات الأساسية التي يمكن ان تشكل أساس الميكانيكا الحديث ، تسلط هذه المبادئ الضوء على العلاقات الداخلية بين كميات الكينتك الأساسية المقدمة في الفصل الثاني.

قانون القصور الذاتي low of Inertia

يعرف القانون الأول لنيوتن بقانون القصور الذاتي وحالات هذا القانون هي التالية :

(إن الجسم يبقى في حالة الثبات أو السرعة الثابتة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته). بمعنى آخر فان الشئ غير المتحرك سيبقى غير متحرك ما لم تكن هناك قوة (لا تتأثر عكسيا بقوة أخرى) تؤثر على ذلك الشئ بنفس الطريقة فان الجسم المتحرك بسرعة ثابتة على طول مسار مستقيم سيواصل حركته بسرعة ثابتة ما لم يتأثر بقوة تعمل على تغيير سرعته أو اتجاه حركته.

يبدو بديهيا بان المادة في حالة السكون (دون حركة) ستبقى دون حركة تحد من تأثير بعض القوى. نفترض ان قطعة من الأثاث مثل الكرسي سيبقى في موضع ثابت ما لم يدفع أو يسحب بواسطة شخص يعطي قوة تسبب حركة الكرسي . عندما يتحرك جسم معين بسرعة ثابتة فان سن قانون القصور الذاتي لن يكون واضحا في اغلب الأحيان. فالقوى الخارجية لا تؤثر في تقليل السرعة.فعلى سبيل المثال فان قانون القصور الذاتي يدل ضمنيا على ان المتزلج على الجليد سيستمر في تزلجه بنفس السرعة والاتجاه مقللا من تأثير القوى

الخارجيــة، فحقيقــة إن الاحتكــاك ومقاومــة الهــواء همــا قوتــان طبيعيتــان تؤثران في بطا المتزلجين وفي الأجسام المتحركة الأخرى.

يملك الزلاج ميلا للاستمرار بالانزلاق بسرعة واتجاه ثابت بسبب عزم القصور الذاتي

قانون التعجيل law of Acceleration

يعبــر القــانون الثــاني لنيــوتن عــن العلاقــات الداخليــة بــين القــوة ،الكتلــة والتعجيــل هــذا القــانون يعــرف بقــانون التعجيــل ويحــدد كــالأتي لجســم بكتلة ثابتة :

(تســبب القــوة المســتعملة علــى جســم تعجــيلا لــذلك الجســم مقــداره يتناســب الــى القــوة المســتعملة وباتجــاه القــوة وعكســيا مــع كتلــة الجســم) .فعنــدما ترمــى كــرة تضــرب أو تطلــق بواســطة أداة فإنهــا تميــل الــى ان تتحــرك باتجــاه خــط تــأثير القوة المســتعملة بــنفس الشــكل فــان المقــدار الأكبــر للقــوة المســتعملة هــو مقــدار الســرعة التــي تمتلكهــا الكــرة وان التعبيــر الجبــري للقــانون هــو صــيغة معلومــة جيــدا، تعبــر عــن العلاقــات الكميــة بــين القــوى المستعملة ، كتلة الجسم والتعجيل الناتج للجسم :

القوة = الكتلة × التعجيل

ولهذا فان ضرب كرة تزن 1 كغم بقوة 10 نيوتن فان التعجيل الناتج للكرة هو 10 م/ث2 أما إذا كان للكرة كتلة بمقدار 2 كغم فان استمال نفس القوة 10 نيوتن سينتج تعجيلا بمقدار 5 م/ث2.

يستعمل القانون الثاني كذلك في حركة الجسم ،فعندما يركض لاعب كرة القدم المدافع الى عمق الساحة فانه يحجز بواسطة لاعب مقابل وان سرعة انطلاق اللاعب المدافع التي تأتي بعد الالتحام تؤدي وظيفة اتجاه اللاعب الأصلي والسرعة والاتجاه ومقدار القوة المبذولة بواسطة اللاعب المهاجم.

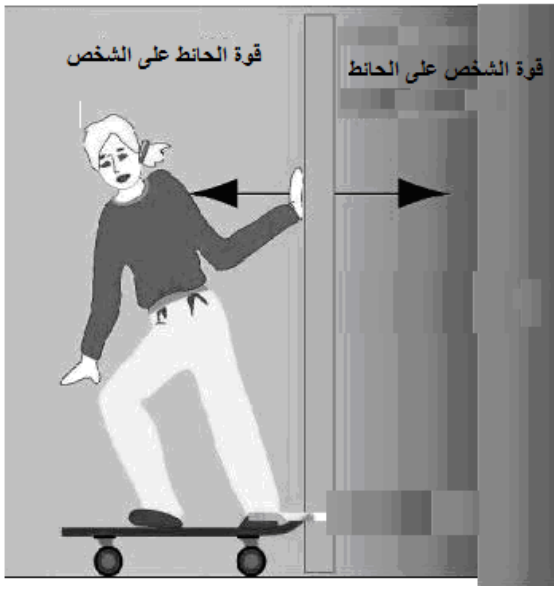
أن مقدار واتجاه تعجيل كرة القدم هو وظيفة مباشرة للقوة المستعملة بواسطة ضارب الكرة

قانون رد الفعل law of Reaction

القانون الثالث للحركة يعبر عن إن كل قوة مستعملة تكون مصحوبة بقوة رد فعل، لكل فعل هناك رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس بالاتجاه. في مصطلحات القوى يحدد القانون كالأتي:

(عندما يبذل جسم قوة على جسم آخر فان الجسم الآخر يبذل قو رد فعل مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه على الجسم الأول).عندما ينحني شخص بيد مقابل جدار صلب فان الجدار يدفع الى الخلف على اليد بقوة مساوية ومعاكسة للقوة المبذولة على الجدار بواسطة اليد بشكل أقوى عندما تدفع الى الجدار بقوة اكبر فإننا سنشعر بكمية اكبر من الضغط من خلال سطح اليد.

توضيح آخر لهذا القانون موجود في (شكل 1-10).



درس الباحثون رد فعل القوى المزودة بواسطة الأرض والتي تصبح محكومة مع نزول قدم عند الركض لمعرفة أسباب الإصابات

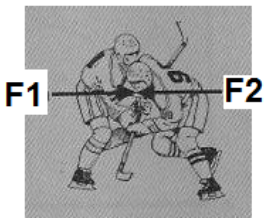
المتعلقة بالركض. فمقدار المركبة الأفقية لقوة رد فعل الأرض عند الركض تشكل ضعفي أو ثلاث إضعاف وزن جسم العداء بطريقة القوة المقيدة عند الاتصال بالأرض والتي تختلف باختلاف أسلوب العدو.

صنف كافاناخ (Cavanagh) ولوفورتن (Lofortune) كعداءين يمدون القدم الخلفية ، القدم الوسطى أو القدم الأمامية بالاعتماد على اتصال الجزء الامامي من الحذاء بالارض.الأساليب الأفقية النموذجية لمطلقي الساق الخلفية والآخرون موضحة في شكل(2-10).

إن العوامل التي تؤثر على الأساليب تتضمن سرعة الركض ونوع الحذاء وسطح الأرض حيث إن نوع أحذية العدائين بأنواعها المختلفة تأثير كبير على أساليب الركض.

- ✓ إن قانون رد الفعل يعطي حقيقة بأنه حتى عندما تكون الأجسام في حالة التحام فأنها تكون بكتل مختلفة.
- ✓ بما إن قوة رد فعل الأرض هي قوة مؤثرة خارجية على جسم الإنسان،فان مقدارها واتجاها يوثران على سرعة الجسم.

شكل (1-10) يمثل لاعب هوكي جليد بوزن 90 كغم يصطدم بلاعب آخر يزن 80 كغم ففي حالة بذل اللاعب الأول قوة 450 نيوتن على اللاعب الثاني . فما مقدار القوة المبذولة بواسطة اللاعب الثاني على اللاعب الأول.



المعلوم :

ك1 = 90 كغم

ك2 = 80 كغم

F1 = 450 نيوتن

لا تتطلب هذه المسالة حساب فطبقا للقانون الثالث لنيوتن فلكل فعل هنالك رد فعل مساو بالمقدار ومعاكس بالاتجاه .فإذا كانت القوة الأولى المبذولة بواسطة اللاعب الأول على اللاعب الثاني مقدارها 450 نيوتن بالاتجاه المعاكس فان القوة المبذولة بواسطة اللاعب الثاني على اللاعب الأول 450 نيوتن كذلك وبالاتجاه المعاكس.

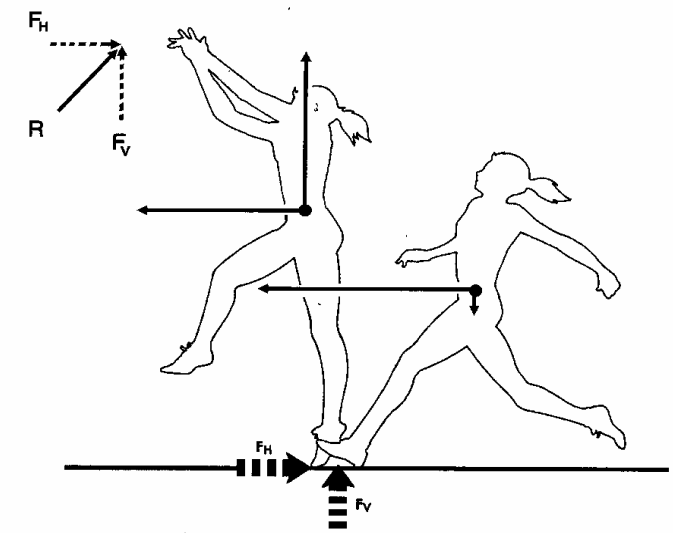
الحل/ لا تتطلب هذه المسالة عملية حسابية فطبقا للقانون الثالث لنيوتن فلكل فعل هنالك رد فعل مساو بالمقدار ومعاكس بالاتجاه .فإذا كانت القوة الأولى المبذولة بواسطة اللاعب الأول على اللاعب الثاني مقدارها 450 نيوتن بالاتجاه المعاكس فان القوة المبذولة بواسطة اللاعب الثاني على اللاعب الأول 450 نيوتن كذلك وبالاتجاه المعاكس.

بالتطابق مع القانون الثالث لنيوتن تكون قوى رد فعل الأرض ثابتة مع كل نزول للقدم خلال الركض

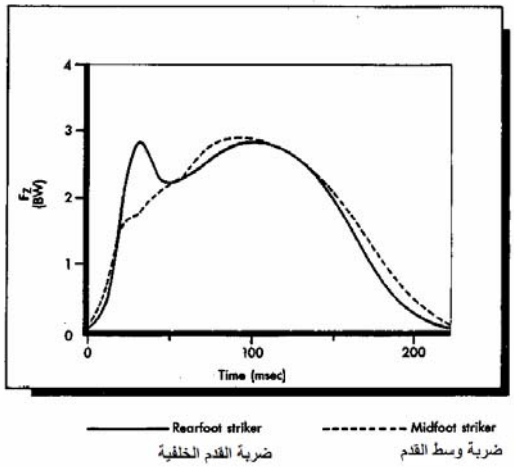
بما إن فعل الأرض هو عبارة عن قوة خارجية على الجسم فان مقدارها واتجاهها لهما مضامين ليس فقط بالنسبة للإصابة ، ولكن بالنسبة للانجاز في مختلف السباقات الرياضية مثلما هو الحال في الوثب العالي فعلى سبيل المثال يتحرك الرياضيون المهرة بسرعة انطلاق عمودية كبيرة وسرعة انطلاق أفقية خفيفة إلى الأسفل في بداية المشي بخطوات واسعة قبل الارتقاء.

ان قوة رد الفعل تقلل من سرعة الانطلاق الافقية للقافز وتولد سرعة انطلاق عامودية متجه الى الأعلى شكل(2-10).حيث إن قافزي العالي المهرة لا يدخلون مرحلة الارتقاء عند القفز بسرعة انطلاق عالية حسب ولكن كذلك باستخدام فعال لقوة رد الفعل لتحويل سرعة الانطلاق الأفقية إلى سرعة انطلاق عمودية نحو الأعلى.

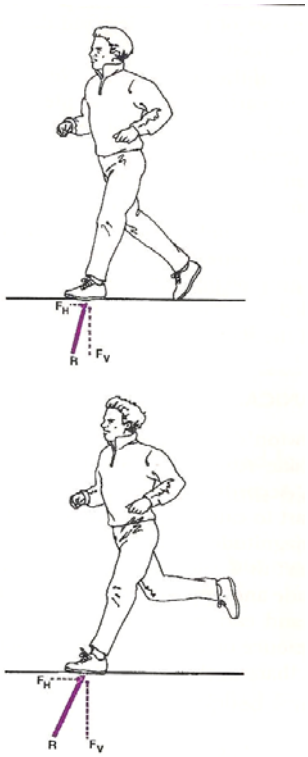
يعمل العداءون على زيادة طول الخطوة عندما تزداد سرعة الركض فوق البطئ لتتكيف مع معدل السرعة. فالخطوات الطويلة تميل الى المساهمة في توليد رد فعل لمركبتين عموديتين تعيقان الحركة بشكل كبير شكل3-10، وهذا واحد من الأسباب التي يكون فيها نتيجة الخطوات الواسعة نتيجة معاكسة.



شكل (2-10)عند الارتقاء في القفز العالي، تساهم المركبات الافقية F_H لقوة رد الفعل في تقليل سرعة الانطلاق العمودية للقافز، وتساهم المركبة العمودية F_V في سرعة الارتقاء العمودي.



شكل (3- 10) يوضح أساليب رد الفعل النموذجية للاعبين الذين يبدءون بالقدم الخلفية والآخرون فيمكن ان يصنف العداون بالذين يبدوان بالقدم الخلفية ،الوسطى،أو القدم الأمامية حسب جزء الحذاء الذي عادة ما يتصل بالأرض أولا".



شكل(4-10) يزيد استخدام الخطوة الأطول خلال الركض المركبة العمودية العائقة لقوة رد فعل الأرض بالتطابق مع القانون الثالث لنيوتن تكون قوى رد فعل الأرض ثابتة مع كل نزول للقدم خلال الركض .

قانون الجاذبية الأرضية law of Gravitation

إن اكتشاف قانون نيوتن الخاص بالجاذبية الأرضية كان واحدا من اكبر المساهمات في الثورة العلمية ويعتبر علامة بداية العلم الحديث من قبل الكثير من المختصين.

وطبقا لأفكار نيوتن الأسطورية عن الجاذبية الأرضية والتي أثيرت من خلال ملاحظة سقوط التفاحة أو عن طريق حقيقة الضرب على رأسه بتفاحة

ساقطة.ففي كتاباته عن الموضوع استخدم مثل التفاحة الساقطة لتوضيح المبدأ الذي يقول بان كل جسم يجذب من جسم آخر. حدد قانون الجاذبية لنيوتن التالي (تجذب جميع الأجسام الى الأجسام الأخرى بقوة تتناسب مع حاصل كتلتها وتتناسب عكسيا مع المسافة بين هذه الأجسام):

حدد القانون جيدا كالأتي :

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \qquad \text{ق}_{\text{ج}} = \text{ج} \frac{\text{ك}_1 \text{ك}_2}{\text{ز}^2}$$

قوة الجذب الأرضي هي Fg ، G رقم ثابت ، m2،m1 هي كتل الأجسام ،d2 هي المسافة بين مركزي كتلة الجسمين .أشار قانون الجاذبية لنيوتن لمثل سقوط التفاحة انه بينما تجذب الأرض التفاحة فان التفاحة تجتذب الأرض إليها كذلك.على الرغم من البعد القليل جدا.

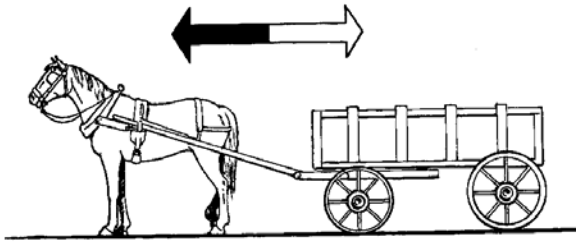
وبينما توضح صيغة قوة الجذب الأرضي،الكتلة الأكبر بين الجسمين قوة الجذب الأكبر بين الاثنين فبنفس الشكل توضح المسافة الأكبر بين الجسمين،المسافة الأصغر بينهما.

من خلال الاستخدامات البيوميكانيكية فان نتيجة قوة جذب الأرض هي تلك المتولدة بواسطة الأرض نتيجة لكتلتها الضخمة جدا.ان معدل تعجيل قوة الجذب الأرضي التي تجذب عندها الأجسام نحو سطح الأرض هو(9,81م/ث2) استنادا الى كتلة الأرض والمسافة إلى مركزها.

السلوك الميكانيكي للأجسام عند الاتصال

MECHANICAL BEHAVIOR OF BODIES IN CONTACT

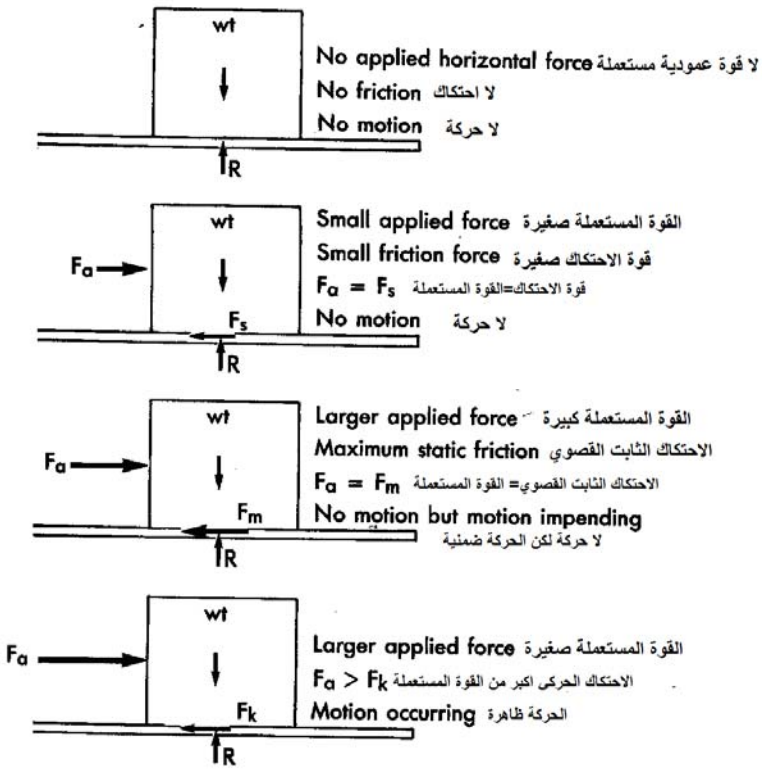
استنادا إلى قانون الحركة الثالث لنيوتن،هنالك رد فعل مساو بالمقدار ومعاكس بالاتجاه وبناءا على ذلك فالحصان المربوط بعربة عندما يبذل قوة على العربة لتسبب الحركة الى الأمام فان العربة بنفس الوقت تعطي قوة الى الخلف بمقدار مساو أو معادل على الحصان شكل (5–10) على اعتبار ان الحصان والعربة لهما نظام حركي واحد ،فإذا كانت القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه فمحصلة المتجه ستكون صفرا . فكيف يحرك نظام العربة والحصان الحركة الى الأمام والجواب يرتبط بوجود قوة أخرى تؤثر بمقدار مختلف على العربة عنه عن الحصان وهي قوة الاحتكاك.



شكل(5–10) عندما يحاول الحصان سحب العربة للأمام فان العربة تبذل جهد مساوي لقوة جهد الحصان ولكن بالاتجاه المعاكس وفقا لقانون نيوتن الثالث.

الاحتكاك Friction

الاحتكاك القوة التي تحدث عند تحرك سطحين متلاصقين باتجاهين متعاكسين لاتجاه الحركة أو الحركة وشيكة الحدوث ،ولان الاحتكاك هو قوة إذن فهو يحسب بوحدات القوة، ان قيمة أو مقدار قوة الاحتكاك المتولد تحدد السهولة أو الصعوبة النسبية لحركة مادتين عند الاتصال.

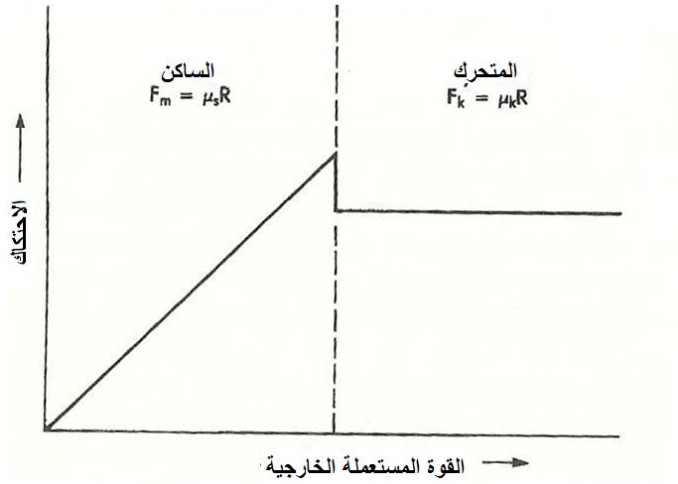


شكل 6–10 إن قيمة أو مقدار قوة الاحتكاك المتولد تحدد السهولة أو الصعوبة النسبية لحركة مادتين عند الاتصال.

فيما يتعلق بمثال صندوق فوق طبلة أو منضدة مستوية (شكل 6–10) فان القوتين اللتين تؤثران على الصندوق غير الموزع هما وزنه وقوة رد الفعل المستعملة بواسطة المنضدة .ففي هذه الحالة تكون قوة رد الفعل مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه لوزن الجسم.

عند استعمال القوة العمودية الصغيرة جدا الى الصندوق فسيبقى دون حركة. يمكن أن يحافظ الصندوق على وضعه الساكن لان القوة المستعملة تؤدي الى توليد قوة الاحتكاك على الصندوق/ المنضد والتي

تكـون مسـاوية بالمقـدار ومعاكسـة بالاتجـاه للقـوة الصـغيرة المسـتعملة .وبينمـا يصـبح مقـدار القـوة المسـتعملة اكبـر واكبـر فـان مقـدار قـوة الاحتكـاك المضـادة أيضـا سـيزداد إلـى نقطـة حاسـمة وكبيـرة .تلـك النقطـة التـي تمثـل قـوة الاحتكـاك ويصـطلح عليهـا بالاحتكـاك القصـوى الثابـت(Fm) أمـا فـي حالـة زيـادة مقـدار القـوة المسـتعملة بعـد هـذا المقـدار فسـتحدث الحركـة (سـينزلق الصـندوق) مـا ان يكـون الصـندوق فـي حالـة حركة،سيسـتمر تـأثير قـوة الاحتكـاك المضادة.يشـار إلـى قـوة الاحتكـاك الموجـودة عنـد الحركـة ،بالاحتكـاك الحركـي(Kinetic Friction) (Fk). تبقـى قيمـة الاحتكـاك الحركـي فـي مقـدار ثابـت اقـل مـن قيمـة الاحتكـاك الثابـت القصـوي. بغـض النظـر عـن كميـة القـوة المسـتعملة أو سـرعة الحركة التي تحدث فان قوة الاحتكاك الحركي ستبقى ذاتها.



شكل(7–10) طالما يكون الجسم ثابتا فان مقدار قوة الاحتكاك تكون مساوية للقوة الخارجية المستعملة عندما تبدأ الحركة ، فان مقدار قوة الاحتكاك تبقي بمستوى ثابت دون الاحتكاك الثابت القصوي.

سؤال يتبادر إلى الذهن ما هي العوامل التي تحدد كمية القوة المستعملة المطلوبة لتحريك مادة معينة؟

فمطلوب قوة اكبر لتحريك ثلاجة منها لتحريك صندوق فارغ في الثلاجة المنقولة.كذلك نحتاج الى قوة اكبر لتحريك ثلاجة لأرضية مغطاة بالكاربت منها على الأرضية المغطاة بالمشمع الرقيق.هنالك عاملان يحكمان مقدار قوة الاحتكاك الثابت الأقصى أو الاحتكاك الحركي في أي حالة. يشار إلى معامل الاحتكاك بالحرف الإغريقي الصغير (μ) وقوة رد الفعل العمودية (R).

$$F = \mu$$
$$R$$

إن معامل الاحتكاك هو رقم دون وحدة يشير إلى السهولة النسبية للانزلاق أو مقدار التفاعل الجزيئي الحركي بين السطحين المتصلين وان العوامل التي تؤثر على قيمة معامل الاحتكاك هي سطوح الاتصال الغير رقيقة ونوع التفاعل الجزيئي بين السطوح.

شكل 8– 10 يكون معامل الاحتكاك الساكن بين الزلاجة والجليد 0,18 مع معامل احتكاك 0,15 وزن جسم 250 نيوتن جالس على الزلاجة تزن 200 نيوتن فما هي القوة المتجهة بشكل مواز إلى السطح العمودي المطلوب لبدء الزلاجة بالحركة ؟ ما هي القوة المطلوبة للمحافظة على حركة الزلاجة؟

المعلوم :

$0,18 = \mu_s$

$0,15 = \mu_k$

ن = 250 نيوتن + 200 نيوتن

الحل :

لبدء الزلاجة بالحركة فيجب ان تتجاوز القوة المستعملة قوة الاحتكاك الساكنة القصوى .

الاحتكاك القصوي F_m = معامل الاحتكاك الساكن × قوة رد الفعل

$= (0,18)\ (250+200)$

= 81 نيوتن

يجب أن تكون القوة المستعملة اكبر من 81 نيوتن .

للمحافظة على الحركة فيجب أن تساوي القوة المستعملة قوة الاحتكاك الحركية :

F_k = معامل الاحتكاك الحركي × قوة رد الفعل

$= (0,15)(200 + 250)$

= 67,5 نيوتن

يجب أن تكون القوة المستعملة على الأقل 67,5 نيوتن .

- ✓ الاحتكاك الحركي kinetic friction: المقدار الثابت الذي يتولد بين سطحي الاتصال عند الحركة.
- ✓ الاحتكاك الثابت القصوي maximum static friction: مقدار الاحتكاك الأقصى الذي يمكن ان يتولد بين السطحين الثابتين.
- ✓ معامل الاحتكاك coefficient of friction:عبارة عن رقم يؤدي وظيفة لمعرفة مدى التفاعل بين سطحي الاتصال.
- ✓ قوة رد الفعل الاعتيادية normal reaction force : وهي عبارة عن القوة التي تأثر عموديا على السطحين المتصلين.

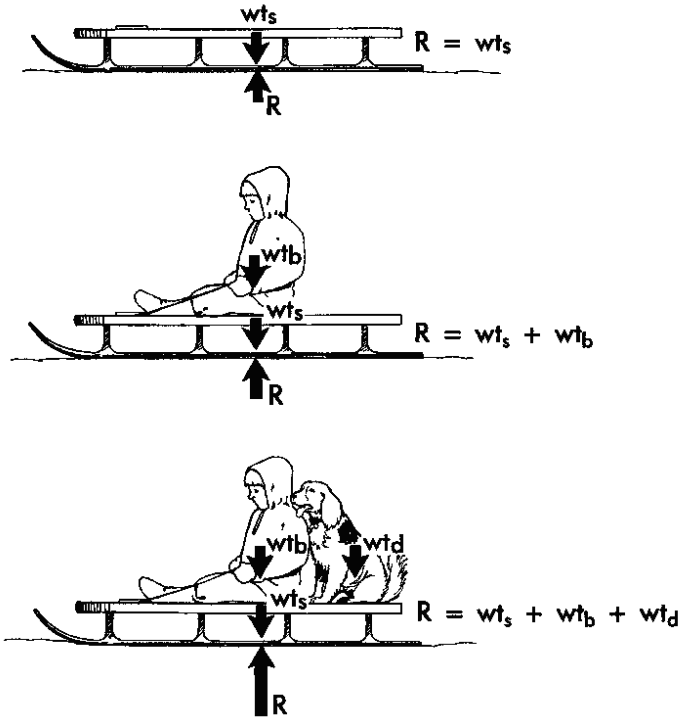
إن التفاعل الجزيئي والحركي الأكبر هو القيمة الأكبر لمعامل الاحتكاك فعلى سبيل المثال فان معامل الاحتكاك بين جدارين مغطيان بورق رملي خشن هو اكبر من معامل الاحتكاك بين الزلاجة وسطح

جليدي رقيق حيث إن معامل الاحتكاك يعبر عن التفاعل بين سطحي الاتصال وغير واصف لأحدهما.

إن معامل لوحة التزلج عند الاتصال بالجليد تختلف عن معامل نفس الزلاجة عند اتصالها بقطعة من الخشب ومن ناحية أخرى فان معامل الاحتكاك بين سطحين يفرض واحد أو اثنان من القيم المختلفة بالاعتماد على اعتبار أن الأجسام في حالة اتصالها ثابتة غير متحركة(static) أو في حالة حركة (kinetic) ويعرف المعاملين بمعاملي الاحتكاك الساكن (μs) ومعامل الاحتكاك المتحرك (μk) وتعتمد قيمة الاحتكاك الساكن القصوى على معامل الاحتكاك الساكن Fm = R .

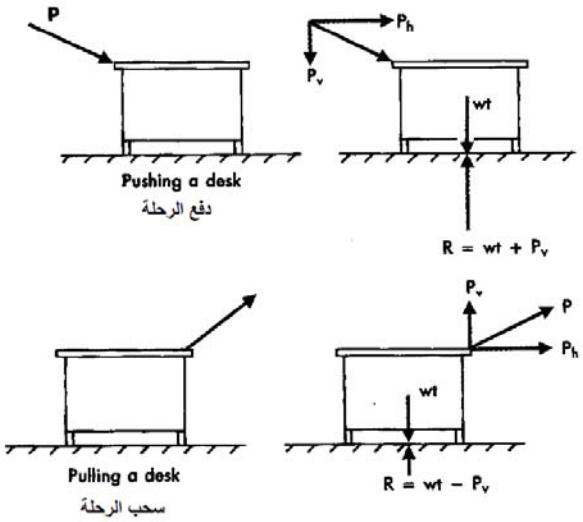
أما قيمة الاحتكاك الحركي فتعتمد على معامل الاحتكاك المتحرك Fk = R .

في كل جسمين متصلين فان معامل الاحتكاك الحركي(μk) اقل دائما من معامل الاحتكاك الساكن (μs) بنسبة 0,003 سجلت بين زلاجة السباق وتزلج الجليد لمعالج بصورة صحيحة تحت ظروف جيدة.ان استخدام المعاملين الساكن والمتحرك موضحتين في شكل(8-10).



شكل (9–10) عندما يزداد الوزن تزداد قوة رد الفعل الطبيعية.

من العوامل الأخرى التي تؤثر على قيمة قوة الاحتكاك المتولدة هي قوة رد الفعل الطبيعية. ففي حالة كون القوة الأفقية هي القوة الوحيدة المؤثرة على الجسم الموضوع فوق سطح عمودي ستكون قوة رد الفعل مساوية الى الوزن فإذا كانت المادة مزلجة تحمل فوقها عربة بوزن 100 كغم فان قوة رد الفعل تكون مساوية الى وزن الزلاجة زائدا وزن العربة. قوى أخرى متجهه أفقيا مثل قوة الدفع والسحب حيث يمكن أن تؤثر على مقدار قوة رد الفعل والتي تكون دائما مساوية لمجموع متجه القوى أو مركبات القوى التي تؤثر طبيعيا على سطوح الاحتكاك شكل (9–10).



شكل (10– 10) من منظور ميكانيكي فان من الأسهل سحب مادة كالكرسي أكثر من دفعها لان السحب يميل الى خفض مقدار رد الفعل والقوة بينما يميل الدفع الى زيادة رد الفعل والقوة.

ان مقدار قوة رد الفعل يمكن ان يتغير حيث يمكن تنخفض وترتفع مع مقدار الاحتكاك الموجود، فعندما تقف عربة على مؤخرة الزلاجة فان رد الفعل الطبيعي الناتج عن الأرض على الزلاجة سيزداد مع زيادة متزامنة في كمية الاحتكاك المتولد وسيعمل على توليد صعوبة في تحريك الزلاجة . وعلى العكس فعند انخفاض مقدار قوة رد الفعل فسينخفض الاحتكاك وسيكون من السهل بدء الحركة.

كيف يمكن خفض قوة رد الفعل الاعتيادية؟ افترض بأنك تحتاج إلى إعادة تنظيم الأثاث داخل غرفة فمن السهل دفع أو سحب مادة مثل المنضدة لتحريكها؟فعندما تدفع الرحلة و تكون القوة متجهه قطريا إلى الأسفل بالمقابل فالقوة عادة ما تكون متجهه قطريا الى الأعلى عندما تسحب الرحلة.

أن المركبة الأفقية للسحب أو الدفع أما ان تضاف الى أو تطرح من مقدار قوة رد الفعل الطبيعية.ولهذا فان مقدار قوة الاحتكاك المتولدة تؤثر في تسهيل حركة المنضدة شكل (10-10) .كذلك يمكن ان تكون كمية الاحتكاك الموجودة بين السطحين متغيرة عن طريق تبديل معامل الاحتكاك بين السطوح فعلى سبيل المثال يساعد استخدام القفازات في الألعاب الرياضية كالكولف وكرة المضرب على زيادة معامل الاحتكاك بين اليد وقبضة المضرب.

- ✓ تصمم قفازات الكولف وكرة المضرب لزيادة الاحتكاك بين اليد والمضرب مثلما هي المسكات على مقابض المضارب ذاتها .

إن سوء الفكرة الواسعة الانتشار حول الاحتكاك هي ان منطقة سطح الاتصال الكبيرة تولد احتكاكا اكبر.أن الرؤى والأفكار المستفيضة تشير الى ان إطارات سيارات الحمل العريضة تعطي احتكاكا أفضل من الإطارات ذات العمق الاعتيادي وعلى أية حال فان العوامل المعروفة بتأثيرها على الاحتكاك هي معامل الاحتكاك وقوة رد الفعل الطبيعي.ونتيجة لكون إطارات سيارات الحمل العريضة تزن أكثر من الإطارات الاعتيادية، فإنها تعمل على زيادة الاحتكاك الى المدى الذي يزيد من قوة رد الفعل .وبهذا فان نفس التأثير يمكن أن ينجز عن طريق حمل الطابوق أو الكتل الخشبية أو الحجرية في صندوق السيارة ،فان التمرين يمكن أن يتبع بواسطة الناس الذين يقودون سياراتهم فوق طرق جليدية. من ناحية أخرى فإن بعض إطارات سيارات الحمل العريضة تمنح الفائدة من خلال الاحتكاك الزائد.

ان للاحتكاك المسلط تأثير هام في العديد من النشاطات اليومية فالمشي يعتمد على معامل الاحتكاك الصحيح بين أحذية الأشخاص والسطح .فاذا كان معامل الاحتكاك واطئ جدا مثلما هو

عنـدما يمشـي شـخص بحـذاء ذو أرضـية رقيقـة علـى أرضـية جليديـة فسيحدث الانزلاق.امـا قـاع الحمـام المبللـة يجـب ان تعطـي معامـل احتكـاك مع أخمص القدمين العاريتين كافيا بشكل كبير للوقاية من الانزلاق.

إن مقـدار الاحتكـاك الموجـود بـين أحذيـة راقصـي الباليـه وأرضـية الـرقص يجـب ان يكـون محكـم ودقيـق وذلـك حتـى يمكـن للحركـات التـي تستلزم مقدار معين من الانزلاق او ارتكاز محوري مثل , assembles pirouettes glissades يمكـن ان تنفـذ بلطـف وانسـيابية دون حـدوث الانـزلاق . غالبـا مـا تسـتخدم مـادة الـروتينج (rosin) فـي أرضـيات الـرقص وذلـك لأنهـا تعطـي معامـل احتكـاك اكبـر للاحتكـاك السـاكن ، وتعطـي معامـل احتكـاك صـغير جـدا بالنسـبة للاحتكـاك المتحـرك . وهـذا مـا يسـاعد علـى الحمايـة مـن الانـزلاق فـي حـالات سـاكنة ويسـمح بحريـة حـدوث الحركات المطلوبة.

ولـدت كميـة أو مقـدار الاحتكـاك الموجـود خـلال السـباقات الرياضـية خلافـات حـادة إذ حـاول اتحـاد رياضـي كـرة القـدم الـدولي أن يجعل من الثيل الاصطناعي بديلا عن ملاعب الثيل الطبيعي.

لكـن دعـاة (المـادة الخطيـرة) رفضـوا ذلـك عـدة مـرات لان معامـل الاحتكـاك العـالي بـين الثيـل الاصـطناعي وقـدم لاعـب كـرة القـدم لا يسـمح بـدوران القـدم الثابتـة فهنالـك العديـد مـن الإصـابات نسـبت إلـى عـدم حركـة القـدم الثابتـة علـى الثيـل الاصـطناعي، وعلـى الـرغم مـن ذلـك أسـتمر اللعـب علـى الثيـل الاصـطناعي وذلـك لان لجنـة حمايـة منتجـات المسـتهلك قـررت بأنـه لا دليـل كـافي لـدعم هـذا المطلـب وهنالـك خـلاف آخـر بـين (كلـين اولسـون) لاعـب الكولـف المحتـرف المتقاعـد وعـدد مـن أعضـاء مجلـس البولنـغ الأمريكـي، دار الخـلاف حـول مقـدار الاحتكـاك الموجـود بـين كـرة اولسـون والحـارات أو مجـالات مـرور الكـرة والتـي سـجل عنـدها 300 نقطـة

فـي ثلاثـة مباريـات متتاليـة .واسـتنادا الـى المجلـس فـان إصـاباته لـم تكـن واضـــحة وذلـــك لان الحـــارات أو المجـــالات التـــي اســـتخدمها لـــم تحـــدد مستويات الانحدار مقدار تكييف الزيت الموجود.

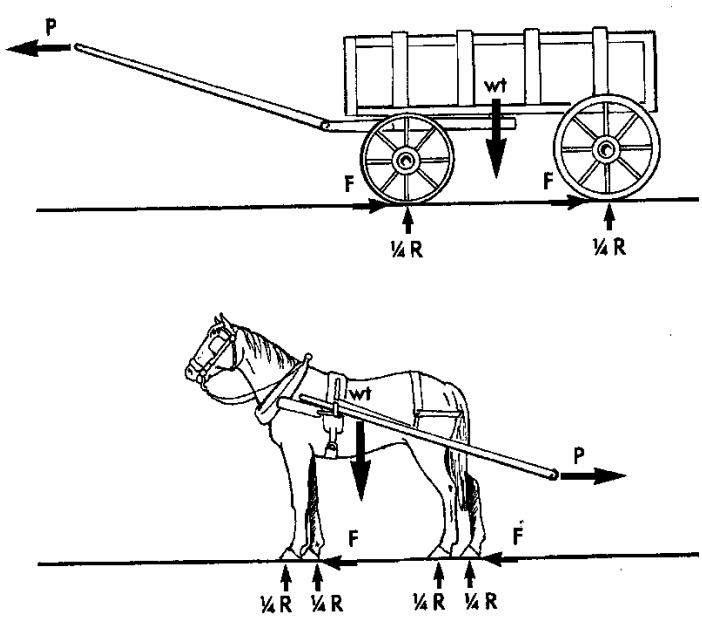
أن معامل الاحتكاك بين أحذية الراقصين والأرضية يجب ان يكون كافيا للسماح بحرية الحركة وكافيا بشكل كبير للحماية من الانزلاق.

أن مقـدار احتكـاك الـدوران الموجـود بـين شـئ مـدور مثـل كـرة البولينـغ أو إطـار السـيارة الـدائري والسـطح المسـتوي مـا يعـادل تقريبـا واحـد – منـه إلـى – إلـف مـن ذلـك الموجـود بـين السـطوح المنزلقـة. يحـدث الاحتكـاك الـدوراني نتيجـة لان السـطوح المنحنيـة والمسـتوية تكـون مشـوهة قلـيلا عنـد الاحتكـاك .إن معامـل الاحتكـاك بـين السـطوح عنـد الاحتكـاك ، وقـوة رد الفعـل الاعتياديـة إضـافة إلـى حجـم نصـف قطـر منحنـي الجسـم الـدائر جميعهـا تـؤثر علـى مقـدار الاحتكـاك الـدوراني .بالنسـبة لإطـارات الـدراجات يكـون للاحتكـاك الـدائري نسـبة عكسـية الـى محـيط العجلـة فهـو يقل مع عمق الإطار ويزداد مع ضغط الإطار المنخفض.

ان مقـدار الاحتكـاك الموجـود فـي حالـة الانـزلاق أو الـدوران يكـون قلـيلا بشـكل كبيـر، عنـدما تكـون طبقـة مـن السـائل كـالنفط أو المـاء تتـداخل

بين سطحي الاتصال .ان وجود السائل الزيتي يخدم في تقليل الاحتكاك وبالنتيجة يؤدي الى الإرهاق الحركي في مفاصل جسم الإنسان.فقد نسب الباحثون انخفاض معامل الاحتكاك العالي بين الزلاجات السريعة والجليد الى طبقة السائل على سطح الجليد ومن ناحية أخرى فإن مقدار قوة الاحتكاك بين كرة البولينغ والحارة الدهنية الجيدة هو كذلك صغير جدا.

إن إعادة التساؤل حول العربة والحصان يظهر بان قوة الاحتكاك هي العامل المحدد للحركة . يتحرك الجسم أماما إذا كان مقدار قوة الاحتكاك المتولدة بواسطة حدوات الحصان يزيد ذلك الناتج بواسطة عجلات العربة باتجاه الأرض شكل(11-10) ولان اغلب الأحصنة في أرجلها حدوات لزيادة مقدار الاحتكاك بين هذه الحدوات والأرض وان غالبية عجلات العربات هي عبارة عن عجلات مدورة وناعمة بهدف تقليل كمية الاحتكاك المتولد . فالحصان سيكون في حالة جدوى ومنفعة وعلى أي حال فإذا كان الحصان يقف على سطح زلق أو في حالة كون العربة غائصة في رمل عميق أو محملة بشكل كبير فان الحركة ربما تكون ممكنة.



شكل (11–10) يمكن أن يسحب الحصان العربة إذا أنتجت حدواته احتكاكا اكبر من عجلات العربة

الزخـم Momentum

هنالـك عـالم آخـر لـه تـأثير فـي حاصـل أو نـاتج التفاعـل بـين جسمين وهـو الـزخم وهـو عبـارة عـن كميـة حركيـة وهـي مهمـة بشـكل خـاص فـي الحـالات التـي تتطلـب التصـادمات . يمكـن ان يعـرف الـزخم بشـكل عـام علـى انـه مقـدار الحركـة التـي تمتلكهـا المـادة. وبشـكل محـدد فـان الـزخم المستقيم هو حاصل كتلة المادة وسرعة انطلاقها.

الزخم = الكتلة × السرعة = ك × س

المـادة الثابتـة (بسـرعة انطـلاق صـفر) لـيس لهـا زخـم ويكـون زخمهـا مسـاويا إلـى الصـفر التغيـر فـي الجسـم ربمـا يسـبب امـا عـن طريـق تغيـر

فـي كتلـة الجسـم أو التغيـر فـي سـرعته فـالتغييرات التـي تحـدث فـي الـزخم وفـي معظـم حـالات الحركـة تنـتج مـن تغييـر فـي السـرعة. إن وحـدات الـزخم هـي وحـدات الكتلـة مضـروبة فـي وحـدات السـرعة ويعبـر عنهـا m.s.kg ولان السـرعة هـي كميـة متجهـة ، فـان الـزخم سـيكون كـذلك كميـة متجهة وهو خاضع الى قوانين المتجهات.

- ✓ عندما يحدث التصادم بين مادتين فان كلا المادتين ستستمران بالحركة باتجاه الحركة للمادة التي تمتلك زخما اكبر .

فلاعـب الهـوكي الـذي يتحـرك بسـرعة 6 م / ث ليصـدم يمينـا بلاعـب يـزن 80 كغـم ويتحـرك بسـرعة 7 م / ث الـى جهـة اليسـار . فـان زخم اللاعب الأول سيكون كالأتي :

الزخم = ك × س

= 90 كغم × 6 م/ث

= 540 كغم .م/ث

أما زخم اللاعب الثاني يعبر عنه كالتالي:

الزخم = ك × س

= 80 × 7

= 560 كغم .م

وبمـا أن الـزخم للاعـب الثـاني هـو الأكبـر فكـلا اللاعبـين سـيميل الـى مواصـلة الحركـة فـي اتجـاه السـرعة الأصـلية للاعـب الثـاني بعـد التصـادم .إن الاصـطدامات الحقيقيـة بالمـدى الـذي يصـبح عنـده اللاعـب

واقعا في الشرك أما عن طريق بقاء واحد أو اثنان من اللاعبين على أقدامهم أو عن طريق مرونة الاصطدام . بإهمال هذه العوامل التي يمكن ان تؤثر على ناتج التصادم فبالإمكان حساب مقدار السرعة المتكونة من لاعبي هوكي بعد الاصطدام باستخدام قانون نيوتن الأول.قانون نيوتن الأول يمكن ان يعاد اعتماده كمبدأ لحفاظ على الزخم وفي حالة غياب القوى الخارجية فان الزخم الكلي سيبقى ثابتا . المبدأ سيعبر عنه بالمعادلة التالية :

الزخم 1 = الزخم 2

(ك1 × س1) = (ك2 × س2)

اكتب نقطة بداية من الزمن واكتب نقطة ثانية تمثل الزمن الأخر باستخدام هذا المبدأ للمثل الافتراضي لتصادم لاعبي الهوكي فان مجموع متجه زخمي اللاعبين قبل الاصطدام سيكون مساويا لكل واحدة منهما، والزخم المتكون الذي سيتبع التصادم شكل(11-10) إن الاحتكاك ومقاومة الهواء هما القوى الخارجية التي تؤثر من مقدار الزخم الموجود (حفظ الزخم).

الحافز Impulse

عنـدما تـؤثر القـوى الخارجيـة فإنهـا سـتغير الـزخم الموجـود فـي النظـام مسـبقا.لا تعتمـد التغيـرات فـي الـزخم علـى مقـدار القـوى الخارجيـة المؤثرة ولكنها تعتمد كذلك على طول الزمن الذي تؤثر فيه القوة .

ناتج القوة والزمن يعرف بالدافع أو الحافز.

الحافز = القوة × الزمن

فعنـدما يـؤثر دافـع علـى جسـم فالنتيجـة سـتكون التغيـر فـي الـزخم الكلـي للجسـم . سـتكون العلاقـة بـين الـدافع والـزخم مشـتقة مـن قـانون نيـوتن الثاني :

القوة = ك × ت

$$\text{ك} = \frac{\text{س}2 - \text{س}1}{\text{ن}}$$

$$\text{الدافع} = (\text{ك س})2 - (\text{ك س})1$$

- ✓ بغياب القوى الخارجية فان الزخم يكون مخزون ، ويكون الاحتكاك ومقاومة الهواء هما القوى التي تؤثر بشكل طبيعي في تقليل الزخم .
- ✓ الزخم Momentum :عبارة عن كمية متجـهه
- ✓ الدافع impulse: هو عبارة عن مجموع القوة وفترة الزمن التي تؤثر عندها القوة.

شكل 12–10 عندما يتحرك لاعب هوكي يزن 90 كغم بسرعة 6 م/ث ويصطدم بلاعب آخر يزن 80 كغم بسرعة 7 م/ث .في حالة اشترك اللاعبان وواصلا الحركة لبعضهما البعض بوحدة تتبع الاصطدام فما هي سرعتهما المتكونة ؟

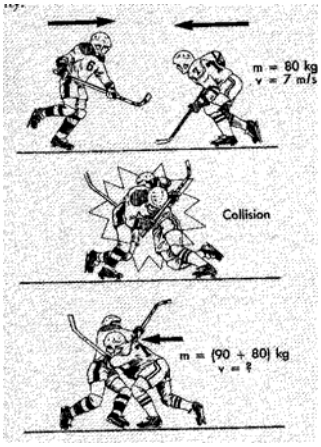
المعلوم :

ك1 = 90 كغم

س1 = 6 م/ث

ك2 = 80 كغم

س2 = 7 م/ث



يستخدم قانون مقاومة الزخم لحل المسالة ما يخص اللاعبين كنظام كلي :

قبل الاصطدام بعد الاصطدام

ك1 س1 + ك2 س2 = (ك1 + ك2) (س)

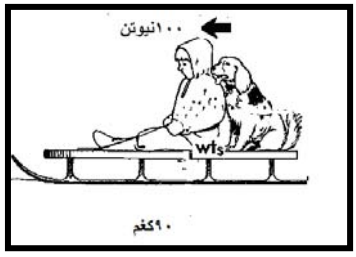
(90 كغم × 6 م/ث) + (80كغم × – 7 م/ث) = (90 كغم + 80 كغم) (س)

540 – 560 = 170 س

س = –20 /170

س = 0,12 م/ث في الاتجاه الأصلي للحركة.

شكل 13-10 سباق المزلجة يبدأ طاقم مؤلف من عضوين بدفع المزلجة لتتحرك بسرعة قدر الاستطاعة قبل تسلقها وركوبها . فإذا استعمل اللاعبين معدل قوة 100 نيوتن باتجاه حركة المزلجة تزن 90 كغم لفترة 7 ثواني قبل القفز . فما هي سرعة المزلجة (بإهمال الاحتكاك) في تلك النقطة ؟



المعلوم :

ق = 100 نيوتن .

ن = 7 ثا .

ك = 90 كغم

الحل :

يستعمل اللاعبان دافع أو حافز لتغيير زخم المزلجة من الصفر الى المقدار الأقصى . يمكن استخدام الزخم – الدافع لحل المسالة.

ق × ن = (ك س)2 – (ك س)1

(100 نيوتن)(7ث) = (90كغم)(س) – (90كغم)(صفر)

س = 7,78 م/ث باتجاه القوة المستعملة.

يمكن أن تنتج التغيرات الهامة في زخم المادة من القوة الصغيرة التي تؤثر في فترة زمنية كبيرة أو القوة الكبيرة المؤثرة خلال فترة زمنية صغيرة . فكرة الكولف التي تتحرك عبر العشب تفقد تدريجيا زخمها لان حركتها تقاوم بشكل ثابت عن طريق قوة الاحتكاك الدوراني.

أن زخم الكرة المضروبة بقوة بواسطة المضرب كذلك سيتغير بسبب القوة الكبيرة التي يمنحها المضرب خلال جزء من الثانية عند الاتصال بالكرة .

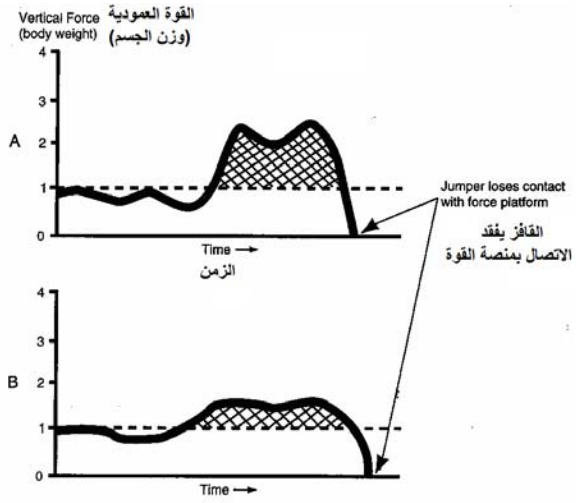
ان مقدار الدافع المتولد بواسطة جسم الإنسان غالبا ما يعالج بشكل بارع عن قصد. فعندما ينفذ القفز العامودي على منصة قوة ، فالعرض الصوري لقوة رد فعل الأرض العمودية يشير إلى أنها ستتولد مع مرور الزمن.

وبما ان الدافع هو حاصل ضرب القوة بالزمن فالدافع أو الحافز يكون المنطقة تحت منحني القوة – الزمن . إن الدافع الأكبر المتولد قابل الأرض هو التغير الأكبر في زخم اللاعب المنفذ والقفز الأعلى الناتج.

نظريا ، يمكن زيادة الدافع أما بزيادة مقدار القوة المستعملة أو بزيادة فترة الزمن التي يمكن أن تؤثر عندها القوة.

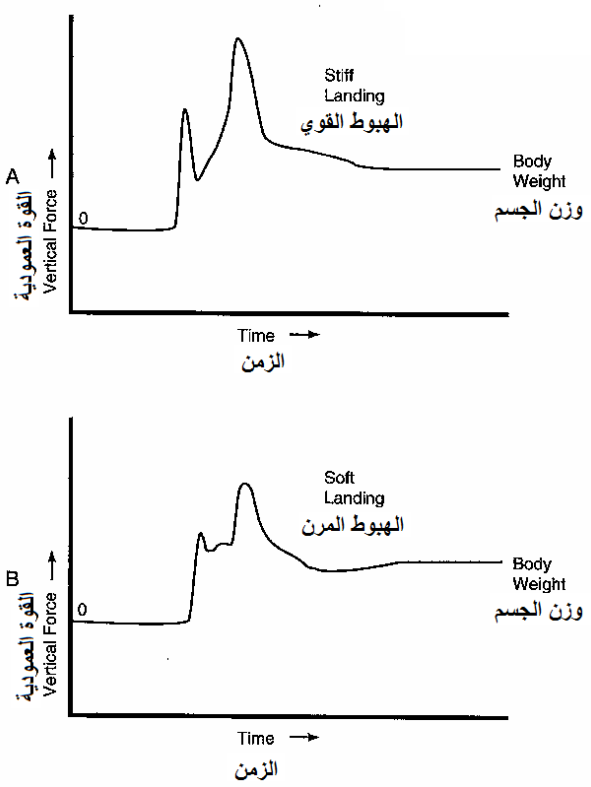
وعلى أي حال ، فعند استخدام زمن القوة مقابل الأرض سيكون طويلا عند تنفيذ القفز العمودي، وستنخفض مقدار القوة التي يمكن توليدها دراماتيكيا ، وبالمحصلة النهائية سيكون الدافع اصغر .فلانجاز قفز أفقي أقصى يجب أن يزيد المنفذ الدافع عن طريق التفاعل بين القوة المستعملة ومقدار تحمل القوة.

إن الدافع أو الحافز يجب ان يعالج بدقة عند الهبوط من القفز (شكل15–10). المنفذ الذي يهبط بقوة سيلاقي قوة رد فعل ارضي كبير خلال فترة زمنية قصيرة نسبيا ،وعلى النقيض من ذلك فالسماح لمفاصل الورك والكاحل والركبة بالثني عند الهبوط سيزيد الفترة الزمنية التي تمتص خلالها قوة الهبوط وبالنتيجة تقليل القوة الثابتة.



شكل(14–10) تواريخ القوة–الزمن A القفز العالي و B القفز الأفقي الواطئ لنفس اللاعب وتمثل المنطقة المضللة الدافع المتولد باتجاه الأرض عند القفز.

من المهم وبغية امتصاص كرة مرمية بقوة خلال القيام بعملية سحب اليدين او القفازين بعد الاتصال الاولي وقبل توقف الكرة بشكل كامل ،حيث ان الإجراء سيودي الى التقليل وبشكل كبير من قوة ضرب الكرة لليد أو القفاز بمعنى ان اكبر فترة زمنية بين لحظة اتصال الكرة باليد وعملية سحب الكرة الى مرحلة التوقف بشكل كامل هي اقل مقدار من القوة المسلطة عن طريق الكرة لليد.



شكل (15-10) تمثل قوى رد الفعل عند التنفيذ للقفز الأفقي A ، هبوط قوي. B الهبوط بثني مفاصل الورك،الركبة والكاحل،لاحظ الاختلافات في قيم وأوقات دوافع الهبوط.

الاصطدام Impact

إن نوع الاصطدام الذي يحدث بين كرة البيسبول المضروبة والمضرب يعرف بالاصطدام او التصادم ويستلزم التصادم بين جسمين لفترة زمنية قصيرة جدا يسلط خلالها الجسمين قوى كبيرة نسبيا لكل منهما حيث لا يعتمد سلوك الجسمين المتصادمين بعد الصدمة على زخمهما فحسب ولكن كذلك على طبيعة الصدمة.

ولعـرض الحالـة الافتراضـية للتصـادم تـام المرونـة تصـبح السرعات النسبية لجسمين بعد التصادم هي نفسها قبل الاصطدام حيث إن اصـطدام الكـرة بسـطح صـلب يـدعى بالصـدمة تامـة المرونـة perfectly elastic impact لان سرعة الكرة تزداد قليلا عند اصطدامها بالسطح اما في نهاية معدلها فستصل الى معدل الصدمة الطبيعية بشكل كامل perfectly plastic impact والتي سيتشوه عندها احد الجسمين عند الاتصال ويصبح غير قادر على استعادة شكله الاصلي وعندها لن يحدث انفصال بين الجسمين وهذا ما يحدث عند سقوط حجر على سطح معين.

غالبية الاصطدامات لا هي اصطدامات من نوع تام المرونة perfect elastic ولا هي اصطدام مطاطي plastic impact ولكن شيئا ما بين الاثنين.

يصف معامل إعادة التشكيل أو معامل إعادة الحالة المرونة النسبية للصدمة coefficient of recitation وهو عدد بدون وحدة بين صفر و 1 وهو عبارة عن مؤشر لمرونة الأجسام المتصادمة اقرب الى 1 أما الاصطدام الأكثر فهو الاصطدام الأكثر مرونة والأقرب الى الصفر هو الاصطدام الذي يفقد سرعة الجسم وهو الشكلي plastic impact . يسيطر أو يتحكم في معالم إعادة الحالة العلاقة بين السرعات النسبية لجسمين قبل وبعد الاصطدام وهذه العلاقة والتي استنبطت عن طريق نيوتن يجب ان تحدد كما يلي :

عندما يتصادم جسمان اصطداما مباشرا ، فان الاختلاف في سرعتيهما الحالية بعد التصادم تكون متناسبة مع الاختلاف في سرعتيهما الحالية بعد التصادم وهذه العلاقة

يمكن أن يعبر عنها كالاتي :

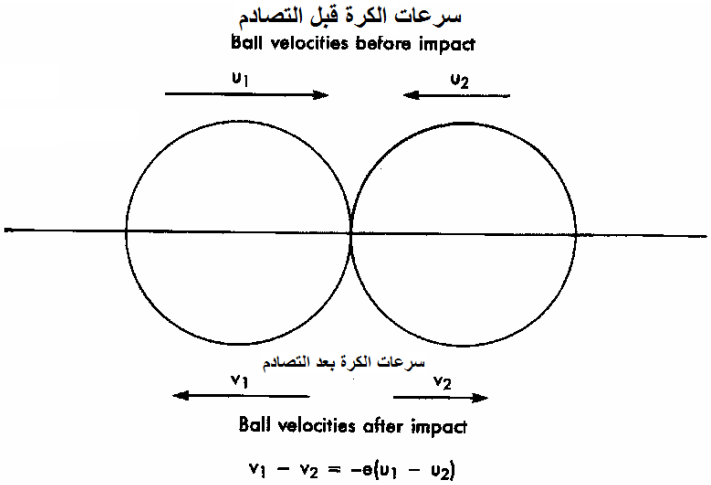
$$\text{معامل إعادة الحالة} - e = \frac{\text{السرعة النسبية بعد الاصطدام}}{\text{السرعة النسبية قبل الاصطدام}}$$

$$\text{معامل إعادة الحالة} - e = \frac{\text{س1} - \text{س2 بعد التصادم}}{\text{س1} - \text{س2 قبل التصادم}}$$

ويعبر عن المعادلة انكليزيا كالآتي:

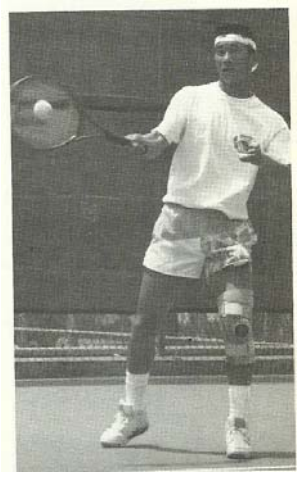
في هذه الصيغة يشير e الى معامل إعادة الحالة ، v1 , v2 تشير الى سرعات الأجسام بعد الاصطدام ويشير حرف u1,u2 الى سرعات الأجسام قبل الاصطدام (شكل)

$$-e = \frac{v1 - v2}{u1 - u2}$$



شكل (16-10) تكون الاختلافات في سرعة كرتين قبل الاصطدام تتناسب مع الاختلاف في سرعتيهما بعد الاصطدام يكون عامل التناسب هو معامل إعادة الحالة.

إن القبضة القوية على المضرب ستزيد معامل إعادة الحالة الظاهرة بين الكرة والمضرب . هنالك عوامل أخرى لها تأثير كذلك وهي جسم المضرب شكل التوازن و المرونة ونوع الخيوط اضافة الى الانتباه وحركة المرجحة. اما حالة الكرة فهي ايضا مهمة ، فقد أوضحت الاختبارات بان إعادة ترددها من سطح معين بعد 800 اصطداما هو أعلى منه عندما تكون الكرات جديدة . وذلك لان فقدان زغب الكرات سيزيد من معامل إعادة الحالة بين الكرة والسطح وتعمل على تقليل قوة السحب الديناميكية الهوائية للكرة.



تحدد الاصطدامات بين المضرب والكرة والساحة طبيعة لعبة التنس

وعلى أية حال فان العامل الأكبر والأكثر تأثيرا على ارتداد الكرة هو المقدار الذي تكون عنده الكرة خارج الصفيحة المضغوطة وعاء الكره وإن فقدان الارتفاع الارتدادي لكلا الكرات المستعملة وغير المستعملة يحدث بعد 5 أيام خارج صفيحة الحفظ مع اختلافات في معامل اعادة الحالة والاحتكاك بين الكرة والسطح من خلال جعل بعض الساحات سريعة fast والأخرى بطيئة slow . ففي حالة اصطدام جسم متحرك

وآخر ثابت، يصبح قانون نيوتن في الاصطدام بسيطا لان سرعة الجسم الثابت سيبقى صفرا . أما معامل إعادة الحالة بين الكرة والسطح، السطح الثابت الذي تسقط عليه الكرة فيمكن تقريبه باستخدام الصيغة التالية:

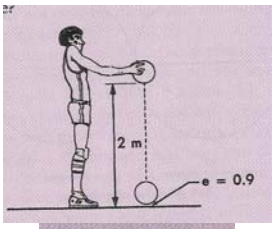
$$e = \sqrt{\frac{h_b}{h_d}}$$

في هذه المعادلة ، فان معامل اعادة الحالة يمثل الحرف e اما الحرف hb فيمثل الارتفاع الذي تسقط منه الكرة أما hd فيشير الى الارتفاع الذي ترتد عنده الكرة (شكل17-10).

- ✓ الاصطدام المطاطي perfect plastic :وهو عبارة عن الاصطدام الذي يؤدي الى فقدان الجسم لسرعته .
- ✓ الاصطدام المرن جدا perfect elastic : وهو عبارة عن اصطدام يحافظ الجسم خلاله على سرعته
- ✓ الاصطدام impact :وهو عبارة عن اصطدام يتميز بتغيير قوة كبيرة خلال فترة زمنية قصيرة .

يصف معامل اعادة الحالة التفاعل بين جسمين عند التصادم ولا يصف إي مادة منفردة أو سطح او كرة الكولف او كرة المضرب او كرة السلة و البيسبول عند سقوطهن فوق عدة أسطح مختلفة ستظهر لنا بعض الكرات المرتدة تكون أعلى فوق أنواع قوية من الأسطح شكل (18-10).من ناحية أخرى يزداد معامل إعادة الحالة عن طريق زيادة كل من سرعة الاصطدام والحرارة.

شـكل 17 –10 كـرة سـلة سـاقطة مـن ارتفـاع 2 م فـوق أرضـية الجمبـاز ، فـإذا كـان معامـل إعـادة الحالـة بـين الكـرة والأرض هـو 0,9 ، فمـا هـو الارتفاع الذي سترتده الكرة ؟

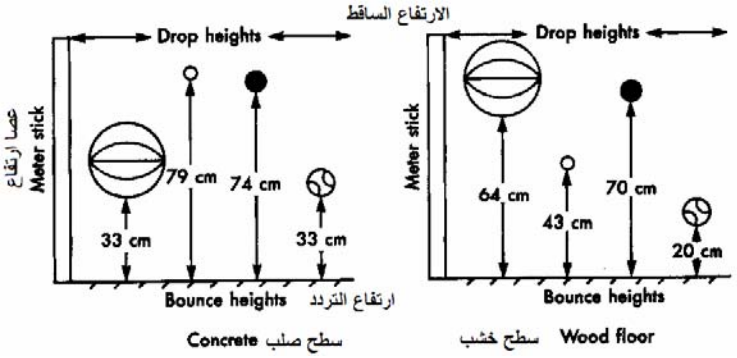


$$e = \sqrt{\frac{h_b}{h_d}}$$

$$0.9 = \sqrt{\frac{h_b}{2\ m}}$$

$$0.81 = \frac{h_b}{2\ m}$$

hb= 1.6 m



شكل(18–10) ارتفاعات الارتداد لكرات السلة الكولف ، التنس وكرة البيسبول جميعها ساقطة على نفس السطح من ارتفاع 1 م .

اما في رياضات كرياضة البيسبول والتنس فان الزيادة الحاصلة في سرعة المضرب وسرعة الركت ستعمل على زيادة معامل اعادة الحالة بين المضرب او الركت والكره وتساهم في اعادة ارتداد الكرة من أداة الإطلاق .

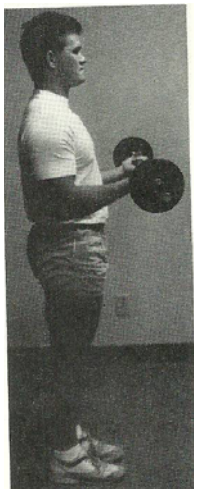
في العاب كرة المضرب السكواش، عندما يتغير شكل الكرة مقابل الجدار فان الطاقة الحرارية(درجة الحرارة) تزداد في مجال فوق مجال اللعب وبينما تزداد درجة حرارة الكرة، فان أعادة تردد الكرة من المضرب والجدار يصبح ارتدادا مطولا.

علاقات الطاقة ، القدرة والشغل

WORK,POWER,AND ENERGY RELATIONSHIPS

الشغل work

تستخدم كلمة الشغل بشكل واسع في مختلف سياقات الكلام . حيث يمكن تعريف الشغل من منطلق حركي على انه القوة المستعملة مقابل المقاومة مضروبة بإزاحة المقاومة باتجاه القوة .



الشغل = القوة × الإزاحة

ش = ق × ز

عندما يكون الجسم المعين في حالة حركة فان المساحة المتحققة كنتيجة لفعل قوة خارجية سيحصل الجسم على الشغل المنجز فوقه مع مقدار شغل مساو لناتج مقدار القوة المستعملة والمسافة التي يتحرك عندها الجسم . اما عندما تستعمل القوة للجسم ، ولكن دون وجود محصلة للقوة نتيجة

لوجود قوى مضادة مثل الاحتكاك ووزن الجسم نفسه، فلن يكون هناك شغلا ميكانيكيا بما انه لن يكون حركة للجسم .

عندما تولد العضلات الشد في جسم الإنسان الناتج في قسم من الجسم ، فان العضلات ستنجز شغلا فوق جزء الجسم وسيحدد الشغل المنجز على انه أما أن يكون سلبيا أو ايجابيا استنادا لنوع نشاط العضلة السائد.عندما يكون كل من دوران العضلة واتجاه الحركة الزاوية في نفس الاتجاه . فان الشغل المنجز للعضلة سيطلق عليه شغل ايجابي وبالعكس فعندما يكون عزم الدوران للعضلة واتجاه الحركة الزاوية في المفصل في اتجاهات متضادة ، فان الشغل المنجز بواسطة العضلة سيعتبر في هذه الحالة شغلا سلبيا. وعلى الرغم من ان العديد من حركات جسم الإنسان تتطلب انقباض لمجاميع العضلات التي تولد الحركة ومجاميع العضلات المضادة للحركة . عندما يسود الانقباض المركزي فان الشغل سيكون ايجابيا ، أما عندما يسود الانقباض اللامركزي فان الشغل سيكون سلبيا. عند اجزاء إي نشاط مثل الركض فوق سطح مستوي فان محصلة الشغل السلبي المنجزة بواسطة العضلات تكون مساوية الى محصلة الشغل الايجابي المنجز بواسطة العضلات.

يتطلب انجاز الشغل الحركي الايجابي استهلاك حراري اكبر مما هو متحقق في المقدار من الشغل الحركي السلبي ، إضافة إلى ذلك فليس هنالك علاقة بسيطة بين الطاقة الحرارية المطلوبة لانجاز كميات متساوية من الشغل الميكانيكي السلبي والايجابي .وقد اشار (Aura)و(comi) عند مراقبة الاشخاص عند تنفيذ الشغل الميكانيكي السلبي والايجابي فان استهلاك الطاقة سيكون متباينا بشكل لافت للنظر بين مجاميع الاشخاص والاشخاص منفردين

إن وحدات الشغل هي وحدات القوة المضروبة بوحدات المسافة اما في النظام المتري ،فان الوحدة الشائعة للقوة النيوتن (N) مضروبة الوحدة الشائعة للمسافة (m) ويصطلح عليها (J) الجول .

1 جول = القوة × المسافة

القــدرة Energy

هنالك مصطلح آخر يستخدم في تعابير مختلفة وهو القدرة وتعني من الناحية الميكانيكية مقدار الشغل الحركي المنجز في وقت معين .

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{التغير في الزمن}}$$

$$ق = \frac{ش}{ت2 - ت1}$$

باستخدام العلاقة المطروحة بوضوح، فان القدرة يمكن التعرف بأنها القوة في المسافة على التغير في الزمن

ولان السرعة مساوية للمسافة المتجهة مقسومة على التغير في الزمن فيمكن ان يعبر عن العلاقة كالاتي :

$$ق = \frac{\text{القوة} \times \text{المسافة}}{\text{التغير في الزمن}}$$

القدرة = القوة × السرعة .

اما وحدات القدرة فهي وحدات الشغل مقسومة على وحدات الزمن في النظام المتري ويصطلح على الجولات مقسومة على الثواني (W) الواط .

1 واط = 1 جول / ث

في بعض أنواع من الرياضة كالرمي والقفز وسباقات العدو ورفع الأثقال تصبح إمكانية الرياضي لبذل القدرة الميكانيكية أو القوة والسرعة حاسمة باتجاه تحقيق الانجاز الناجح. عينة المسالة التي تحتاج طاقة وشغلا حركيا موضحة في الشكل 10 – 19

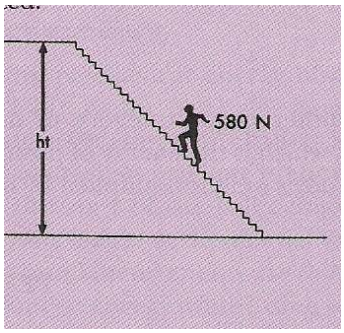
الطاقــة Energy

تعرف الطاقة على أنها القابلية على الشغل ولذلك فان الطاقة الحركية هي عبارة عن قابلية الشغل الحركي أما وحدات الطاقة الحركية هي ذاتها وحدات الشغل (الجول في النظام المتري) وهنالك صيغتين للطاقة الحركية POTENTIAL ENERGY – KINETIC ENERGY .

- ✓ عند زيادة سرعة الصدمة والحرارة فسيزداد معامل إعادة الحالة
- ✓ القدرة power:عبارة عن معدل الشغل الناتج الذي تحسب بواسطة الشغل مقسوم على
- ✓ الزمن الذي ينجز من خلاله الشغل .
- ✓ الشغلwork: إن تعبير الطاقة الحركية التي تحسب بالقوة مضروبة بإزاحة المقاومة باتجاه القوة.
- ✓ إن القابلية في إنتاج الطاقة الحركية مهم جدا في المنافسات الرياضية في سباقات الساحة والميدان السريعة.
- ✓ يكون الشغل الحركي الايجابي منجزا عند رفع الباب أو العارضة الصغيرة .
- ✓ الطاقة الحركية kinetic energy:هي القدرة على توليد الشغل عن طريق حركة الجسم

✓ الطاقة الكامنةpotential energy : فهي القدرة على توليد الشغل عن طريق وضع الجسم .

شكل 19-10 شخص يزن 580 نوتن يركض الى الأعلى 30 درجة صعودا (ارتفاع) 25 سم خلال 15 ث فما هو مقدار الشغل الميكانيكي منجز ؟ وما هو مقدار القدرة الميكانيكية المتولدة ؟



المعلوم :

القوة = 580 نيوتن

الارتفاع = 30 × 25 سم

الزمن = 15 ث

الحل :

الشغل = القوة × المسافة

= (580 نيوتن) (30×0,25 م)

ش = 4350 جول

القدرة الحركية :

$$\text{ق} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{ق} = \frac{4350 \text{ جول}}{15 \text{ ث}} = 290 \text{ واط}$$

إن الطاقة الحركية هي عبارة عن طاقة الحركة. فللجسم طاقة حركية عندما يكون في حالة حركة فقط ومن الناحية الشكلية فيمكننا استخراج قيمة الطاقة

الحركية عندما تكون حركة الجسم حركة خطية باستخدام العلاقة نصف واحد من كتلة الجسم مضروب بمربع سرعته.

KE = 1/2 ك × س2

إذا كان الجسم في حال سكون (السرعة = صفر) فان طاقته الحركية ستكون صفرا . ونتيجة لان السرعة هي مربع الطاقة الحركية فان زيادة سرعة الجسم زيادة كبيرة جدا في طاقته الحركية . فعلى سبيل المثال ، كرة بوزن 2 كغم تدور بسرعة 1 م/ث تمتلك طاقة حركية من 1 جول :

الطاقة الحركية = 2/1 ك × س2

= (0,5) (2كغم) (1م/ث)2

= 1 جول

فإذا ازدادت سرعة الكرة الى 23 م/ث ، فان الطاقة الحركية ستزداد بشكل لافت للنظر . الطاقة الحركية ke = 2/1 ك س2

= (0,5) (2كغم) (3 م/ث2)

= (1 كغم) (9 م2 . ث2)

= 9 جول

هنالك النوع الأكبر للطاقة الحركية وهو الطاقة الكامنة (pe) والتي هي طاقة وضع الجسم وبشكل محدد ، فان الطاقة الحركية هي وزن الجسم مضروب بارتفاعه فوق سطح الأرض أو إي سطح أخر .

الطاقة الكامنة = الوزن × الارتفاع

الطاقة الحركية = الكتلة × تعجيل الجاذبية × الارتفاع

Pe= m ag h

يمثل حرف m الكتلة (ك) وحرف ag يشير الى تعجيل الجاذبية وحرف h للارتفاع .

ولانه عند التطبيقات البيوميكانيكية يكون وزن الجسم ثابت ، فان التغييرات في الطاقة الكامنة تكون عادة مستندة الى التغييرات في ارتفاع الجسم فعلى سبيل المثال عند رفع عارضة تزن 50كغم الى ارتفاع 1 م فان طاقته الكامنة في تلك النقطة هي 490,5 جول .

m ag h =Pe

الطاقة الكامنة = الكتلة × تعجيل الجذب الأرضي × الارتفاع

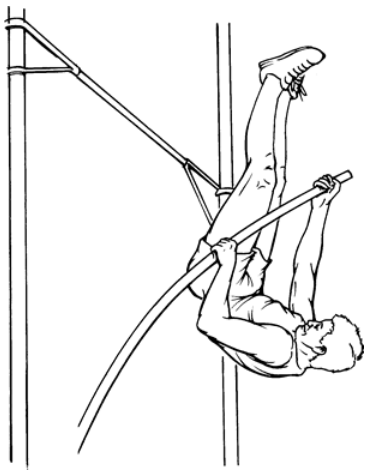
= (50كغم) (9,81م/ث2) (1م)

= 490,5 جول

ان الطاقة الكامنة يمكن ان تكون كذلك طاقة مخزونة. أن مصطلح كامن يشير الى الكامن معكوس الطاقة الحركية . هنالك صيغة خاصة للطاقة الكامنة وهي طاقة الشد strain energy (se) أو طاقة المرونة ويمكن صياغة طاقة الشد كالاتي :

طاقة الشد (SE) = نصف ثابت التمدد X x k

يشير حرف k الى ثابت التمدد يمثل الصلابة النسبية للمادة او قابلية خزن الطاقة فوق الشكل المتغير . وحرف x يشير الى المسافة التي تتغير عندها المادة عندما تمتد مادة معينة او يحدث فيها شد (تثنى) أو تغير شكلها بطريقة معينة ، فإنها ستخزن هذا الشكل الخاص من الطاقة الكامنة للاستخدام في ما بعد . فعلى سبيل المثال ، فعندما تكون العضلات ممدودة في جسم الإنسان ، فإنها ستخزن طاقة الشد التي تطلق لزيادة قوة الانقباض القادم . وكما نوقش في فصل 6 ، وبطريقة مشابهة فعندما تكون لوحة الغطس أو سطح الترامبولين مضغوط ، فان طاقة الشد ستولد التحول اللاحق للطاقة المخزونة للشد الى طاقة حركية حيث يساعد ذلك في عودة السطح الى شكله ومكانه الأصليين أما عصي الزانة المستخدمة بواسطة قافزي الزانة فتحتفظ بطاقة شد عندما تثنى ومن ثم تطلق طاقة حركية عندما تمتد عند تنفيذ عملية القفز في سباق الزانة .



في سباق القفز بالزانة فان انحناء عصا الزانة يخزن طاقة شد للانطلاق اللاحق كطاقة حركية وحرارية.

- ✓ عندما تكون الجاذبية هي القوة الخارجية الوحيدة فأي تغيير في الطاقة الكامنة للجسم يتطلب تغيير مكافئ في طاقته الحركية.

في عام 1963 ، نسبت الزيادة الكبيرة الى مايقارب 23 سم في الرقم العالمي في القفز بالزانة للتطور في صناعة عصا القفز إذ كانت قد صنعت من الفايبر كلاس. وهذه المادة قادرة على الاحتفاظ بطاقة الشد أكثر من الخيزران، الفولاذ أو الألمنيوم التي كانت تصنع منها العصي في هذه المسابقة في السابق.

فيما يتعلق بالتغيرات التي تحدث في الطاقة الحركية للكرة المرمية أفقيا في الهواء (شكل 20–10). وبينما تكسب الكرة الارتفاع فهي كذلك ستكسب الطاقة الكامنة (mag h) ، وبما ان الكرة تفقد السرعة مع زيادة ارتفاع نتيجة تعجيل الجاذبية ، فإنها تفقد كذلك الطاقة الحركية (2/1 ك × س2) أما في قمة مسار الكرة (اللحظة بين الارتفاع والهبوط ، فان ارتفاعها وطاقتها الكامنة تكونان في اعلى قيمة ، وسرعتها والطاقة الحركية تكونان صفر. وبينما تبدأ الكرة بالسقوط فأنها ستكسب الطاقة الحركية باضطراد بينما تفقد من جانب آخر طاقتها الكامنة.

ان العلاقة بين الطاقتين الحركية والكامنة لكرة مرمية بشكل عمودي توضح فكرة مفادها ان استعمال جميع الأجسام عندما تكون القوة المؤثرة الخارجية الوحيدة هي الجاذبية وقد عرفت هذه الفكرة بقانون ضغط الطاقة الحركية والذي يمكن ان يحدد كالاتي :

عندما تكون الجاذبية هي القوة الخارجية الوحيدة ، فان الطاقة الحركية ستبقى ثابتة . وبما ان الطاقة الحركية لجسم هي مجموع الطاقتين الحركية والكامنة ، فيمكن ان يعبر عن العلاقة كالاتي :

الطاقة الحركية ke + الطاقة الكامنة C pe= طاقة الجسم C

في هذه الصيغة يمثل C الثابت وهو العدد الذي يبقى ثابتا خلال فترة من الزمن تكون فيها الجاذبية هي القوة المؤثرة الوحيدة خارجيا (شكل21–10) يوضح من الناحية الكمية هذا المبدأ .

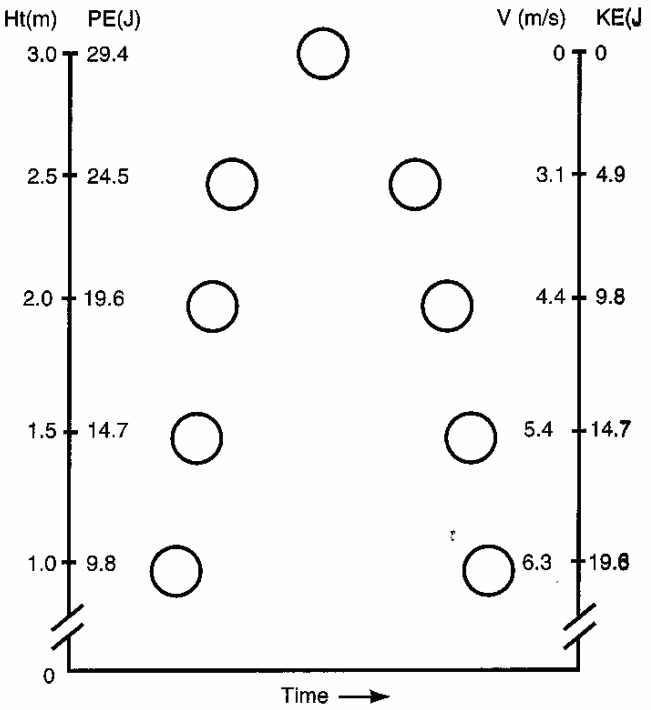
هنالك علاقة خاصة بين كميات الشغل الحركي والطاقة الحركية . توصف هذه العلاقة على أنها مبدأ الشغل والطاقة والتي يمكن ان يعبر عنها كالاتي :

تكون قوة الشغل مساوية للتغير في الطاقة التي تتولد في المادة المؤثرة عليها يمكن تمثيلها جبريا :

ش = التغير في الطاقة الحركية + التغير في الطاقة الكامنة + الطاقة الحرارية

$$W = \Delta KE + \Delta PE + \Delta TE$$

KE هي الطاقة الحركية ، PE هي الطاقة الكامنة ، TE هي الطاقة الحرارية وان الحالة الجبرية لمبدأ الشغل والطاقة تشير الى ان التغير في كمية الطاقة الناتجة عن طريق القوة هي متساوية من الناحية الكمية ، الشغل الحركي المنجز عن طريق تلك القوة.



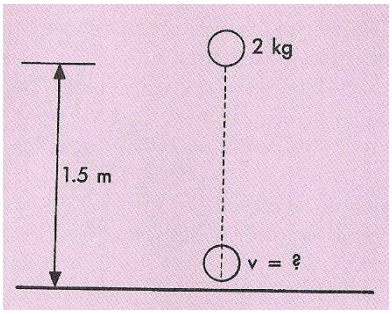
شكل (20–10) الارتفاع،السرعة،الطاقة الكامنة والطاقة الحركية 1كغم لكرة مرمية للأعلى من ارتفاع 1 م لاحظ ان الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة = ثابت عند الرمي

عندما ترمى كرة تنس في الهواء بواسطة الة رمي الكرة ، فان الشغل الحركي المنجز على الكرة بواسطة الالة يؤدي الى زيادة الطاقة الحركية . قبل عملية الرمي تكون الطاقة الكامنة معتمدة على وزن وارتفاع الكرة وطاقتها الحركية صفر . تزيد الالة عند رمي الكرة الطاقة الميكانيكية عن طريق نقل الطاقة الحركية إليها . في هذه الحالة ،اما التغير في الطاقة الحرارية للكرة هو غير مهم . شكل (20–10) يعطي توضيح كمي عن مبدأ الشغل والطاقة .

تكون العلاقة بين الطاقة – الشغل دليلا لحركات جسم الإنسان فعلى سبيل المثال، فالأقواس في أقدام العداء تؤثر كمرونة حركية يمكن الاحتفاظ بها وإمكانية العودة لاحقا . طاقة الشد عندما يتغير شكلها ومن ثم تستعيد شكلها

الطبيعي عند الراحة. لرجل يزن 70 كغم يركض بـ 4,5م/ث فكل قوس يحتفظ بما يقارب 17 جول من الطاقة عند الوقوف الوسطي . يشكل ما يقدر 25جول مخزون عن طريق كل من وتري (اخيل) في القدم . وهذا يساوي المخزون والعودة الجزئية ما يقارب واحد – نصف الطاقة الحركية أو واحد – نصف الشغل الحركي المطلوب من العضلات في مرحلة الوقوف . ان قابلية الأقواس للعمل كنابض مرن يقلل من مقدار الشغل الحركي والذي يكون مطلوبا عند العدو.

شكل 21–10 كرة تزن 2 كغم تسقط من ارتفاع 1,5 م . ما هي سرعتها قبل الاصطدام بالأرض ؟



المعلوم :

ك = 2 كغم

ر = 1,5 م

الحل :

يمكن ان يستخدم مبدأ حفظ الطاقة الحركية في حل هذه المسالة . الطاقة الكلية المستحوذة بواسطة الكرة عندما تكون على ارتفاع 1,5 هو طاقتها الكامنة. وآنيا قبل الاصطدام أو قبل سقوط الكرة فورا فان ارتفاع الكرة (والطاقة الكامنة) يمكن ان تصبح صفر و 100 % من طاقتها في تلك النقطة هي طاقة حركية .

فتكون الطاقة الحركية (الثابتة) الكلية المستحوذة بواسطة الكرة هي :

الثابت = طاقة حركية + كامنة

الثابت (C) = 2/1 ك س2 + (الارتفاع) (الوزن)

= صفر + (1,5م) (9,81 م/ث2) (2كغم) = 29,43 جول

سرعة الكرة قبل الاصطدام بالأرض

الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة = 29,43 جول

الوزن × الارتفاع + 2/1 ك س2

(2كغم) (9,81) (صفر) + 2/1 (2كغم) س2 = 29,43 جول

س2 = 29,43 جول / كغم

س = 5,42 م/ث

تساعد عضلات الجسم ذات المفصلين في نقل الطاقة الميكانيكية من مفصل الى اخر وبالنتيجة تقليل الشغل الحركي للعضلات المارة بالمفصل الثاني خلال حركة معينة ، فعلى سبيل المثال عند الارتقاء للقفز العمودي عندما تقوم عضلات مد الورك بشغل مركزي لتوليد مد الورك، فإذا بقت عضلات الفخذ المستقيمة منقبضة فان التأثير الثانوي سيكون هو عزم تدوير مسلط على الركبة وفي مثل هذه الحالة فهي عضلات مد الورك التي تقوم بتوليد عزم تدوير عضلات مد الركبة ، بما ان طول العضلة الفخذية المستقيمة لن يتغير فقد اشار البحث انه خلال القفز العمودي ومرحلة الاندفاع في العدو او الركض ، بان العضلات الفخذية المستقيمة والعضلة gastrocnemius التوامية الساقية (عضلة بطن الساق) تساعد في مد المفاصل البعيدة حيث تمر الطاقة الحركية المنقولة من المفاصل القريبة للساق حتى المفاصل الأخرى البعيدة .

في مرحلة الهبوط وامتصاص الصدمة عند الركض فالعملية ستكون معكوسة. حيث تقوم العضلات التي تربط مفصلين بنقل الطاقة من المفاصل البعيدة الى المفاصل القريبة الأخرى ومن ثم تبديد الطاقة الحركية .

من المهم جدا أن لا تربك عملية أنتاج الطاقة الحركية والشغل الحركي بواسطة عضلات جسم الإنسان باستهلاك الطاقة الحركية أو الإنفاق الحراري حيث ان عوامل مثل التقلصات العضلية المركزية المضادة لغير المركزية ، وإعادة استخدام الطاقة . ونقل الطاقة بين أقسام الجسم إضافة إلى، تحديد معدلات حركة المفاصل والحساب الكمي للعلاقة بين معدلات الطاقة

السيكولوجية والحركية . ما يقارب 25% من الطاقة المستهلكة بواسطة العضلات ستتحول الى شغل ، والباقي يتغير إلى حرارة أو يستخدم في عمليات الجسم الحركية .

الملخص SUMMARY

ان علم الحركة الخطية هو العلم الذي يدرس القوى المرتبطة بالحركة الخطية . ان العلاقات الداخلية بين كميات الحركة الأساسية مشخصة في القوانين الفيزياوية المؤلفة عن طريق العالم نيوتن .

ان الاحتكاك هو عبارة عن القوة المتولدة في الوجه الداخلي لسطحين عند الاتصال عندما يكون هنالك حركة او ميل الى الحركة لسطح بالنسبة لسطح اخر. أن مقادير أقصى احتكاك ثابت والاحتكاك الحركي تحدد بواسطة معامل الاحتكاك بين السطحين وقوة رد الفعل الطبيعية التي تضغط كلا السطحين مع بعضيهما . يكون اتجاه قوة الاحتكاك دائما معاكسه لاتجاه الحركة او الميل للحركة . هنالك عوامل أخرى تؤثر على سلوك الأجسام عند الاحتكاك وهي الزخم والمرونة . ان الزخم الخطي هو حاصل كتلة المادة وسرعتها اما الزخم الكلي في نظام معين يبقى ثابتا حادا من نشاط القوى الخارجية . ان التغيرات في الزخم تنتج من الحوافز او الدوافع – القوى الخارجية التي تؤثر لفترة زمنية معينة . مرونة الصدمة تتحكم بمقدار السرعة الموجودة في الترتيب الذي سيعقب الصدمة . ان المرونة النسبية لجسمين في حالة تصادم تمثل بواسطة معامل اعادة الحالة .

ان الشغل الميكانيكي هو ناتج القوة والمسافة التي تؤثر خلالها القوة . ان القوة الحركية هي الشغل الحركي المنجز والكامن . عندما تكون الجاذبية هي القوة الخارجية الوحيدة فان كمية الطاقتين الكامنة والحركية المستحوذة بواسطة الجسم تبقى ثابتة . التغيرات في طاقة الجسم مساوية للشغل الميكانيكي المنجز بواسطة قوة خارجية .

أختبر معلوماتك

1. ما مقدار القوة التي يتوجب استعمالها بواسطة مهاجم لكرة ثابتة تزن 2,5 كغم بتعجيل 40م/ث2 ؟ (100نيوتن) .
2. لاعب قفز عالي بوزن 712 نيوتن يبذل قوة 3 كيلو باتجاه الأرض عند الارتقاء. ما مقدار القوة المبذولة عن طريق الأرض على القافز؟(3 كيلو/ نيوتن)
3. ماهي العوامل التي تؤثر على معامل الاحتكاك؟
4. إذا كان معامل الاحتكاك الثابت بين حذاء كرة السلة والساحة هو 0,56 وقوة رد الفعل التي تؤثر على الحذاء هي 350 نيوتن ، فما مقدار القوة العمودية المطلوبة التي تسبب انزلاق الحذاء ؟ (1962 نيوتن) .
5. لاعب كرة قدم يدفع زلاجة بوزن 670 نيوتن . معامل الاحتكاك الثابت بين الزلاجة والعشب هي 0,73 ومعامل الاحتكاك الحركي بين العشب والزلاجة هو 0,68

- ✓ ما مقدار القوة التي يجب ان يبذلها اللاعب لبدء حركة الزلاجة ؟
- ✓ ما مقدار القوة المطلوبة للحفاظ على حركة الزلاجة ؟
- ✓ اجب عن نفس السؤالين لعربة تزن 100كغم تقف على ظهر الزلاجة ؟ (989,12نيوتن ، 455,6 نيوتن، 1205,22 نيوتن،1122,7نيوتن)

6. مراقب خط كتلته 100 كغم يتحرك لسرعة 4م/ث ، فعندما يصطدم مباشرة مع مراقب خط آخر يزن 90 كغم يتحرك بسرعة 4,5 م/ث ، فإذا بقيا كلاهما على أقدامهما ما الذي سيحدث ؟
(سيدفع مراقب الخط الأول مراقب الخط الثاني الى الخلف بسرعة 0,03 م/ث).

7. لاعبي تزلج يتزلجان على الجليد ركض احدهما نحو الأخر مباشرة فإذا صد احدهما الآخر واستمر بالحركة بعد الاصطدام . فكم ستكون السرعة الناتجة ؟ للزلاج أ سرعة 5م/ث وكتلته 65 كغم . وللزلاج ب سرعة 6م/ث وكتلة 60 كغم . ؟ (28 م/ث في الاتجاه الأصلي المستحوذ بواسطة الزلاج ب)
8. كرة ساقطة على سطح بارتفاع 2م ترتد لارتفاع 0,98م . فما هو معامل اعادة الحالة بين الكرة والسطح ؟
9. مجموعة من 20 درجة لكل درجة ارتفاع 20 سم ترتقيها رجل بوزن 700 نيوتن في فترة 1,25 ثانية . احسب مقدار الشغل الحركي ، القدرة والتغير في الطاقة الكامنة عند الصعود .؟(ش= 2800جول ق = 2240 واط الطاقة الكامنة = 2800 جول)
10. كرة مرمية بوزن 1كغم تصل الى قفاز لاعب يتحرك بسرعة 28م/ث .
   - ✓ ما مقدار زخم الكرة ؟
   - ✓ ما مقدار الدافع المطلوب لإيقاف الكرة ؟
   - ✓ إذا كانت الكرة في احتكاك مع قفاز اللاعب الماسك لمدة 0,5 ثانية عند المسك.ما مقدار معدل القوة المستعملة بواسطة القفاز ؟ (أ-28 كغم.م/ث ب-28نيوتن جـ - 56 نيوتن)
11. شخص ثلاثة أمثلة عملية لكل قانون من قوانين نيوتن ووضح كيف يمثل المثال القانون ؟
12. اختر إحدى الرياضات أو إحدى النشاطات اليومية وحدد الطرق التي يوجد فيها مقدار من الاحتكاك بين سطوح الاتصال والتي تؤثر على ناتج الانجاز؟

13.قطعة بلوك تزن 2كغم موضوعة فوق سطح عمودي خاضعة لقوة عمودية بوزن 7,5 نيوتن فإذا كان التعجيل الناتج من قطعة البلوك 3م/ث2 فما مقدار قوة الاحتكاك المضادة للحركة قطعة البلوك ؟ (1,5 نيوتن)

14.وضح العلاقات الداخلية بين الشغل والحركة ، القدرة ، والطاقة داخل تعبير مهارة حركة الإنسان المحددة .

15.وضح ما هي الطرق التي يرتبط أو لا يرتبط الشغل الحركي مع الإنفاق الحراري ضمن في إجابتك الفرق بين الشغل الايجابي والسلبي وتأثير العوامل الانثروبومترية .

16.مضرب كولف بطول 1,8 سم ووزن 0,73 كغم تأرجح لمدة 3 ثواني بتعجيل ثابت من نق/ث2 . ما هو الزخم الخطي لرأس المضرب عندما يصطدم بالكرة ؟ (3,9كغم/ث)

17.كرة تزن 6,5 نيوتن ترمى بسرعة ابتدائية وقدرها 20م/ث2 في زاوية 35 درجة من ارتفاع 1,5 م .

- ✓ ما هي سرعة الكرة اذا مسكت على ارتفاع 1,5 م ؟
- ✓ إذا مسكت الكرة على ارتفاع 1,5م فما مقدار الشغل المطلوب ؟ (أ- 20م/ث ب-132,5جول) .

18.شخص يزن 50كغم ينفذ أقصى قفز أفقي بسرعة ابتدائية او سرعة بدء 2م/ث .

- ✓ ما هي أقصى طاقة حركية للاعب عند القفز ؟
- ✓ ما هي أدنى طاقة حركية للاعب خلال القفز ؟
- ✓ ما هي أقصى طاقة كامنة للاعب خلال القفز ؟
- ✓ ما مقدار مركز كتلة المرفوع للاعب عند القفز ؟

الجواب (100 جول ، 100 جول ، صفر ، 20 سم)

19.باستخدام مبدأ حفظ الطاقة الحركية ، احسب أقصى ارتفاع منجز عن طريق كرة مرمية تزن 7 نيوتن أفقيا بسرعة ابتدائية وقدرها 10 م/ث ؟ (5,1 م)

20.اختر واحد من الفعاليات الرياضية التالية وتامل التغيرات التي تحدث بين الطاقة الحركية والطاقة الكامنة .

- ✓ دعم الساق المنفردة خلال العدو.
- ✓ ضرب التنس.
- ✓ انجاز القفز بالزانة.
- ✓ الغطس من اللوحة المتحركة.

21.غير احد الأحذية من مجموعتك.واستخدم مقياس متحرك لتحديد مقدار أقصى احتكاك ثابت لكل جدار فوق سطوح مختلفة.اكتب نتائجك في لوحة واكتب قطعة إنشائية موضحا النتائج.

22.ضع طوليا ثلاثة أو أربعة قطع من الخشب بإحجام مختلفة واوزان علة سطح رقيقة ، مائلة منفصلة عن بعضها البعض بـ 80 – 10 سم

23.باستخدام عصا طويلة مثل عصا المتر توضع في كل نهايتين . استعمل قوة معادلة لكل قطعة بنفس الوقت . راقب المسافات المختلفة للقطع . اكتب تفسيرا وصفيا عن نتائجك.

24.أدي أقصى قفز أفقي فوق منصة قوة.استخدم البلانيميتر planimeter لقياس الحوافز المتولدة مقابل المنصة خلال الارتقاء والهبوط على سجل القوة – الزمن للقفز.وضح التشابهات والاختلافات في دوافع الارتقاء والهبوط.

25.اسقط خمس كرات مختلفة من ارتفاع 2 م فوق سطحين مختلفين بعناية وسجل ارتفاعات الارتداد . واحسب معامل إعادة الحالة لكل كرة فوق كل سطح واكتب قطعة إنشائية موضحا نتائجك.

26.باستخدام ساعة إيقاف ، اكتب وقت كل واحد من المجموعة عند الركض لصعود سلم . استخدم مسطرة لقياس ارتفاع درجة واحدة ثم اضرب بعدد الدرجات لحساب التغير الكلي في الارتفاع . احسب الشغل ، الطاقة والتغير في الطاقة الكامنة لصعودك.

الفصل الحادي عشر

التوازن وحركات الإنسان

EQUILIBRIUM AND HUMAN MOVEMENT

بعد إكمال هذا الفصل سيكون القارئ قادرا على:

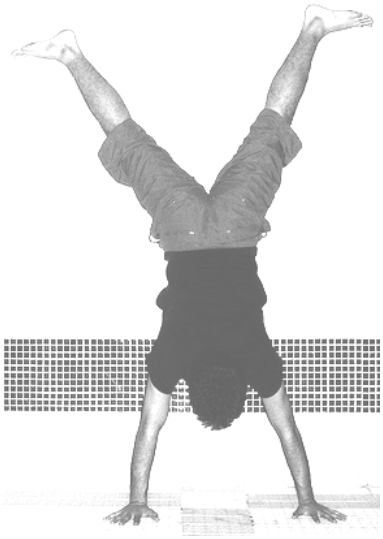
- ✓ تعريف عزم التدوير، حساب عزوم الدوران الناتجة، وتحديد العوامل التي تؤثر على عزوم دوران المفاصل الناتجة.
- ✓ تحديد الفوائد الحركية المرتبطة بالانواع المختلفة للعتلات وتوضيح فكرة الاستفادة من العتلات الرافعة في جسم الإنسان.
- ✓ حل المشاكل الكمية الأساسية باستخدام معادلات التوازن الثابت.
- ✓ تحديد مركز الجاذبية وتوضيح أهمية موضع مركز الجاذبية في جسم الإنسان.
- ✓ توضيح كيفية تاثير العوامل الميكانيكية على ثبات الجسم.
- ✓ لماذا يخفض رياضيو القفز العالي والقفز الطويل مركز أثقالهم قبل الارتقاء؟
- ✓ ما هي العوامل الميكانيكية التي تساعد في بقاء كرسي ذو عجلات فوق تل متدرج أو مصارع السامو لمقاومة هجوم خصمه؟

يستند الثبات الحركي للجسم على مقاومة كل من الحركتين الزاوية والخطية. ويستعرض هذا الفصل الحركة الزاوية مع العوامل التي تؤثر على الثبات الحركي الميكانيكي .

التوازن **EQUILIBRIUM**

عزم الدوران **Torque**

مثلما نوقش في الفصل3 ، فان التأثير الدوراني المتولد عن طريق القوة المستعملة يعرف بعزم الدوران (torque).والذي يمكن أن يكون فكرة عن قوة الدوران وهو المكافئ الزاوي للقوة الخطية.



فمن الناحية الجبرية فان عزم الدوران هو ناتج القوة والمسافة من تأثير خط القوة حتى محور الدوران.

عزم الدوران T = القوة F × المسافة الافقية

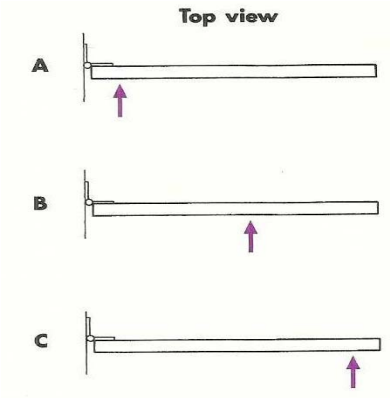
ولهذا فان زيادة مقدار القوة المستعملة أو المسافة لخط تأثير القوة لمحور الدوران يؤدي الى زيادة في تأثير عزم الدوران .إن اكبر مقدار لعزم الدوران الذي يؤثر في محور الدوران ،هو أكبر ميل لحدوث الدوران وهو اكبر تعجيل لجسم معين .

إن القوة داخل محور دوران الجسم لا تؤدي الى توليد عزم دوران لان المسافة الافقية تساوي صفر.

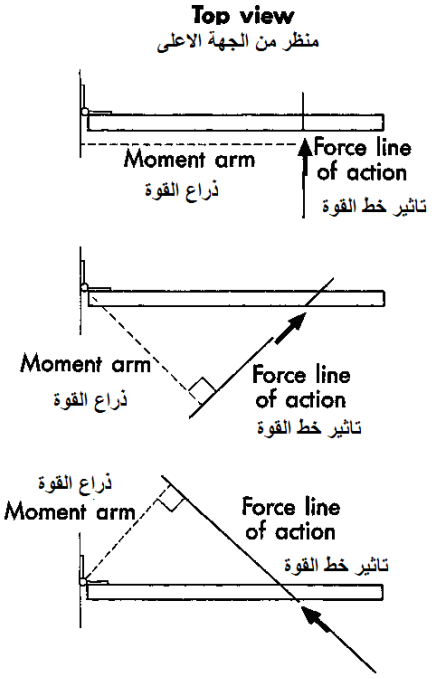
وتعرف المسافة بين الفعل أو تأثير خط القوة ومحور الدوران بذراع القوة (moment arm). وعزم الدوران المتولد عن طريق قوة بمقدار معين يكون دائما متناسبا مع طول ذراع القوة (شكل1-11).فأي تغير في انحراف تاثير فعل خط القوة بالتناسب مع محور الدوران يؤدي الى تغير في ذراع القوة وتغير لاحق في مقدار عزم الدوران المتولد عن

طريق القوة في محور الدوران(شكل2-11). ويمكن ملاحظة شكل (2-11) فان ذراع القوة هو اقصر مسافة بين تأثير خط القوة ومحور الدوران.

مثال لأهمية طول ذراع القوة وهو عن طريق اختيار الراقص ولوضع الإقدام عند التحضير لأداء دوران الجسم كليا حول المحور العمودي فعندما يبدأ الراقص بالدوران فان عزم الدوران المولد للدوران يكون مدعوما عن طريق قوى مكافئة ومعاكسة بالاتجاه تسلط بواسطة الإقدام مقابل الأرض. واثنان من القوى المتكافئة بالقيمة والمتعاكسة بالاتجاه تعرف بالقوة المزدوجة (couple)، ولان القوى المزدوجة توضع فوق جوانب متقابلة لمحور الدوران ، فانها ستؤدي إلى إنتاج عزم دوران في نفس الاتجاه .ولذلك فأن عزم الدوران المتولد بواسطة زوج من القوى هو مجموع ناتج كل قوة وذراع قوتها . إن الدوران من الموضع الخامس، مع مسافة صغيرة بين الأقدام، يتطلب إنتاج قوة اكبر عن طريق الراقص أكثر في الدوران من نفس المعدل من الموضع الرابع الذي يكون عنده اذرع القوى اطول عندما تكون القوى المزدوجة اكبر (شكل3-11).

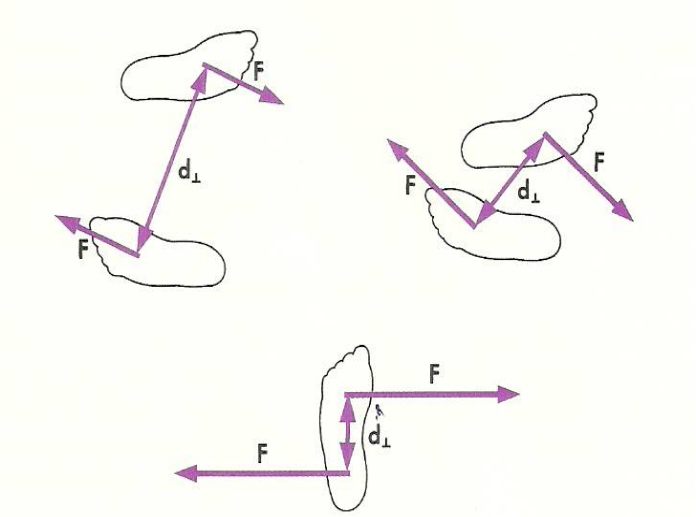


شكل(1-11) إي وضع أفضل من القوة لفتح باب متأرجحة ؟ التجربة يجب أن تتميز بان الوضع C هو الأفضل.



شكل(2-11) أن ذراع القوة هو المسافة االعمودية من خطوط تأثير القوة حتى محور الدوران (مفصل البا ب)

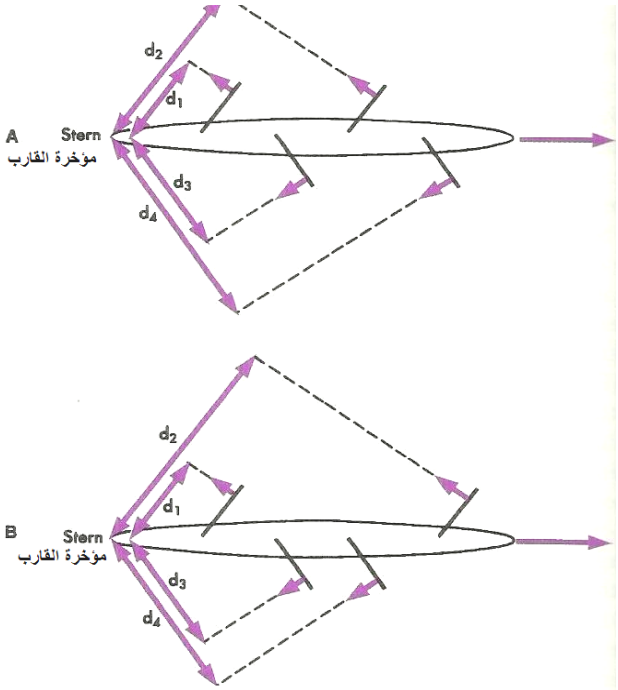
- ✓ قوة أكثر تتطلب عندما يتولد عزم الدوران عن طريق قدم إسناد منفردة عندها تكون ذراع القوة قليلة حتى المسافة بين مشط القدم وعظم العقب في القدم (calcaneus) .



شكل(3–11) عند الوقوف العريض للراقص فان المقدار الأكبر لثنائي القوة (زوج القوة) المتولد بواسطة الأقدام عند الدوران يكون متحققا

وعندما يكون الدوران عند الوقوف بقدم منفردة ، فان ذراع القوة يصبح المسافة بين نقاط الإسناد، وفي رياضة التجديف ، عندما يجذف الطاقم تقليديا بعكس اتجاهات جسم القارب، فان ذراع القوة المستعملة عن طريق مجداف ومقود القارب هي العامل المؤثر في الانجاز (شكل 4– 11).

تقليديا ، فان المجدفين على جانب واحد من الزورق يجلسون في مكان ابعد عن مؤخرة الزورق من نظرائهم على الجانب الآخر. ولهذا فان سبب محصلة عزم الدوران والتقلب الجانبي الناتج حول مؤخرة الزورق عند التجديف . الشراع الايطالي أزال هذه المشكلة بوضع لاعبي التجديف بحيث لن يكون هنالك عزم دوران متولد،على افتراض بان القوة المتولدة بواسطة أي لاعب تجديف في أي ضربة تجديف هي نفسها تقريبا بين جميع اللاعبين (شكل 4 –11).



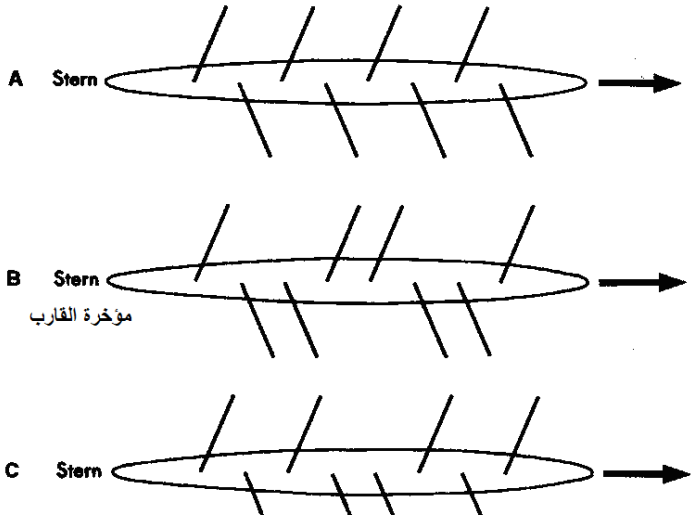
(شكل 4–11) إن هذا الترتيب للطاقم يعمل على توليد محصلة عزم دوران حول مؤخرة القارب لان مجموع المجداف الجانبي لأذرع القوة العلوية مخطط.

(المسافة1+المسافة2) هو اقل من مجموع اذرع القوى الجانبية السفلية (المسافة3+المسافة4).

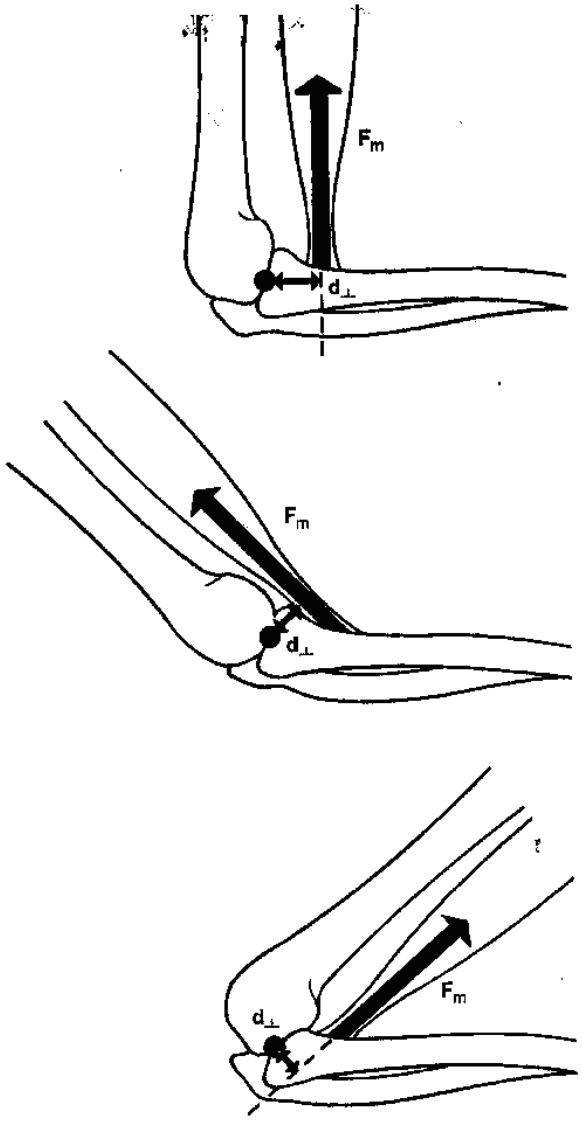
طور الايطاليون والمجدفون الالمان بنفس الأسلوب الأوضاع البديلة لطاقم زورق يتألف من 8 أعضاء (شكل5– 11). داخل جسم الإنسان، يكون ذراع القوة لعضلة بالنسبة لمركز المفصل هو المسافة العمودية بين خط تاثير العضلة ومركز المفصل (شكل 6–11) وعندما يتحرك المفصل في معدل من الحركة فهنالك تغيرات في ذراع القوة للعضلات المارة بامفصل.لأي عضلة يكون ذراع القوة اكبر عندما تكون زاوية السحب فوق العظم 90 درجة. وبينما تتحرك زاوية السحب بعيدا عن 90 درجة في أي من الاتجاهات فان ذراع القوة سينخفض بشكل متزايد .و تؤثر التغيرات في ذراع القوة بشكل مباشر على عزم دوران

للمفصل الثابت عند أي تمرين ، فيجب أن تقوم بإنتاج قوة اكبر بينما تنخفض ذراع قوتها .

إن عزم الدوران هو كمية متجهة ولذلك فهو يتميز بالمقدار والاتجاه . يتولد مقدار عزم الدوران عن طريق قوة تكون مساوية للقوة مضروبة بالمسافة العمودية dT واتجاه عزم الدوران الذي يجب ان يوصف على انه مع أو عكس عقرب الساعة .



(شكل 5-11)استخدم الألمان والايطاليون أمكنه بديله لطاقم مؤلف من ثمانية أعضاء. عزوم الدوران المتولدة بواسطة قوى المجداف مع مؤخرة القارب تكون متوازنة في الترتيبين B، C ولكن غير موجودة في الترتيب التقليدي الموضح في الشكلA



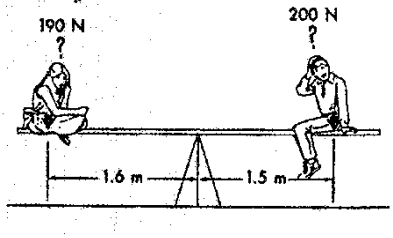
(شكل 6–11) إن ذراع قوة العضلة يكون في أقصاه في زاوية سحب 90 درجة، وبينما ينتقل خط السحب بعيدا عن 90 درجة، فان ذراع القوة يصبح اصغر بشكل متزايد.

ومثلما نوقش في الفصل 11 ، فان اتجاه عكس عقرب الساعة يشير الى الاتجاه الموجب (+) ، واتجاه عقرب الساعة يشير الى الاتجاه السالب (−). ويمكننا اضافة مقدارين اثنين أو أكثر من عزوم الدوران المؤثرة على محور دوران معين يمكن أن يضاف باستخدام قواعد تشكيل المتجهات (شكل6−11) .

عزوم دوران المفصل الناتجة Resultant joint Torques

إن فكرة عزم الدوران مهمة في دراسة حركة الإنسان لان عزم الدوران يعمل على إنتاج حركة أجزاء الجسم . كما نوقش في الفصل 6 فعندما تزيد العضلة المارة في مفصل الشد فهي بذلك تنتج قوة سحب على العظم فى مكان اتصالها وبالنتيجة توليد عزم دوران على مفصل العضلة المارة.

شكل 7−11 يمثل طفلان يجلسان على جانين متقابلين في ارجوحة ذات مقعدين متقابلين .احمد بوزن 200 نيوتن . يبعد 1,5 م عن محور دوران المرجوحة، وساره بوزن 190 نيوتن. وتبعد 1,6م من محور دوران الأرجوحة ، فأي طرف من الأرجوحة سيسقط؟



المعلوم :

احمد : و = 200 نيوتن

المسافة العمودية = 1,5 م

ساره : و = 190 نيوتن

المسافة العمودية = 1,6م

الحل :

ستدور الأرجوحة في اتجاه عزم الدوران الناتج على محور دورانها ،لإيجاد عزم الدوران الناتج ، فان عزوم الدوران المتولدة عن طريق الطفلين تجمع طبقا لقوانين تركيب المتجهات . إن عزم الدوران الناتج عن طريق وزن جسم ساره هو عكس عقرب الساعة اتجاه (+) وعزم الدوران المتولد عن طريق وزن جسم احمد هو في اتجاه عقرب الساعة (سلبي):

عزم الدوران أ = (ق س) (م س) – (ق ج) (م ج)

= (190 نيوتن) (1,6م) – (200نيوتن) (1,5م)

= 304 نيوتن.م – 300 نيوتن.م

= 4 نيوتن . م

عزم الدوران الناتج هو بالاتجاه الموجب ،ستسقط النهاية التي تجلس عليها سوزي.

- ✓ إن ناتج شد العضلة وذراع قوة العضلة تولد عزم دوران على المفصل المار بالعضلة.

تتطلب حركة الإنسان الكبيرة زيادة في الشد المتزامن في مجاميع العضلات المحركة والعضلات المضادة للحركة . حيث يتحكم الشد في العضلات المضادة للحركة بسرعة الحركة ويعمل على تعزيز ثبات المفصل الذي تحدث فيه الحركة، ويميل لان زيادة شد العضلات المضادة يؤدي الى توليد عزم دوران في الاتجاه المقابل لعزم الدوران المتولد بواسطة العضلات التي تقوم بالحركة، فان الحركة الناتجة في المفصل هي محصلة عزم الدوران.

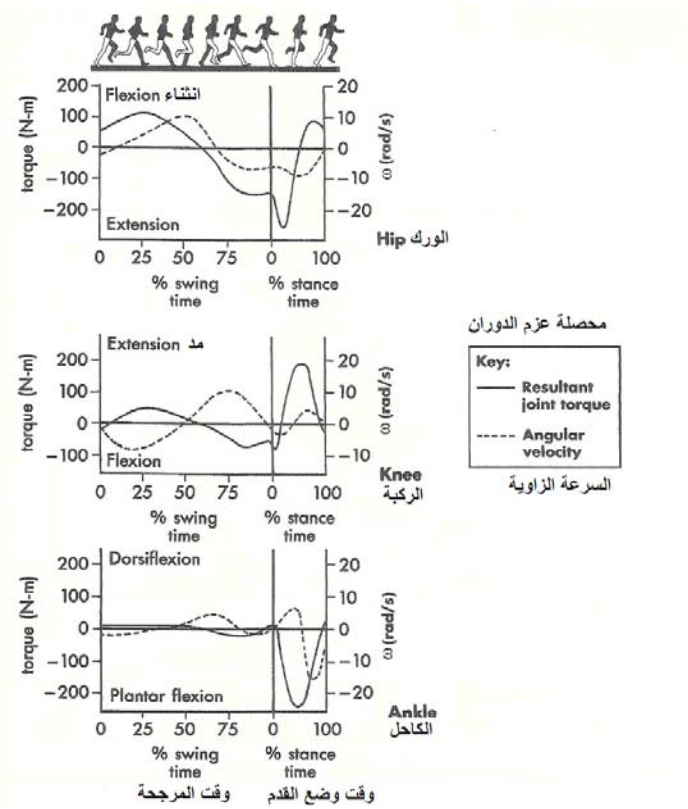
عندما تحدث حركة المفصل ومحصلة عزم الدوران في نفس الاتجاه، فيصطلح على عزم الدوران بالمركزي ، وعزم الدوران بالاتجاه المعاكس لحركة المفصل يعتبر في هذه الحالة عزما لا مركزيا. وعلى الرغم من

ان هـذه المصـطلحات تعـابير مفيـدة بشـكل عـام فـي تحليـل الوظيفـة العضـلية فـان اسـتخدامها يكـون معقـدا عنـدما يعنـي الامـر عضـلات مفصـلين أو عـدة مفاصـل ، بمـا انـه يمكـن ان يكـون عـزم الـدوران مركـزي فـي واحـد مـن المفاصـل و لا مركـزي فـي المفصـل الآخـر المـار فـي نفـس العضلة.

ولان القيـاس المباشـر للقـوى الناتجـة بواسـطة العضـلات خـلال أداء مهـارات الحركـة لـيس عمليـا، فـان قياسـات أو تقـديرات عـزوم دوران المفاصـل الناتجـة (قـوى المفصـل) غالبـا مـا تـدرس للتحـري عـن أسـاليب مساهمات العضلة.

هنالـك عـدد مـن العوامـل وبضـمتها وزن أجـزاء الجسـم، حركـة أجـزاء الجسـم ونشـاط القـوى الخارجيـة ، يمكـن أن يسـاهم فـي محصـلة عـزوم دوران المفصـل ، ومـع ذلـك فـان عـزوم الـدوران فـي المفصـل تعطـي تقديرات مضطربة عن معدلات مساهمة المجموعة العضلية .

ولفهـم أفضـل لوظيفـة العضـلة خـلال الـركض ، فـان عـدد مـن المسـتطلعين درسـوا عـزوم دوران المفصـل الناتجـة فـي الـورك ، الركبـة والكاحـل خـلال خطـوة العـدو مثلمـا حسـبت مـن بيانـات الافـلام وبيانـات منصة القوة .

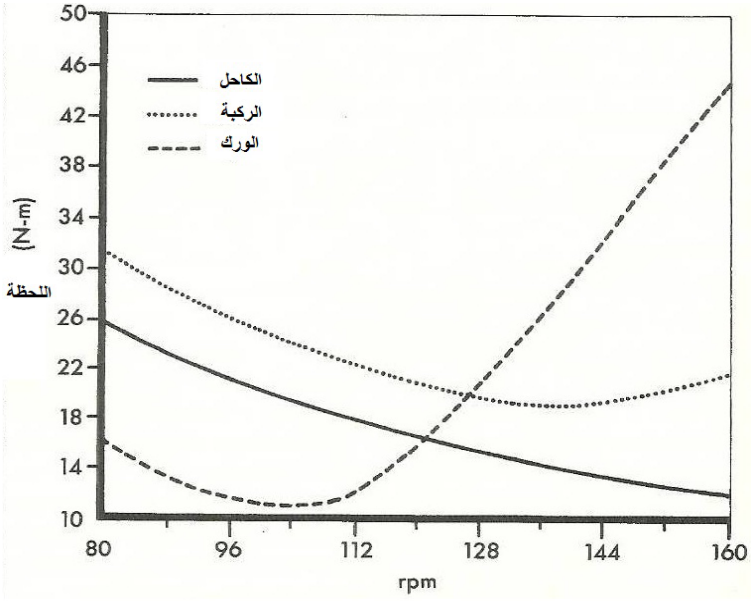


(شكل 8–11) يعرض عزوم الدوران المفصل الناتجة والسرعات الزاوية للورك ، الركبة والكاحل خلال خطوة العدو إذ حسبت من فيلم وبيانات برنامج القوة.

في (شكل8–11)، عندما يكون منحني عزم دوران المفصل الناتج والسرعة الزاوية على نفس الجانب من خط الصفر ، سيكون عزم الدوران مركزيا مع عزم دوران يكون لا مركزيا عندما يكون المعكوس حقيقيا . يمكن أن يلاحظ من الشكل 8–11 فان كل من عزوم الدوران المركزية واللامركزية موجودة في مفاصل الطرف السفلي عند الركض .

تكون عزوم دوران مفصل الطرف السفلي في سباق الدراجات لطاقة معينة مؤثرة عن طريق معدل استعمال الدواسة ، وارتفاع المقعد،

طـول ذراع التـدوير والمسـافة مـن محـور دوران الدواسـة حتـى مفصـل الكاحـل . أن معـدل عـزوم دوران الركبـة والـورك سـباق الـدراجات تحـت ظـروف التجـوال سـجلت لتكـون فـي أدناهـا بمـا يقـارب 105 دورة لكـل دقيقـة . و(شـكل 9 –11) يوضـح التغيـرات فـي معـدل عـزم الـدوران النـاتج فـي مفصـل الـورك و الركبـة ومفصـل الكاحـل.مع تغيـرات فـي معـدل استعمال الدواسة في طاقة ثابتة.



(شكل 9 –11) عزوم دوران مفصل الورك ، الركبة ، الكاحل مقابل معدل استعمال الدواسة خلال دوران العجلة.

مـن المفتـرض ان تـزداد متطلبـات القـوة العضـلية ومـن ثـم عـزم دوران المفصـل وفـي حالـة ازديـاد المقاومـة ويصـح ذلـك طالمـا بقيـت المقـادير الحركيـة ثابتـة ، فعلـى سـبيل المثـال اتضـح انـه خـلال تمـرين القرفصـاء فـان التغيـرات الدقيقـة فـي متغيـرات الحركـة مثـل زاويـة الجـذع القائمـة وثنـي الركبـة والكاحـل وعنـد تعكـس بشـكل كبيـر عـزوم دوران متغيـرة

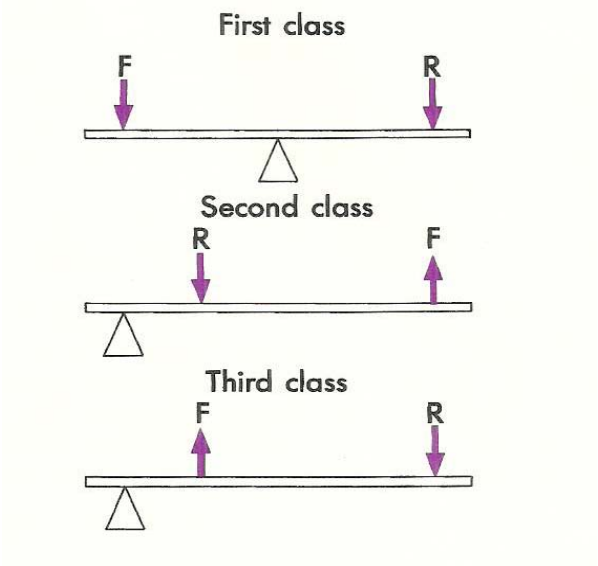
او مختلفة في الورك والركبة والكاحل وبينما يزداد حمل القرفصاء حمل القرفصاء من 60% الى 80% كحد أقصى . ان احد المواضيع الدراسة عرض أكثر من ضعف الزيادة المتوقعة في عزم الدوران في الركبة بينما انخفضت عزم الدوران في الركبة في دراسة اخرى.

هنالك مواضيع أو عوامل أخرى تؤثر على عزوم دوران المفصل خلال التمرين منها عامل سرعة الحركة . فعندما تبقى العوامل الأخرى ثابتة فان سرعة الحركة الزائدة تكون مرتبطة بعزوم دوران المفصل الناتجة عند القيام بتمارين مثل تمرين القرفصاء إن سرعة الحركة الزائدة خلال تمرين الوزن غير مرغوبة بشكل عام لان السرعة الزائدة لا تعمل على زيادة شد العضلة فحسب ،بل تعمل كذلك على زيادة احتمالية ارتكاب التكنيك الخاطئ وبالنتيجة ستحدث الإصابة . إن التعجيل في الحمل بشكل مبكر عن أداء تمرين المقاومة يعمل كذلك على توليد الزخم ، الذي يعني إن حاجة العضلات لا تحتاج العمل بقوة طيلة الحركة مثلما يمكن ان تكون الحالة بطريقة اخرى لا تعمل بجد خلال الحركة .و لهذه الأسباب فانه لأداء أكثر فعالية وأكثر سلامة يكمن في أداء التمارين بشكل بطئ ، وسرعات حركة مسيطر عليها.

العتلات Levers

عندما تعمل العضلات على زيادة الشد ، فان سحب العظام الى الأعلى لإسناد أو نقل المقاومة المتولدة عن طريق وزن أقسام الجسم ووزن الحمل المضاف ، فان العضلة والعظم سيعملان ميكانيكيا كعتلات على العتلة (Lever) . والعتلة هي عبارة عن عمود صلب يعمل على الدوران حول المحور.في جسم الإنسان فان العظام تؤثر وتعمل عمل جسم صلب . والمفصل هو عبارة عن المحور ، وقوة

العضلة هي عبارة عن القوة . هذه الترتيبات النسبية الثلاثة للقوة المستعملة ، المقاومة ومحور الدوران لعتلة معينة موضح في (شكل10-11).

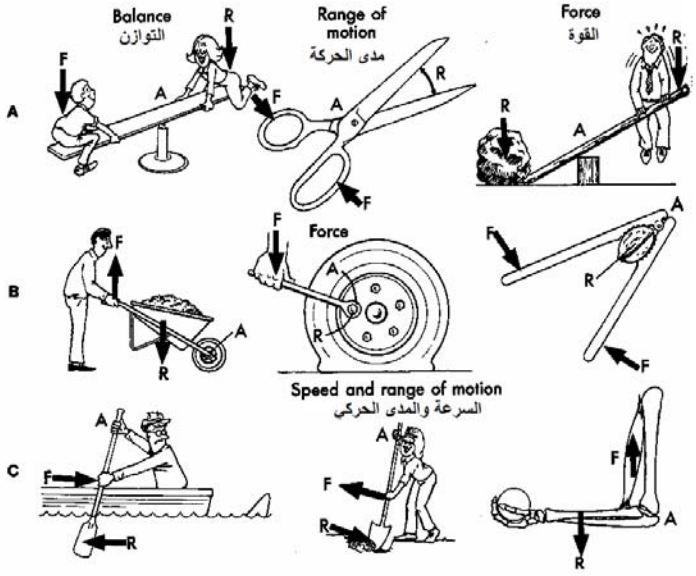


(شكل 10-11) مواقع نسبية للقوة المستعملة، المقاومة ومحور الدوران يحدد أصناف العتلات.

- ✓ يمكن تعريف العتلة العتلة Lever بأنها ماكنة بسيطة تتألف من عارضة صلبة يمكن إن تصنع الدوران حول المحور.

في عتلة من الصنف الأول تكن القوة المستعملة والمقاومة موجودتان على الجوانب المتقابلة للمحور.والأرجوحة المتقابلة هي مثال لعتلة الصنف الأول وهي من العتلات الشائعة الاستخدام إضافة الى آلات تشمل هذا النوع من العتلات ومنها الاستخدام بضمنها المقصات. النحل وآلة انتزاع المسامير (الكماشة).

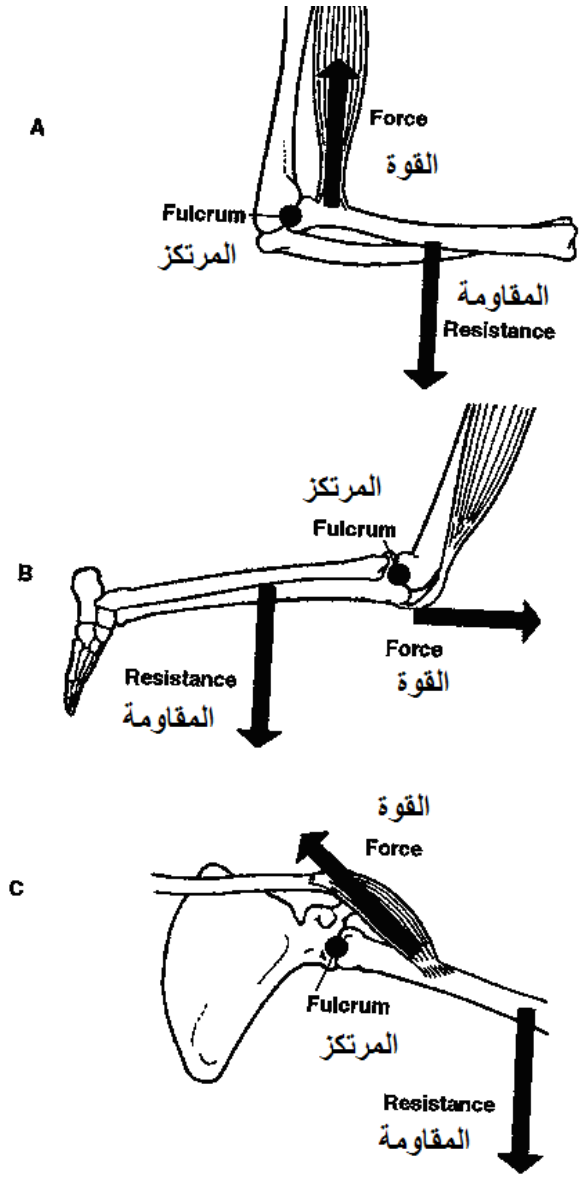
فـي جسـم الإنسـان فالنشـاط المتـزامن لعضـلات المولـدة الحركـة والعضـلات المضـادة للحركـة علـى الجوانـب المتقابلـة لمحـور المفصـل يكـون مشـابه الـى عمـل صـنف العتلـة مـن النـوع الأول، حيـث تقـوم العضـلات المحركـة بتزويـد القـوة المسـتعملة والعضـلات المضـادة للحركـة بقـوة وفـي هـذا الصـنف مـن العـتلات ، فـان القـوة المسـتعملة والمقاومـة يمكـن ان تكونـا علـى مسـافات متسـاوية مـن المحـور. أو ربمـا تكـون أحـداهما ابعـد عـن المحـور فـي العـتلات الاخـرى ،امـا فـي العتلـة مـن النـوع الثـاني فـان القـوة المسـتعملة والمقاومـة يكونـا علـى نفـس الجانـب مـن المحـور، مـع مقاومـة تكـون اقـرب الـى المحـور .فعربـة اليـدومفتاح شـد البرغـي وكسـارة الجـوز هـي مجموعـة مـن الأمثلـة لعـتلات الصـنف الثـاني (شـكل11-11) امـا العـتلات مـن الصـنف الثالـث وتكـون المقاومـة والقـوة علـى نفـس الجانـب مـن المحـور،ولكن القـوة المسـتعملة تكـون اقـرب الـى المحـور. فعتلـة قـارب الكـانو والمجرفـة يمكـن أن تكونـا أمثلـة لعـتلات الصـنف الثالـث شـكل 11-11 وجـدير بالـذكر ان معظـم أنظمـة عتلـة – العظـم العضـلة فـي جسـم الإنسـان هـي امثلـة لعـتلات الصـنف الثالـث فـي الانقباضـات المركزيـة تعمـل علـى توليـد القـوة المسـتعملة والاتصـال بـالعظم بمسـافة قصـيرمن مركـز المفصـل بالمقارنـة مـع المسـافة التـي تتولـد عنـدها المقاومـة عـن طريـق وزن جـزء مـن الجسـم او عـن طريـق تـاثير جـزء الجسـم الاكثـر بعـدا .



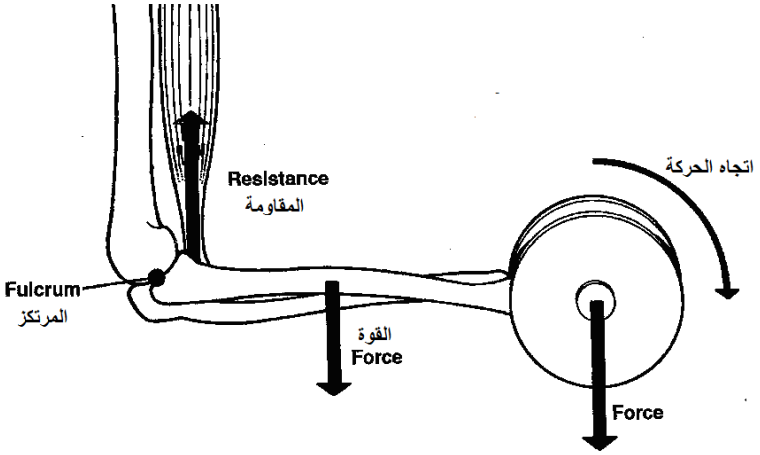
شكل11-11 أ- عتلات الصنف الأول ب- عتلات الصنف الثاني جـ-عتلات الصنف الثالث

لاحظ إن استخدام الدواسة والمسمار هي عتلات من الصنف الثالث عندما لا تستعمل اليد العليا بل تعمل على ثبات محور الدوران .

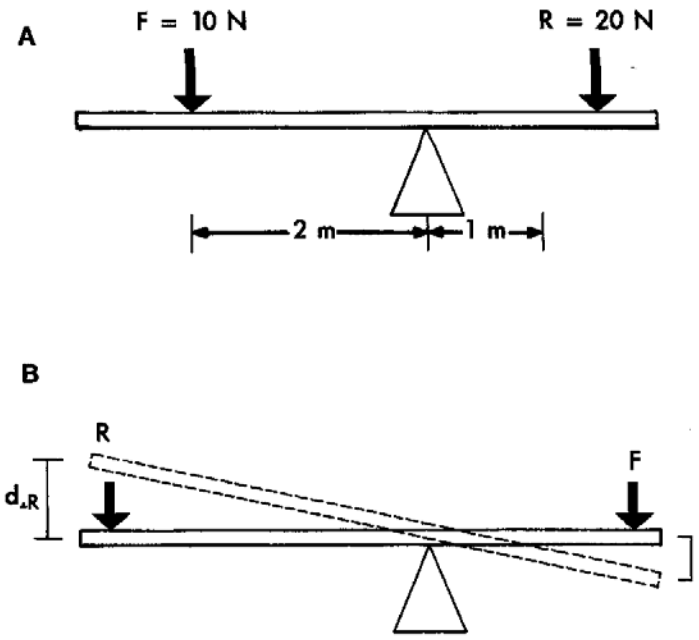
- ✓ عتلة الصنف الأول: هي عبارة عن عتلة توضع على جوانبها القوة المستعملة والمقاومة على الجانب الاخر من محور الدوران .
- ✓ عتلة الصنف الثاني : وهي العتلة التي توضع المقاومة فيها بين القوة المستعملة ومحور الدوران .
- ✓ عتلة الصنف الثالث: عبارة عن عتلة توضع فيها القوة المستعمل فيها بين محور الدوران والمقاومة .



(شكل 12–11) إن غالبية العتلات في جسم الإنسان هي من الصنف الثالث
أ.العضلة ذات الرأسين أعلى الذراع ب.الرباط الرضفي في الركبة ج.العضلة الوسطية في الكتف



(شكل 13 – 11) تنقبض عضلات ثني المرفق لا مركزيا فتعطي مقاومة إيقاف وتسيطر على سرعة الحركة خلال مرحلة النزول تمرين الثني ، في مثل هذه الحالة يكون النظام هو نظام الصنف الثاني لعتلة العضلة – العظم.



(شكل 14 –11) يمثل:

أ. قوة يمكن إن توازن مقاومة اكبر عندما يكون ذراع القوة أطول من ذراع المقاومة

ب. قوة يمكن أن تنقل مقاومة في معدل اكبر من الحركة عندما يكون ذراع القوة اقصر من ذراع القوة المقاومة.

أما خلال الانقباضات اللامركزية. فان العظم والعضلة يعملان عمل عتلة من الصنف الثاني .

ان نظام العضلات يمكن أن يقدم خدمة لغرض أو غرضين (شكل 13 – 11). فعندما يكون ذراع القوة لقوة مستعملة اكبر من ذراع قوة المقاومة فان قيمة أو مقدار القوة المستعملة الضرورية لرفع مقاومة معينة سيكون اقل من مقدار المقاومة.وعندما يكون ذراع المقاومة اكبر من ذراع القوة ، فان المقاومة يمكن أن تكون متحركة في مسافة كبيرة

نسبيا من ناحية اخرى فان التاثير الميكانيكي لاي عتلة . لدفع أو إبعاد مقاومة يمكن أن يعبر عنه كميا من ناحية فائدتها الميكانيكية والتي هي نسبة ذراع القوة على نسبة ذراع المقاومة:

$$\text{الفائدة الميكانيكية} = \frac{\text{ذراع القوة}}{\text{ذراع المقاومة}}$$

شكل إن عزوم الدوران المطلوبة في الورك ،الركبة،والكاحل خلال سباقات الدراجات في طاقة معينة تكون متأثرة بموقع الجسم وإبعاد الدراجة

- ✓ الفائدة الميكانيكية: هي نسبة ذراع القوة على ذراع المقاومة لعتلة معينة.

عندما يكون ذراع القوة اطول من ذراع المقاومة فان نسبة الاستفادة الميكانيكية ستنخفض الى الرقم الذي يكون اكبرمن واحد ومقدار القوة المستعملة المطلوبة لتحريك مقاومة معينة سيكون اقل من مقدار المقاومة.

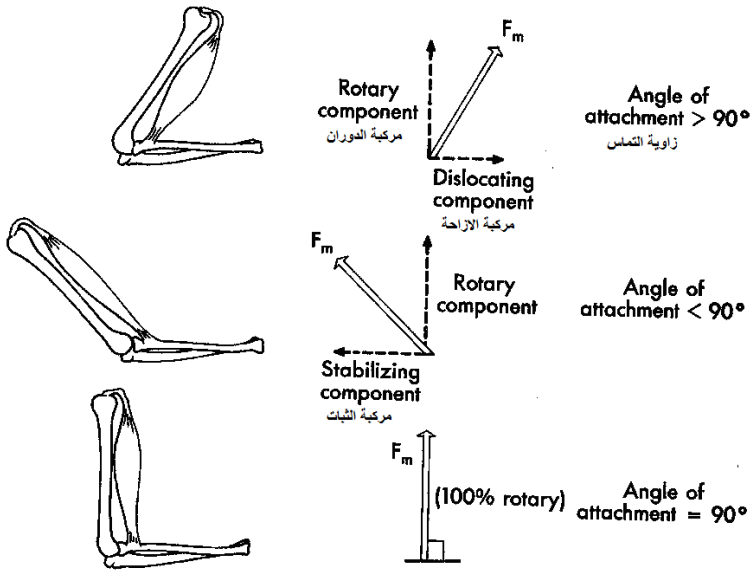
إن القدرة على دفع مقاومة تكون اقل من القوة ، تمثل استفادة واضحة عندما يتوجب ان ينقل أو يحرك حمل ثقيل ، وكما موضح في (شكل 13 – 11) فان عربة اليد تشكل عتلة من الصنف الثاني باحتكاك دوراني لتسهيل نقل الحمل عند إزالة صمولة من عجلات سيارة

، فمن النافع من عملية الاستخدام ان يكون عمليا لزيادة النفع الميكانيكي الحركي لفتح الصامولة .

وبالعكس ، فعندما تكون نسبة الفائدة الحركية اقل من 1 ، فان القوة التي تكون اكبر من المقاومة يجب ان تستعمل لتوليد حركة العتلة وعلى الرغم من ان هذا النظام يكون اقل فعالية في الشعور بالحاجة لقوى اكبر . فان الحركة الصغيرة للعتلة في منطقة استعمال القوة تقوم بدفع المقاومة خلال معدل اكبر من الحركة .

عند دفع كرسي ذو عجلات ، فان الفائدة الحركية هي معدل أو نسبة نصف قطر الإطار اليدوي الى نصف قطر العجلة ، وبما إن نصف قطر الإطار اليدوي يكون دائما اصغر من نصف قطر العجلة ، فان الفائدة الميكانيكية لدفع كرسي تكون دائما اقل من الصفر. وهذا مفيد لان حركات الإطارات اليدوية تتحول الى حركات اكبر للعجلات و المقاومة ، والتي هي عبارة عن احتكاك الدوران تكون واطئة نسبيا. ان للقوة المستعملة على إطار دفع فان سرعة الكرسي المتحرك تكون متناسبة مع الفائدة الحركية . لقد وجد الباحثون بان الفائدة الحركية لـ 0,43 أكثر تأثير ميكانيكي من الفوائد الحركية لمعدلات تصل حتى 0,87 لعملية دفع الكرسي المتحرك . لان الفائدة الميكانيكية الاوطا (والسرعة الأوطأ) ، قادره على استعمال قوة اكبر بشكل مباشر وبموازاة مجال دوران الإطار اليدوي .

يحاول الرياضيين المهرة في العديد من الفعاليات الرياضية عمدا زيادة طول ذراع القوة المؤثر وذلك لزيادة تأثير عزم الدوران الناتج بواسطة العضلات الموجود حول المفصل . فعند تنفيذ ضربة التنس ، فان اللاعبين ذوو الخبرة لا يقومون بضرب الكرة بذراع ممدودة تماما وحسب ولكنهم يحاولون ايضا تدوير الجسم بنشاط في مستوى مستعرض كذلك جاعلين من العمود محور للدوران ورافعين طول العتلة التشريحية التي تقوم بتوليد القوة. نفس هذه الستراتيجية تطبق عن طريق رياضيي البيسبول وكما نوقش في الفصل 11 فان نصف قطر الدوران الأطول ، هو السرعة الخطية المستقيمة الأكبر لرأس المضرب أو اليد التي تقوم بالرمي والسرعة الناتجة الأكبر لكرة مضروبة أو مرمية .



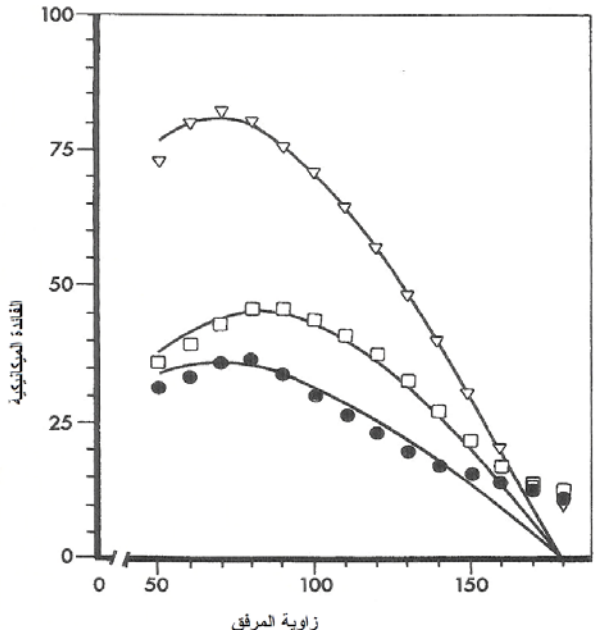
(شكل 15–11) أن ذراع القوة لقوة مستعملة يمكن كذلك أن يشير إلى ذراع القوة ، ويمكن أن يشير ذراع القوة للمقاومة إلى ذراع المقاومة .

معظم أنظمة العتلات بين العظام – العضلة في جسم الإنسان هي عتلات من الصنف الثالث ، ولذلك فان لها منفعة أو فائدة حركية اقل من 1 وعلى الرغم من هذا النظام يعمل على تعزيز معدل الحركة والسرعة الزاوية لأجزاء الجسم ، فان قوى العضلة المتولدة يجب أن تقوم بزيادة قوة او قوى المقاومة في حالة كون الشغل هو شغل حركي ايجابي . تؤثر الزاوية التي تسحب عليها العظلة فوق العظم ايضا على الفاعلية الميكانيكية في نظام العتلات بين العضلة والعظم .

تحلل قوة الشد العضلي الى مركبتين – واحدة عمودية على العظم الماس والأخرى موازية للعظم (شكل 15-11) . وكما نوقش في الفصل الخامس فان المركبة قوة العضلة التي تؤثر عموديا على العظم – هي مركبة الدوران – وتسبب دوران العظم حول مركز المفصل . أما المركبة الأخرى وهي مركبة قوة العضلة الموازية للعظم فهي اما ان تسحب العظم بعيدا عن مركز المفصل أو باتجاه مركز المفصل (مركبة تثبيت) ، بالاعتماد على فيما إذا كانت الزاوية بين العظم والعضلة الماسة اقل أو أكثر من 90 درجة .

تعتبر زاوية الاستفادة الميكانيكية القصوى لأي عضلة هي الزاوية التي يمكن أن يتولد عندها اكبر قوة الدوران . في مفصل كمفصل المرفق فن الزاوية النسبية الموجودة في المفصل تكون قريبة الى زوايا الاتصال في عضلات ثني المرفق . إن المنفعة الميكانيكية القصوى للعضلات (branchioradialis) العضلة العضدية الكعبرية ، والعضلة العضدية ذات الرأسين وعضلة branchialis العضدية في عظم العضد تحصل الزاوية في المرفق بين ما يقارب 75 – 90 درجة (شكل 16-11) .

✓ إن قابلية العضلة في توليد القوة تكون مؤثرة وفعالة عن طريق طول العضلة، المنطقة المقطعية المارة ، ذراع زاوية الاتصال ، قصر المسافة وحالة التدريب .



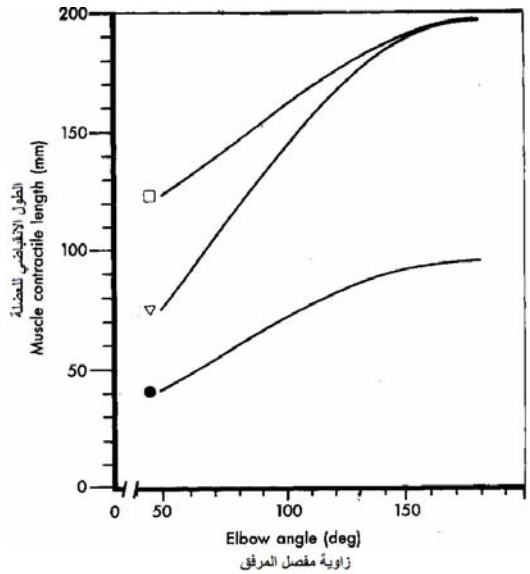
(شكل 16-11) الفائدة الحركية للعضلات التالية branchialis • والعضلة العضدية ذات الرأسين biceps العضلة العضدية الكعبرية branchioradialis كوظيفة لزاوية مفصل المرفق.

✓ الشكل البيوميكانيكي لثني عزوم الدوران عضلات ذراع الإنسان بالاستفادة من زاوية المرفق ،وبينما تتغير زاوية المفصل والاستفادة الحركية فان طول العضلة يتغير أيضا .

إن التغير في أطوال عضلات ثني المرفق مرتبط بالتغيرات في زاوية مفصل المرفق موضح في (شكل 17-11) . هذه التغيرات لها تأثير على مقدار شد العضلة الذي يمكن توليده ، كما نوقش في الفصل 6 . إما زاوية المرفق التي يتولد عندها عزم الدوران الأقصى تساوي ما

يقارب 80 درجة مع انخفاض عزم دوران بشكل متزايد في حالة حدوث التغييرات التي تحصل في زاوية المفصل في كل اتجاه . إن تغير النشاط الحركي للمجاميع العضلية في توليد دوران المفصل مع تغيرات زاوية المفصل هو مبدأ أساسي في تصميم آلات تدريب قوة المقاومة المتغيرة الحديثة . وعلى الرغم من إن هذه المكائن تقدم مقاومة نسبية اكبر عند معدلات حركة المفصل الكبيرة أكثر من الإثقال الحرة فان أساليب المقاومة الموحدة هي ليست مثال دقيق لمعدل منحنيات قوة الانسان .

تصمم آلات التدريب المقاومة المتغير لربط المقاومة المقدمة للمجموعة العضلية التي تقوم بتوليد عزم الدوران لمتغير خلال معدل من الحركة .



(شكل 17-11) الطول الانقباضي لعضلة branchialis • والعضلة العضدية ذات الرأسين biceps□ العضلة العضدية الكعبرية branchioradialis Δ كوظيفة لزاوية مفصل المرفق.

- ✓ الشكل البيوميكانيكي لثني عزوم الدوران لعضلات ذراع الإنسان بالاستفادة من زاوية المرفق.

تمثل المكائن الحركية طريقة أخرى لربط قابلية توليد عزم الدوران مع المقاومة وتصمم هذه الآلات كي تمكن الفرد من استعمال القوة مع ذراع العضلة الذي يدور بسرعة زاوية ثابتة . فإذا استقام مركز المفصل بنفس الخط مع المركز دوران ذراع المقاومة ، فان قسم من الجسم يدور بنفس السرعة الزاوية الثابتة لذراع العتلة . أما اذا كان توليد عزم الدوران الإرادي عن طريق مجموعة العضلة المشاركة في أقصاه طيلة معدل الحركة ، فان المقاومة القصوى ستتحقق من الناحية الفرضية . اضافة الى ذلك فانه عندما تستعمل القوة اولا لذراع القوة في المكائن الحركية ، فسيحدث التعجيل وستتردد أو تتذبذب السرعة الزاوية للذراع لحين الوصول الى السرعة الدورانية . ولان استخدام المكائن المقاومة الحركية تتطلب تركيز المستخدم على بذل جهد أقصى من الحركة فان بعض الإفراد يفضلون أشكالا أخرى في تدريب المقاومة .

معادلات التوازن الثابت Equations of Static Equilibrium

التوازن هو حالة تتميز بتوازن القوى وعزوم الدوران (لا محصل للقوى وعزوم الدوران). بالمحافظة على قانون نيوتن الأول فان الجسم عند التوازن أما أن يكون بدون حركة أو يتحرك بسرعة ثابتة .عندما يكون الجسم بدون حركة تماما فهو في حالة توازن ساكن .

- ✓ يتضمن مصطلح (isokinetic) سرعة زاوية ثابتة في المفصل عندما يستعمل تمرين الآلات .

هنالك ثلاثة شروط يجب ان تلتقي كي يكون الجسم في حالة توازن ثابت :

1. مجموع كل القوى العمودية (أو مركبات القوة) المؤثرة على الجسم يساوي صفر.
2. إن مجموع القوى الافقية (مركبات القوة) التي تؤثر على الجسم يجب ان تكون صفر
3. يجب أن يكون جميع عزوم الدوران صفر .

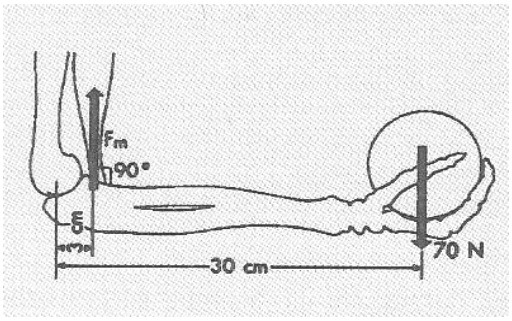
$$\sum Fv = 0$$

$$\sum Fh = 0$$

$$\sum T = 0$$

يشير حرف $\sum$ الإغريقي الى المجموع ، ويمثل Fv القوى العمودية و Fh القوة الافقية ويمثل الحرف T الى عزم الدوران . وعندما تكون المادة في حالة سكون فإنها يمكن أن تشر إلى الشروط الثلاثة المؤثرة لان انتهاك أي من هذه الشروط سيؤدي الى حركة الجسم . ان شروط التوازن الثابت هي عبارة عن آلات متنوعة لحل المسائل المتعلقة بحركة الإنسان (شكل18-11) و(شكل 19-11)

شكل 18-11 ما مقدار القوة التي يجب إنتاجها عن طريق العضلة العضدية ذات الرأسين عند الوصول الى زاوية 90 درجة بنصف قطر 3 سم من مركز دوران مفصل المرفق لحمل يزن 70 نيوتن محمول في اليد على مسافة 30 سم من مفصل المرفق ؟ أهمل وزن الذراع الأمامية واليد وأهمل إي نشاط للعضلات الأخرى .



المعلوم :

نق = 3سم

و = 70 نيوتن

مسافة الوزن = 30 سم

الحل :

بما إن الحالة الموصوفة هي ثابتة فان مجموع عزم الدوران المؤثرة على المرفق يجب أن تساوي صفر.

مجموع عزوم الدوران = صفر

= (القوة)(نق) – (و) (مسافة الوزن)

= القوة (0,03م) – (70نيوتن) (0,30م)

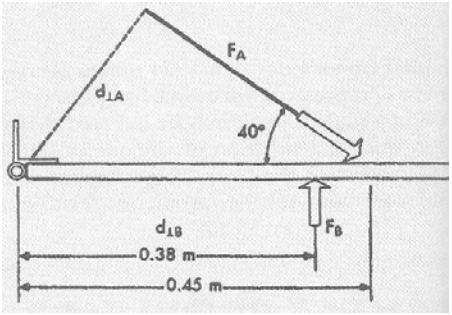
(70 نيوتن)(0,30م)

القوة = ــــــــــ

(0,03م)

= 700 نيوتن

شكل 19-11 شخصان يستعملان قوة باتجاهين متضادين لباب متأرجحة عديمة الاحتكاك ، فإذا استعمل أ قوة 30 نيوتن بزاوية 40 درجة 45 سم عن مفصل الباب ، واستعمل ب قوة بزاوية 90 درجة 38 سم من مفصل الباب ، فما مقدار القوة المستعملة عن طريق ب عند بقاء الباب في وضع السكون ؟



المعلوم :

القوة أ = 30 نيوتن

المسافة أ =(0,45م)(جيب40)

المسافة ب = 0,38

الحل :

تستعمل معادلات التوازن لحل ولإيجاد القوة . فالحل يمكن ان يوجد عن طريق جمع عزوم الدوران المتولدة في المفصل عن طريق كلا القوتين .

مجموع عزوم الدوران = صفر

= (ق أ)(ز أ) – (ق ب)(ز ب)

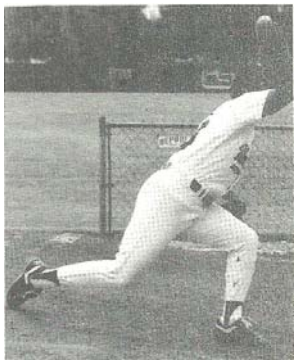
صفر = (30 ن)(0و45م) – (ق ب)(0,38م)

ق ب =22,8 نيوتن

تعتبر الأجسام في حالة الحركة في حالة توازن بجميع القوى المؤثرة الناتجة في اتجاهات متضادة ومتساوية بالمقدار ، هذه الفكرة عن طريق الرياضي الفرنسي D'Alembert وعرفت بمبدأ D'Alembert. ترجمات مستنبطة من معادلات التوازن الساكن . الذي يعمل على توحيد العوامل التي تعرف بمؤشرات القصور الذاتي ، وتعمل على وصف شروط التوازن الحركي . ان معادلات التوازن الحركي يجب ان تحدد كالأتي :

- ✓ مجموع القوى – الكتلة × مجموع التعجيلين الأفقي والعمودي = صفر
- ✓ مجموع عزوم الدوران – عزم القصور الذاتي × التعجيل الزاوي = صفر

أن المثل الشائع لمبدأ D'Alembert وهو التغير في القوة العمودية عند الصعود في مصعد، فبينما تسرع المصعد بالصعود الى الأعلى فان قوة القصور ستتولد بالاتجاه المعاكس وسيعتبر وزن الجسم محسوبا بميزان الزيادة في وزن المصعد . وعندما يهبط المصعد فان قوة القصور الذاتي المتجهة الى الأعلى ستعمل على خفض وزن الجسم محسوب بميزان الانخفاض في وزن المصعد. وعلى الرغم من إن وزن الجسم سيبقى ثابتا فان قوة القصور الأفقية ستغير مقدار قوة رد الفعل المحسوب على القياس.



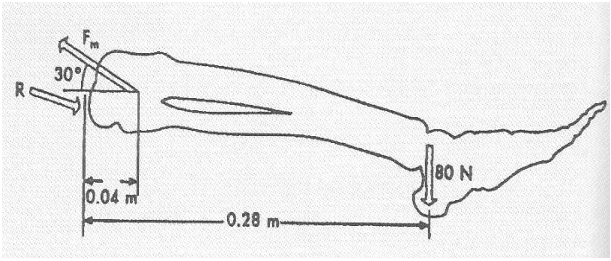
إن لاعبي الرمي المهرة غالبا ما يعملون على زيادة طول ذراع القوة بين يد الكرة ومحور الدوران الكلي للجسم عند إطلاق الرمية للعمل على زيادة تأثير عزم الدوران المتولد عن طريق العضلات.

مركز الجاذبية CENTER OF GRAVITY

ن كتلة الجسم هي عبارة عن المادة التي تكونه. النقطة الوحيدة هي التي ترتبط بكل الجسم ، والتي تتوزع حولها كتلة الجسم بالتساوي في جميع الاتجاهات. وتعرف هذه النقطة بمركز الكتلة أو مركز كتلة الجسم . في تحليل القوى الجاذبية للأجسام يمكن أن يشار إلى مركز الكتلة بمركز الجاذبية . ان النقطة التي يتوازن بها وزن الجسم بالتساوي وفي جميع الاتجاهات هي النقطة التي يكون عندها مجموع عزوم الدوران المتولدة عن طريق أوزان أجزاء الجسم تساوي صفر . يظهر التعريف بان الأوزان الموضوعة على جوانب متعاكسة تكون مساوية ويظهر كذلك بان عزوم الدوران المتولدة عن طريق الأوزان على الجوانب المتعاكسة ستكون متساوية . وكما موضح في (شكل 22-11) فان توليد وزن متساوي وعزم دوران متساوي على الجوانب متضادة من النقطة يمكن ان تكون مختلفة بشكل كبير . ان مصطلحات مركز الكتلة

ومركز الجاذبية تستخدم بشكل واسع مصطلحات بايوميكانيكية من قبل تعجيل مركز الكتله ومركز الجاذبية في التطبيقات البايوميكانيكية ، على الرغم من ان هذه المصطلحات تشير بالضبط الى نفس النقطة . ولان كتل الأجسام على الأرض خاضعة لقوة الجذب الأرضي فان مركز الجاذبي يصف بدقة تامة للمصطلحات الثلاثة لاستخدامها في التطبيقات البيوميكانيكية . ان مركز جاذبية مادة متجانسة تماما لكثافة متساوية ولذلك فان الكتلة المتجانسة وتوزيع الوزن ، يكون في مركز شكلها الهندسي ، فإذا كانت المادة حلقة متساوية فن مركز الجاذبية سيكون في مركز تجويف الدائرة . اضافة الى ذلك فعندما تتوزع الكتلة داخل مادة غير مستقرة ، فان مركز الجاذبية سيبذل في اتجاه الكتلة الأكبر ، كذلك فمن المكن ان يوضع مركز جذب مادة معينة خارج المادة (شكل 23-11) .

شكل 20-11 يمس أو يتصل الوتر الرباعي عظم الضنبوب بزاوية 30 درجة على بعد 4سم من مركز المفصل في الركبة . فعند تعليق ثقل 80 نيوتن على الكاحل وعلى بعد 28سم من مفصل الركبة . فما مقدار القوة المطلوبة للوتر الرابع لبقاء الساق في وضع عمودي ؟ ما مقدار واتجاه القوة ورد الفعل المبذول عن طريق الفخذ على عظم الضنبوب ؟ (أهمل وزن الساق وتأثير العضلات الأخرى)



المعلوم :

و =80نيوتن

م = 0,28 م

م و =0,04 م

الحل : يمكن استخدام معادلات التوازن الثابت لإيجاد الكميات المفقودة :

مجموع العزوم = صفر

= (ق جيب 30)(م ق) – (و)(م و)

= (ق جيب 30)(0,04م) – (80 ن)(0,28م)

ق =1120 نيوتن

يمكن استخدام معادلات التوازن الثابت لإيجاد المركبات الأفقية والعمودية لقوة رد الفعل المسلطة بواسطة الفخذ على عظم الضنبوب . إن مجموع القوى الأفقية ينتج كالتالي :

مجموع القوى الأفقية = صفر

= قوة رد الفعل الأفقي + (ق جيب 30) – و

صفر= قوة رد الفعل الأفقي + (1120 جيب 30) – 80 نيوتن

قوة رد الفعل الأفقي = – 480 نيوتن

أما مجموع القوى العمودية فسينتج التالي :

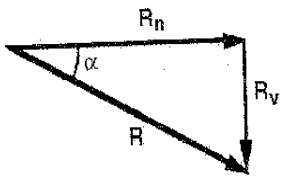
مجموع القوى العمودية = صفر

= قوة رد فعل العمودية – (ق جيب تمام 30)

= قوة رد فعل العمودية – 1120 جيب تمام 30

= 970

نيوتن



يمكن في هذه الحالة استخدام نظرية فيثاغورس لإيجاد مقدار القوة رد الفعل

الناتجة

قوة رد الفعل = $\sqrt{(-480\ ن)^2 + (970\ ن)^2}$

= 1082 نيوتن

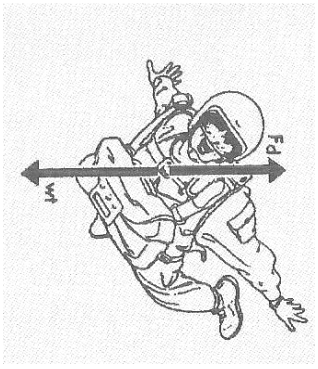
يمكن استخدام علاقة المماس يجاد زاوية انحراف قوة رد الفعل الناتج

$$أ = \frac{480\ ن}{970\ ن}$$

أ = 26,3

قوة رد الفعل = 1082 نيوتن 26,3 درجة .

شكل 21-11 رجل فضاء بوزن 580 نيوتن في حالة سقوط حر تعجيله – 8,8 م/ث2 أكثر من – 9,81 م/ث2 بسبب قوة مقاومة الهواء . فما مقدار قوة السحب المؤثرة على رجل الفضاء ؟



المعلوم :

و = –580 نيوتن

التعجيل = –8,8 م/ث2

$$ك = \frac{580 \text{ نيوتن}}{9,81 \text{ م/ث2}} = 59,12 \text{ كغم}$$

الحل :

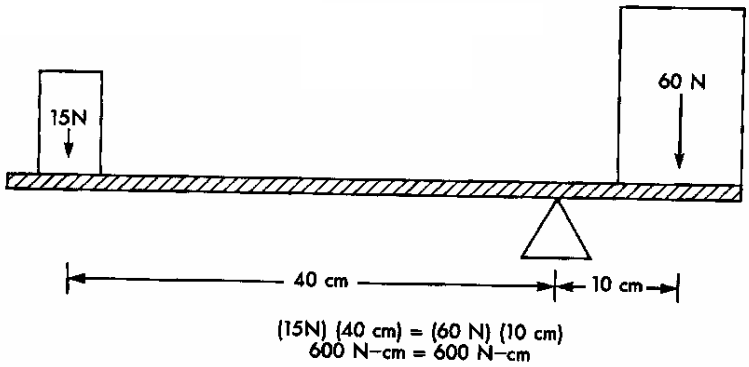
بما أن رجل الفضاء يعتبر في حالة توازن حركي ، فانه يمكن استخدام مبدأ D'Alembert . جميع القوى المشخصة المؤثرة هي قوى أفقية وذلك كي تستخدم معادلة مجموع التوازن الحركي للقوى الأفقية والتي تساوي صفر .

مجموع القوى الأفقية – ك × ت = صفر

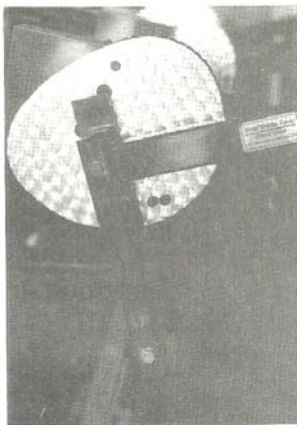
مجموع القوى الأفقية = −580 نيوتن + ق . نستبدل المعلومات الموجودة في المعادلة

−580 + ق − (59,12)(−8,8م/ث2) = صفر

ق = 59,7 نيوتن



(شكل 22–11) إن وجود عزوم الدوران المتساوية على جانبين متقابلين لمحور الدوران لا يستوجب وجود أوزان متساوية على الجانبين المتقابلين للمحور.



تصمم الحدبة في ماكنة تدريب المقاومة لربط المقاومة مع الفائدة الميكانيكية الحركية للعضلة.

موقع مركز الجاذبية Locating the Center of Gravity

إن موقع مركز الجاذبية لمادة مثل مضرب البيسبول، المقشة أو المجرفة، يمكن أن يحدد بطريقين : تتطلب الأولى استخدام نقطة ارتكاز لتحديد موقع نقطة الاتزان للمادة في ثلاثة مستويات مختلفة لان مركز الجاذبية هو النقطة التي تكون حولها كتلة موزعة بشكل متساوي ،كذلك فهي التي يكون حواها الجسم في حالة توازنه في جميع الاتجاهات . وبما ان موازنة بعض المواد في مستويات مؤكدة تكون صعبة . فان تعليق خط السقوط للمادة في ثلاثة مواقع مختلفة سيكون إجراءا بديلا .ان نقطة التقاطع للمسارات الثلاثة لخط السقوط تقترب من موقع مركز جذب الأرض(شكل23-11).

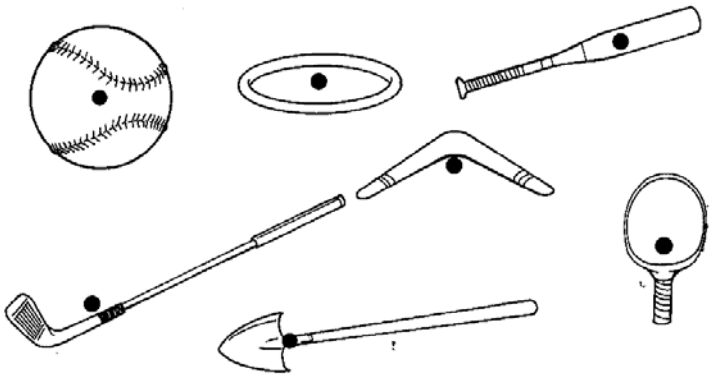
إن موقع مركز جذب الأرض للجسم من الأهمية بمكان وذلك لأنه من الناحية الميكانيكية ، سيسلك الجسم وكان كتلته مركزة على مركز الجذب الأرضي فعلى سبيل المثال فعندما يتأثر جسم الإنسان

كمقذوف فان مركز الجاذبية سيتبع مسار المقطع المكافئ ، بغض النظر عن كل التغيرات في شكل أقسام الجسم عندما يكون في الهواء.هنالك استدلال آخر وهو عندما يرسم متجه الوزن لأية مادة معروضة في مخطط حر للجسم ، فان متجه الوزن سيؤثر على مركز الجاذبية . ولان سلوك الجسيم الحركي يمكن ان يعرف عن طريق المسار التالي أو اللاحق لمركز جذب الجسم الكلي ، فان هذا العامل يمكن ان يدرس كمؤشر محتمل لكفاءة الانجاز في عدة أنواع من الرياضة.

- ✓ إن موقع مركز الجذب لجسم الإنسان يكون معقدا عن طريق الحقيقة التي تقول إن مكوناته (مثل العظم، العضلة ، الشحم) لها كثافات مختلفة تكون موزعة بشكل غير متساو في الجسم.

إن حركات الركض لطفل يافع تحتوي تذبذبات وتقلبات أفقية ملحوظة لمركز الجذب الأرضي

فعلى سبيل المثال ، فانه يفترض بان العدائين المهرة يعرضون تذبذب أفقي اقل من مركز الجاذبية عند الأداء . على الرغم من ان هذا لم يوثق بشكل جيد بالنسبة العدائين البالغين ، فعند الأطفال من عمر 4 – 7 سنوات ينخفض التذبذب العامودي لمركز الجاذبية والنضوج المصاحب لطريقة العدو .



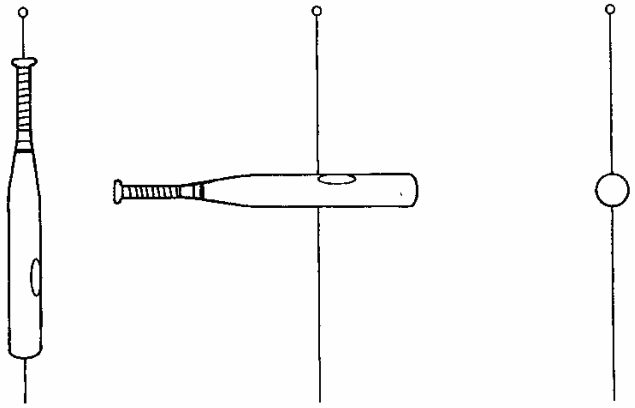
(شكل 23–11) يكون مركز الجاذبية نقطة مفردة مرتبطة بالجسم يكون حولها وزن الجسم متوازن بالتساوي وفي جميع الاتجاهات .

يكون مسار مركز الجاذبية عند الارتقاء في العديد من سباقات القفز احد العوامل التي يعتقد بأنها تعمل على زيادة المهارة عند الأداء الأقل مهارة . يشير البحث بان القفز بطريقة (الفوسبوري) للاعبي القفز العالي تعمل على انحدار وثني الجسم (خاصة لساق الإسناد) قبل الارتقاء مباشرة لخفض مركز الثقل وإطالة زمن القدم الساندة . ولهذا تتسبب في توليد الدفع والارتقاء الزائد . في القفز الطويل يحافظ الرياضيون الجيدون على خطوة العدو الطبيعية ، مع ارتفاع مركز الثقل

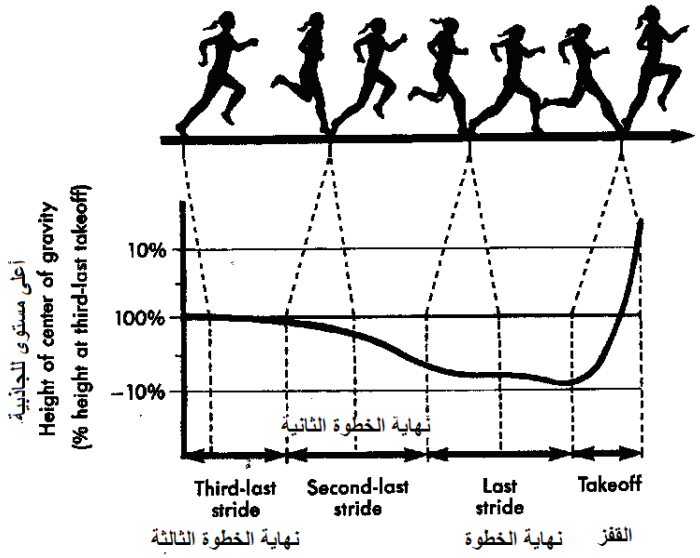
بصورة ثابتة تقريبا خلال الخطوة الأخيرة .أما عند الخطوة الأخيرة فهم يتميزون بانخفاض مركز الجاذبية او مركز الثقل ومن ثم زيادة ارتفاع مركز الجاذبية عند الذهاب الى خطوة القفز .

بين قافزي الزانة المهرة هنالك ارتفاع في مركز الجاذبية من الخطوة الأخيرة الثالثة عند الارتقاء ، وهذا يعود سببه الى رفع الذراعين عندما يستعد القافز الى تثبيت العصا . يشير البحث الى ان القافزين المهرة يخفضون الورك تدريجيا ومركز الثقل عند الارتقاء . ان أسترتيجية خفض مركز الثقل بشكل يسبق عملية الارتقاء يساعد الرياضي على إطالة المسار العامودي الذي يسرع عنده الجسم خلال الارتقاء .وبالنتيجة تسهيل السرعة العموديه العالية عند الارتقاء .

تحدد زاوية وسرعة
الارتقاء أساسا مسار حركة
مركز ثقل المنفذ خلال القفز



(شكل 24-11) إن طريقة التعليق لتحديد مركز الثقل تتطلب تعليق مادة من نقطة معينة حولها يكون الدوران حرا فعندما تستقر المادة ،فان خط السقوط يتعلق من نفس النقطة يمكن ان يستخدم للتأثير على الخط العامودي فوق المادة والذي يكون عنده المادة متوازنة،عندما يعاد الإجراء بمادة توضع في مستويين آخرين فان تقاطع الخطوط الثلاثة يقترب من مركز الثقل.



(شكل 25-11) ارتفاع مركز ثقل الجسم للرياضيين عند التحضير للارتقاء في الوثب الطويل

تحـدد زاويـة سـرعة الارتقـاء أساسـا مسـار حركـة مركـز ثقـل المنفـذ خـلال القفز، العامـل الوحيـد الأخيـر المـؤثر هـو مقاومـة الهـواء والتـي تعطـي تـأثير صغير جدا على الأداء في سباقات القفز .

مكان مركز جاذبية جسم الإنسان

Locating the Human Body Center of Gravity

يحتـوي موقـع مركـز جاذبيـة الجسـم علـى قسـمين أو أكثـر متحـركين ومتقـاطعين همـا أكثـر صـعوبة مـن الجسـم غيـر المجزأ.وذلـك لان شـكل الجسم يتغيـر فـي كـل مـرة.إذ يتغيـر توزيـع وزنـه وموقـع مركـز جاذبيتـه ففـي كـل مـرة تتحـرك بهـا الـذراع ، الإصـبع فـان موقـع مركـز الثقـل بشـكل عـام سيكون متغيرا على الأقل في الاتجاه الذي يتغير فيه الوزن.

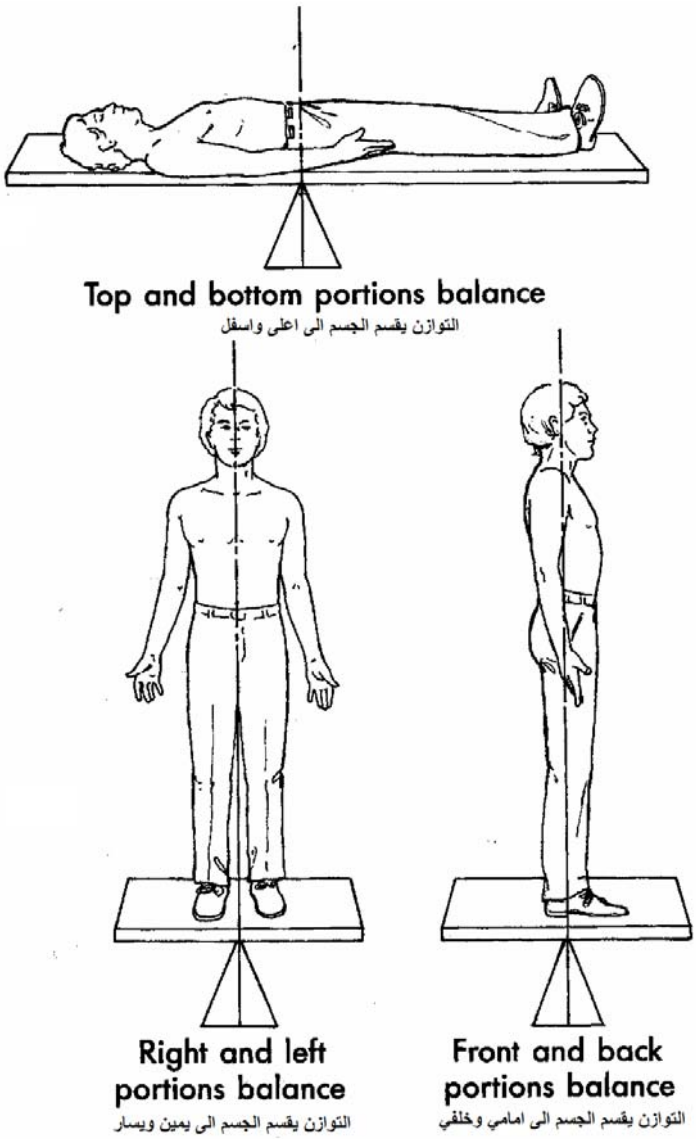
تحـدد بعـض الإجـراءات البسـيطة نسـبيا لتحديـد موقـع مركـز ثقـل الجسـم فـي العقـد السـابع عشـر ، اسـتخدم الرياضـي الايطـالي (Borelli) إجـراء بسـيط للتـوازن لموقـع مركـز الثقـل تطلـب وضـع شـخص علـى لوحـة خشـبية (شـكل 26-11). أفكـار معقـدة لهـذا الإجـراء تسـاعد فـي حسـاب موقـع المسـتوى الـذي يمـر خـلال مركـز ثقـل شـخص جـالس علـى لوحـة رد الفعـل ويتطلـب هـذا الإجـراء اسـتخدام مقيـاس منصـة بـنفس الارتفـاع كسـطح مقيـاس للـوزن. ولوحـة صـلبة مـع مسـاند ذات حافـة حـادة علـى كـل نهايـة (شـكل27-11).إن حسـاب موقـع المسـتوى الـذي يحتـوي مركـز الثقـل بتطلـب جمـع العـزوم الـدوران المـؤثرة حـول مسـند المنصـة . ان وزن جسـم المـادة التـي تـؤثر علـى مركـز الثقـل ، يعمـل علـى توليـد عـزم الـدوران فـي المنصـة باتجـاه واحـد ، قـوة رد فعـل المقيـاس علـى المنصـة وتشـري

القـراءة علـى مقيـاس توليـد عـزم دوران علـى مسـند المنصـة فـي الاتجـاه المضاد.

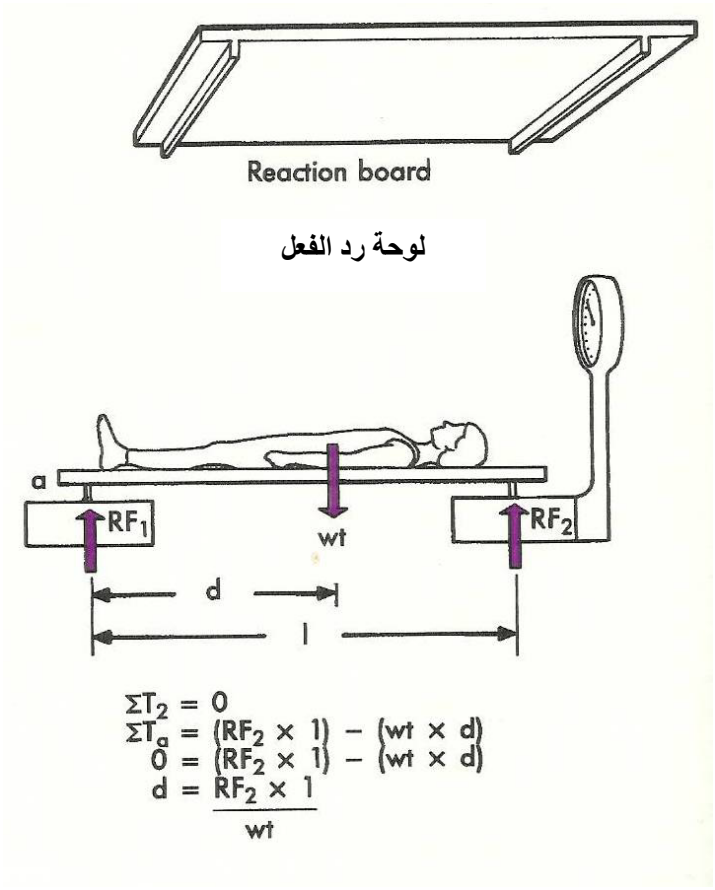
- ✓ لوحة رد الفعل reaction board: وهي عبارة عن لوحة مركبة خصيصا لتحديد موقع مركز ثقل الجسم.
- ✓ إن موقع مركز ثقل المادة المتعددة الأجزاء يتأثر بشكل كبير عن طريق مواقع الأجزاء الأثقل أكثر من الأجزاء الأخف من الجسم .

وعلـى الـرغم مـن إن المنصـة تعطـي قـوة رد فعـل فـوق اللوحـة فإنهـا لا تولـد عـزم دوران لان مسـافة تلـك القـوة مـن مسـند المنصـة يسـاوي صـفرا . وبمـا إن لوحـة رد الفعـل والمـادة همـا فـي تـوازن ثابـت فـان مجمـوع عزمـي الـدوران الـذين يـؤثران علـى مسـند المنصـة يجـب ان يكـون صـفرا، ومسـافة مســتوى ثقــل المــادة الــى المنصــة يجــب ان يكــون محســوبا (شـكل 28-11). إن الأجـزاء الأكثـر اسـتخداما لتقيـيم وتقـدير موقـع مركـز ثقـل الجسـم الكلـي مـن صـور لجسـم الإنسـان تعـرف بالطريقـة الجزئيـة Segmental method . يعتمـد هـذا الإجـراء علـى فكـرة انـه بمـا ان الجسـم متكـون مـن أجـزاء منفـردة لكـل مركـز ثقـل فـردي ، يكـون موقـع مركـز الثقـل الكلـي للجسـم ، هـو عمـل مواقـع مراكـز الثقـل الجزئيـة . تكـون بعـض أجـزاء الجسـم أكثـر كتلـة مـن الأجـزاء الأخـرى ولهـا تـأثير اكبـر علـى موقــــــــع مركــــــــز ثقــــــــل الجســــــــم . تجمـع نـواتج كـل موقـع لمركـز ثقـل أجـزاء الجسـم وكتلتـه وبالتـالي تقسـم علـى مجمـوع كافـة الكتـل الجزئيـة (كتلـة الجسـم الكليـة)، فتكـون النتيجـة هـي موقـع مركـز الثقـل الجسـم الكلـي تسـتخدم الطريقـة الجزئيـة بيانـات بمعـدل مواقع مراكز ثقل الجسم الفردية بما يتعلق بالنسبة المئوية لطول الجسم .

- ✓ الطريقة الجزئية segmental method هي عبارة عن إجراء لتحديد مركز الجسم الكلي لموقع الكتلة،بالاعتماد على الكتل ومواقع مركزا لكتلة لأجزاء الجسم الفردية .
- ✓ ان الطريقة الجزئية هي الطريقة الأكثر شيوعا من خلال برنامج الحاسوب .



(شكل 26–11) الإجراء البسيط أو الطريقة البسيطة نسبيا والمبتكرة بواسطة العالم الايطالي (Borelli) لإيجاد موقع مركز الثقل التقريبي لجسم الإنسان .



لوحة رد الفعل

شكل 27-11 بجمع عزوم الدوران في النقطة أ ، د (المسافة من مركز ثقل الشخص يمكن ان تحسب)

مجموع عزوم القوة = صفر

مجموع عزوم القوة = (قوة رد الفعل × 1) − (و × م)

صفر = قوة رد الفعل × 1 − (و × م)

م = قوة رد الفعل

في هذه الصيغة ، فان Y eg، X eg هما نظائر مركز ثقل الجسم الكلي ، و X s و Y s هما نظائر مركز ثقل الجزء المنفرد . و m s هو كتلة الجزء الفردي ولهذا فان موقع مركز ثقل كل جزء يحدد ويضرب بكتلة الجسم الثاني حرف X s و m s هما مجموع كل أجزاء الجسم يجمعان ثم يقسمان على كتلة الجسم الكلية لتنتج نظير موقع مركز الثقل الكلي . نفس هذا الإجراء يتبع لحساب نظير لموقع مركز ثقل الجسم الكلي (شكل 29-11) .

الثبات والتوازن STABILTY AND BALANCE

إن الفكرة الأقرب لمبادئ التوازن هي الثبات. ويعرف الثبات على انه من الناحية الحركية مقاومة كلا التعجيلين الزاوي والخطي أو على انه مقاومة إعاقة أو تشويه التوازن في بعض الحالات مثل مصارعة السامو (sumo) فمن المطلوب زيادة حالة الثبات وفي حالات اخرى من الأفضل بالنسبة للرياضي تقليل حالة الثبات عن قصد مثل ما يحصل عند العداءين والسباحين في مرحلة التحضير قبل البدء بالسباق يتخذون وضع للجسم يسمح لهم بالتعجيل بسرعة وسهولة عند سماع صوت مسدس البدء.

- ✓ الثبات Stability مقاومة تغيير التوازن
- ✓ التوازن (Balance) :قابلية الفرد في السيطرة على التوازن

شكل 28-11 جد المسافة من مسند المنصة الى مركز ثقل الجسم المسنود(الجسم الموضوع القريب لوزن أو ثقل اللوحة مثل ما وضعت فقط)؟

المعلوم :

كتلة الجسم = 75كغم

قراءة المقياس = 44كغم

أ ب =2سم

الحل :

وس = (73كغم)(9,81م/ث2)

و ب = (44كغم)(9,81م/ث2) = 431,64 نيوتن

استخدام معادلة التوازن الثابت

مجموع عزوم الدوران = صفر

= (و ب)(أ ب) – (و س) (م)

= (431,64نيوتن)(2م)– (716,13 نيوتن)(م)

$$= \frac{(٤٣١,٦٤\text{نيوتن})(٢\text{م})}{(٧١٦,١٣\text{ نيوتن})(\text{م})}$$

م = 1,2 م

إن العوامل الميكانيكية المختلفة تؤثر على ثبات الجسم. وحسب قانون نيوتن الثاني (القوة = الكتلة × التعجيل)، فان الجسم الأكثر كتلة يتطلب قوة اكبر لتوليد تعجيل، فرجل الخط الذي يتوقع المحافظة على موقعه بالرغم من القوة التي تسلط عليه من رجل الخط الذي يواجهه هو أكثر ثباتا من الناحية الحركية عندما تكون كتلتهم اكبر، وعلى النقيض من ذلك فان رياضيي الجمباز اقل منفعة في حال كتلتهم كانت اكبر وذلك لان أداء المهارات يتطلب تغيير الثبات .

ان القيمة الأكبر للاحتكاك بين المادة والسطح في حالة الاحتكاك هي القوة الأكبر المطلوبة لبدء الحركة أو المحافظة عليها.إن الزلاجات تصمم كي يصبح الاحتكاك بين الزلاجة والجليد في أدنى درجة، يساعد في التغير السريع للثبات عند بداية الركض أو السباق. وكذلك تصمم مضارب الكرة في الكولف، قفازات القطن لزيادة ثبات قبضة اليد للاعب على الأداة.

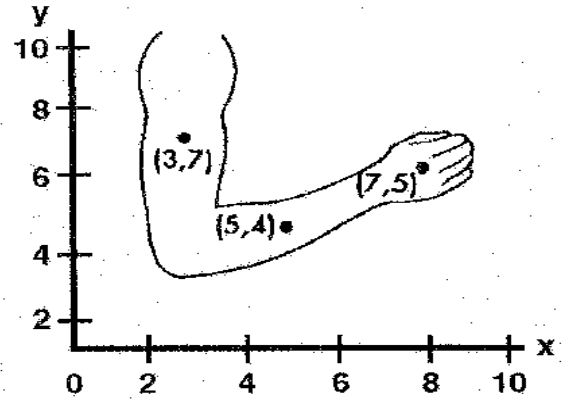
هنالك عامل آخر يؤثر على الثبات وهو حجم قاعدة الإسناد base of support وهذا يتألف من المساحة المحاطة الحافات الخارجية المتصلة بسطح أو سطوح الإسناد (شكل30-11).عندما ينقل خط نشاط وزن أو ثقل الجسم (متجه من مركز الثقل) من خارج قاعدة الإسناد ، فعزم الدوران المتولد الذي يميل الى توليد حركة زاوية للجسم . وبالنتيجة تغيير الثبات بمركز الثقل الساقط باتجاه الأرض. قاعدة الإسناد الأكبر هي الأقل احتمالا في حالة حدوث ذلك. الفنانون القتاليون يتخذون وقوف واسع عند حالات الدفع لزيادة الثبات وعكس ذلك، فان العداءون عند البداية يحافظون على قاعدة إسناد صغيرة نسبيا تمكنهم من تغيير الثبات بشكل سريع في بداية السباق.

المحافظة على التوازن في النقطة التي يتوازن عليها الراقص فوق أصابعه لقدم واحدة ، يتطلب تنظيم مستمر لموقع مركز الثقل خلال حركات الجسم الدقيقة.

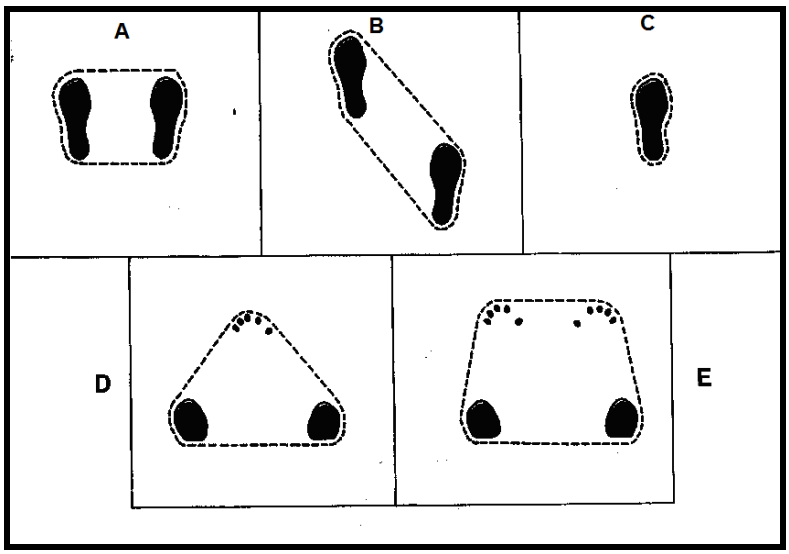
أن الموقع الافقي لمركز الثقل بالمقارنة مع قاعدة الإسناد يمكن كذلك أن يؤثر على الثبات. ان الموقع الافقي الأقرب لمركز الثقل لحدود قاعدة الإسناد، هو الموقع الذي يتطلب اقل قوة أو اصغر قوة لدفعه خارج قاعدة الإسناد وبالتالي تغيير التوازن.

شكل 29–11 أن النظيرين x ، y لمراكز نقل الذراع العلوية ، وجه الذراع وأجزاء اليد تزود على المخطط أدناه . استخدم الطريقة الجزئي لاتجاه مركز الثقل لكامل الذراع باستخدام البيانات المزودة لكتل الأجزاء.

المعلوم :



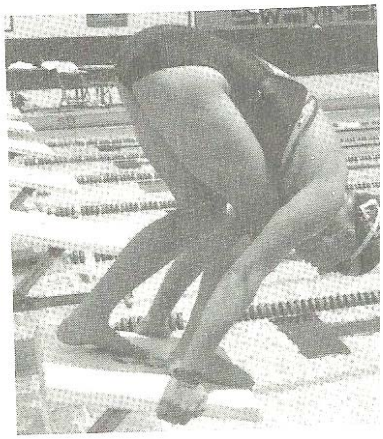
الجزء	الكتلة x%	x (الكتلة %)	Y	(Y) الكتلة %
الذراع الأعلى	٠,٤٥	١,٣٥	٧	٣,١٥
وجه الذراع	٠,٤٣	٢,١٥	٤	١,٧٢
اليد	٠,١٢	٠,٨٤	٥	٠,٦٠
المجموع		٤,٣٤		٥,٤٧



شكل 30-11 قاعدة الإسناد لـ أ) وقوف المربع ب) وقوف زاوي
جـ) لقدم واحدة د) للوقوف من ثلاث نقاط و هـ) للوقوف من أربع نقاط

- ✓ إن منـــاطق الاحتكـــاك بـــين أجـــزاء الجســـم وســـطح الإســـناد هـــي المناطق المضللة وقاعدة الإسناد هي المحصورة بالخطوط.

إن الوقوف على نقطة يتطلب اتزان عال لان الحركة الجانبية لخط جاذبية الراقص خارج القاعدة الصغيرة للإسناد ستؤدي الى فقدان التوازن.



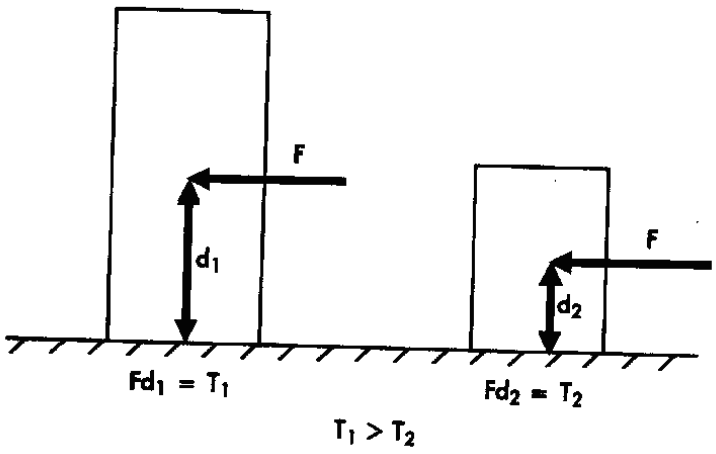
السباح فوق موقع الانطلاق يكون مركز ثقله قريب إلى الحد الأمامي لقاعدة الإسناد للتحضير وللاستعداد لكسب التعجيل الأمامي.

فالرياضيين في موقع بدء السباق يتخذون وقفات يكون فيها مركز الثقل قريبا من الحافة الأمامية لقاعدة الإسناد . وعلى النقيض من ذلك ففي حالة توجب ان تكون القوة الافقية ، فان الثبات سيكون مدعوما في حالة وضع مركز الثقل قريبا الى القوة القادمة ، وبما إن مركز الثقل يمكن أن ينقل بعيدا قبل أن يكون متحركا خارج قاعدة الإسناد.امن مصارعو السامو يميلون أو ينحنون أماما باتجاه خصومهم عندما يكونوا مندفعين.

ان ارتفاع مركز الثقل مقارنة بقاعدة الإسناد يمكن ان يؤثر على الثبات . الوضع الأعلى لمركز الثقل هو عزم الدوران الأكبر المتولد في حالة اجتياز الجسم لتغيير زاوي (شكل 31-11).عند حدوث الهزة الأرضية تسبب حركة الأرض في اهتزاز البنايات افقيا. ستواجه البنايات الأعلى (بمراكز الثقل الأعلى) التي لديها حركة عمودية اكبر من البنايات ذات الارتفاع الأدنى وسيكون هناك حركة افقية اكبر. غالبا ما

ينحني الرياضيون عندما يكون مرغوبا أو مطلوبا الثبات الإضافي أو الزائد. ان التعبير الشائع بالنسبة للبادئين في العديد من الرياضات هو (ثني ركبتيك).

وعلى الرغم من ان مبادئ الثبات هذه (المجموعة في الصندوق) حقيقية بشكل عام، فان استعمال جسم الإنسان يجب ان يكون بالتمييز على ان العوامل العضلية العصبية تكون ذات تأثير أيضا . إن التغيير في وضع القدم وجد للتأثير على قياسين لتوازن الوقوف – موقع خط الثقل وتأرجح الوضع.ان البحث أوضح بان التأرجح بالمستوى الأمامي سينخفض عندما تتسع قاعدة الإسناد أو الارتكاز إلى 15 سم2 ولكن زيادة عرض قاعدة الارتكاز فوق 15 سم لن يقلل كثيرا من تأرجح الجسم في المستوى الأمامي .



(شكل 31–11) أعلى موقع لمركز الثقل هو المقدار الأكبر لعزم الدوران ، فحركته تولد حول تقاطع خط الجاذبية وسطح الإسناد.

إذ وجد الباحثون كذلك انه عندما يقف الإنسان بقدم واحدة بعيدة عن الأخرى، فستزداد التأرجح بالمستوى الأمامي ولكن الزيادة الواضحة ستحدث كذلك في التأرجح بالمستوى المائل. إن زاوية وضع القدم خلال الوقوف الطبيعي لا تؤثر على التوازن إضافة إلى ذلك فان الإصبع الكامل في الوقوف سيسبب تأرجح اكبر للجسم . ان مزيد من البحث مطلوب لتوضيح استعمال مبادئ الثبات في توازن جسم الإنسان.

مبادئ الثبات الميكانيكي
PRINCIPLES OF MECHANICAL STABILTY

عندما تكون العوامل الأخرى ثابتة فستزداد قابلية الجسم على المحافظة على التوازن عن الطريق التالي :

1. زيادة كتلة الجسم .
2. زيادة الاحتكاك بين الجسم والسطح او السطوح المحتكة .
3. زيادة حجم قاعدة الإسناد باتجاه خط فعل القوة الخارجية .
4. وضع مركز الجاذبية عموديا قرب حافة قاعدة الإسناد فوق القوة الخارجية القريبة
5. وضع مركز الجاذبية أفقيا باوطا ما يمكن .

المـــلخـــــص SUMMARY

تتولـد الحركـة الدورانيـة بواسـطة عـزم الـدوران . وهـي كميـة متجهـة بمقـدار واتجـاه عنـدما يـزداد الشـد العضـلي فانـه سـيولد عـزم دوران فـي المفصـل او المفاصـل المـارة كمـا ان دوران قسـم مـن الجسـم يحـدث باتجـاه عـزم دوران المفصـل النـاتج ميكانيكيـا فـان وظيفـة العظـام والعضـلات هـي وظيفـة غالبيـة المفاصـل كنظـام عتلـة مـن الصـنف الثالـث ، مركبـة بشـكل جيـد لزيـادة معـدل الحركـة وسـرعة الحركـة ولكنهـا تحتـاج قـوة عضـلية بمقـدار اكبـر مـن تلـك المقاومـة التـي يمكـن التغلـب عليهـا ان الزاويـة التـي تسـحب عليهـا العضـلة علـى العظـم تـؤثر كـذلك علـى فعاليتهـا الحركيـة لان مركبة التدوير لقوة العضلة فقط تعمل على توليد عزم دوران المفصل .

عنـدما يكـون الجسـم دون حركـة فانـه فـي حالـة تـوازن ولكـن سـاكن . ان الشـروط الثلاثـة للتـوازن السـاكن هـي مجمـوع القـوة العاموديـة يسـاوي صـفر ومجمـوع القـوة الافقيـة يسـاوي صـفر ومجـوع عـزوم الـدوران يسـاوي صـفر. أمـا الجسـم فـي حـال الحركـة فيكـون فـي حالـة تـوازن حركـي عنـدما يأخـذ بالاعتبـار عوامـل القصـور الـذاتي ،إذ إن السـلوك الحركـي للجسـم الخاضع للقوة يتأثر كثيرا بموقع مركز الثقل .

النقطـة التـي تتـوازن عنـدها وزن الجسـم بالتسـاوي فـي جميـع الاتجاهـات . الإجـراءات المختلفـة المتـوفرة لتحديـد موقـع مركـز الثقـل : يكـون الثبـات الميكـانيكي للجسـم هـو مقاومتـه للتعجيلـين الـزاوي والمسـتقيم. وهنالـك عـدد مـن العوامـل التـي تـؤثر علـى ثبـات الجسـم وتتضـمن الكتلـة ، الاحتكاك ، موقع مركز ثقل الجسم وقاعدة الارتكاز .

أختبر معلوماتك

1.لماذا لاتسبب القوة الموجهة خلال محور معين للدوران الدوران في ذلك المحور

2.لماذا يتأثر ميل القوة المؤثرة على جسم معين على مقدار عزم الدوران الذي يتولد في محور الدوران داخل الجسم ؟

3.صبي يزن 23 كغم يجلس على بعد 1,5 م من محور الدوران أرجوحة في أي مسافة من محور الدوران يجلس صبي آخر يزن 21 كغم على الجانب الاخر عن محور الدوران لموازنة الأرجوحة .

4.ما مقدار القوة التي يجب أن تنتج بواسطة العضلة ذات الرأسين على الذراع بمسافة عمودية 3سم من محور الدوران في مفصل المرفق لحمل وزن 200نيوتن بمسافة عمودية 22سم من مفصل المرفق ؟

(الجواب : 1667 نيوتن).

5.شخصان متقابلان يدفعان باب متحركة في حالة دفع الشخص أ الباب بقوة 40 نيوتن في مسافة عمودية 20سم من المفصل ودفع الشخص ب الباب بقوة 30 نيوتن وعلى بعد 25 سم من الباب فما عزم الدوران الناتج والمؤثر على مفصل الباب وبأي طريق ستتأرجح الباب ؟ (الجواب : عزم الدوران الافقي = 0,5 نيوتن في الإجابة الذي يدفع به أ)

6.إي صنف من العتلات ينتمي مضرب الكولف ، الباب المتأرجحة والمكنسة ؟

7.هل الاستفادة الحركية لعتلات الصنف الأول اكبر من ، اقل من أو تساوي 1؟وضح ذلك

8.باستخدام مخطط حدد مقادير الدوران ومركبات التثبيت لقوة عضلة 100 نيوتن تؤثر بزاوية 20 درجة مع العظم ؟ (الجواب : مركبة الدوران = 34 نيوتن ، مركبة التثبيت = 94 نيوتن)

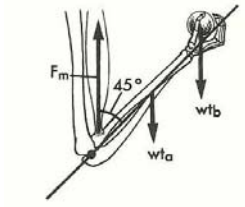
9.قطعة من الخشب موضوعة دون حركة على منضدة بالرغم من استعمال قوة عمودية 2 نيوتن ما مقدار قوة رد الفعل وقوة الاحتكاك التي تؤثر على جسم الخشبة ؟ (الجواب : قوة رد الفعل = 98,1 نيوتن القوة = 2 نيوتن) .

10.لمفصل واحد للطرف السفلي، وضح سبب حدوث عزم دوران لامركزي خلال المشي.

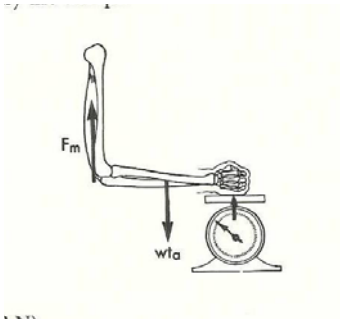
11.اختر واحدة من مهارات الحركة للإنسان التي تعرف بها وارسم صورة توضح كيفية توقع تغيير ارتفاع مركز الثقل خلال المهارة.استخدم شكل (29-13) كنموذج

12.يد وذراع أمامي بوزن 35 نيوتن موضوعان بزاوية 45درجة لعضد مائل أفقيا.مركز ثقل اليد والذراع الأمامية موضوعان على مسافة 15سم من مركز المفصل في المرفق وتتصل عضلات ثني المرفق بمعدل مسافة 3سم من مركز المفصل .وافترض بان العضلات تتصل بالعظام بزاوية 45درجة.

أ.ما مقدار القوة التي يبذلها بواسطة عضلات ثني الذراع الأمامية للمحافظة على هذا الوضع.



ب.ما مقدار القوة التي يجب ان تبذل بواسطة عضلات ثني الذراع الأمامية في حال حمل ثقل بوزن 50 نيوتن في اليد بمسافة على طول الذراع 25سم؟(الجواب أ.175 نيوتن ب.591.7 نيوتن

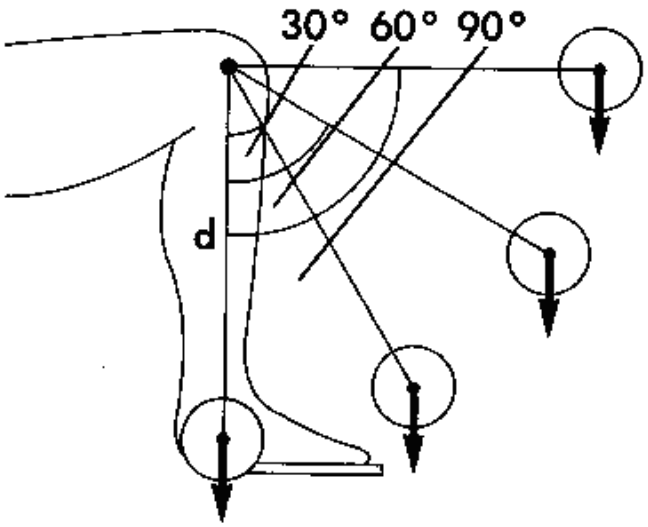


13.يد تبذل قوة 90نيوتن على مقياس بمسافة 32 سم من مركز المفصل في المرفق،ففي حالة اتصلت العضلة ذات الرؤوس الثلاثة بعظم الزند بزاوية 90 درجة والمسافة 1سم من مركز مفصل المرفق،في حال وزن اليد والذراع الأمامية كان

40 نيوتن مع مركز ثقل الذراع الأمامي واليد موضوع على مسافة 17 سم من مركز مفصل المرفق.فما مقدار القوة المبذولة عن طريق العضلة ذات الثلاث رؤوس؟ (الجواب733.3 نيوتن) صورة .

14. مصاب في الركبة في مرحلة إعادة الشفاء يؤدي تمرين مد الركبة مرتدياً حذاء يزن 15 نيوتن . أحسب مقدار عزم الدوران المتولد في الركبة عن طريق حذاء النقل أو الوزن في المواضع الأربعة الموضحة في المخطط . يعطى مسافة 0.4 بين مركز جاذبية حذاء الثقل ومركز المفصل على الركبة .

الجواب / رسم أ. صفر / ب ، 3 ن . م / حـ ، 5 ، 2 ن . م / ء ، 6 ت . م

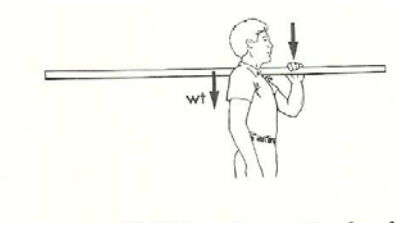


15. شخص يزن 600 نيوتن يرفع حقيبة تزن 180 نيوتن كي يكون مركز ثقل الحقيبة 20 سم الى جانب موقع مركز ثقل الشخص قبل رقع الحقيبة، فاذا لم ينحني الشخص بشكل يساوي الحمل المضاف ما هو لمكان الذي يشكل مركز ثقل الشخص والحقيبة على التوالي إلى موقع مركز ثقل الشخص الأول ؟

الجواب / يتغير 6،4 سم باتجاه الحقيبة.

16. ينحني عامل ويرفع صندوق يزن 90 نيوتن بمسافة 0،7 م من محور الدوران من عموده الفقري بإهمال تأثير وزن الجسم ، ما مقدار القوة المضافة المطلوبة لعضلات الظهر السفلى بمعدل ذراع قوه 6سم لثبات واستقرار الصندوق بالوضع المرسوم ؟ الجواب / 1050 نيوتن

17. رجل يحمل عارضة بطول 3 م تزن 32 نيوتن فوق كتفه إذا امتدت العارضة بمسافة 1،8 م خلف كتفه و 1،2 م امام الكتف ما مقدار القوه التي يتوجب على الرجل استعمالها أفقيا بيده على اللوحة 0،2 / أمام الكتف لثبات اللوحة في هذا الوضع ؟ (افترض بان وزن اللوحة موزع بالتساوي على طولها)



الجواب / 48 نيوتن.

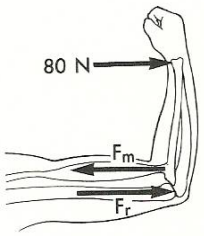
18. شخص يستعمل قوة جانبية بوزن 80 نيوتن أمام اليد بمسافة 25 سم من محجور الدوران في المرفق ، تقترب العضلة العضدية الكبيرة الى نصف القطر بزاوية 90 وبمسافة 3 سم من مركز متصل المرفق :

أ) ما مقدار القوة المطلوبة للعضلة العضدية لاستقرار الذراع في هذا الوضع ؟

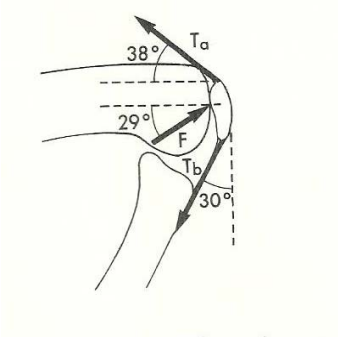
ب) ما كمية قوة رد الفعل المبذول بواسطة عظم العضد على عظم لزند ؟

الجواب / أ) 666،7 نيوتن ب) 586،7

19. تسلط الأربطة Ta و Tb على الرضفة ويسلط الفخذ F قوة على الرضفة، فإذا كانت مقدار Tb هو 80 نيوتن ، فما مقدار Ta ، F إذا لم يحدث حركة في المفصل ؟



الجواب / Ta = 44،8 نيوتن F =86،1 نيوتن



20. تجربة عن طريق إزالة أطار السيارة بواسطة آلة فتح براغي الإطارات فإذا كانت هذه الأداة على بعد قصير من المقبض وعلى بعد أطول من المقبض . أكتب قطعة توضح فيها حلول وأرسم مخطط جسم حر موضحاً فيه القوة المستعملة، المقاومة ، محور الدوران . ما الذي يعطي المقاومة؟

21. وضع عصا تقاطع ظهر الكرسي وعلق ثقل أثنين باون على أحدى نهايتي العصا وضع ثقل بوزن 5 باونات على الجانب الأخر من العصا لغرض توازن الأوزان أحسب وسجل مسافتي الثقلين عن المسند وأكتب توضيحاً لنتائجك .

22. نفذ تمرين الالتواء بالظروف التالية (1- رفع وزن خمسة باون فوق الرأس 2. الأذرع متقاطعة عبر الصدر 3. الأيدي خلف الرقبة . أكتب قطعة توضح استنتاجاتك وأرسم مخطط لجسم حر موضحاً القوة المستعملة ، المقاومة ، محور الدوران .

23. استخدام طريقة لوحة رد الفعل لحساب مواقع المستويات المائل الأمامي والمستعرض لمركز جاذبية المادة في الوضع التشريحي . كرر الحسابات بالمادة 1. مد الذراعين فوق الرأس و 2. مد ذراع واحدة الى اليمين . أجلب نتائجك في لائحة وأكتب قطعة للتوضيح.

24. استخدام صورة شخص من مجلة والبيانات الانثروبومترية من الملخص (d). أحسب وأشر موقع مركز الثقل الجسم اتلكلي باستخدام الطريقة المائلة . أولا وقيس المحورين x و y حول الصورة ثم أشر المواقع التقريبية للمراكز المائلة للثقل فوق الصورة باستخدام البيانات من الملخصين d. أخيرا كون لوحة أو لائحة باستخدام اللوحة في المسألة 7 كنموذج .

الفصل الثاني عشر

علم الكينتك الزاوي لحركة الإنسان

ANULAR KINETIC OF HUMAN MOVMENT

بعد أكمال هذا الفصل . سيكون القارئ قادرا على :

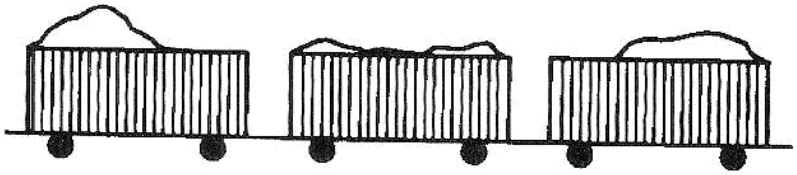
- ✓ معرفة وتحديد التشابه الزاوي للكتلة ، القوة ، الزخم ، والدفع
- ✓ لماذا تودي التغيرات في شكل الجسم الطائر الى أحداث تغيرات في سرعة الجسم الزاوية.
- ✓ ستعرف وتعطي أمثلة لقوانين نيوتن في حركة التشابه الزاوي.
- ✓ حل المسائل الكمية التي تتعلق بالعوامل التي تسبب أو تغير الحركة الزاوية.
- ✓ لماذا يركض العداءون بمرونة أكبر في الركبة من عدائي المسافات الطويلة؟
- ✓ لماذا يلتف الراقصون ومتزلجي الجليد بسرعة أكبر عندما تكون أذرعهم قريبة الى الجسم ؟
- ✓ كيف تسقط القطط على أقدامها دائما؟ في هذا الفعل الكثير من الأفكار عن الكينتك الزاوي اكتشفت عن طريق التشابهات والاختلافات بين كميات الحركة الزاوية والمستقيمة.

مقاومة التعجيل الزاوي

RESISTANCE TO ANGULAR ACCELERATION

قوة عزم القصور Moment of Inertia

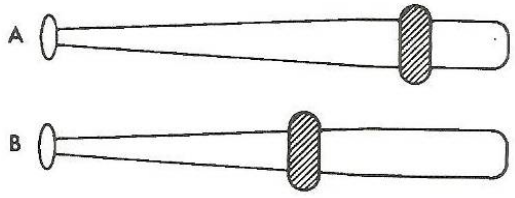
أن عـزم القصـور الـزاوي هـو ميـل الجسـم لمقاومـة التعجيـل (أنظـر فصـل 3) بـالرغم مـن أن العـزم القصـور الـذاتي هـو فكـرة أكثـر مـن كميـة تحسـب بالوحـدات فـأن عـزم القصـور الـذاتي للجسـم يتناسـب بشـكل مباشـر مـع كتلـة (شـكل 1-12) واسـتنادا إلـى قـانون نيـوتن الثـاني ، فـأن كتلـة الجسـم الأكبـر ، هـي عبـارة عـن مقاومـة الجسـم الأكبـر ولهـذا فـان الكتلـة هـي عبـارة عـن عـزم القصـور الـذاتي للجسـم لاعتبـارات تـرتبط بالحركة المستقيمة .



m = m = m

M = M = M

شكل 1-12 أن توزيع الكتلة لا يؤثر على زخمها المستقيم



(شكل 2-12)التعجيل الزاوي يعتمد على مقدار الكتلة A كتلة بعيدة B كتلة قريبة

- ✓ تعتبر المقاومة للتعجيل الزاوي هي وظيفة لكتلة الجسم.
- ✓ أن الكتلة الأكبر هي المقاومة الاكبر للتعجيل الزاوي .

ان السهولة أو الصعوبة النسبية لبدء او إيقاف الحركة الزاوية تعتمد على عامل أضافي وهو توزيع الكتلة بالتناسب مع محور الدوران فيما يتعلق بمضرب البيسبول الموضح في (شكل 2-12).

أفترض بان لاعبا يضيف حلقة ثقل الى مضرب متارجح .فهل ستكون السهولة النسبية لمرجحة المضرب اكبر عندما يكون الثقل موضوعا بالقرب من نهاية القذف او قرب قبضة المضرب؟بشكل اخر هل ان من الأسهل مرجحة المضرب موضوع بالقبضة (الوضع الطبيعي لليد) او بمضرب ملتف ويمسك عن طريق القبضة عصا المضرب؟

التجارب بمضرب البيسبول او بعض المواد الشبهية له توضح بان الكتلة المركزة القريبة الى المحور الدوران اكثر سهولة في عملية المرجحة وعلى العكس من ذلك فان لوضع الكتلة بعيدا عن محور الدوران اكثر صعوبة في عملية بدء او ايقاف الحركة الزاوية ولذلك فأن التعجيل الزاوي يعتمد على مقدار الكتلة المستعملة عن طريق المادة وتعتمد كذلك على توزيع الكتلة بالتناسب مع محور الدوران (نشير الى عزم القصور بحرف I)

ان خاصية القصور للحركة الزاوية يجب ان تجمع بين كلا العاملين وتعرف خاصية القصور للحركة الزاوية على انها قوة القصور الذاتي ولان كل جسم يتكون من اجزاء من الكتل ، كل حسب مسافته الخاصة وبعده عن محور الدوران ، فان قوة القصور الذاتي لجزء مفرد لكتلة يمكن ان يمثل كالاتي.

$I=Mr2$

في هذه الصيغة فان M تشير الى الكتلة الجزئية و r يشير نصف قطر الدوران الجزئي .

قوة القصور الذاتي لجسم هي مقدار قوى القصور الذاتي لكل الكتل الجزئية للمادة (شكل3-12)

$I=\sum mr2$

تكون عملية توزيع الكتلة بالنسبة لمحور الدوران اكثر اهميه من المقدار الكلي لكتلة الجسم في تحديد المقاومة الى التعجيل الزاوي لان r مربعة فتتغير قيم r عندما يتغير محور الدوران .

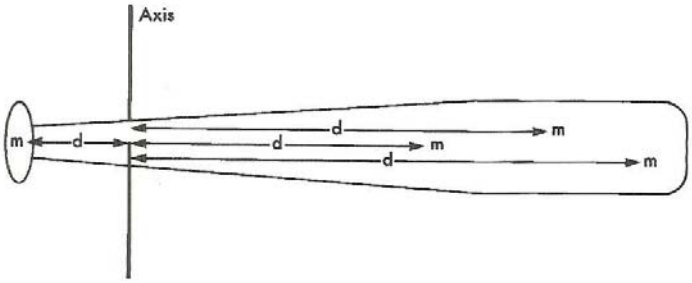
ولهذا عندما يمسك لاعب البيسبول المضرب فان حركة المضرب تعمل على تقليل قوة عزم القصور الذاتي بالنسبة لمحور الدوران على رسغي اللاعب مع زيادة نسبية في سهولة مرجحة المضرب.قسم قليل من لاعبي البيسبول يستخدمون وبعدم دراية كافية فكرة انه عندما تكون المضارب أطول او أثقل تكون أكثر فاعلية مما هي علية

من خلال نفس المبدأ ،فان التغيرات في زوايا مفاصل جسم الإنسان تسبب تغيرات في قوى القصور الذاتي لإطراف الجسم وبهذا فان لهذا تأثير في سهولة وصعوبة حركة السيقان فعلى سبيل المثال عند المشي،فأن توزيع كتلة الساق إضافة الى قوة قصورها الذاتي بالنسبة لمحور الدوران الابتدائي في الورك،تعتمد بشكل كبير على الزاويه الموجوده في الركبة في العدو ولذلك فان التعجيل الزاوي الاقصى للسيقان مطلوب الى حد كبير اضافة الى ذلك فان ثني اكبر موجود في الركبة عند المرجحة اكثر مما موجود في حالة الركض البطيء.

وهذا يقلل وبشكل كبير قوة عزم القصور الذاتي للساق بالتناسب مع الورك، ولهذا فان تقليل المقاومة لتهيئ خلال الفعاليات كالمشي باقل تعجيل زاوي هو امر مطلوب .

ان الثني في الركبة خلال المرجحة يبقى صغير نسبيا أما قوى القصور الذاتي للساق بالنسبة للورك فستكون كبيره نسبيا.

عند سباقات العدو فان الثني الاكبر في الركبة يقلل من قوة القصور الذاتي لمرجحة الساق.



(شكل 3-12) ان قوة القصور الذاتي هي مقدار ناتج الكتلة الجزيئية ومربع نصف قطر الدوران.

ان تقيم قوة القصور الذاتي لجسم بواسطة قياس المسافة بكل جزء من كتلة الجسم من محور الدوران ومن ثم استعمال الصيغة غير عملي بشكل واضح.

ففي التمرين تستخدم الطرق الرياضية لحساب قوة القصور الذاتي لأجسام بأشكال هندسية منظمة ومعروفة الإبعاد ولان جسم الانسان مقسم باشكال غير نظامية وكتل مختلفة التوزيع، فأما الطرق التجريبية او تستخدم الاشكال الرياضية لتقريب قيم قوى القصور الذاتي لاقسام جسم فرد معين وللجسم بشكل عام وفي مواقع مختلفة.

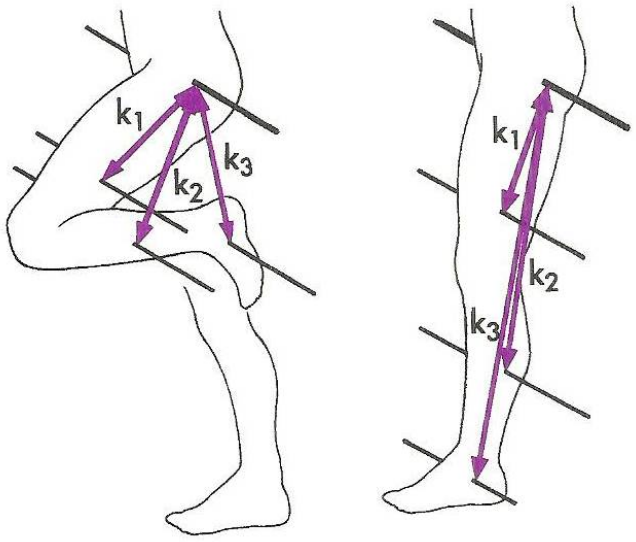
ان قوة القصور الذاتي لجسم البشر واجزاءه قربت باستخدام معدل قياسات عن دراساتcadaver،فقياس تعجيل ساق المرجحه باستخدام الطرق الفوتوغرافية ،واستخدام النموذج الرياضي و قيمت قوة القصور الذاتي للجسم لكتلة معلومة، بالقيمة او المقدار الذي يمكن ان يعرف باستخدام الصيغة التالية:

$$I=MK2$$

في هذه الصيغة I هي القصور الذاتي .وتشير M الى كتلة الجسم الكلية يشيرK الى المسافة المعلومة وهي نصف قطر الدوران حول المحور يشير نصف قطر دوران المحور الى توزيع كتلة المادة بالنسبة لمحور دوران معين هو المسافة من محور الدوران حتى النقطة التي تتركز فيها كتلة الجسم دون تغير الخصائص القصورية للجسم الدائر وهذه النقطة ليست شبيهه بالمركز الجزئي للجاذبية(شكل 4-12)

✓ يكون نصف القطر محور الدوران اطول من نصف قطر الدوران المسافة الى مركز الثقل الجزئي.

يتغير طول نصف قطر محور الدوران الكلي فعندما يتغير محور الدوران وكما ذكر انفا فان من السهل مرجحة مضرب البيسبول عندما يمسك من نهاية المضرب منه من مسكة من القبضة فعندما يمسك المضرب من النهاية تكون K وهي مسافة نصف قطر محور الدوران اقصر منها عندما يمسك المضرب من القبضة لان اكبر كتلة ستكون قريبة الى محور الدوران وبنفس الشكل فان نصف القطر محور الدوران لقيم من الجسم كالذراع الامامية اكبر بالنسبة الى المعصم منها الى المرفق.



(شكل 4-12) تاثر زاوية الركبة على قوة القصور الذاتي لرجل متأرجحة مع الورك بسبب التغيرات في نصف القطر الدوران K للساق السفلى والقدم

ان نصف قطر محور الدوران هو حصيلة نافعه لقوة القصور الذاتي عند مناقشة الدوران بالنسبة لمقاومة جسم معين في محاور مختلفة واخيرا فان وحدات القصور الذاتي موازية لتعريف الكمية ولهذا تكون وحدات كتلة مضروبة بوحدات طول مربعه Kg .m2

قوة القصور الذاتي لجسم الإنسان

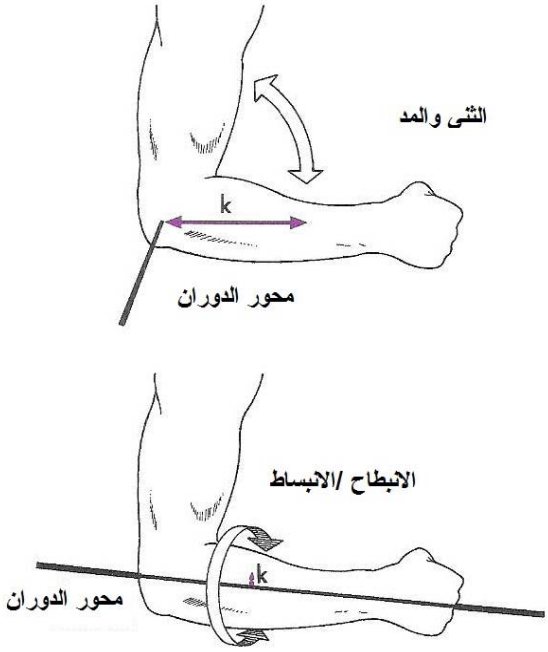
Human Body Moment of Inertia

بالإمكان معرفة قوة القصور الذاتي بالاعتماد على محور محدد للدوران فمحور الدوران لقسم او جزء من الجسم في حركات المستويين المائل والأمامي هو محور يمر من خلال مركز المفصل الاقرب لجزء الجسم ،فعندما يدور جزء من الجسم حول محور الطولي ستكون قوة قصوره الذاتي مختلفة تماما عن قوة قصوره الذاتي عند الثني او المد او الحركات التقريب او الإبعاد ولهذا فان قوة قصوره الذاتي تختلق بشكل ملحوظ فيما يتعلق بمحور الدوران (الشكل 5-12)

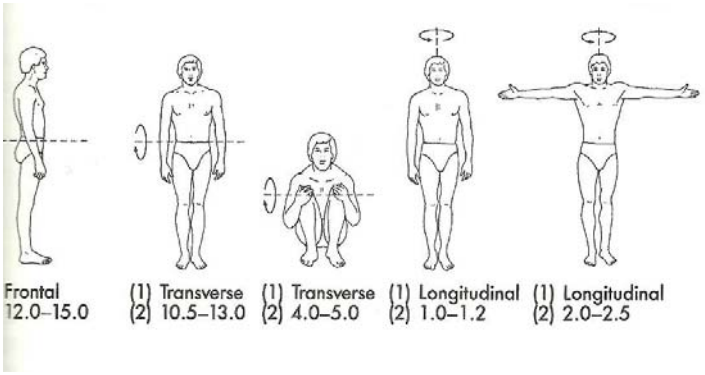
الاختلاف في اطوال انصاف اقطار محور الدوران للذراع الأمامية(الساعد)بالنسبة لمحاور الدوران الطولية المستعرضة.

ان قوة القصور الذاتي لجسم الإنسان عموما تختلف كذلك بالنسبة لمحاور الدوران. فعندما يدور جسم الإنسان دون استناد فانه سيدور حول ثلاثة محاور رئيسيه المستعرض والأمامي الخلفي او المحور الطولي وكل منها يمر خلال مركز ثقل الجسم الكلي وتعرف قوه القصور الذاتي المرتبطة بواحد من هذه المحاور بـ (قوة القصور الذاتي الرئيسية) (الشكل6-12) يوضح التقديرات الكمية لقوى القصور الذاتي الرئيسية.

- ✓ المحاور الرئيسيةprincipal axes: عبارة عن ثلاثة محاور عمودية تمر خلال مركز الجاذبية تشير على التوالي الى المحاور المستعرض ،الخلفي الامامي والطولي.
- ✓ قوة القصور الذاتي الرئيسية principal moment of inertia: هي القوة الكلية للقصور الذاتي التي ترتبط بواحد من المحاور الرئيسية.



(شكل 5 –12) نصف قطر محور دوران الذراع الامامية لحركات المد والثني اطول كثيرا منه الى حركات الانبساط والانبطاح (انكفاء اليد)



(شكل 6–12) القوى النسبية للقصور الذاتي لجسم في مواقع مختلفه متصلة بمحاور رئسيه مختلفة

لجسم الإنسان في مواقع مختلفة .فعندما يتخذ الجسم وضع الانثناء خلال اللفة الهوائية فان قوة قصوره الذاتي الرئيسية ومقاومة الحركة الزاوية حول المحور المستعرض اقل بكثير عندما يكون الجسم في الوضع التشريحي .فالغطاسون يؤدون لف هوائي فيجتازون تغيرات كبيرة في القوة الرئيسية لعزم القصور الذاتي حول المحور المستعرض على نظام 15كغم .م2 الى 6,5 كغم، م2 بينما يتجه الجسم من الالتفاف نحو الوضع الرمحي او السهمي.

يمر الاطفال بمرحله الطفولة نحو المراهقة وباتجاه البلوغ تؤدي التغيرات التي تحصل في عملية النمو الى حدوث تغيرات نسب اطوال والكتل ونصف قطر محور الدوران الجسم وجميعها لها تاثير في قوة القصور الذاتي لجزء من الجسم.

ان قوة القصور الذاتي لجزء من الجسم تاثر على مقاومتة للدوران الزاوي وبالنتيجة القدرة على الاداء في انواع من الرياضة كالجمباز والغطس .

هنالك العديد من لاعبات الجمباز البارزات اللواتي حققن مراتب عالمية خلال سنين المراهقة تلاشت واضمحلت انجازاتهن فيما بعد هذه المرحلة قبل وصولهن عمر 20 عام نتيجة انخفاض امكانياتهن بشكل عام والتي تعزى الى تغيرات في نسب نمو الجسم فالتغيرات الجوهرية في قوة القصور الرئيسية لاقسام الجسم تحدث مع تقدم العمر وتتولد الاختلافات الفردية الكبيرة في اساليب وطرق قوى القصورالذاتي الرئيسية واعتمادا على (يانسن) فان التنبؤ الافضل لقيم ومقادير قوة القصور الذاتي بين الاطفال هو مجموع كتلة الجسم وارتفاع الجسم افضل من مقايس العمر ..

- ✓ ان نسب القوة العضلية وقابلية المجموعة العضلية على انتاج عزم تدوير حول المفصل للقوى الجزئية للقصور الذاتي مقاومة الدوران على المفصل هي مساهم رئيسي في فعاليات الجمناستك.
- ✓ الزخم الزاوية: هي مقدار الحركة الزاوية التي يمتلكها الجسم وتساوي ناتج قوة القصور الذاتي والسرعة الزاوية.

الزخم الزاوي Angular Momentum

في وظيفتة كمؤشر للقصور الذاتي للحركة الدورانية فان قوة القصور الذاتي هي عنصر هام لكميات الكينتك الزاوية الاخرى ويشار الى كمية او مقدار الحركة التي تمتلكها المادة بزخم المادة.

اما بالنسبة للزخم المستقيم فهو حاصل الصفة القصورية المستقيمة(الكتلة) والسرعة المستقيمة ويعرف مقدار الحركة الزاويا للجسم

(والـزخم الـزاوي) يرمـز اليـه بحـرف H وهـو حاصـلا لصـفة القصـورية الزاوية ومقدار القصور والسرعة الزاوية.

M=mv الحركة المستقيمة.

H=lGʊ الحركة الزاوية.

H=mk2Gʊ

تـؤثر هـذه العوامـل الثلاثـة علـى الـزخم الـزاوي للجسـم – كتلـه الجسـم m وتعنـي توزيـع كتلـة ذلـك الجسـم بالنسـبة لمحـور الـدوران k،وسرعة الجسم الزاويـة Gʊ فاذا لـم يمتلـك الجسم سرعة زوايـة فلـيس لـه زخـم زاوي .وعنـدما تـزداد السـرعة الزاويـة فـان الـزخم الـزاوي سـيزداد بالتناسـب والعامـل الاكثـر تـاثيرا علـى الـزخم الـزاوي هـو توزيـع الكتلـة بالنسـبة لمحـور الـدوران وذلـك لان الـزخم الـزاوي يتناسـب مـع مربـع نصـف قطر محور الدوران (شكل 7-12).

وحـدات الـزخم الـزاوي تنـتج مـن حاصـل ضـرب وحـدات الكتلـة × وحـدات الطـول المربعـه ،ووحـدات السـرعه الزاويـه وهـي Kg.m2/s لجسـم متعـدد الاقسـام مثـل جسـم الانسـان ،يكـون الـزخم الـزاوي لمحـور معـين للـدوران هـو عبـارة عـن القـوة الزاويـه لاجـزاء جسـم الفـرد ويكـون الـزخم الـزاوي لجـزء منفـرد المتصـل بمحـور المسـتعرض الرئيسـي للـدوران المـار فـي داخـل مركـز الثقـل الكلـي للجسـم يعتمـد علـى زخـم الجـزء الـزاوي حـول مركز ثقل الجزء زائدا زخمه الزاوي حول مركز الثقل الكلي للجسم :

H=lsGʊ + M r 2Gʊg

يشـير ls الـى قـوة القصـور الـذاتي للجـزء ويشـير رمـز Gʊs الـى السـرعه الزاويـه لجسـم وكلاهمـا يـرتبط بـالمحور المسـتعرض المـار بمركـز ثقـل الجـزء ذاتـه ويشـير m الـى كتلـه الجسم ويشـير r الـى المسـافة بـين

الجسم الكلي ومركز ثقله الجزئي ويشير رمز GΘg الى سرعته الزاوية لمركز الثقل الجزئي حول المحور الرئيسي المستعرض (شكل 8-12) يؤدي مقدار القوة الزاوية لاجزاء الجسم حول المحور الرئيسي الى احداث الزخم الزاوي الكلي للجسم حول ذلك المحور عند الارتقاء من القفاز المتحرك فيجب على السباح الغاطس ان يحقق زخم مستقيم كافي للوصول الى الارتفاع اللازم وان يأمن مسافة من اللوحة او منصة القفز والزخم الزاوي الكافي لتحقيق العدد المطلوب من الدورات.

الزخم الزاوي المتولد عند الارتفاع سيزداد عندما تزداد متطلبات الغطس الدورانية سجلت قيم الزخم الزاوي بقدر 66 كغم .م2 /ت و70 كغم .م2 /ت لصاحب الميداليات الذهبية GregLouganis اثناء غطساته للخلف اثنان ونصف وغطساته إماما ثلاثة ونصف بالتتابع.

عندما يندمج الالتواء باتجاه غطس هوائي فسيزداد الزخم الزاوي المطلوب . ان تضمين اللف خلال الغطس الامامي لمره ونصف من قفاز متحرك يرتبط بالزخم الزاوي الزائد عند الارتفاع من 6 % الى 19%.

المحافظة على الزخم الزاوي

Conservation of Angular Momentum

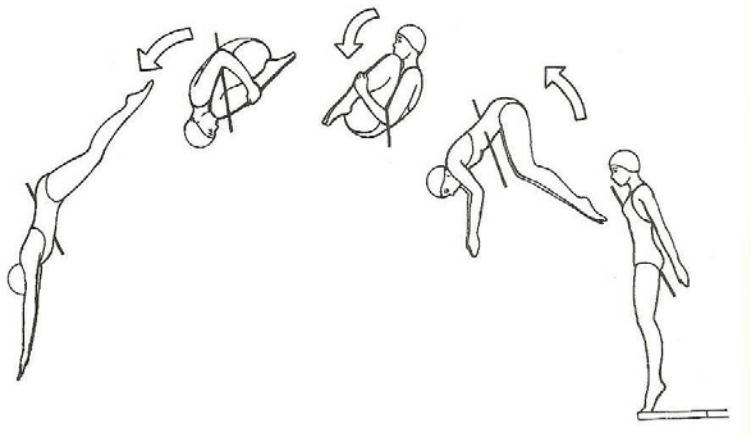
عندما تكون الجاذبيه هي القوه الخارجية الوحيدة ألمؤثره ،فسيدخر الزخم الزاوي وبهدف احداث الحركة الزاوية فيمكن ان يحدد مبدا المحافظة على الزخم كالأتي ان الزخم الزاوي الكلي لجسم معين يبقى ثابتا عند غياب عزوم التدوير الخارجية

ان قوة الجاذبية التي تؤثر على مركز ثقل الجسم لا تؤدي الى توليد عزم تدوير وذلك لان d1 المسافة العمودية تساوي صفر وهذا لن يتغير في مقدار الزخم الزاوي.

ان مبدأ الاحتفاظ بالزخم الزاوي مفيد بشكل استثنائي في التحليل الحركي لفعاليات الغطس وسباقات الترامبولين والجمباز والتي يمر فيها جسم الإنسان بحركات الدوران عن الطيران في الهواء .عند الغطس بعد قلبة هوائية ونصف اماما يترك السباح المنصه المتحركة بمقدار ثابت من العزم الزاوي استناد الى مبدا الاحتفاظ بالزخم الزاوي فان مقدار الزخم الزاوي الموجود عند الخط الارتفاع يبقى ثابتا على طول مسار الغطس وبينما يتجه السباح الغاطس من وضع المد نحو اللف فان نصف قطر الدوران سينخفض ولهذا سينخفض عزم القصور الذاتي الرئيسي للجسم حول المحور المستعرض ولان الزخم الزاوي يبقى ثابتا فان الزيادة التعويضية في السرعة الزاوية يجب ان تصاحب الانخفاض في عزم القصور الذاتي (شكل9-12) ان اقوى حركة ثني للغطاس تعني السرعة الزاوية الاكبر فمرة تكون القلبة الهوائية كاملة يمتد الغطاس باتجاه وضع المد الكامل بالنتيجة زيادة القوة الكلية للقصور الذاتي،واخرى لان الزخم الزاوي يبقى ثابتا فسيحدث انخفاضا مساوي في

السـرعة الزاويـة ولاجـل دخـول الغطـاس بشـكل عمـودي تمامـا فـان السـرعة الزاوية تكون مطلوبه في هذه الحاله.

ولان كتلـة الجسـم لا تتغيـر عـن حركـة معينـة فـان التغيـرات فـي السـرعة الزاويـة عنـد عـدم وجـود عـزوم تـدوير فيجـب مكافئـة للتغيـرات فـي تكـوين جـزء الجسـم الـذي ينـتج مـن تغيـرات فـي قـوة القصـور الـذاتي لاعـب الجمبـاز المبتـديء يـؤدي حركـة القلبـة الهوائيـة لـزخم الـزاوي غيـر كـافي يحتـاج للمحافظـه علـى وضـع الثنـي فـي الطريـق نحـو الهبـوط ليجتـاز ازاحـة زاوية كافية وذلك ليتجنب الهبوط على ظهره.



(شكل 9–12) عندما يحفظ الزخم الزاوي فان التغيرات في شكل الجسم تنتج بين عزم القصور والسرعة الزاوية

هنالـك امثلـة اخـرى للمحافظـة علـى الـزخم الـزاوي عنـدما يكـون الـزخم الـزاوي للمنفـذ فـي الهـواء يسـاوي صـفر والحركـة العنيفـة مثـل حركـة الكـبس (السـبايل) فـي لعبـة الكـرة الطـائرة ،فعنـدما ينفـذ اللاعـب الحركـة بتحريـك الـذراع الضـاربة بسـرعة زاويـة عاليـة وبـزخم زاوي كبيـر هنالـك

دوران يساوي لتوليد اسفل الجسم مقدار مساوي للزخم الزاوي بالاتجاه المقابل

شكل (10-12)عند تنفيذ الطيران للكبس في الكرة الطائره فان الدوران المكافئ للطرف السفلي يوازن ذراع المرجحة بشكل كبير وذلك يحتفظ الجسم لزخمه الزاوي الكلي.

حيث ان قوة القصور الذاتي للساقين بالنسبة للورك اكبر منه لذراع ضرب الكره (الكبس) المرتبطة بالكتف، فان السرعة الزاوية المتولدة للساقين لحساب الزخم الزاوي لذراع المرجحة هي اكبر بكثير من السرعة الزاوية لذراع الضربة (الذراع الكابسة)

على الرغم ان الزخم الزاوي يبقى ثابتا بغياب عزوم الدوران الخارجية فان نقل السرعة الزاوية على الاقل جزئيا من محور دوران رئيسي الى اخر يكون ممكن وهذا يحدث عنما يغير الغاطس حركة دوران القلبة الهوائية الاولي واخرى يحدث فيها التفاف اولي رئيسي والعكس بالعكس.

عامل السرعة الزاوية للمنفذ من حالة الطيران لا يحدث بالضرورة بنفس الاتجاه كعامل الزخم الزاوي فمن الممكن للزخم الزاوي لجسم عند اداء القلبة الهوائية والزخم الزاوي لالتواءه ان يتغير في منتصف الطيران بالرغم من ان مجموع الاثنين (الزخم الزاوي الكلي) يبقى ثابتا في المقدار والاتجاه.

لاحظ الباحثون عده طرق لتغير محاور الدوران الكلي للجسم (9,14,16) ان حركات الذراع غير المتناسقة ودوران الورك(hula) يمكن ان بدفع محور الدوران بعيدا عن المستوى الاصلي للحركة. ان قواعد حركات مرجحة الذراع في حالة ميل محور الدوران مطلوبة وتشمل عملية بدء مرجحة الذراع في النقطة التي يكون عندها سرعة الدوران في الهواء في اعلى ارتفاع لها.

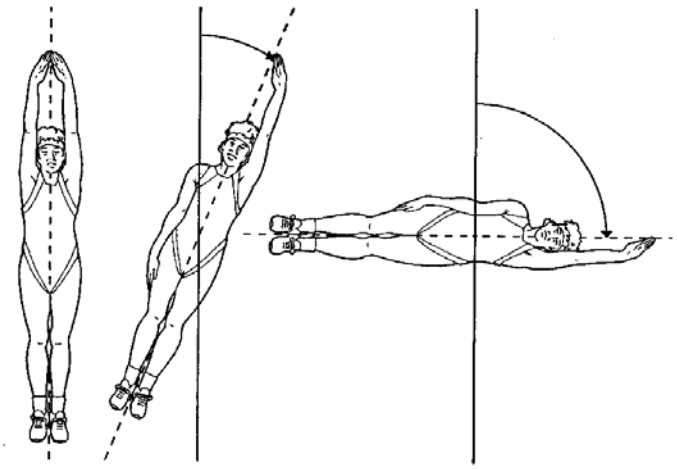
باستعمال السرعة العليا لذراع المرجحة على طول المحور الطولي للجسم وزيادة الكتله المنقولة بواسطة ذراع المرجحة بواسطة رفع الكتف بحركه الذراع (شكل11-12)

ان الاستخدام القليل لحركة hula يمكن ان يؤدي الى احداث ميل المحور الرئيسي للدوران عندما يكون الجسم بوضع رمحي في اداء القلبة الهوائية .

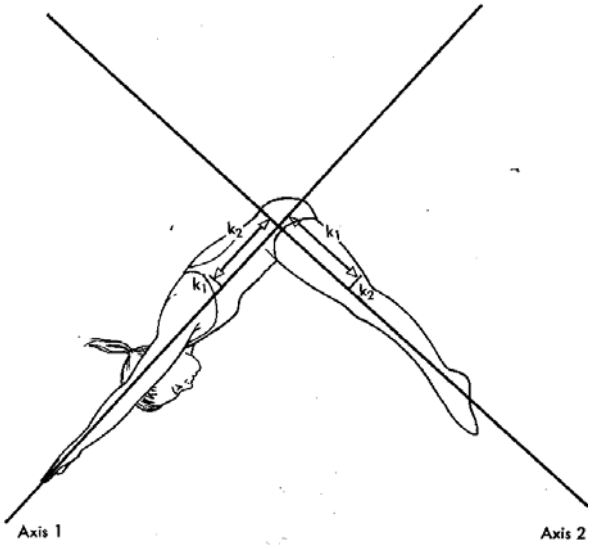
حتى عندما يكون الزخم الزاوي صفر يكون عملية توليد الثني او الالتواء في منتصف الطيران ممكنا باستخدام التعامل البارع للجسم المتكون على الاقل من قسمين من خلال مراقبة سقوط القطة على اقدامها فلا مشكلة في موضوع من أي مكان تسقط.

كما يبدو فقد درس العلماء التناقض الظاهر لمبدأ المحافظة على الزخم الزاوي فلاعبو الجمباز والغطاسون يمكنهم استخدام هذه الطريقة بالاشاره الى دوران القطط دون التجاوز على الاحتفاظ بالزخم الزاوي.

يكون دوران القطط بعملية ذات مرحلتين فهي تودى بفاعلية اكبر عندما يكون جزئي الجسم بزاوية 90 بوضع رمحي لكي يكون نصف قطر محور الدوران جزء واحد في اقصاه بالارتباط مع محور الدوران الطولي للجزء الاخر (شكل 12-12) وتتكون المرحلة الاولى من الدوران المتولد داخليا من الجزء 1 حول محور الطولي



(شكل 11-12) التغير الايزمتري لموقع الذراع المرتبط بمحور الزخم الزاوي يمكن ان يغير محور الدوران



(شكل 12-12) يمكن ان يدور المنفذ الماهر 180 او اكثر في الهواء بزخم زاوي صفر وذلك لان هنالك عند الوضع الرمحي يكون قلة التواء او ثني كبير بين نصف قطر محور الدوران للطرفين العلوي والسفلي بالاتصال مع المحاور الطولية لقسمي الجسم الكبيرين

ولان الزخم الزاوي يمكن ان يكون مخزونا ويحتفظ به فسيكون هنالك دوران معادل في الجزء (2) بالاتجاه المضاد حول المحور الطولي للجزء (1) واضافة الى ذلك فان الدوران الناتج يكون بسرعة صغيرة نسبيا.

وذلك لان K للجزء الثاني تكون كبيرة نسبيا في المحور (1) اما المرحلة الثانية فتتالف من دورات الجزء (2) حول محوره الطولي في نفس الاتجاه عن طريق الجزء او القسم (1).

بـالترافق مـع هـذه الحركـة يكـون الـدوران المعـادل بالاتجـاه المضـاد حـول المحـور (2) ومـره اخـرى تكـون السـرعة1 الزاويـة صـغيره نسـبيا وذلـك لان k للقسم او الجزء (1) كبيره نسبيا مـع المحـور (2) باسـتخدام هذه الطريقـة يمكـن للسـباح الغـاطس ان يبـدا بالالتفـاف فـي الهـواء ويـدور 450 درجة.

يـدور القـط حـول محـوره الطـولي لقسـمي جسـمه فمـن السـهل بـدء الـدوران حـول المحـور الطـولي مـن بـدء الـدوران حـول المحـور المسـتعرض والمحـور الامـامي الخلفـي وذلـك لان قـوة القصـور الـذاتي الكليـة المرتبطـة بـالمحور الطـولي اقـل بكثيـر مـن قـوة القصـور الـذاتي المرتبطـة بـالمحورين الاخرين.

التغير في الزخم الزاوي Change in Angular Momentum

عنـدما تـؤثر قـوة عـزم التـدوير الخارجيـة فانهـا تغيـر مقـدار الـزخم الـزاوي الموجـود فـي الجسـم بشـكل متوقـع فقـط عنـد التغيـرات فـي الـزخم المسـتقيم فـان التغيـرات فـي الـزخم الـزاوي لا يعتمـد فقـط علـى كميـة واتجـاه عـزوم التـدوير الخارجيـة المـؤثره ولكـن تعتمـد كـذلك علـى طـول الفتـرة الزمنية التي تؤثر فيها عزم الدوران.

الحافز المستقيم=f t

الحافز الزاوي =T t

عنـدما يـؤثر الحـافز الـزاوي علـى جسـم فـان النتيجـة سـتكون هـي التغيـر فـي الـزخم الـزاوي لجسـم . ان علاقـة الـزخم _الحـافز للكميـات الزاوية يمكن التعبير عنها كالاتي :

$$T\,t = \Delta H$$

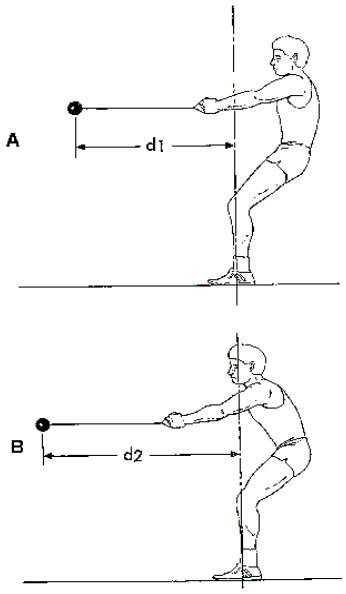
$$T\,t = (IG2) - IG1)$$

ومثلما ذكر سابقا فان الرمز T تشير الى الوقت والرمز t يشير الى العزم التدوير والرمز H يشير الى الزخم الزاوي و I يشير الى عزم القصو الذاتي ويشير G الى السرعة الزاوية ويشير 1,2 يشير الى الاوقات الاول والثاني والنهائي ولان الدافع او الحافز الزاوي هو مجموع عزم الدوران والزمن فيمكن ان يؤدي الى حصول تغيرات هامة في الزخم الزاوي للجسم من تأثير عزم تدوير كبير لفترة زمنية صغيرة او من تأثير عزم تدوير صغير لفترة زمنية كبيرة وبما ان عزم التدوير هو مجموع مقدار القوة والمسافة العمودية لمحور الدوران فان كلا هذين العاملين يؤثر على الحافز الزاوي.

في فعاليات الرمي في الساحة والميدان ،فالموضوع يعني زيادة الخافز والدافع الزاوي الذي يسلط على الالة قبل ان ان تنطلق بغرض زيادة زخمها والمسافة الافقية النهائية التي تتبع عملية الرمي.

كما نوقش في الفصل ترتبط السرعة المستقيمة بشكل مباشر بالسرعة الزاوية بنصف قطر دوران يؤدي دور عامل التناسب وطالما بقيت قوة القصور الذاتي mk2 لدوران الجسم ثابتة فان الزخم الزاوي المتزايد ينتقل بشكل مباشر الى الزخم المستقيم المتزايد عند رمي الجسم في الهواء وهذه الفكرة هي دليل واثبات استثنائي وتتضح في فعالية رمي المطرقة والتي يمرجح الرياضي المطرقة اولا مرتين اوثلاث حول الجسم باقدام ثابتة متبوعة بثلاثة اواربعة دورات كلية حول الجسم تؤدي من قبل الرياضي قبل اطلاق المطرقة وبعض رماة المطرقة يستخدمون الطريقة الاولى او دورانين كبيرين للجذع في ثني خفيف(مقابل الورك)

ولهذا تعمل على الوصول الى ابعد نقطة لليدين(شكل 13-12)، وهذا التكتل يساعد في زيادة نصف قطر دوران ولهذا فان كمية القصور الذاتي للمطرقة ترتبط بمحور الدوران حتى تكون السرعة الزاوية غير قليلة وان يكون الزخم الزاويللرامي والمطرقة في حالة زيادة ولغرض اداء هذه الستراتيجيه تكتمل الدورات النهائية بانحناء كامل للجسم بعيدا عن الرامي واستنادا الى (دابندا) و (سكدونالد) فعلى الرغم من امكانية الانحناء يجب ان تعمل على زيادة الزخم الزاوي المنقول الى المطرقة،فان العوامل مثل الميل الطبيعي للوقاية من الضغوط الفقرية الزائدة او تحديد قوة الكتف ربما تحمي الرامي من اتمام هذا التكنيك.



شكل 13-12 يجب ان يقاوم رمي المطرقه القوه المركزيه للمطرقه ليتجنب الارتفاع بعيدا عن دائرة الرمي

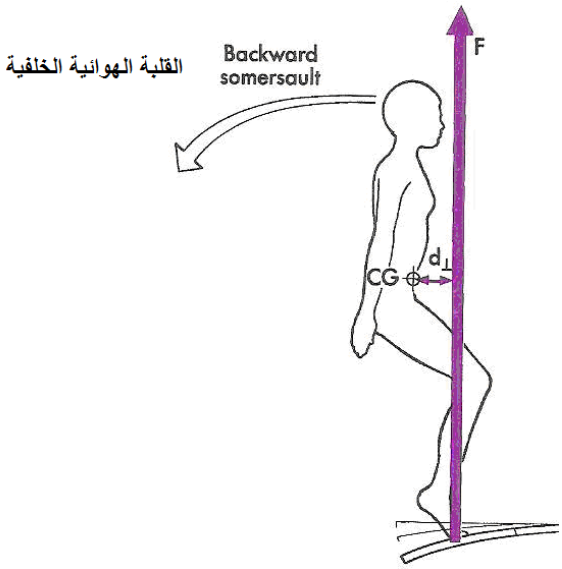
أ) المقاومة بالاكتاف

ب)المقاومة بالورك

يكـون الـزخم الـزاوي المطلـوب لاداء حركـات دوران الجسـم التـي تنفـذ خـلال المهـارات الهوائيـه صـادره بشـكل اساسـي مـن الـدافع الـزاوي المتولد عن طريق قوة رد فعل لسطح الاسناد خلال الارتقاء.

عنـد الغطـس الخلفـي مـن منصـه يتولـد الـدافع الـزاوي الاكبـر تحميـل الـوزن النهـائي للمنصـة عنـدما ينـدفع الغـاطس مـن وضـع الجثـو باتجـاه المـد فـي الـورك ،الركبـة ،ومفصـل الكاحـل ويـؤدي مرجحـة ذراعـين قويـة ومتزامنـة، ان المركبـة العاموديـة لقـوه رد فعـل المنصـة العموديـة التـي تـؤثر امـام مركـز ثقـل السـباح الغـاطس تـؤدي الـى توليـد معظـم الـزخم الـزاوي الى الخلف(شكل14-12)

تحـدد حركـات اجـزاء الجسـم عنـد الارتقـاء مقـدار واتجـاه قـوة رد الفعـل التـي تعمـل علـى توليـد الـدوافع الزاويـة والمسـتقيمة اضـافة الـى ذلـك ففـي كـلا لـوحتي الغطـس الثابتـة والمتحركـة تسـاهم حركـة دوران الاذرع عنـد الارتفـاع فـي الـزخم الـزاوي اكثـر مـن أي قسـم اخـر حيـث يـؤدي الغطاسـون المهـرة حركـة مرجحـة الـذراعين بمـد كامـل للـذراعين وبالنتيجـة يحصـلون علـى زيـادة فـي قـوه القصـور الـذاتي للـذراعين والـزخم الـزاوي المتولد.



(شكل14–12) ناتج قوة رد فعل للوحة الارتقاء المتحركة F وقوة الذراع المتصلة بمركز السباح dt يولد عزم التدوير الذي الدافع الزاوي الذي يولد الزخم الزاوي عند الارتقاء.

تستخدم قوة رد فعل السطح عن طريق الراقص لتوليد الزخم الزاوي عند الارتقاء في حركة (تورجت Tourjete)

اما الغطاسون الاقل مستوى فغالبا ما يستخدموا حركة الثني في المرفق لتقليل قوة القصور الذاتي للذراعين حول الاكتاف حتى تستكمل مرجحه الذراعين في الوقت المحدد وبالمقابل لحركة الارتقاء وخلال الغطس خلال الارتقاء للقلبات الهوائية الارضية التي تودى في العاب الجمباز فان المد القوي للساقين يساهم كثيرا في الزخم الزاوي ان الحافز الزاوي المتولد خلال قوة رد فعل السطح عامل مهم ايضا عند اداء حركة (تورجت (Tourjete) وهي حركة رقص تتالف من قفز كامل بدوران 180 درجة مع هبوط الراقص على القدم المقابله لقدم الارتقاء عندما تنجز الحركة بصورة صحيحة يظهر الراقص كانه يرتفع عاليا بشكل مستقيم ومن ثم يدور حول المحور العمودي في الهواء وحقيقة ان القفز يجب ان ينفذ وذلك لكي تتولد قوة عزم تدوير مضادة عن طريق الارض تولد الساق المحدوده عند بدء القفز قوة قصور ذاتي كبيرة نسبيا ترتبط بمحور الدوران ولهذا تؤدي الى توليد سرعة زاوية الجسم واطئه نسبيا وفي ذروة القفز فان ساقي الراقص تجتاز محور الدوران وترتفع الذراعين فوق الراس بنفس الوقت من محور الدوران واخيرا فان هذه الحركات تعمل وبشكل دراماتيكي على تقليل قوة عزم التدوير وبالنتيجة زيادة السرعة الزاوية.

- ✓ عندما تكون قوة رد فعل السطح باتجاه مركز ثقل المنفذ فسيتولد الدفع المستقيم لا الدفع الزاوي.

ANGULAR ANALOGUES OF NEWTONS LAWS OF MOTION

تعرض القائمه 1-12 كميات الكينتك الزاوية والمستقيمة في شكل متوازي ،والتوازي المتعدد بين الحركات الزاوية والمستقيمة فليس بالغريب ان تكون قوانين نيوتن محددة في مصطلحات الحركة الزاوية ومن الضروري ان تذكر بان عزم التدوير وقوة القصور الذاتي هي معادلات زاوية للقوه والكتلة في التعويض عن المصطلحات .

قانون نيوتن الاول Newton's First Law

يمكن تحديد الترجمة الزاوية لقانون نيوتن الاول.

يحافظ الجسم الدائر على حالة الحركة الزاوية الثابتة مالم يتأثر بعزم تدوير خارجي ، وعند تحليل حركة الانسان التي تبقى عندها الكتلة ثابتة فالتشابه الزاوي يشكل الاسس لمبدأ الاحتفاظ بالزخم الزاوي ولان السرعة الزاوية يمكن ان تغير لتعويض التغيرات الحاصلة في قوة القصور الذاتي الناتجة من التغيرات في نصف قطر محور الدوران فالمقدار الذي سيبقى ثابتا بغياب عزم الدوران الخارجية هو الزخم الزاوي.

قانون نيوتن الثاني Newton's second Law

يمكن ان يحدد قانون نيوتن الثاني بالعبارات التالية جبريا .

$$I=Ia$$

تعمل محصلة عزم التدوير على توليد تعجيل زاوي جسم معين ويتناسب طرديا مع مقدار عزم الدوران بنفس الاتجاه ويتناسب عكسيا مع قوه عزم القصور الذاتي للجسم واستنادا الى قانون نيوتن الثاني للحركة الزاوية فالتعجيل الزاوي للذراع الاماميه يتناسب طرديا مع مقدار محصلة عزم الدوران في المرفق وفي اتجاه وحدة عزم الدوران للمرفق ومن جانب اخر فان اكبر قوه للقصور الذاتي لمحور الدوران في المرفق هي الاقل تعجيلا زاويا.

قانون نيوتن الثالث Newton's third Law

يمكن ان يحدد قانون رد الفعل بصيغه زاويه كالاتي :

لكل عزم دوران مسلط بواسطة جسم على اخره هنالك عزم دوران مساو بالمقدار ومعاكس بالاتجاه مسلط من الجسم الثاني على الجسم الاول .

فعندما يمرجح لاعب البيسبول المضرب بقوه دوران كتلة الجسم العلوي فان عزم الدوران سيتولد حول المحور الطولي للاعب فاذا لم يثبت اللاعب اقدامه بقوه فان الجزء العلوي من الجسم سيميل الى الدوران حول المحور الطولي بالاتجاه المعاكس .وبما ان الاقدام تثبت عادة فان عزم الدوران المتولد بواسطة الجسم العلوي سينتقل الى الارض

فـي المنطقـة التـي تقـوم فيهـا الارض بتوليـد عـزم دوران مسـاو فـي المقـدار ومعاكس بالاتجاه على حافظة حذاء اللاعب.

القوى الجاذبية والقوى الطاردة

CENTRIPETAL AND CENRIFUGAL FORCES

ان الاجسـام التـي تتعـرض الـى الحركـه دورانيـه حـول محـور ثابـت تخضـع كـذلك لقـوه مسـتقيمه فعنـدما تكـون المـاده المتصـلة بخـط تتحـرك بمسـار دورانـي ثـم تقـذف فستتوقف عـن الطيـران فـي المسـار الـذي يشـكل مماسـا مـع المسـار الـدوراني الـذي يـاتي فـي النقطـة التـي تنطلـق عنـدها وتعمـل القـوة الجاذبيـة المركزيـة علـى توليـد مركبـة قطريـه لتعجيـل الجسـم المتحـرك علـى مسـار منحنـي والصـيغة التاليـة لمقـدار قـوة الجـذب المركزيـة في مصطلحات السرعة المستقيمة المماسية للجسم الدائر.

(شـكل 15-12) كـره تـدور فـي دائـره ثـم تنطلـق، ستسـير بطريـق مسـتقيم ماسـي للمنحنـي مـن نقطـة الانطـلاق حيـث ان اتجـاه الحركـة فـي نقطـة الانطـلاق، فـي شـكل 15-12 تحـافظ القـوه المركزيـه الجاذبـة علـى الجسـم الـدائر مـن تـرك مسـار الـدائره بينمـا يحصـل الـدوران حـول المحـور الثابت.

يكـون اتجـاه القـوه المركزيـة الجاذبـة دائمـا باتجـاه مركـز الـدوران التـي تكـون السـبب وتعـرف كـذلك (قـوة المركـز) تولـد القـوة الجاذبـة المركزيـة مركبـة محيطـة لتعجيـل الجسـم المتحـرك علـى ممـاس منحنـي . الصـيغه التاليـه لمقـدار قـوة المركزيـة الجاذبيـة فـي مصـطلحات السـرعة المسـتقيمة المماسية للجسم الدائر.

$Fc = mv2\r$

فـي هـذه الصـيغة (Fc) تشـير الـى قـوه الجاذبيـة المركزيـة ويشـير (m) الـى الكتلـة وتشـير v الـى السـرعة الخاصـة المماسـية لجسـم دائـر فـي فتـرة معينـة ويشـير حـرف r الـى نصـف قطـر المحـور الـدوران ويمكـن ان تعرف القوه الجاذبية المركزية بمصطلحات السرعة الزاوية.

$Fc = mr \omega 2$

ومثلمـا يتضـح مـن كـلا المعـادلتين ،فـان سـرعه الـدوران هـي العامـل الاكثـر تـاثير علـى كميـة قـوة الجـذب المركزيـة لان قـوه الجـذب المركزيـة تتناسب مع مربع السرعة او السرعة الزاوية.

واسـتنادا الـى قـانون نيـوتن الثالـث فهنالـك قـوه مسـاويه بالمقـدار ومعاكسـة بالاتجـاه تتولـد كـرد فعـل للقـوة الجاذبيـة المركزيـة وتسـمى هـذه القـوة قـوة الطـرد المركـزي ولان قـوه الطـرد المركزيـة توجـد فقـط فـي صـيغة رد الفعـل فـان القـوة الطـاردة المركزيـة وقـوه الجـذب المركزيـه تـاثر دائمـا علـى الاجسـام المختلفـة فعنـدما تتـارجح كـرة بسـلك فـي دائـرة فـان للسـلك قـوه جـذب مركزيـة علـى الكـرة تسـبب البقـاء علـى مسـارها الـدائري وتسـلط الكـره قـوه طـرد مركزيـه علـى السـلك ، تحـافظ علـى بقـاءه متـوترا (شـكل 16-12) فـاذا انقطـع السـلك وتوقـف طيـران الكـرة علـى ممـاس مسـارها الدائري فسيختفي حدوث كلا القوتين الجاذبة والطاردة المركزية.

- ✓ قوه الجذب المركزية centripetal force : عبارة عن قوة باتجاه مركز الدوران لاي جسم دائري .

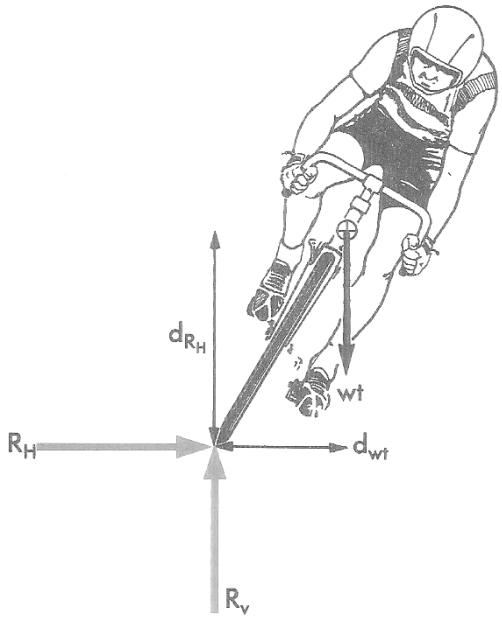
✓ قوة الطرد المركزيه centrifugal force: وهي عباره قوة رد الفعل مساوية في المقدار وفعالة في الاتجاه لقوه الجذب المركزي.

شكل 16-12 عندما يدور رامي المطرقة

عندما تدور المطرقة فان اللاعب الرامي سيسلط قوه جذب مركزية على المطرقة وبالمقابل تسلط المطرقه قوه طرد مركزية مساوية في المقدار ومعاكسة بالاتجاه على الرامي.

ان تاثير قوى الجذب المركزية وقوى الطرد المركزية بالنشاطات والفعاليات الرياضية تاثير كبير فعندما يمرجح اللاعب مضرب التنس في الهواء بمسار زاوي فان اليد القابضة على المضرب تمنح قوة جذب مركزية تحافظ على حركة المضرب بمسار الزاوي اما المضرب فيسلط قوة طرد مركزية على اليد ،اما عندما تكون الالة المتارجحة ضخمة مثلما في رمي المطرقة فان مقادير قوة الجذب المركزي وقوة الطرد المركزية ستزداد تناسبيا كي تجعل الرياضي ينحني بعيدا عن المطرقة الدائرة ليتجنب فقدان التوازن عن طريق قوة الطرد المركزيه بنفس الطريقة فان لاعب الجمباز الاثقل الذي يؤدي مرجحة كبيره على العارضة يحتاج الى قوة قبضة كبيرة لمقاومة القوة المركزية الطارده التي

يسلطها الجسم الدائر على العارضه اما عندما يدور متسابق الدرجات بشكل منحني فستسلط الارض قوة مركزيه جاذبه على اطارات الدراجه اما القوى المؤثره على الدراجة وجسم المتسابق فهي الوزن وقوة رد فعل الارض (شكل17–12) المركبة الافقية لقوة رد فعل الارض (قوة الجذب المركزية) تولد عزم تدوير حول الدراجة ومركز ثقل الدراج وللمحافظه على الدوران باتجاه خارج المنحني فيجب على الدراج ان ينحني الى داخل المنحني وذلك لكي يكون ذراع القوة لوزن الجسم مقارنة بنقطة الاتصال بالارض كبيره وكافية لتوليد عزم دوران معاكس بالاتجاه ومساوي بالمقدار.



(شكل 17–12) مخطط حر لجسم دراج على منحني يشير RH الى قوة الجذب المركزية عندما يكون الدراج متوازنا $(R_H)\ (D_{RH}) = (dwt)\ (Wt)$

الملخص SUMMARY

بينما تتناسب مقاومة الجسم لتعجيله المستقيم مع كتلة الجسم فان مقاومتة للتعجيل الزاوي تكون مرتبطة بكل من الكتلة وتوزيع الكتلة بالنسبة لمحور الدوران . تعرف مقاومة التعجيل الزاوي بقوه القصور الذاتي الكمية التي تجمع كل من مقدار الكتلة وتوزيعها بالنسبة لمركز الدوران ومثلما يكون الزخم الخطي محصلة الخاصية القصورية الخطية والكتلة والسرعة الخطية فسيكون الزخم الزاوي محصلة قوة القصور الذاتي والسرعة الزاوية.

اما في حالة عدم وجود عزوم دوران خارجية فيمكن الحفاظ على الزخم الزاوي ، ويمكن ان يغير جسم الانسان في الهواء السرعة الزاوية الكلية للجسم عن طريق التعامل ببراعة مع قوة القصور الذاتي عند حدوث تغييرات في وضع الجسم بالنسبة للمحور الرئيسي الذي يحدث حوله الدوران ويمكن ان يغير الرياضي الماهر محور الدوران ويبدا بالدوران عندما لا يكون الزخم الزاوي موجودا خلال الطيران ويستند مبدا الاحتفاظ بالزخم الزاوي على الرؤية الزاوية لقانون نيوتن الاول ويمكن ان يعبر عن القانونين الاول والثاني بمصطلحات زاوية عن طريق تبديل قوة القصور الذاتي بالنسبة الى الكتلة وعزم الدوران بالنسبة الى قوة والتعجيل الزاوي بالنسبة للتعجيل المستقيم.

ان القوه المستقيمة التي تؤثر على الاجسام الدائرة هي عبارة عن قوة الجذب المركزية والتي تكون على الدوام متجهه باتجاه مركز الدوران وتعتمد مقدار قوة الجذب المركزية على الكتلة والسرعة او نصف قطر الجسم الدائر وتكون قوة الطرد المركزية والتي تكون موجوده فقط على

شــكل قــوة رد فعــل مســاوية لقــوة الجــذب المركزيــة بالمقــدار وتعاكســها بالاتجاه.

اختبر معلوماتك

1.اختر ثلاثه ادوات رياضيه او الات تستعمل في الحياة اليومية وضح الطرق التي يمكنك فيها تحوير قوه القصور الذاتي لكل اله بالنسبة الى محور الدوران.

2.اكتب قائمه توضح الوحدات الشائعة لقاس كل من الكميات المستقيمة والزاوية للخاصية القصورية الزخم والحافز.

3.وضح لماذا يكون ناتج كتلة الجسم ومربع ارتفاع الجسم مؤشر جيد لقوه القصور الذاتي للجسم .

4.مضرب يزن 1,1 كغم له كميه من القصور الذاتي حول محور دوران القبضة 0.4 كغم .م2 فما هو مقدار نصف قطر الدوران حول المحورالجواب (0,6 م)

5.مامقدر الدافع الزاوي الذي يجب ان تعطيه اوتار الركبة لمرجحة الساق في 8 نق /ث للوقوف اذا علمت ان قوة القصور الذاتي للساق هو 0,7 كغم ،م2 ؟ الجواب 5,6 كغم .م2 /ث)

6.بوجود قوة القصور الذاتي لمحور مستعرض رئيسي وسرع زاوية،احسب الزخم الزاوي للاعبي الجمباز ادناه ماهي اشكال الجسم التي تمثلها قوى القصور التالية.

	Icg (Kg.m2	rad\s
A	3.5	20.00
B	7.0	10.00
C	15.0	4.67

الجواب / أ=70 كغم .م3 ث

ب= كغم،م2 /ث

ج= 70كغم .م2 /ث

7.ذراع لاعب طائره تزن 3,8 تتحرك بمعدل سرعه زاويه 15 نق /ث في حركه الضرب الساحق فاذا كان معدل قوة القصور الذاتي لذراع الممدوده 45 ،0 كغم /م2 فما هو معدل نصف القطر بمحور الدوران للذراع عند الضرب الساحق (الجواب 35,0 م

8. سباح غطس يزن 50 كغم بوضع مد كامل ونصف قطر كلي للجسم يتناسب مع محورها الرئيسي المستعرض ويساوي 0.45م يترك لوحه الارتقاء بسرعه زاويه 6 نق فما هي السرعة الزاوية للسباحة عندما تتخذ وضع الانطواء خافضة من نصف قطر محور دوران الى 25,0 م2 (الجواب 19,4 نق)

9. في حالة تسليط قوة جذب مركزية على مضرب متارجح للتنس بواسطه يد لاعب وقدارها 40 نيوتن احسب قوة الطرد المركزية المسلطة على اللاعب عن طريق المضرب ؟(الجواب 40نيوتن)

10.نصف قطر محور دوران ساق بالنسبة لمحور الدوران مستعرض على الورك هو 45% من طول الجزء كتله الساق هي 10.5% من كتله الجسم الجسم الكليه الساق هو 23,2 % من طول الجسم الكلي ماهي كميه القصور الذاتي للساق ب النسبة لورك للاناث لكتل الجسم والاطوال التالية.

	الكتله (كغم)	الطول
أ.	60	1.6
ب.	60	1.8
ج.	70	1.6
ء.	70	1.8

الجواب :

أ) = 0,25 كغم .م2

ب) = 0,32 كغم .م2

ج) = 0,30 كغم ،م2

ء) = 0,37 كغم. م2

11. اذا توجب عليك ان تصمم شكل انسان مركب من مجسمات هندسيه بشكل كامل فما هو الشكل المجسم الذي ستختاره باستخدام حافة مستقيمة ارسم شكل الاساسي الذي يجمع الاشكال المجسمة التي اخترتها.

12. كرة تنس تزن 0,68 كغم 2074 ×10 كغم .م2 عندما تضرب بواسطة المضرب فعندما يكون نصف قطر محور دورانها هو2سم.ما هي سرعتها الزاوية؟(الجواب /10نق /ث).

13. ثقل يزن 7.27 كغم يدور سبعة دورات كاملة عند الثانية 2,5 من طيرانة ففي حالة كان نصف قطر محور دورانه 2,54 سم فما هو زخمه الزاوي ؟ (الجواب 0.0817 كغم .م2 /ث)

14. ماهو التعجيل الزاوي الناتج ليد ذراع امامية تزن 1,7 كغم (الساعد) تزن1,7 كغم فعند انثناء الذراع الامامية مقتربة 3سم من محور الدوران في المرفق يولد شد بوزن 10 نيوتن الزاويه هي 90 درجه في المرفق والذراع الامامية ونصف قطر محور دوران اليد 20 سم ؟ (الجواب 4,41 نق /ث2)

15. يتصل وتر عظم الرضفه بعظم الضنبوب بزاوية 20 درجه 3سم من محور الدوران في الركبة فاذا كان توتر الوتر400نيوتن فما هو التعجيل الناتج في الساق السفلي والقدم يوزن 4,2 كغم المذكور نصف قطر محور الدوران وهو 25 سم للساق السفلى/القدم المرتبطة بمحور الدوران في الركبة؟(الجواب 15,6 نق /ث2)

16- مطرقه تزن 7,27 كغم في سلك طوله(ام) تنطلق بسرعه مستقيمه 28م/ث ماهي قوة الطرد المركزيه التي تسلط على الرامي بواسطه المطرقه في لحظة ماقبل الانطلاق ؟ (الجواب 5,7)

17.ناقش تاثير انحدار منحني على ساحة سباق اكتب مخطط لجسم لدعم تحليلك

18.باستخدام البيانات في الملخص (ء) احسب مواقع نصف قطر الدوران لجميع اقسام الجسم بالنسبة لمركز المفصل القريب لطول 1,7 م ؟

19.شاهد اما في الفيدو او من خلال الانجازات اليوميه لرميات تؤدي من قبل منفذ ماهر ومن غير ماهر نسبيا فسر الاختلافات التي تلاحظها في مصطلحات للافكار الموجوده في الفصل.

20. شاهد من خلال الفيديو او من خلال الانجاز اليومي لحركة غطس تجمع الوضع الرمحي للطفر الطويل من مشهد جانبي وضح حركات ذراع القافز وساقيه في الافكار الموجود في هذا الفصل.

21. شاهد فديو او الانجاز اليومي لغطاس مزدوجه لقلبات هوائيه من مشهد جانبي وضح حركات ذراعي الغاطس وساقيه الافكار الموجوده في هذا الفصل.

22. قف على منصه دائرة لذراعين تبعدان 90 درجه مع شريك يدورك بسرعه زاويه معتدله اترك رفيقك وبسرعه لثني ذراعيك من جانب الى اخر امام الصدر كن حذرا كي لاتفقد توازنك اكتب فقره موضحا فيها التغير في السرعه فهل سيكون يكون الزخم الزاوي في الحاله ثابتا.

23. قف على منصه دوراه واستخدم حركه (الهيلاهوب) في الورك لتوليد الدوران وضح كيف سيتولد دوران الجسم الكلي؟

الفصل الثالث عشر

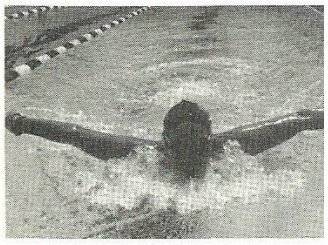
حركه الانسان في وسط سائل

HUMAN MOVEMENT IN A FLUID MEDIUM

بعد اكمال هذا الفصل سيتمكن القارى من :

- ✓ تفسير الطرق التي يؤثر فيها تركيب وخصائص السائل على القوى السائله.
- ✓ معرفه الطفو وتفسير المتغيرات التي تحدد طفو جسم الانسان.
- ✓ تعريف قوة السحب وتشخيص عناصر قوة السحب ومعرفه العوامل التي تؤثر على مقدار كل عنصر؟
- ✓ تعريف قوة الرفع وتفسير الطرق التي يمكن تولدها؟
- ✓ منافشه النظريات التي تتعلق بدفع جسم الانسان عند السباحه؟
- ✓ لماذا يكون هنالك ندبات في كره الكولف ؟
- ✓ لماذا يكون البعض قادرا على الطفو بينما لايتمكن البعض الاخر؟
- ✓ لماذا يركز متسابقي الدراجات، السباحون، متزلجي المنحدرات، متسلقي السرعه اهتماما كبيرا بخط سير اجسامهم خلال المسابقات كل من الهواء والماء.

ان الاوساط سائله تسلط فوق على الاجسام التي تتحرك خلالها بعض هذه القوى يعمل على ابطاء تقدم حركه الجسم والبعض الاخر يعمل على منح الاسناد والدعم او زيادة قوة الدفع بحيث يصبح المفهوم العام لتاثيرات القوى السائله على نشاطات حركه الانسان عنصرا هاما في دراسه حركات الانسان بايوميكانيكيا وختاما فان هذا الفصل يستعرض تاثيرات القوى السائلة على كل من الانسان وحركة المقذوفات.



THE NATURE OF FLUIDS طبيعة السوائل

على الرغم من ان مصطلح سائل Fluidغالبا ما يستخدم في امكانية التغير الداخلي لمصطلح سائل liquid من منظور ميكانيكي فالسائل fluid هو عباره عن أي ماده تميل الى الانسكاب او تغير شكلها باستمرار عندما تتاثر بقوة سطحيه فكل من الغازات والسوائل هي عباره عن سوائل ذات سلوكيات متشابهة.

Relative Motion الحركة النسبية

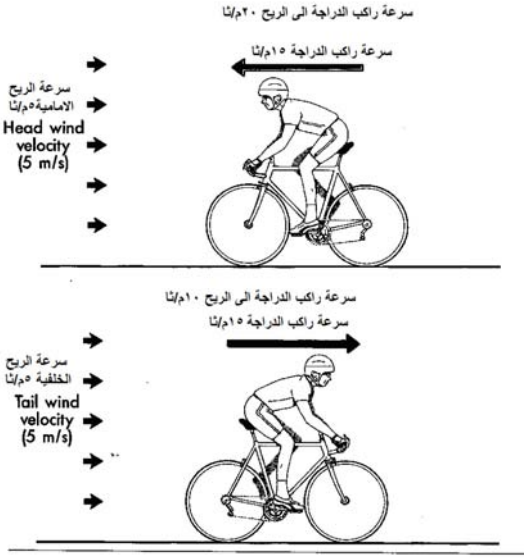
على اعتبار ان الماده السائلة هي عبارة عن وسط قادر على السيولة فان تاثير السائل على جسم يتحرك داخله لايعتمد فقط على سرعة الجسم ولكن يعتمد كذلك على سرعة السائل، اما فيما يتعلق بالغواصين في المياه الضحلة في نهر معتدل الجريان فان كانوا واقفين دون حركه فسيشعرون بقوة الجريان باتجاه سيقانهم، اما اذا كان يمشون ضد اتجاه الجريان، فان قوة الجريان باتجاه سيقانهم ستكون اكثر قوه ،اما اذا كانوا يسيرون في مجري واطئ فان قوة الجريان ستكون قليله وربما لايمكن الشعور بها.

عندما يتحرك الجسم داخل السائل فأن السرعة النسبية للجسم تتأثر بمجموعة من القوى فعندما تكون حركة الماده عكس اتجاه جريان السائل فسيكون مقدار السرعة النسبية للماده جبريا هو مجموع مقدار سرعتها وسرعة السائل(شكل1-13).اما عندما يكون اتجاه حركة الماده في نفس اتجاه السائل الذي تسير فيه فسيكون مقدار السرعة النسبية هو الفرق في مقادير سرعتي المادة والسائل، بعبارة اخرى تكون السرعة النسبية للجسم والسائل هي طرح سرعة السائل من سرعة الجسم (شكل2-13).

Laminar versus turbulent Flow طبقات الجريان المضطرب

عندما تتحرك مادة مثل "يد الانسان او مجداف قارب" (الكانوي) في الماء فسيكون هناك اضطراب بسيط ظاهري في الماء المحيط باليد او الزورق وعندما تكون السرعة النسبية المرتبطة بالسائل المحيط قليلة اما عندما تكون السرعة النسبية للحركة داخل الماء عالية فستحدث الموجات وستظهر الدوائر فوق الماء.

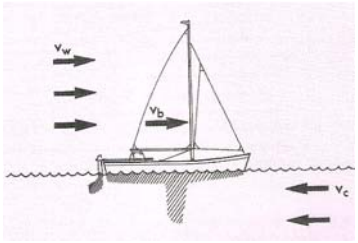
- ✓ الهواء والماء عباره عن سوائل تسلط قوى على جسم الانسان.
- ✓ ان لسرعة الجسم المرتبطة بالسائل تاثير على مقدار القوى المسلطة من السائل على ذلك الجسم.
- ✓ السرعة النسبية Relative Velocity :هي عبارة عن سرعه الجسم بالتناسب مع سرعة أي جسم اخر كسرعة السائل المحيط بذلك الجسم.



شكل (1-13) تكون السرعة النسبية للجسم المتحرك نسبة الى السائل متساوية لحاصل طرح سرعة الريح من سرعة الجسم.

عندما يتحرك شيئ او ماده بسرعة بطيئة في أي وسط سائل سيطلق على هذا السائل القريب بالجريان التموجي او الجريان الطبقي ويتميز الجريان التموجي بظهور طبقات هادئة من جزيئات السائل احدها موازيه الى الاخر.

شكل 2-13 يبحر زورق بسرعة مطلقة مقدارها 3م/ث مقابل مجرى ماء بسرعه 0,5م/ث وريح خفيفة 6م/ث فما هي سرعه الجريان المتعلقة بالزورق وماهي سرعة الريح المتعلقة بالزورق؟



المعلوم

س= 3م/ث

س2 = 0,5 م /ث

س ج = 6 م/ث

الحل ان سرعة الجريان المرتبطة بالزورق تكون مساوية لطرح السرعة الكلية للزورق من السرعة الكلية

س= (0,5 م/ث) – (3م/ث)

س = 2,5 م/ث

سرعة الجريان للزورق هي 2,5 م/ث بالاتجاه المعاكس لاتجاه سرعة جريان الماء

ان سرعة الريح بالنسبة للزورق مساوية لحاصل طرح سرعة الزورق من سرعة الريح

س = (6 م/ث)- (3 م/ث

س = 3 م/ث

ان سرعة الريح بالنسبه للزورق هي 3م/ث بالاتجاه المعاكس الذي يبحر به الزورق.

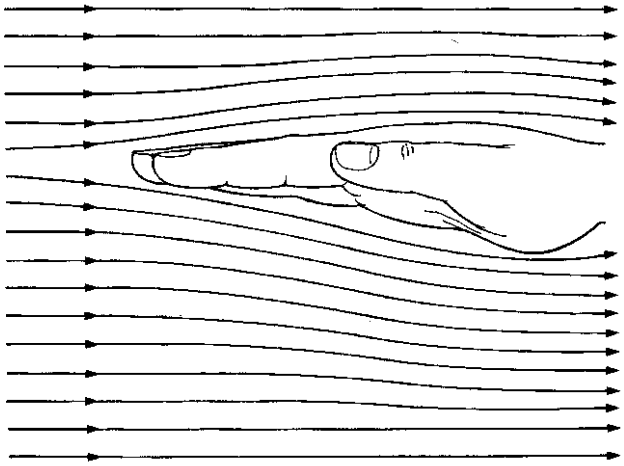
عندما تتحرك ماده بسرعة نسبية الى الماء المحيط فستختلط طبقات السائل القريبة من سطح المادة ويطلق على هذا الجريان (المضطرب).

ان السطح الاكثر خشونه هو السطح الاقل الذي يتسبب في حدوث اقل سرعة نسبية والاضطراب والجريان الطبقي والجريان المضطرب هما عبارة عن

انواع بارزة ففي حاله حدوث أي اضطراب فلن يكون هنالك جريان طبقي اما طبيعة جريان السائل المحيط بايه ماده فيمكن ان تتاثر بشكل كبير بالقوى المسلطة على المادة.

خصائص السائل Fluid Properties

هنالك عدة عوامل تؤثر في مقدار القوى التي يعمل على توليدها السائل وهي كثافة السائل ،الوزن المحدد، اللزوجة مثلما نوقش في الفصل الثالث تعرف الكثافه (أ) على انها كتلة / الحجم ،اما نسبة الوزن الى الحجم فتعرف بالوزن المحدد (r)



(شكل 3-13)Laminar flow :يتميز الجريان الطبقي بطبقات هادئه ومتوازيه من السائل

ان وسط السائل الاكثر والاثقل المحيط بالجسم هو الوسط الذي يسلط اكبر مقدار من القوى السائل عليه اما بالنسبة لخاصية اللزوجة لسائل فتستلزم مقاومة داخلية للسائل الجريان.

حيث ان اكبر مقدار لمقاومة تيار سائل بقوة معينة تعني اكبر لزوجة لذلك السائل فعلى سبيل المثال العسل الاسود هو اكثر لزوجة من سائل العسل،

فلزوجة السائل الزائدة تتسبب في زيادة القوى المسلطة على الاجسام المعرضة الى السائل.

يؤثر الضغط الجوي على كثافة السائل والوزن المحدد واللزوجة بكتلة عالية مركزه في وحدة معينه من حجم سائل في اعلى ضغط جوي واوطا درجة حرارة ونتيجة لزيادة الحركة الجزئية في الغازات ترتفع مع درجة الحرارة فان لزوجة الغازات بدورها ستزداد كذلك فان لزوجة السوائل ستنخفض مع ارتفاع درجة الحرارة نتيجة انخفاض لزوجة القوى بين الجزيئات،الكثافات،اواللزوجة للسوائل الشائعة موضحة في القائمه(1-13).

قائمه 1-13 الخصائص الفيزيائية التقريبة للسوائل الشائعة

السوائل	الكثافة(كغم/م3)	الوزن المحدد(ن/م3)	اللزوجة(ن ث/م3)
الهواء	1.2	11.8	0.000018
الماء	998	9.790	0.0010
ماء البحر	1.026	10.070	0.0014
اثيل الكحول	799	7.850	0.0012
الزئبق	13.550	133.000	0.0015

BUOYANCY الطفو

Characteristics of the Buoyant Force مميزات قوة الطفو

الطفو: عباره عن قوة السائل التي تاثر دائما الى الاعلى عموديا وقد حددت العوامل التي تحدد مقدار قوة الجسم الطافي عن طريق اليوناني (ارخميدس) حيث اشار مبدا ارخميدس الى مقدار قوة الطفو المؤثرة على جسم معين مساوية الى مقدار السائل المزاح من قبل الجسم اما العامل الاخر فيحسب عن طريق ضرب الوزن المحدد للسائل بحجم قسم من الجسم المحاط بالسائل وتحسب قوة الطفو (fb) على انها حاصل الحجم المزاح من السائل (vd) والوزن المحدد للسائل (R) .

FB =VDR

فعلى سبيل المثال اذا كانت كره الماء بولو بحجم 0.2 م3 تنغمر في الماء بدرجة 20 فان قوة الطفو المؤثرة على الكره ستكون مساويه لحجم الكره مضروب بالوزن المحدد للماء للماء بدرجة 20

Fb =var

fb= (3م0,2) (7,979)

fb = نيو 1958

ان الكثافة الاكبر المحيطة بالسائل هي عباره عن اكبر مقدار لقوة الجسم الطائف وبما ان ماء البحر تعتبر اكثر كثافه من الماء الصافي فان طفو ايه ماده سيكون اكبر في ماء البحر عنه في الماء الصافي ولان مقدار قوة الجسم العائم مرتبطة بشكل مباشر لحجم الجسم العائم فستكون النقطة التي ترتكز فيها قوة الجسم العائم هي مركز حجم الجسم العائم والتي تعرف ايضا بمركز الطفو اما مركز الحجم فهو النقطة التي يكون حولها حجم الجسم موزع بالتساوي في جميع الاتجاهات.

الطوف (العوم) Flotation

تعتمد عملية طوف الجسم في أي وسط سائل على العلاقة بين طوف الجسم ووزنه فعندما تكون قوى الجسم العائم ووزنه هما القوتان الوحيدتان اللتان تاثران على الجسم ومقداريهما متساوي:فان الجسم سيطوف بحالة ساكنة دون حركة استنادا الى مبادئ التوازن الثابت او الساكن اما عندما يكون الوزن اكبر من قوة الجسم العائم فان الجسم سيغطس متحركا الى الاسفل باتجاه محصله القوة.

ان معظم الاشياء تعوم بشكل ثابت وتكون غاطسة في الماء جزئيا اما حجم الشيئ المطلوب لتوليد قوة طوف مساوية لوزن الشيئ هو حجم الجسم الغاطس.

طوفان جسم الانسان Flotation of the Human Body

من الناحية البيوميكانيكية فان العوم او الطوف هو الاكثر اهمية بما يرتبط ببناء الجسم الانسان فوق الماء فبعض الاشخاص لا يستطيعون العوم بوضع غير متحرك وغيرهم يمكن ان يطوفوا بجهد بسيط والاختلاف في امكانية العوم يكمن في وظيفة وعمل كثافه الجسم وبما ان كثافة العظم والعضلة تكون اكبر من كثافة الدهن او الشحم فان الاشخاص اصحاب العضلات والذين لديهم شحم قليل في الجسم يمتلكون معدل عالي من كثافات اجسامهم اكبر من الافراد الذين لديهم قلة في العضلات اي اقل كثافة في العظام او ذوي الاجسام الشحمية فاذا كان هنالك شخصان لهما نفس الحجم فالشخص الذي يمتلك كثافه جسم اكبر سيكون وزنه اكبر اما اذا كان هنالك شخصان لهما نفس الوزن فالشخص الذي له كثافة جسم اعلى سيكون له حجم جسم اصغر ولحدوث العوم يجب ان يكون حجم الجسم كاف بشكل كبير لتوليد قوة عوم اكبر او مساوية لوزن الجسم(شكل

4-13).الكثير من الاشخاص يمكنهم العوم يستنشقون كميه كبيره من الهواء في الرئتين وهذا التكنيك يساعد في زيادة حجم الجسم دون حدوث تغير في وزن الجسم بشكل جزئي.

يحدد معدل انحراف الجسم العائم عن طريق الموقع التقريبي لمركز جاذبية الجسم الكلية بالتناسب مع حجم مركز الجسم الكلي،اما المواقع الدقيقة لمركز الجاذبية ومركز الحجم فتختلف باختلاف الابعاد الانثروبومترية وتركيب الجسم وبشكل دقيق فان مركز الثقل يكون اسفل مركز الحجم نتيجة الحجم الكبير نسبيا والوزن الصغير للرئتين ولان الوزن يتاثر في نقطة مركز الثقل والعوم على نقطة مركز الحجم فان عزم الدوران المتولد على تدوير الجسم ياخذ مكانه لكي تكون هاتين القوتين المترتبتين بشكل عمودي ويتوقف حدوث عزم التدوير (شكل 5-13).

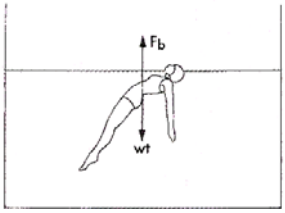
عندما يبدا السباحون بمحاولة العوم على ظهورهم فانهم يستخدمون وضع جسم افقيا عندما يرتخي السباحون فان النهاية السفلية للجسم ستغطس بسبب تأثر عزم الدوران، فالمعلم صاحب الخبرة يحاول حث السباحين اتخاذ وضع اكثر ميلان في الماء قبل الاسترخاء في العوم على الظهر حيث ان هذا الوضع يعمل على تقليل عزم الدوران ونزول الطرف السفلي في الماء.

يمكن للسباح استخدام ستراتجية اخرى لتقليل عزم دوران الجسم عند دخول وضع سباحه الظهر برفع الذراعين فوق الراس وتعمل هذه على رفع موقع مركز الثقل عن طريق تقريبه من مركز الجسم.

شكل 4-13 عندما تستنشق فتاة الهواء في رئتيها 22كغم وبحجم جسم 0,025 م3 ،فهل يمكن لهذا الفتاة ان تطفو في ماء صافي عندما تكون r تساوي 9810 نيوتن/م3؟ مامقدار وزنها وان تبقى قادره على الطوف في الماء.

المعلوم

M =22



V == 0,025

R = 9810

الحل

يظهر مخطط لجسم حر وجود قوتين تؤثران على الفتاة وزنها وقوه الطفو واستنادا الى شروط التوازن الساكن فان مجموع القوى العمودية يجب ان يساوي صفرا للفتاة كي تطفو بوضع ساكن عندما تكون قوة الطفو اقل من وزنها فانها ستغرق اما عندما تكون قوة الطفو مساوية لوزنها فانها ستطفو بالكامل اما عندما تكون قوة الطفو اكبر من وزنها فانها ستطفو جزئيا.

ان مقدار قوة الطفو الماثر على الجسم الكلي هي حاصل حجم السائل المزاح (حجم جسمها والوزن المحدد للسائل).

Fb = vr

Fb = (0,025) (9810)

نيوتن fb = 245

وزن جسمها سيكون مساويا لكتلة جسمها مضروبا بتعجيل الجاذبية

Wt = (22kg) (9,8 m\s2)

= 215,82N

وبما ان الطوف اكبر من وزن جسمها فان الفتاة ستطفو جزئيا في الماء (نعم انها ستطفو).

لحساب الوزن الاقصى الذي يمكن يدعمه حجم الفتاة في الماء الصافي . نضرب حجم الجسم بالوزن المحدد للماء

Wt max = (0,025 m2) (9810 N\m3)

Wt max = 242.25N

قوة السحب DRAG

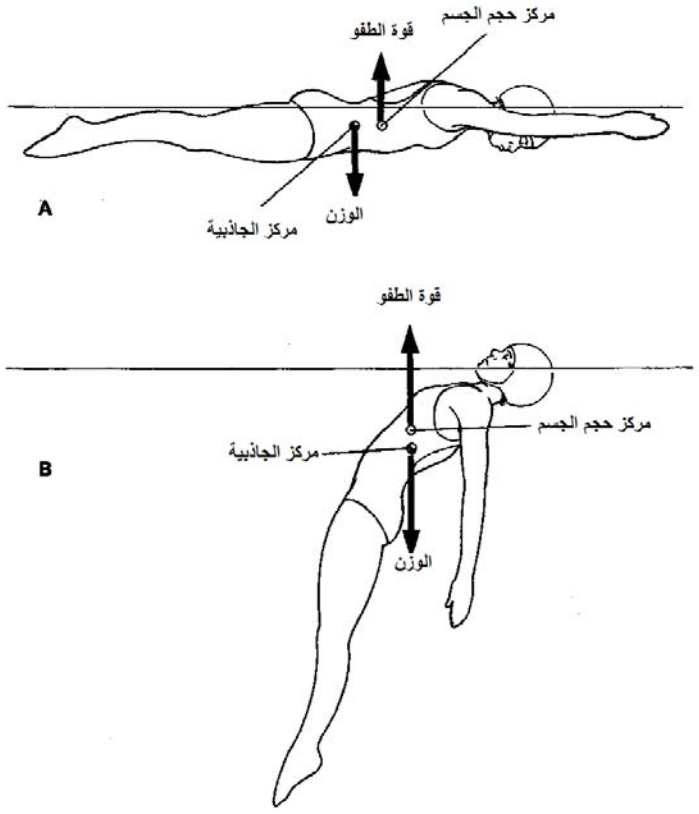
السحب عباره عن قوه تتسبب عن طريق تاثير حركي للسائل والذي ياثر على اتجاه نزول الماء في مجرى حر، على العموم فقوة السحب هي عباره عن قوه مقاومة التي تعمل على ابطاء حركة الجسم المتحرك في الماء.

ان قوة السحب (drag) التي تاثر على الجسم يتحرك في الماء يمكن ان تعرف بالصيغة التالية:

$$FD = 1\backslash 2\ CDPAPv2$$

في هذه الصيغة (fD)هي قوه السحب و (CD) معامل السحب و (P) كثافة السائل و (AP) هومنطقة سطح الجسم العمودية على مجرى الماء و V هي السرعة النسبية للجسم نسبة الى السائل بالنسبة الى معامل السحب فهو عباره عن عدد دون وحده ويستخدم كمؤشر لمقدار قوة السحب لمادة معينة يمكن ان تتولد حجم المعامل يعتمد على شكل وانحراف الجسم بالنسبه الى مجرى الماء وعموما فان معامل قوة السحب في الاجسام ذات الاشكال الانسيابية هو اوطا منه بالنسبة للأجسام ذات (النظامية) الاشكال غير النظامية.

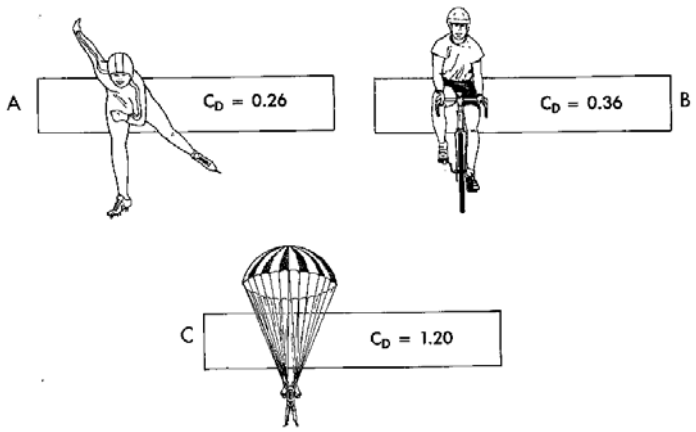
هنالك معاملات قوة سحب تقريبية لجسم الانسان في وضعيات مفترضة في انواع معينة من الرياضة موضحة في (الشكل 15-6)



(شكل 5-13) أ.عزم الدوران يتولد على السباح بواسطة وزن الجسم (مؤثرا على مركز الثقل) وقوه الطفو الى تاثر على مركز الحجم)

ب.عندما يكون مركز الثقل ومركز الحجم بشكل عمودي فيتخلص الجسم من عزم الدوران.

✓ معامل السحب (Coefficient of drag) هو عباره عن عدد بدون وحده وهو عباره عن مؤشر قابليه الجسم على توليد مقاومة الماء.



(شكل 6-13) المعامل التقريبية لقوة سحب جسم الانسان

أ. سحب امامي على زلاج سرعة.

ب. سحب شاقولي على دراجة في وضع مريح. ج. سحب شاقولي على منطاد ساقط مفتوح بالكامل.

تظهر صيغة قوة السحب الكلية الطريقة الدقيقة التي تاثر عندها كل من العوامل المحددة على قوة السحب فاذا بقي معامل السحب وكثافة السائل والمنطقة الظاهرة من الجسم ثابتة فان قوة السحب ستزداد مع مربع السرعة النسبية للحركة ويشار الى هذه العلاقة بقانون المربع النظري واستنادا الى هذا القانون فان ضاعف لاعبوا الدراجات سرعتهم وبقيت العوامل الاخرى ثابتة فان قوة السحب التي تواجهم ستتضاعف اربعة مرات أما تاثير قوة السحب فيصبح اكثر اهمية عندما يتحرك الجسم بسرعة عالية والتي تظهر في انواع من الرياضة كالدراجات، تزلج السرعة ،التزلج على المنحدرات.

كذلك تسبب الزياده والانخفاض في كثافة السائل في تغير قوه السحب ولان كثافةالهواء تنخفض مع زيادة الارتفاع فان العديد من الارقام العالمية سجلت في الالعاب الاولمبيه عام 1968 في (مكسيكو سيتي) وهي مكان يرتفع 2250 م وربما ساهم جزئيا في تقليل مقاومة الهواء المؤثر على المتنافسين.

التوقعات المستندة الى حسابات رياضية تشير الى ان قوة السحب وانخفاضها يعزى الى انخفاض كثافه الهواء في مكسيكو وتسجل 0,08 ثانيه من وقت بالانجاز في عدو 100 م و 0,16 ثانية من زمن السباق في سباق 200م اضافة الى الانجاز الرائع (لبوب بيمون)في الطفر العريض 8,9 م في تلك الالعاب بزيادة 2,4سم في حالة نفذت تلك الوثبة في مكان بمستوى سطح البحر.

في السباحة يشير البحث بان قوة السحب تتباين مع تباين الخصائص الأنثروبومترية للسباح اضافة الى سلسلة الحركات التي يوديها ومنها صفقة الذراع فالسباحون الكبار يميلون الى توليد قوة سحب اكبر منها عند السباحون الصغار اما العداءون فيميلون للتعرض الى قوه سحب اكبر مما يتعرض لها سباحو المسافات الطويلة اضافة الى ذلك يظهر السباحون المهرة قدرتهم على زيادة سرعة السباحة بالتزامن مع محاولاتهم تقليل قوة السحب او اظهار زيادة بسيطة.

واخيرا فان هنالك ثلاثه اشكال من المقاومة تساهم في قوة السحب الكلية اما مركبة المقاومة المهيمنة فتعتمد على طبيعة جريان السائل المتاخم للسائل.

احتكاك الجلد Skin Friction

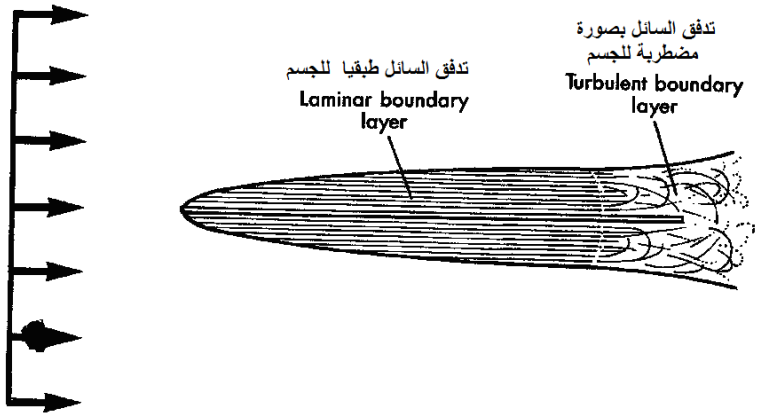
احد مركبات قوة السحب الكلية ويعرف ب (احتكاك الجلد) قوه (سحب السطح) او (قوه سحب اللزوجة) وتكون هذه القوه مشابهه لقوة الاحتكاك الموصوفة في الفصل (12) . وتصدر من الاحتكاكات الانزلاقية بين طبقات السائل القريبة لسطح الجسم (شكل7-13) تكون طبقه جزيئات السائل

القريبة من الجسم المتحرك بطيئه نتيجة الضغط السطحي للجسم المسلط على السائل اما بالنسبة لجزيئات السائل تباعا للطبقة المجاورة اللاحقة فتتحرك بسرعة اقل قليلا نتيجة الاحتكاك بين الجزيئات المجاوره اضافة الى تاثر هذه الطبقة من ناحية اخرى فان عدد طبقات السائل المتاثر تصبح اكبر بشكل متزايد وعندما يتحرك السائل باتجاه الاسفل على طول الجسم ونتيجة لذلك فان المنطقة الكلية التي تكون عندها سرعة السائل كبيرة نتيجة المقاومة السطحية الناتجة عن طريق حد الجسم المتحرك والتي تعرف بالطبقة المتاخمةboundary layer اما القوه المتجهة امام الجسم المسلطة على السائل والتي تعمل على توليد الطبقه المتاخمة فتسبب في توليد قوه رد الفعل والتي تسلط عن طريق السائل على الجسم وتعرف قوة رد الفعل هذه والتي تتجه الى الخلف ب(قوة احتكاك الجلد).

قوة رد فعل المتجهة الى الخلف تعرف بـ" احتكاك الجلد ".

هنالك عدة عوامل تاثر على مقدار قوه سحب احتكاك الجلد فهي تزداد تناسبا مع الزياده في السرعه النسبيه لتدفق السائل وفيها مساحه سطح الجسم الذي يحدث فوقه الجريان وخشونة سطح الجسم ولزوجة السائل اضافة الى احتكاك الجلد وهو على الدوام واحد من العناصر قوة السحب الكليه التي تاثر على الجسم المتحرك بالتناسب مع السائل وهذا هو الشكل الاساسي لقوه السحب الموجوده عندما يكون تدفق السائل طبقا (Laminar)

- ✓ احتكاك الجلد Skin frication :قوه سحب السطح وقوة سحب اللزوجة
- ✓ تشتق المقاومة من الاحتكاك بين الطبقات المجاوره للسائل القريب من الجسم المتحرك داخل الماء.
- ✓ الطبقة المتاخمة (Boundary layer) طبقة السائل المحاذية بالحال الى الجسم.



شكل 7-13 طبقة حد السائل لصفيحة مسطحة موضحة من مشهد جانبي تصبح طبقه الحد (laminar) تدريجيا اكثر سمكا عندما يتدفق على طول الصفيحة.

هنالك عامل اخر اضافة الى ما ذكر وهو قابلية الرياضي على تغير الخشونة النسبية لسطح الجسم فيمكن الرياضيين ارتداء الملابس الضيقة المصنوعة من النسيج رقيق على عكس ارتداء للملابس الفضفاضة المصنوعة من نسج خشن،فتنخفض قوة السحب بنسبه 10% عندما يرتدي زلاج السرعة قميص املس كنقيض للملابس القطنية وارتداء الدراج النوع المناسب من الملابس يمكن ان يعمل على تقليل مقاومة الهواء بمقدار 6% بضمنها الاكمام والاربطة اضافة الى الاغطية الرقيقة فوق الاحذية، وغالبا ما يقوم السباحون الذكور ومسابق الدراجات حلاقة شعر اجسادهم لتقليل من احتكاك الجلد وهنالك عامل اخر يؤثر على احتكاك الجلد والذي يمكن ان يتغير في بعض الظروف وهو مقدار منطقة السطح والتي تكون في حالة احتكاك مع السائل اما كمية حمل متسابق اضافي في سباق التجديف فيمكن ان تسبب زيادة في المنطقة السطحية المبللة وذلك لان الوزن المضاف كنتيجة لزيادة قوة سحب احتكاك الجلد سيكون كبيرا.

قوة الضغط From Drag

يطلق على المركبة الثانية لقوة السحب الكلية المؤثرة على الجسم المتحرك داخل سائل بقوة الضغط والتي تعرف كذلك بقوة سحب الجاذبية وهي عبارة عن مركبة واحدة من قوة السحب على الجسم المتحرك في السائل فعندما تكون الطبقة المتاخمة لجزيئات السائل بعد سطح الجسم المتحرك مضطربة فستكون قوة الضغط هي السائده وهي القوه المساهمة الرئيسية لقوة السحب الكلية في حركات الانسان وحركات المقذوفات.

عندما يتحرك جسم في وسط سائل بسرعة كافية لتوليد جيب هوائي مضطرب خلف الجسم فسيحدث فقدان للتوازن في الضغط المحيط بالجسم (ضغط تباييني) pressure differential (شكل 8-13)

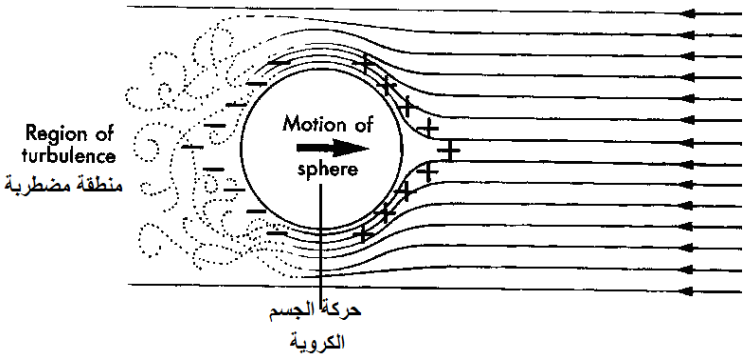
في نهايه التيار العلوي من الجسم عندما تلتقي جزيئات السائل براس الجسم فستتشكل منطقه من الضغط العالي نسبيا اما في نهايه المجرى السفلي من الجسم في المكان الذي يكون فيه الاضطراب موجودا فستتولد منطقة من الضغط الواطئ نسبيا ومتى ما حدث (الضغط التبايني) فستكون هنالك قوة متجهة من منطقه الضغط العالي الى منطقة الضغط الواطئ.

فعلى سبيل المثال المكنسة الكهربائية تعمل على توليد قوة امتصاص لان منطقة الضغط الواطئ نسبيا (الفراغ النسبي) سيظهر داخل تجويف المكنسة وهذه القوة تكون متجه من امام الى خلف الجسم في حركة نسبية داخل السائل مكونة شكل قوة السحب from drag.

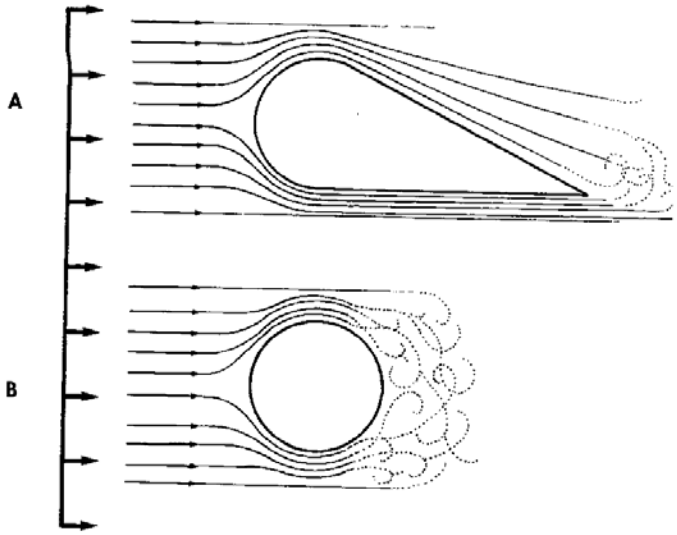
هنالك عدة عوامل تأثر على قوة السحب ومنها السرعة النسبية للجسم وبالنسبة للسائل ومقدار انحدار الضغط الموجود بين النهاية الامامية والخلفية للجسم وحجم المساحة السطحية والتي تتمد بشكل عمودي على مجرى السائل . ان كلا من الضغط التدرجي ومقدار المساحة السطحية العمودية على مجرى يمكن ان يكونا منخفظين لتقليل اثر قوة الضغط المشكلة على جسم الانسان فعلى

سبيل المثال يمكن ان يعمل المجرى الخطي فوق شكل الجسم على تقليل مقدار انحدار الضغط اضافة الى ذلك فان المجرى الخطي يمكن ان يقلل من كمية الاضطراب المتولد ومن ثم يعمل على تقليل الضغط السلبي الذي يتولد خلف الشئ او الماده) اما عند اتخاذ وضع اكثر انحناء في الجسم فيمكن ان يودي الى تقليل مساحه سطح الجسم البارز عموديا على مجرى السائل.

شكل ونوعية الملابس تساعد
على تقليل الاحتكاك مع الجلد



(شكل 8-13) تتولد قوة الضغط من الامتصاص مثل القوة المتولدة بين منطقه الضغط الموجب (الايجابي) على حافه الجسم الاماميه ومنطقة الضغط السالب (السلبيه) على حافه الجسم الخلفيه عندما تكون المنطقة مضطربة.

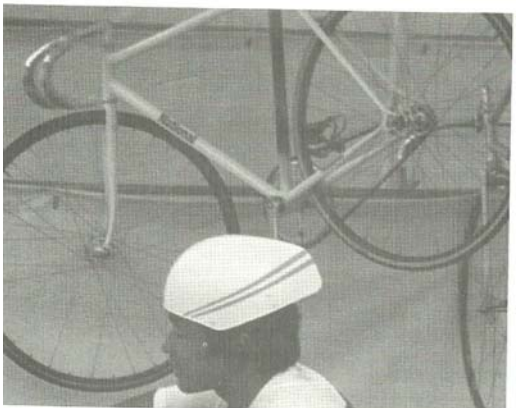


(شكل 9–13) يكون تاثير المسار المستقيم هو في تقليل الاضطراب المتولد في حافة النهاية الخلفية للجسم في السائل

أ. شكل مجرى مستقيم.

ب. كروي

✓ المسار المستقيم للجسم يساعد في تقليل قوة السحب.



مسار خطي (مستقيم) لقبعه سائق دراجه

يتخذ متسابقي الدراجات ومتزلجي الجليد وضع المسار المستقيم بالنسبة لاجسامهم مع اصغر مساحة ممكنة للجسم منحرفة عموديا على مسار الهواء، وبنفس الطريقة سباق السيارات ،هيكل اليخوت وبعض خوذ متسابقي الدراجات تصمم باشكال مستقيمة خطية فالعديد من متسابقي الدراجات يستخدمون عجلات غير مجوفة صلبة تساعد على تقليل قوة واضطراب الهواء افضل من استخدام العجلات المجوفة كذلك فان استخدام قميص التريثلون المبلل يمكن ان يقلل قوه السحب على السباح في سباق (التريثلون) سرعه 1,25 م /ث بقدر 14 %لان تاثير الجسم العائم بقميص مبتل تؤدي بالنتيجة الى انخفاض قوه الضغط على السباح from drag.

طبيعة الطبقة المتاخمة سطحية يمكن ان تأثر بانحدار على سطح الجسم المتحرك في الماء على قوه الضغط عن طريق تأثيرها المتدرج بين النهايتين الامامية والخلفية للجسم عندما تكون طبقة الحد هادئة فان السائل سينفصل عن الحد القريب من النهاية الامامية للجسم مولدا بذلك جيب مضطرب كبير مع ضغط سلبي كبير وبالنتيجة سيتولد قوه سحب كبيره (شكل 10-13).

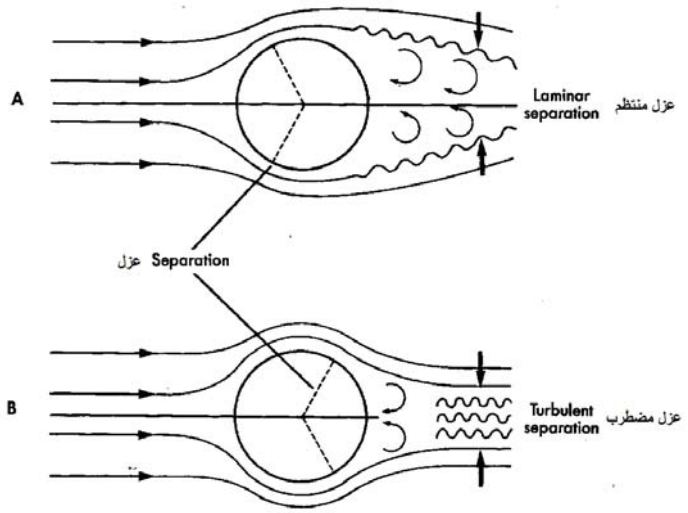
وعلى العكس من ذلك فعندما تكون طبقة الحد المتاخمة(الارتدادية) مضطربة وهائجة فستكون نقطة عزل المجرى قريبة من النهاية الخلفية من الجسم وسيكون الجيب المضطرب اصغر وستكون قوة الضغط الناتجة اصغر ايضا.

تعتمد طبيعة الطبقة المتاخمة (الارتداديه) على خشونة سطح الجسم وسرعه الجسم المتناسبة مع التيار فبينما تزداد سرعة الحركة النسبية لأي ماده ككرة الكولف فستظهر التغيرات في قوة السحب المؤثرة (شكل 11-13) وبينما تزداد السرعة النسبية الى درجة واضحة فسيكون قانون المربع النظري فعالا مع زياده قوة السحب مع مربع السرعه وبعد الوصول الى هذه السرعة الكبيرة تصبح الطبقة المتاخمة (الارتدادية) اكثر اضطرابا وستكبر قوة الضغط لان منطقة

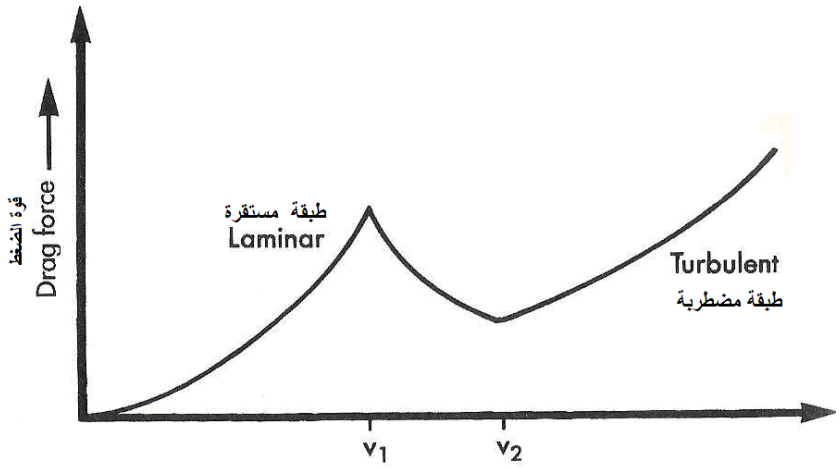
الضغط المنخفض على حافه الكره فيصبح صغيرا وبينما تزداد السرعة فان تاثيرات احتكاك الجلد وقوة الضغط ستكبر مؤدية الى زيادة قوة السحب الكلية.

ان النتوءات في كرة الكولف مصممة بشكل دقيق لتوليد طبقة ارتداديةعلى سطح الكره والتي تعمل بدورها على تقليل قوة السحب على الكره فوق السرعة التي يمكن لكره الكولف ان تتحرك.

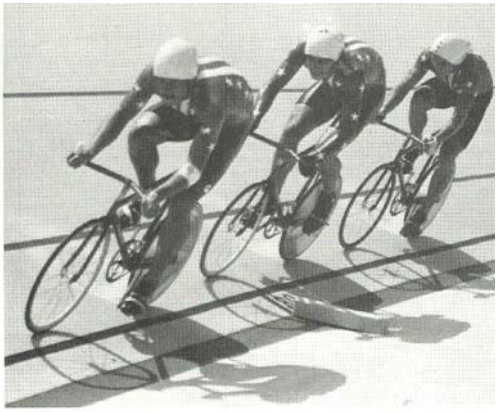
هنالك طريقة اخرى يمكن من خلالها ان تعالج قوة الضغط من خلال عملية السحب ان يكون المتسابق خلف المتسابق بشكل قريب جدا مثلما يحدث في سباق الدراجات او سباق السيارات اذ تعطي هذه العملية فائده في تقليل قوة الضغط على المتسابق الخلف لان المتسابق الاول يستر الحافة الامامية للمتسابق الخلفي من الضغط الزائد باتجاه التيار بالاعتماد على حجم الجيب للضغط المنخفض خلف المتسابق الاول فان عمليه امتصاص القوه يمكن كذلك ان تساعد في دفع المتسابق الخلفي اماما.



(شكل10–13) أ.يؤدي التيار الهادي الى عزل سريع وقوه سحب اكبر مخلفة اثر بالمقارنه مع ب. التيار المضطرب



(شكل11-13) بزياده السحب مع مربع السرعة حتى يكون هنالك سرعة نسبة كافيه (v1) بتوليد طبقه ارتدادية مضطربة وبينما تزداد السرعةv2 مع هذه النقطة ستزداد قوة السحب ثانية

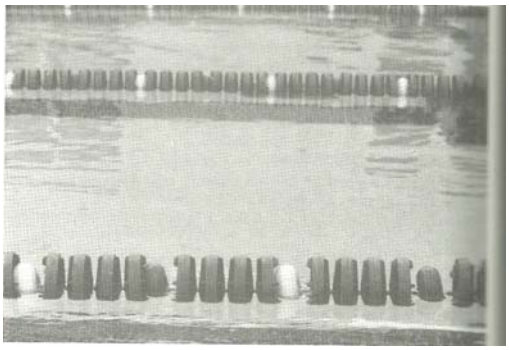


سحب متسابقي الدراجات لتقليل قوه الضغط

قوه سحب الموجة Wave Drag

يؤثر النوع الثابت لقوة السحب في عملية التداخل لسائلين مختلفين .فعلى سبيل المثال في الداخل بين الماء والهواء فعلى الرغم من ان الاجسام التي تغمر في سائل لا تتاثر بقوة سحب الموجه فهذا الشكل من قوة السحب يمكن ان يكون المساهم الرئيسي لقوة السحب الكلية التي تأثر على السباح وبشكل خاص عندما تكون السباحه في مياه مفتوحة فعندما يتحرك جزء الجسم الى الامام قرب او عبر تداخل الهواء والماء فستتولد موجه في السائل ذو الكثافه الاعلى (الماء) حيث تسلط قوة رد فعل الماء تسلط على السباح مكونة قوة سحب الوجه.

الموجة المنحنية المتولدة عن طريق السباح



تصمم خطوط الحارات في احواض السباحه لتقليل تاثير الموجة ،للمساعده في الحصول على اوقات اسرع

يزداد مقدار قوة سحب الموجه مع اكبر حركة علوية وسفلية للجسم ومع سرعة السباحة المتزايدة حيث ان ارتفاع قوس الموجة المتولدة سيزداد امام السباح بالتناسب مع سرعة السباح من ناحية اخرى وفي حدود سرعة معينة يصدر السباحون المهره موجات اصغر من السباحون الاقل مهاره نتيجة استخدام تكنيك افضل في الحركات العليا والسفلى في سباقات السباحة السريعة وتكون قوة سحب الموجة هي المركبة الاكبر لقوة السحب الكلية التي تؤثر على السباح واخيرا فان معظم احواض السباحة تكون خطوط الحارات (المجالات) مصممة لتقليل تاثير الموجة عن طريق تشتيت حركة ماء السطح.

قوه الرفع LIFT FORCE

عندما تؤثر قوى السحب باتجاه مجرى التيار فان هنالك قوه اخرى تعرف بالرفع (lift) وتتولد عموديا على مجرى التيار وعلى الرغم من اسمها يعني رفع (lift)أي انها تتجه عموديا الى الاعلى فانها يمكن ان تتخذ أي اتجاه ويحدد عن طريق اتجاه مجرى التيار وانحراف الجسم اما العوامل التي تاثر على مقدار قوة الرفع اساسا هي نفس العوامل التي تاثر على مقدار قوة السحب.

$$Fl = 1\backslash 2\ c2\ p\ ap\ v2$$

قوة الرفع = ½ معامل الرفع × كثافة السائل × مساحة السطح × مربع السرعة

في هذه المعادلة تمثل fl قوة الرفع وتمثل c2 معامل الرفع pهي كثافة السائل ap مساحة السطح التي يتولد مقابلها الرفع و v هي سرعة الجسم النسبية .

ان العوامل التي تاثر على مقادير قوى السائل التي نوقشت انفا ملخصة في القائمة(2-13)

قائمه 2-13 العوامل التي تاثر على مقادير قوى السوائل

القوة	العوامل
قوة العوم (الطوف)	الوزن المحدد من السائل،حجم السائل المزاح
قوة احتكاك الجلد	السرعة النسبية للسائل،مقدار مساحة سطح الجسم المعرضة للتيار ،خشونة سطح الجسم،لزوجة السائل
قوة السحب	السرعة النسبية للسائل،تباين الضغط بين الحافتين الامامية والخلفيةللجسم،كمية المساحة السطحية العمودية على التيار.
قوة سحب الموجة	السرعة النسبية للموجة،مقدار المساحة السطحية العمودية على الموجة،لزوجة السائل
قوة الرفع	السرعة النسبية للسائل،كثافة السائل،حجم،شكل ،انحراف الجسم .

الشكل الرمحي(المدبب) (foil shape)

يمكن ان تتولد قوة الرفع للجسم المتحرك بواحدة من الطرق التي تمثل باستخدام الشكل foil shape لتكون شبه المدبب (شكل12-13) وعندما يصطدم مجرى الماء بشكل المتجه المدبب ينفصل السائل مع بعض التيار فوق السطح المنحني وبعض التيار المستقيم الى الخلف على طول السطح المسطح في الجانب الآخر، من ناحية اخرى فالسائل الذي ينصب على السطح المنحني سيزداد ايجابيا بالتناسب مع مجرى التيار مولدا منطقة من تيار بسرعة عالية نسبيا.

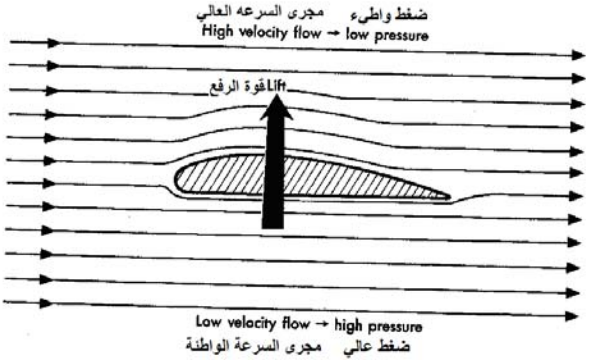
ان الاختلاف في سرعه التيار على الجانب المنحني من الجسم شبه المدبب مقابل الجانب المسطح للجسم يولد اختلافا في الضغط في السائل استنادا الى علاقة المشتقة عن طريق العالم الايطالي (برنولي) واستنادا الى "مبدا برنولي "Bernoulli principle الذي ينص على أن الضغط يقل عندما تزيد السرعة أي تكون مناطق مسار السائل ذو السرعة العالية نسبيا مرتبط بمناطق الضغط الواطئ نسبيا وتكون مناطق التيار ذو السرعة الواطئة نسبيا مرتبطة بمناطق الضغط العالي، وعندها تتولد هذه المناطق بضغطها العالي وضغطها الواطئ على الجوانب المتقابلة للجسم فسينتج قوه رفع تتجه عموديا على الصفيحة المعدنية من منطقة الضغط العالي باتجاه منطقة الضغط الواطئ.

هنالك عدة عوامل تؤثر على مقدار قوة الرفع المؤثرة على الجسم ومنها اكبر سرعه للجسم شبه المدبب بالنسبة الى السائل واكبر ضغط تباييني وقوة الرفع المتولدة اضافة الى ذالك فهنالك عوامل اخرى تساهم في ذلك ومنها كثافة السائل ومساحة السطح في الجانب المسطح للجسم شبه المدبب فعندما يزداد هذين المتغيرين فستزداد قوة الرفع وهنالك عامل اضافي اخر مؤثر ايضا وهو معامل الرفع والذي يشير الى قدرة الجسم على توليد الرفع بالاعتماد على شكل الجسم.

تمثل يد الانسان بشكل الجسم شبه المدبب عندما ترى من منظار جانبي فعندما يدخل السباح يده في الماء فسيتولد قوه رفع تتجه عموديا على راحة اليد حيث يستخدم السباحون في سباحه الايقاعيه حركه تجديف من خلال تحريك اياديهم في الماء بسرعه الى الخلف والامام للمناوره باجسامهم في مواقع مختلفة في الماء.

اما قوة الرفع المتولدة عن طريق حركات التجديف السريعه فيمكن ان تساعد السباحون النخبه في السباحه الايقاعيه في اسناد اجسامهم في وضع مقلوب بساقين ممدودتين تماما خارج الماء.

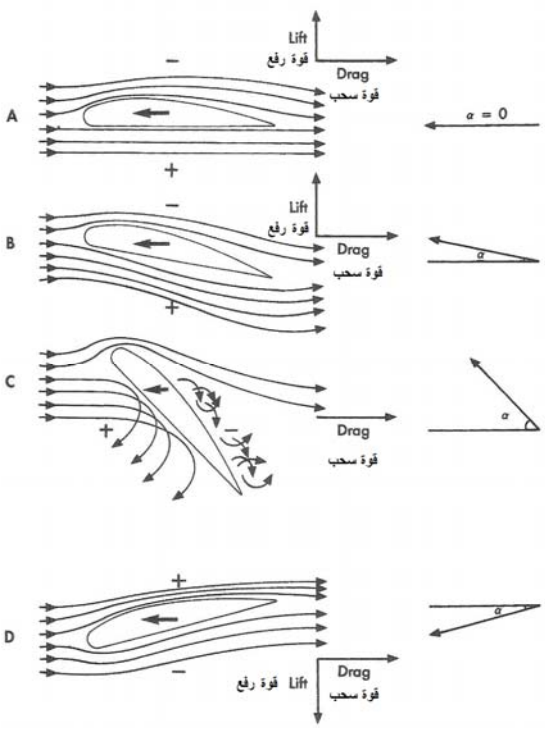
- ✓ مبدا برنولي(Bernoulli principle):عباره عن تعبير عن العلاقة العكسية بين السرعة النسبية والضغط النسبي في مجرى السائل.



شكل 12-13 قوة الرفع المتولده بواسطة الصفيحة تكون تتجه من منطقه الضغط العالي نسبيا على الجانب المسطح للصفيحة باتجاه منطقة الضغط واطئ نسبيا على الجانب المنحني للصفيحة.

ان الشكل الشبيه بالمدبب للمقذوفات كالقرص ،الرمح ،كرة القدم ،عصا الصيد يعمل على توليد بعض من قوة الرفع عندما ينحرف في زوايا دقيقة بالنسبة لاتجاه مجرى التيار، فالمقذوفات الهوائية كالكره او الجلة لاتشبه تماما الشكل المدبب ولا يمكنها توليد الرفع عن طريق ميزه الشكل.

تعتبر زواية انحراف المقذوفات بالنسبه لمجرى السائل (زاوية الشروع) عامل مهم في بدء توليد قوة رفع المقذوفات لاقصى معدلاتها لزيادة معدل الازاحة الافقية ومن ناحية اخرى فان تكون زاوية الشروع الموجبة ضرورية لتوليد قوه الرفع (شكل 17-13)



شكل 13-13 قوة السحب وقوة الرفع صغيرتان بسبب زاويه الشروع

أ) لاتعمل على توليد ضغط تباييني عالي وبشكل كافي عبر السطح العلوي والسفلي للجسم المدبب.

ب) زاويه الشروع التي تعمل على تعزيز الرفع.

ج) عندما تكون زاويه الشروع كبيره جدا لايمكن للسائل ان ينزل فوق السطح المنحني للجسم المدبب ولن تتولد قوة الرفع .

ء) عندما تكون زاوية الشروع دون الشروع الافقية فستتولد قوة الرفع بالاتجاه السفلي .

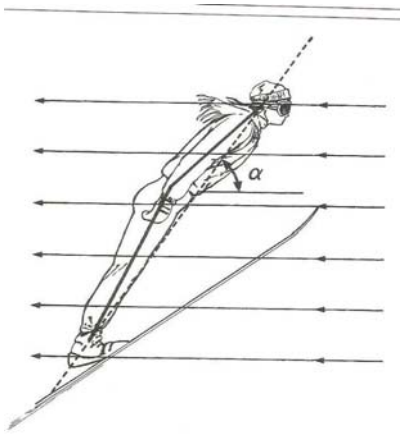
وبينما تزداد زاوية الشروع فان مقدار مساحة السطح المعروضة عموديا على مجرى السائل ستزداد كذلك وبالنتيجة يزداد مقدار قوة الضغط المؤثرة وباستخدام الارتفاع العالي لزاوية الشروع فان السائل لايمكنه المسير على طول الجانب المنحني وان يولد قوة رفع . فالطائرات التي تتخذ ارتفاعات شاهقه يمكنها ان توقف او تفقد ارتفاعها حتى يقلل الطيارون معدل انحراف الاجنحة للمساعدة في قوة الرفع .

لزيادة مسافة الطيران للجسم المرمي كالقرص او الرمح فمن الضروري زيادة قوة الرفع وتقليل قوة السحب اما قوة الضغط فتكون في ادنى مستوى

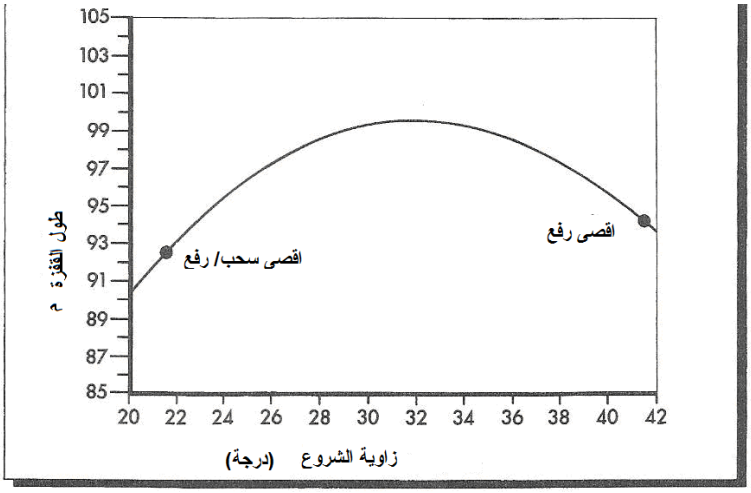
لها.وعندما تكون زاوية الشروع ومقدارها (صفر) وهي زاويه ضعيفه في توليد قوة الرفع فان زاويه الشروع المتوقعة لزيادة المعدل التي تكون عندها نسبه قوة الرفع /السحب في اقصاها فنسبه قوة الرفع /السحب لحركة بسرعة نسبيه 24 م /ث ستتولد بزاوية شروع 10 درجات.

عندما يكون المقذوف هو جسم الانسان فعند اداء القفز ستزداد تاثيرات قوة الرفع بينما تنخفض تاثير قوة السحب فعلى سبيل المثال في فعالية القفز على الجليد يصبح الاداء معقدا جدا ونتيجة للفترة الطويلة نسبيا التي يطير خلالها الجسم فان نسبة قوة السحب الرفع لجسم الانسان تكون مهمة بشكل كبير وتشير البحوث حول فعالية القفز على الجليد بضرورة قيام المتسابق بحني جسمه الى الامام بشكل مسطح بمساحة امامية كبيرة للمساعده في زيادة التعجيل من ناحية اخرى عند الارتقاء في الجزء الاول من الطيران يتوجب على القافزين ان يتخذوا زاوية شروع صغيره لتقليل قوة السحب(14-13) اما في الجزء الثاني للطيران يتوجب عليهم زيادة زاوية الشروع لاقصى قوه رفع.

- ✓ نسبه قوه الرفع / السحب lift drag ratio :وهي كميه قوة السحب مقوسة علي كميه قوة السحب الكلية الماثرة على الحجم في وقت معين.



شكل 14-13 تكون زاوية الشروع هي الزاويه المشكله بين المحور الرئيسي للجسم واتجاه مجرى السائل



شكل 15-13 العلاقه بين طول قفز الجليد وزاوية شروع المتسابق

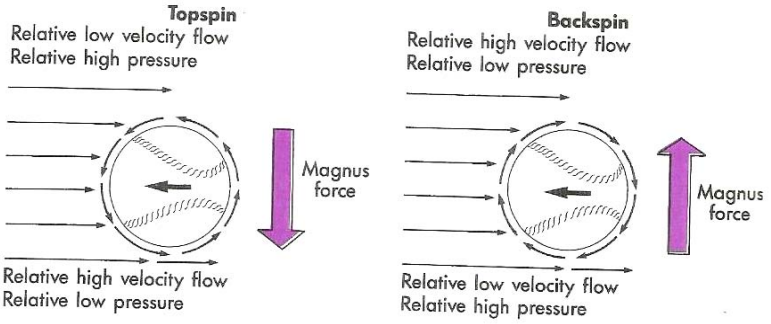
عندما تكون سرعات الارتقاء قليلة مثلما يحدث في سباقات القفز على المرتفعات الصغيرة يتخذ المتسابقون زاويه الشروع بقوة رفع مبكرة جدا عند الطيران وذلك لان تاثير قوة السحب غير كبير.

لاحظ الباحثون الذين درسوا رياضة القفز على الجليد بان اقصى طول للفترة لايظهر قي زاوية انطلاق الجسم لاقصى قوة رفع ولا في زاوية الانطلاق التي تكون عندها زاوية الرفع /السحب في اقصاها ولكنها تظهر فيما بين الاثنين (شكل 15-13) يتكون القفز على الجليد من الارتقاء ،الطيران والهبوط مع وضع الجسم في كل مرحلة وتاثيرها على وضع الجسم خلال المرحلة او المراحل اللاحقة لان تاثيرات وضع الجسم يجب ان تاخذ بعين الاعتبار بهدف الارتقاء بالانجاز ولان التحليل البيو مكانيكي في سباقات القفز على الجليد يكون معقدا جدا.

تاثير ماكنوس Magnus Effect

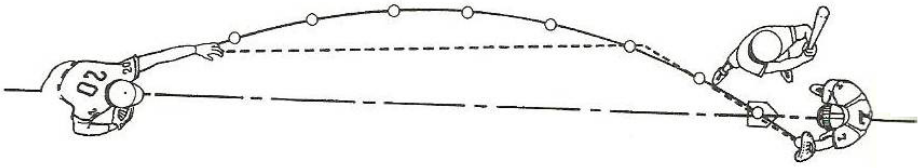
يمكن للمواد التي تدور مغزليا ان تعمل على توليد قوة للرفع فعندما تدور مادة وسط سائل، الطبقه المتاخمة لجزئي السائل المجاور لمادة سوف تدور معه وعندما يحدث هذا ،فان جزيئات السائل على جانب واحد من الجسم الدائر سيصطدم مباشرة بجزء التيار غير المتعرض للتاثير (شكل16-13) وهذا يعمل على توليد منطقة واطئة السرعة نسبيا وضغط عالي ما على الجانب الاخر من الماده التي تدور فان الطبقة المتاخمة ستستمر بنفس اتجاه مجرى التيار وبالنتيجه تعمل على توليد منطقة عالية السرعة نسبيا مع ضغط واطئ. ان عملية التباين في الضغط تولد مايسمى بالقوة العظمى Magnus force وهي عبارة عن قوة رفع متجهة من منطقة الضغط العالي الى منطقة الضغط الواطئ وتاثر هذه القوة على مسار طيران المقذوف مسببة انحرافا متزايدا في اتجاه المقذوف الذي يتحرك بشكل لولبي ويعرف الانحراف تاثر الجذب فعندما ترتطم كره التنس او كره الطاولة بنهاية مدوره فان الكرة ستنزل بصورة سريعة اكبر مما لو كانت بها حافة مدببة فتميل الى الحركة المتذبذبة بين السرعة والبطء فغالبا مايصعب على الخصم ان يعيد الكرة ومن ناحية اخرى فان الزغب الذي يحيط بكرة التنس يمكن ان يولد طبقة متاخمة كبيرة نسبيا من الهواء وحركتها الدورانية وبالنتيجة ظهور تاثير قوة Magnus effect كذلك فان تاثير بقوة يحصل ويحدث من الجانب المدور او المعزلي مثلما يحدث عند رمي الكرة بشكل قوسي (شكل17-13) والترجمه الحديثه للكره التي تسير بشكل قوسي هي الكره التي ترمى بشكل دوراني مسببا طيرانها بمسار قوسي باتجاه الدوران على طول مسار طيرانها ان الكرات التي ترمى بواسطه لاعبي الرمي ذوي المستويات العاليه تتحرك دورانيا ب 27 دوره لكل ثانيه وتنحرف افقيا بمقدار 40 سم فوق اللاعب للحصول على ابعد مسافة رمي .

في عام 1982 تصاعد الاختلاف بين لاعبي البيسبول المحترفين وبين العلماء حول المسار الذي تتخذه الكره المقذوفة بشكل قوسي،اذا ادعى اللاعبون بان مسار الكرة الذي تسلكه الكرة المقذوفة بشكل قوسي كان على امتداد خط مستقيم حتى تصل الى النقطة الحاسمة التي تكسر عندها وتنحني بشكل مفاجئ .



13-16 قوة ماكنوس (Magnus force) تنتج من الضغط التباييني المتولد بواسه الجسم الدوراني.

- ✓ قوة ماكنوس Magnus force : وهي عبارة عن قوة الرفع المتولد عن طريق الدوران.
- ✓ تاثير ماكنوس Magnus effect :هو عبارة عن انحراف في مسار المادة الدائرة باتجاه الدوران ناتجة من قوة المغنطة (Magnus force)
- ✓ ان الكره المقذوفة بشكل دوراني تاخذ مسار باتجاه منحني الدوران.



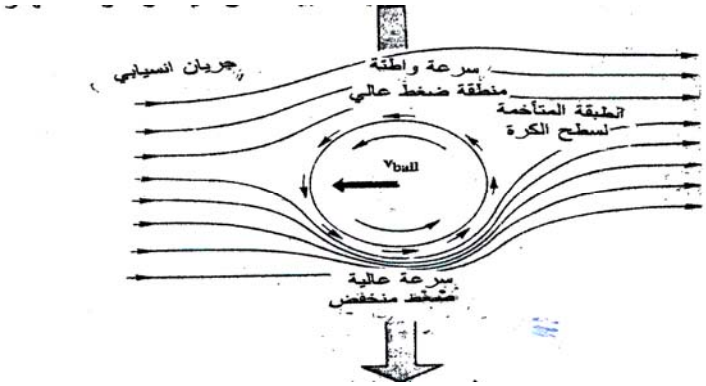
شكل 17-13 تاخذ الكرة ذات الجانب المدبب مسارا قوسيا منتظما نتيجة لتاثير قوة ما كنوس ويظهر الخط المتقطع الوهمي الذي يراه اللاعبون في الساحة.

فقد يتعزز هذا البحث عندما تضاف النهاية الدورانية الى الكرة وذلك لان تاثير القوى العظمى magnus effect للنهاية المدورة سيعمل على زيادة تاثير الجاذبية ومع ذلك فان المسار الحقيقي للكرة المنحنية عبارة عن قوس وثق بفليم شريط ذو سرعة عالية

يستخدم لاعبو كره القدم القوة العظمى للاستفادة في تنفيذ الركلات الحرة لتسجيل اهدافهم (ضربة الموزه banana shot) يمكن تنفيذها عندما يتخذ الضربة دورانها جانبيا على الكرة فيجعلها تتجه بشكل منحني حول الجدار المشكل من قبل الفريق الخصم امام الهدف (شكل 18-13) يكون تاثير قوة ماكنوس في اقصاه عند مايكون محور الدوران عموديا على اتجاه سرعة السائل المعتدلة حيث تصمم مضارب لعبة الكولف لتعطي دورانا خلفيا للكره المقذوفة وبالنتيجة توليد قوه ماكنوس تتجه الى الاعلى وذلك مايعمل على زيادة زمن الطيران ومسافة الطيران (شكل 19-13) فعندما تضرب كره الكولف جانبيا سيتولد الدوران حول المحور العمودي كنتيجة لحصول قوة عظمى منحرفه جانبيا تؤدي الى انحراف الكره عن مسارها المستقيم عندما تدور الكره دورانا خلفيا ودورانها جانبيا في التاثير الناتج "لقوة ماكنوس "على مسار الكره سيعتمد على انحراف محور الدوران الكره الناتج بالنسبة لمجرى الهواء وعلى السرعة التي تطلق بها الكره فعلى سبيل المثال عندما تطلق كره الكولف جانبيا تعرف شعبيا (باكلاب) (الى اليسار) او الشريحة الى اليمين فستتخذ الكره في هذه الحاله مسارا منحنيا الى جانب واحد.

العديد مِنْ عشاق كرة القدم سَيَتذكّرونَ الركلة الحرّةَ التي ركلت مِن قِبل البرازيلي (روبيرتو كارلوس) في نهائيات كاس العالم في فرنسا صيف 1998 حيث وُضعت الكرة على بعد 30 مترا مِنْ الهدفِ الذي يقف أمامه جدار مؤلف من خمسة لاعبين، ركل كارلوس الكرة في بدايتها إلى اليمين حتى اجتازت حائطَ المدافعين وعلى بعد متران على الأقل مما جَعلَ جامع الكرات الذي يقف على

بعد أمتار مِنْ الهدفِ مستعدا لاستعادة الكرة على أساس إنها خارج الهدف تقريباً و بطريقة سحرية استدارت الكرة على شكل قوّس إلى اليسارِ ودخلت الزاويةَ اليمنى العلياَ للهدفِ وسط دهشةِ اللاعبين و حامي الهدف وأجهزة الإعلام على حدّ سواء وعلى ما يبدو فان (كارلوس) قد تدرب كثيرا على مثل هذه الركلات في ساحةِ التدريب. وأصبحت الحركة عنده آلية في كَيفيةَ عمل قوس الكرةَ بضَرْبها في سرعة معيّنة ومَع دوران معين هو من المحتمل لَمْ، يَعْرفُ الأسس الفيزياوية التي تتحكم بالكرة .



تاثير ماكنوس في ركلة الزاوية

التفسير الأول : للقوس الجانبي قد درس مِن قِبل الفيزياوي الألمانيِ .(ماكنوس) " Magnus" في (1852) " كَانَ في الحقيقة يُحاولُ أَنْ يُقرّرَ لِماذا يُسرّعُ المقذوف بالانحراف (الكرة) إلى جانبِ واحد، لكن تفسيرَه يَنطبقُ على حد سواء في الكراتِ المركولة بشكل مقوّس في كرةِ القدم تقريباً وكذلك في الألعاب الرياضيةِ الأخرى مثل البيسبولِ والغولفِ والكريكتِ والتنسِ على اعتبار ان الكرة التي تُسرّعُ حول محورِها العمودي تؤدي إلى تدفقِ الهواءِ حولها تنحرف الى اليسار اما بالنسبة للضغط الجوي الخارجي يكون أسرع نسبة إلى مركزِ الكرةِ حيث أنَّ محيط الكرةِ يَتحرّكُ في نفس اتجاه التيار الهوائي. هنا الضغط الجوي ينخفض طبقاً لمبدأِ (برنولي) (Bernoulli). يَحْدثُ التأثيرُ المعاكسُ على الجانبِ

الآخرِ للكرةِ بحيث يصبح الضغط الجوي أبطأ نسبة إلى مركزِ الكرةِ، لذا يودي ذالك في احداث فقدان التوازن وبالنتيجة حدوث انحراف في الكرة الى جانب خلال مرحلة الطيرانِ الجسم المقذوف الذي يعرف "تأثير Magnus

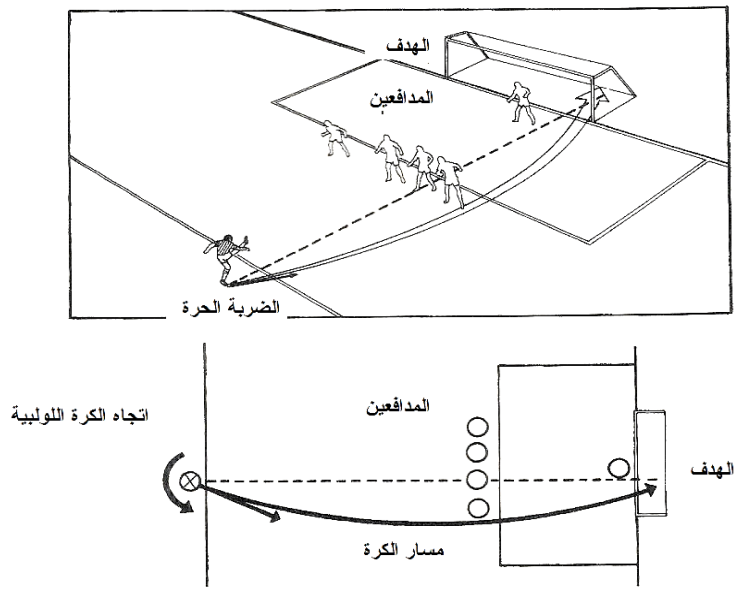
تقسم القوى التي تعمل على تَسْريع الكرةِ التي تَطِير في الهواء عموماً إلى نوعين:

الأول : قوة ميسرة وقوة عائقهِ .إنّ قوةَ الدوران للجانب (sideward) التي هي المسئولة عن تأثيرِ(Magnus) اما القوة المعيقة فتكون بالاتجاه المعاكسِ لاتجاه الكرة .

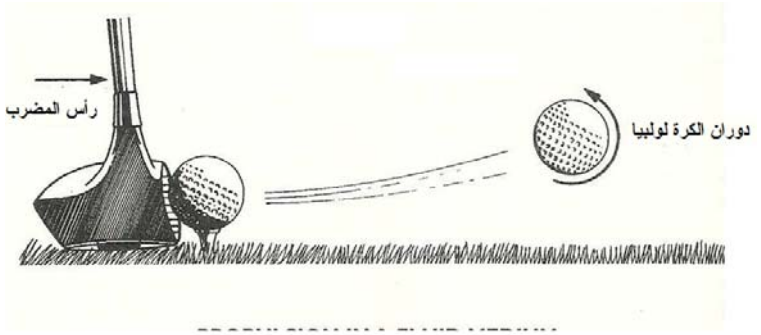
إذا أردنا أن نَحْسبُ القوى المؤثرة او المعيقة في ركل الكرة . على افتراض أنَّ سرعة الكرةِ 25–30 متر بالثانية (حوالي 70 ميل بالساعةَ) والتي تدور من 8–10 دورات بالثّانية. في كرة القدم التي يَجِبُ أَنْ يكونَ كتلتها 410–450 غرام او(4018 – 4410) نيوتن للوزن ، فالكرة المركولة بتعجيل حوالي (8) مترا في الثانية ومنذ لحظة طيران الكره في الهواء لتقطع 30 مترا فان القوة المؤثرة يُمْكِنُ أَنْ تَجْعلَ الكرةَ تَنحرفُ بمقدار 4 أمتار عن الخط الطبيعي لمسار الكرة الطبيعيِ (المستقيمِ.) وهذا كاف للتغلب على مهارة أيّ حامي هدف ومن ثم الدخول للمرمى معلنة تسجيل الهدف .

ان القوة المعيقة على الكرة تزِيدُ بمربعِ السرعةِ على افتراض أنَّ مساحة المقطع العرضي للكرة لا تتغير ويظهر بانها تعتمد أيضاً على سرعةِ الكرةِ.

ونتيجة لذلك فعندما تكون حركة الكرة بطيئة فستواجه مستوى عالي نسبياً من القوة المعيقة. لكن إذا تمكنت أَنْ تَركل الكرةَ سريعا بما فيه الكفايةَ ليكون التيار الهوائي فوقها عاصفُا، فان الكرة تُواجهُ قوة إعاقة صغيرةِ. أي كرة قدم سريعة تشكل مشكلةُ مضاعفةُ لذا فان حامي الهدف لا يفكر فقط في الكرةُ التي تَتحرّكُ في السرعةِ العاليةِ، هو أيضاً لا يَتباطأُ بقدر التوقع. ربما أفضل حماةِ الهدف يَفْهمونَ الفيزياءَ أكثرَ بشكل حدسي اكثر من ادراك ذلك.



شكل 18-13 تؤدي ضربه الموزه (banana shot) في الكره القدم الى كسب الكره دورانا جانبيا

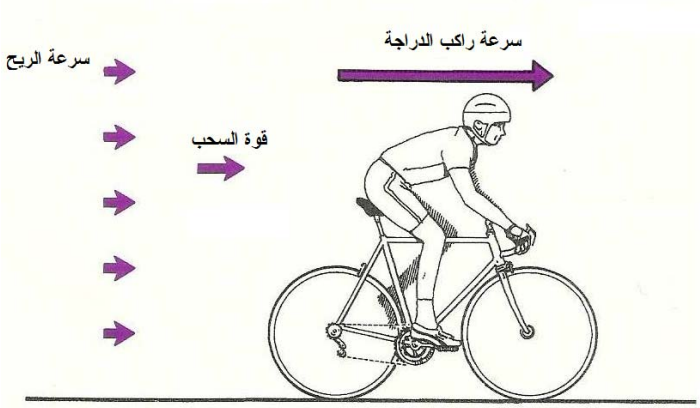


(شكل 19-13) تصمم العلبة في مضرب الكولف لتوليد الدوران الخلفي على الكرة فترتفع الكرة بصوره صحيحه بسبب تاثير ماكنوس

بينما تنزل الريح على راس العداء او متسابق الدراجات عن طريق زيادة قوة السحب المؤثره فيمكن للريح الخلفيه ان تساهم في عمليه الدفع للامام حيث تشير الحسابات النظرية العلمية تشير الى ان الريح الخلفية 2م/ث تعمل على تحسين زمن الركض في سباق – العدو100م) بم يقارب 0,18 ثانية ولذلك تاثر الريح الخلفية على سرعة النسبية للجسم بالتناسب مع الهواء وبالنتيجة تقل قوة سحب المقاومة الماثره على الجسم وبهذا فان سرعة الريح الخلفية الكبيرة من سرعة الجسم المتحرك ستعمل على توليد قوة سحب باتجاه الحركة (شكل18-13) تسمى هذه القوة قوة السحب الدافعة (propulsive drag)

يكون تحليل قوى السائل على السباح اكثر تعقيدا فتاثير قوة سحب المقاومة على السباح اضافة الى القوى الدافعة المسلطة بوسطة الماء في رد فعل حركات اجزاء الجسم عند السباحة تظهر شكلا معقدا من قوة السحب وقوى الرفع في كل دوره ضربة فقد لوحظ بانه حتما بين السباحين ذوي المستويات العاليه هنالك معدل كبير من الاشكال الحركية لضرب الماء وكنتيجة لذلك فقد افتراض الباحثون عده نظريات ترتبط بالطرق التي يستخدمها السباحون داخل الماء لدفع اجسامهم.

- ✓ قوة السحب الدافعة propulsive drag: هي القوة الماثرة باتجاه حركة الجسم



شكل (20-13) قوة السحب الماثره بنفس الاتجاه لحركه الجسم ربما تكون فكره من قوة السحب الدافعه لانها تساهم في سرعه الجسم الى الامام

نظريه قوة السحب الدافعة Propulsive Drag Theory

ان النظرية الاقدم لقوة الدفع في السباحة هي نظرية قوة السحب الدافعة والتي عرفت عن طريق كونسليمان counsilman وسيلفا silvia واستندت على قانون نيوتن الثالث في الحركة واستنادا الى هذه النظرية فعنما تتحرك ذراعي السباح الى الخلف في داخل الماء فان رد الفعل المتجهة الى الامام والناتج عن طريق الماء سيعمل على توليد القوة الدافعة اضف الى ذلك فان النظرية افترضت ايضا بان المركبات الافقية للحركة الخلفية الى الخلف والسفلية للقدم والحركة العلوية والخلفية للقدم المقابلة للقدم ستولد قوة رد فعل متجهة الى الامام من الماء.

اظهرت الافلام عن السباحين المهره في السرعة العالية بان ايدي واقدام هولاء السباحين) تتخذ مسار متعرج (zigzag) على عكس المسار الخلفي المستقيم straight داخل الماء وقد حورت النظرية فافترضت بان هذا النوع من شكل الحركة سيعمل على مساعدة اجزاء الجسم لدفع مقابل السكون او حركة الماء البطيئة بدلا عن الماء المتجه الى الخلف وبالنتيجة تولد قوة سحب دافعه

اكبر ومع ذلك فان قوة السحب الدافعة ربما لا تكون المساهم الرئيسي للدفع في السباحة.

نظريه قوة الرفع الدافعة Propulsive Lift theory

في 1971 افترضت هذه النظريه عن طريق (كونسليمان) واستنادا الى هذه النظرية يتخذ السباحون شكل شبه المدبب لليد باستخدام حركات جانبية سريعة داخل الماء لتوليد عملية الرفع ويقاوم الرفع باستخدام الحركة السفلية لليد وثبات مفصل الكتف والذي يعمل على نقل القوه المتجهة اماما للجسم دافعة اياه خلف اليد.

في عام 1075 عدلت هذه النظرية عن طريق فيبري firby باقتراح اشار الى ان استخدام السباحين لاياديهم واقدامهم كقوى رفع وتغير منتظم في ميلان وانحدار اجزاء الجسم بهدف استخدام الزاوية الاكثر فعالية عند الانطلاق (شكل 13-21)

هنالك عدد من الباحثين انصب عملهم على دراسة القوى المتولده عن طريق اجزاء الجسم عند السباحة فقد تبين بان قوه الرفع تساهم في عملية قوة ونبين ايضا مساهمة وتاثير قوتي الرفع والسحب على امتداد دوره ضرب الماء باليد ان الاسهامات النسبية لقوة الرفع وقوة السحب تتباين مع ضربة اليد للماء ومع شكل الضربة اضافة الى السباح نفسه فعلى سبيل المثال فقوة الرفع هي القوة الرئيسية الماثره في سباحة الصدر بينما تساهم قوة الرفع وقوة السحب بشكل مختلف في اشكال مختلفة من السباحة الامامية (Crawl).

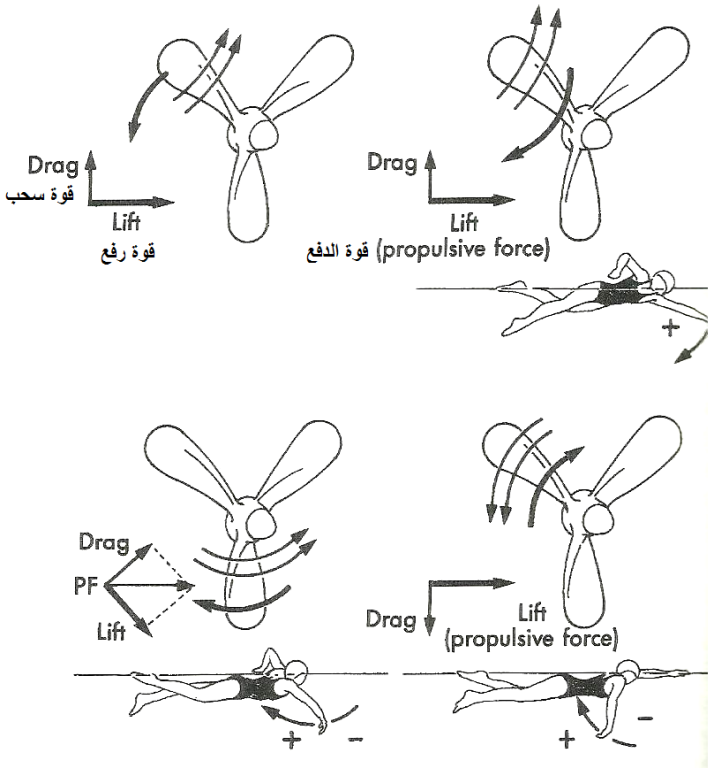
مثلما تكون سرعة الركض ناتج لطول الخطوة ومعدل الخطوة تصبح في السباحة حاصل طول ضرب الذراع للماء (stroke) ومعدل الضربة اما طول الضربة يرتبط مباشر بسرعة السباحة بين السباحين المتنافسين في السباحة.

في انواع السباحة البطيئة يكون السباحون المهره في السباحة الحرة قادرين على المحافظة عل مستويات عالية وثابته لطول الضربة (sl) مع انخفاض متزايد في طول الضربة عندما تزداد شدة التمرين بسبب تعب العضلة من ناحية اخرى فقد لوحظ نفس الظاهره في فعاليات المسافات بانخفاض عام في طول الضربة stroke length وسرعة السباحة على مدار السباق.

يفترض عدد من الباحثين بان سباحي الحره الذين يطمحون الى تحسين الانجاز في السباحة يتوجب عليهم التركيز على استعمال قوه اكبر في الماء عند كل صفقة وذلك لزيادة طول الصفقة كمقابل للسباحة الاسرع بين سباحي الظهر على الرغم من ان القابيلة على انجاز سرعة سباحة عالية تكون مرتبطة بطول الصفقه بمستويات دون القصوية فالسرعة المتزايدة تنفذ عند زيادة معدل الصفقه (sR) وانخفاض طول الصفقه (sL) هنالك ناحيه فنية متباينة من حيث الاهمية في السباحة الحره وهي تكور الجسم ففي احدى الدراسات وجد بان السباحين ذوي المستويات العالية تتكور اجسامها بمعدل يقارب 60 درجة للجانب عديم النفس فقد اتضح بان عملية تكور الجسم مهمة جدا لانها تعمل عل مساعدة السباح باستخدام العضلات القوية الكبيره للجذع اكثر من اعتماد السباح على عضلات الكتف والذراع يتضح من عملية تكور الجسم لتاثيره على مسار اليد داخل الماء بمقدار تاثير في الحركات الجانبية الوسطية للذراعبالنسبة للجذع.

- ✓ نظريه قوة السحب الدافعة وهي النظرية التي تعزو قوة الدفع في السباحة الى قوة السحب على السباح.

- ✓ نظريه قوة الرفع الدافعة وهي النظرية التي تعزو قوة الدفع في السباحة على الاقل جزئيا الى قوة الرفع الماثره على السباح.



شكل 20–13 استنادا الى احدى النظريات فان التغيرات في زاويه انطلاق اليد عند السباحه تساعد اليد في وظيفتها كقوة دافعه

الملخص SUMMRY

ان السرعة النسبية للجسم بالنسبة للسائل والكثافة الوزن المحدد ولزوجة السائل لها تاثير على مقادير القوى في السائل ان قوة السائل التي تساعد الجسم على العوم هي قدرة السائل على ابقاء الاجسام عائمة وحيث تؤثر القدرة على العوم بشكل عمودي الى الاعلى تكون نقطه استخدامها هي حجم مركز ثقل الجسم ومقدارها مساو لحاصل حجم السائل المزاح والجاذبية المحدده للسائل ويطفو الجسم يوضع ساكن فقط عندما يكون مقدار قوة العوم ووزن الجسم متساويان وعندما يكون مركز الحجم ومركز الجاذبية بشكل عمودي.

ان قوه السحب هي قوة السائل التي تاثر في اتجاه مجرى التيار الحر اما احتكاك الجلد فهو عبارة عن مركبة من قوة السحب مشتقة الاحتكاك الانزلاقي بين طبقات السائل القريبة من سطح الجسم المتحرك .

هنالك قوة اخرى وهي قوة الضغط وهي احدى مركبات قوة السحب الكلية تنتج عن طريق التباين في الضغط بين الحافة الامامية والحافة الخلفية للجسم المتحرك بالنسبة للسائل اما قوه سحب الموجة فيمكن ان تحدث عن طريق تشكيل موجات بين سائلين مختلفين مثل الماء والهواء.

الرفع: هو عباره عن قوة يمكن ان تتولد بشكل عمودي على مجرى تيار السائل الحر عن طريق المواد ذات الاشكال شبه المدببة فيمكن ان تتولد قوة الرفع عن طريق الضغط التباييني في السائل على الجوانب المتقابلة للجسم والذي ينتج من الاختلافات في سرعة مجرى السائل اما قوة الرفع عن طريق الشكل المدور فتعرف بقوة ماكنوس اما القوة الدافعة في السباحة فتحدث كنتيجة للحركات المركبة لقوة الرفع وقوة السحب الدافعة.

أختبر معلوماتك

في كل المسائل نفترض بان الوزن المحدد للماء يساوي 9810 نيوتن /م3 والوزن المحدد لماء البحر يساوي 10.070 نيوتن /م3.

1.أحمد يسبح بسرعة مطلقه 1,5 م /ث في نهر يجري بسرعه 0,5 م /ث ماهي سرعه السباح في مجرى النهر عندما يسبح أحمد مباشره لاعلى المجرى ؟مباشره لاسفل ؟ (الجواب /2 م/ث باتجاه اعلى المجرى 1م/ث باتجاه اسفل المجرى)

2. متسابق دراجات سير بسرعه 14 كيلو متر /ساعه بمواجهه ريح معاكسه16 كيلو متر /ساعه ماهي سرعه الريح بالنسبه للدراج ؟ماهي سرعه الدراج بالنسبه للريح ؟ الجواب 30 كيلو/ساعه باتجاه الريح 30 كيلو /ساعه باتجاه الدراج

3. يتحرك متزلج ب 5 م /ث وبسرعة ريح 5,7 م/ث فماسرعه الريح ؟ الجواب 0,7 م/ث

4. رجل يزن 700نيوتن وحجم جسمه 0,08 م3 اذا غطس في مياه نقيه فهل سيعوم الرجل ؟ نذكر حجم جسم الرجل فكم سيزن وهل يبقى الرجل عائما ؟الجواب نعم :78848 نيوتن

5. قارب سباق حجمه 0,38 عندما يطفو في مياه نقيه ماهو عددالاشخاص الذين يزنون 700 نيوتن يمكن للقارب ان يحملهم ؟ الجواب 5

6. مامقدار حجم الجسم اللازم لعوم شخص بوزن 60 كغم في مياه نقيه؟ الجواب (0.066م3)

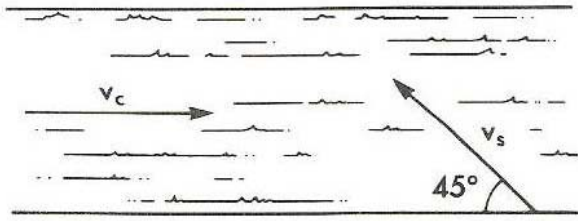
7. وضح متطلبات العوم نتيجه التباين في الوزن المحدد للماء الصافي التي والوزن المحدد لمياه البحر.

8. ماهي الستراتيجية التي يمكن ان يستخدمها الناس في تطوير فرص العوم في الماء ؟وضح جوابك

9. ماهي انواع الافراد الذين يواجهون عوما صعبا في الماء ؟وضح اجابتك

10.متسابق دراجات يواجه ريح معاكسه 12 كيلو / ساعه يسير بسرعه 28 كيلو / ساعه بالنسبه للريح .ماهي سرعه المتسابق المطلقه ؟الجواب/ 16 كيلو/ ساعه

11. سباح يجتاز نهر بسرعه تامه 2,5 م/ث على طريق ينحرف بزاويه 45 درجه لتيار يسير بسرعه 1م/ث باعطاء سرعه كاملة للسباح مساوية لمجموع محصلة سرعة السباح وسرعة التيار ماهو مقدار واتجاه سرعة السباح بالنسبه للتيار ؟ (الجواب 3,3 م/ث بزاوية 32,6 درجة بالنسبة للتيار.



12.ماهو معدل كثافة يمكن ان يستحوذها الجسم للعوم في مياه نقية ؟مياه البحر ؟

غطاس يحمل كامره في حاوية اسطوانية بطول 45 سم (نق 20 سم)بوزن 22نيوتن لتحريك الحاوية تحت الماء ما المقدار الذي يتوجب ان يكون عليه وزن المحتويات ؟ الجواب (120,36) نيوتن.

13.شخص يزن 50 كغم بحجم جسم 0,005 يعوم في وضع عديم الحركة ماهو مقدار حجم الجسم فوق السطح اذا كان الماء صافيا؟ اذا كانت المياه مالحه ؟ الجواب 0,005 م3 _ 0.0063 م3

14.سباح يزن 670 نيوتن ينحرف افقيا في مياه نقية حجم جسمه 0,07م3 ومركز جسم يقع اعلى مركز الثقل ب 3سم .

- ✓ مامقدار عزم الدوران التي يولده وزن السباح
- ✓ مامقدار عزم الدوران الذي تاثر فيه قوة العوم على السباح
- ✓ مالذي يمكن للسباح ان يفعله لمواجهه عزم الدوران والمحافضه على الوضع الافقي ؟ الجواب صفر ،20.6 نيوتن /م

15.بالاعتماد على معرفتك عن تاثير قوى السوائل تامل في سبب عوده عصا الصيد . المقذوفة بصوره صحيحه الى الرامي؟

16.وضح المنافع الهوائية الحركية لقوة السحب على الدراجة او العربة.

17.ماهو التاثير العملي لمجرى التيار الانسيابي ؟ كيف يعمل المجرى الانسيابي على تغير قوى السوائل المؤثرة على الجسم المتحرك ؟

18. وضح لماذا تتخذ الكره مسارا منحنيا ضمن نقاشك عن تاثير الحركة الهوائية للدوران الموجود فوق محيط الكرة على حركتها .

19.قطع كره مجوفة مثل كره التنس او كرة المضرب بالنصف وعوم احد نصفي الكره بحيث يصبح الجانب المقعر الى الاعلى في حاوية ماء اضف تدريجيا ثقل لنصف الكرة حتى تغطس الى الحافة المقطوعة على سطح الماء انقل نصف من الماء ثم احبس نصف قطرها واحسب حجمها ووزن الكرة مع الثقل المثبت في الكرة، باستخدام قياساتك احسب الوزن المحدد في الحاوية ،اعد التجربة باستخدام الماء في درجات حراره مختلفة او باستخدام سوائل مختلفة.

20.ضع حاويه ماء في ميزان واحسب وزنها ،ادخل يدك ،الاصابع اولا داخل الماء حتى يصل خط الماء الى مستوى مفصل الرسغ ،دون الوزن المسجل قي المقياس اطرح الوزن الاصلي للحاوية من الوزن الجديد لقسم الاختلاف بالنصف واضف النتيجه الى الوزن الاصلي للحاوية للوصول الى الوزن المطلوب ارفع يدك ببطء من الماء حتى نصل الى الوزن المطلوب اشر على مستوى الماء على يدك مالذي يمثله هذا الخط ؟

21.حدد كيف تفعل هذه الطريقه في التمرين المختبري رقم (20) لوضع مستوى يمر داخل مركز حجم الذراع الاماميه افحص طريقتك للتاكد من صحتها.

22.باستخدام ساعه ايقاف احسب وقت صعودك السلم الدوراني المتحرك اما ان تحسب او تخمن طول السلم وتحسب سرعه السلم مره ثانيه وباستخدام ساعه

الايقاف احسب زمن صعودك السلم راكضا ثم احسب سرعتك بالمقارنه مع سرعه السلم؟

23. استخدم مروحه مختلفه السرعة وقياس ارتدادي(نابض) لتشكيل نفق هوائي صوري ثم ثبت المروحة كي تضرب هوانها بشكل عمودي الى الاعلى ثم علق مقياس النابض من الذراع الصلبة فوق المروحة.
يمكننا استخدام هذه الالة لفحص قوه السحب النسبية على مواد مختلفة معلقة من هذا المقياس الميزان لاحظ بان قوة السحب النسبية بين المواد المختلفة يمكن ان تتغير مع التغير في سرعة المروحة .