

البايوميكانيك الرياضي

أ.د غفار سعد عيسى

أستاذ مادة البايوميكانيك

جامعة واسط

أ.د أياد عبد الرحمن

أستاذ مادة البايوميكانيك

جامعة المثنى

٢٠٢٢ م

١٤٤٣ هـ

الكتاب البايوميكانيك الرياضي

تأليف أ.د اياد عبدالرحمن و أ.د غفار سعد عيسى

الطبعة الاولى ٢٠٢٢ م

المطبعة الميزان / النجف الاشرف / حي عدن

الرقم الدولي

4-3-9763-9922-978

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد (٦٧٧) لسنة ٢٠٢٢ م

جميع الحقوق محفوظة للمؤلفين

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ
أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا
تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ.

صدق الله العظيم

سورة المجادلة

الآية (١١)

الاهداء

الى كل من يبحث عن العلم ليجده بين يديه ...

قنديلا ينير بعض الظلام لديه ..

اقول ..

انهل من العلوم حتى ترتوي فالعلم لا ينفذ مادام هنالك
من يبحث عليه

البايوميكانيك

المقدمة

تساعد الدراسة المستفيضة التي تعتمد على التجارب العلمية الحديثة التوصل الى نتائج دقيقة وتقدم انسب الحلول واقربها الى المادة المراد دراستها وتعد الدراسات التي تحوي قوانين العلوم المختلفة والتي تطابق مجمل العمل من العلوم التي تتطلب اعادة النظر في حساب مفردات الحياة اليومية حيث يتم على ضوءها توظيف الطاقات وتنظيمها وتوجيهها لتساهم في راحة الانسان.

ان تعدد مظاهر الحركات الرياضية تطلب ظهور تخصصات مختلفة في العلم نفسه فمنها المظاهر الكمية للحركة كسرعتها وقوتها ودفعها او المظاهر النوعية كإتسايية الحركة ومرونتها واختلفت طرائق البحث في المجال الرياضي وظهر الابطال وانتقلت المنافسة من الرياضيين الى العلماء والباحثين فاخذو يقارنون الحركات التي تتشابه في ناحية معينة او تختلف فيها وابتكرو الاجهزة الميكانيكية والكهربائية واصبحت لكل دولة اسرارها ونظرياتها ، وتمكنت نخبة من الشباب ادراك هذا العلم للاستزاده والتخصص فيه ولعل مقارنة بسيطة للارقام العالمية في الدورات الاولمبية او البطولات العالمية تكشف مدى التقدم في مقدرة الباحثين واستمرارية تطور المستويات الرياضية .

أصبح الوصول الى الانجاز سهلا ويسيرا باتباع النصائح التي قدمتها تلك العلوم ومنها علم البايوميكانيك الذي ربط حركات الانسان بشروطه الفلسجية مركزا اهتمامه في التغلب على العقبات الميكانيكية في مفاصل جسم الانسان او كتلته، وكانت أفضل الدراسات تلك التي اتجهت الى حركات الرياضيين من اجل تحسين العمل الحركي في اداء الفعاليات.

وزادت المنافسات اهتمام الباحثين فاصبحت الحاجة ملحة الى تدخل العلوم الاخرى لتقديم المشورة لغرض تفسير وتحليل بعض الحوادث ولجا علم البايوميكانيك بعد تحسينه لاداء الفعاليات الى تحقيق الانجازات فشارك علم التدريب الرياضي وازداد اليه وأصبح العمل الواقع على عاتق الاجهزة العضوية يتطلب تنظيما حتى في مفردات الحياة اليومية.

ان الكثير من النواحي الفنية للفعاليات الرياضية تكون غير واضحة مالم تتوفر لها السبل العلمية الكافية لتساهم في كشفها وفن حدوثها، ان عدم توفر المعلومات الحركية (الديناميكية) عن مرحلة معينة في فعالية مايعني بقاء تلك المرحلة غامضة من الناحية العلمية الدقيقة،

نحاول في هذا الكتاب التطرق الى مواضيع متنوعة ومختارة بدقة ومفصلة ومركزة عن هذا العلم
ونرجو من الله يوفقنا.

المؤلفان.....

المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
الفصل الأول	
البايوميكانيك	١٠
أغراض البايوميكانيك	١٢
فروع البايوميكانيك	١٢
الحركة	١٣
أشكال الحركات	١٣
العوامل المؤثرة في نوع الحركة:	١٦
الحركات الأساسية في جسم الإنسان	١٦
نسبية الحركة	١٩
الأبعاد الأساسية للحركة	٢٠
المستويات التي تحدث فيها الحركة	٢٠
الحركة والعمل العضلي	٢١
الفصل الثاني	
الكينماتك الخطي	٢٤
المسافة والازاحة	٢٤
التمثيل البياني للمسافة والازاحة	٢٧
السرعة	٢٨
السرعة كمية متجهة	٣٢
التمثيل البياني للسرعة	٣٥
العلاقة بين السرعة والدقة في الأداء الحركي	٣٨
التحليل الميكانيكي لسرعة الركض	٣٩
طريقة ايجاد المعدل الحقيقي لطول الخطوة وترددها ومعدل السرعة	٣٩
التعجيل (Acceleration)	٤٣
العلاقة بين السرعة والتعجيل	٤٤
المسافة والازاحة الزاوية (الدائرية)	٤٨
علاقة السرعة المحيطية بالسرعة الزاوية	٥١
تحليل مسار نقطتين في الجسم عند الركض على جهاز الحزام السيار	٥٥
المقذوفات في المجال الرياضي	٥٦

٦١	تباين مستويات الانطلاق والهبوط
	الفصل الثالث
٦٥	(الكينيتيك kinetics)
٦٥	القوة (Force)
٦٥	الوزن Weight
٦٨	تصنيف القوى الخارجية
٧٥	أشكال القوى الداخلية
٧٨	قوى الوتر والرباط
٧٨	الاتزان
٧٩	قوانين نيوتن في الحركات الخطية
٨٤	قوانين نيوتن في الحركات الدائرية
٨٤	عزم القصور الذاتي
٨٥	القوة (Force)
٨٥	مواصفات القوة
٨٦	محصلة القوى
٨٩	تحليل القوى
٩١	القوى الخارجية والداخلية في الحركات الرياضية
٩٢	القوة الطاردة والقوة المركزية
٩٥	التأثير المتبادل للقوى الخارجية والداخلية
٩٨	الجاذبية الأرضية
٩٨	قوة الاحتكاك (fiction force)
١٠٠	تحليل القوة عند التزلج
١٠١	مقاومة الوسط
١٠١	مساحة السطح والانسيابية
١٠٢	أنواع الاحتكاك
١٠٣	القوى المقاومة للحركة
١٠٥	تأثير ماكنوس (Magnus effect)
١٠٩	الإصابات الرياضية
١١١	أنواع القوة المسببة للإصابات
١١٢	العتلات (levers)

١١٣	أنواع العتلات
١١٣	فوائد العتلات
١١٥	التدريب بذراع المقاومة
١١٦	تطبيقات الروافع (التعلات) على جسم الانسان
١١٦	مركز كتلة الجسم
١١٧	الابعاد النسبية لاتزان أجزاء الجسم
١٢٣	العزم
١٢٥	مصطلح الزخم وانتقاله
١٢٨	عزم الدوران
١٣١	عزم الدوران وتطبيقاته
١٣٦	مقاييس الثبات
١٣٧	الاستقرار
١٣٨	العوامل المؤثرة على الاتزان
١٣٩	علاقة الاتزان بالنشاط الرياضي
١٣٩	عزم الدوران العضلي
١٤٣	عزوم دوران المفصل الناتجة
١٤٧	الدفع وكمية الحركة
١٤٨	الشغل Work
١٥٠	القدرة Power
١٥٣	الطاقة
١٥٨	التصادم والارتداد
١٥٨	التصادم المباشر وغير المباشر
١٦٢	التغذية البايوميكانيكية الراجعة لنتيجة الأداء
١٦٢	معنى التغذية الراجعة
١٦٤	منصة قياس القوة
١٦٥	التزامن بين منصة قياس القوى وإلة التصوير السينمائي
١٦٩	متطلبات التحليل الحركي
١٧٢	البايوميكانيك والتدريب الرياضي
١٧٥	الكتلة كنظام لتقنين الشدة
١٧٥	كمية الحركة في حساب الزمن

١٧٦	الطاقة الحركية في تقنين الشدة
١٧٨	قوة المثير وفترة دوامه
١٨٣	الأسس الفنية والميكانيكية لركض ٤٠٠ متر حواجز
١٨٤	التحليل الكينماتيكي لركض ٤٠٠ متر حواجز
١٨٥	مرحلة اجتياز الحاجز
١٨٧	الخطوات بين الحواجز
١٨٨	طول الخطوة وترددها
١٨٩	الأداء الفني والميكانيكي في ركض القوس
الفصل الرابع	
١٩٣	المبادئ البايوميكانيكية ومدى الاستفادة منها في التطبيقات البايوميكانيكية للمهارات الرياضية
١٩٤	ارتباط المبادئ الوظيفية والتركيبية بالمبادئ الميكانيكية
١٩٤	الاداء الحركي المهاري
١٩٥	الاداء الحركي المهاري المتميز
١٩٧	الدقة
١٩٧	التحكم
١٩٧	طرائق بناء الموديل الرياضي
١٩٩	المفاهيم العامة للنماذج في المجال الرياضي
١٩٩	فوائد النماذج الرياضية
٢٠٠	خطوات بناء النماذج
٢٠١	أنواع النماذج
٢٠٣	التحليل الحركي (البايوكينماتيكي) وأهمية في المجال الرياضي
٢٠٥	المصادر العربية
٢٠٧	المصادر الأجنبية
٢٠٩	ملحق (١): (تعريفات وقوانين ميكانيكية)
٢١٣	ملحق (٢): جدول بالجيب وجيوب التمام والظل

الفصل الاول

البايوميكانيك

أغراض البايوميكانيك

فروع البايوميكانيك

الحركة

أشكال الحركات

العوامل المؤثرة في نوع الحركة:

الحركات الأساسية في جسم الإنسان

نسبية الحركة

الأبعاد الأساسية للحركة

المستويات التي تحدث فيها الحركة

الحركة والعمل العضلي

البايوميكانيك

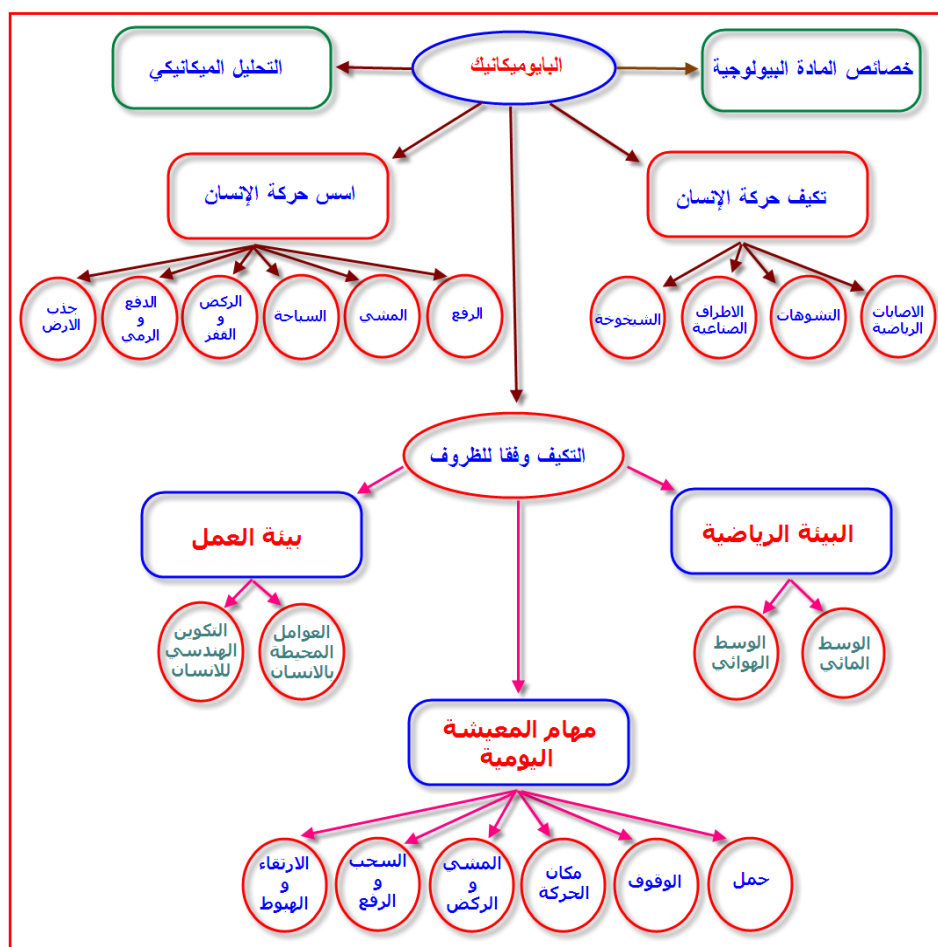
تطور علم البايوميكانيك عما كان عليه في السابق وخاصة في بداية القرن التاسع عشر وأصبحت له إتجاهات مختلفة وواسعة في عام (٣٢٣-٢٨٤ ق.م) كان أرسطو أول من أشار الى البايوميكانيك في مؤلفاته تناول مركز ثقل الجسم وقوانين الروافع وأثرها على حركة الأجسام وأثر حركة الذراعين على سرعة الركض وفي عام (٢٠١-١٣١ ق.م) برهن العالم والطبيب الروماني (جالن Galin) على ان الدفع الحركي ينتقل من الدماغ الى العضلات عن طريق الأعصاب وبدورها تسبب الحركة. ومن المعروف ان العالم (دافن شي Davinci) (١٤٥٢ م- ١٥١٩ م) ذلك الفنان الايطالي الكبير كان لديه اهتماما واسعا بحركة الكائن الحي من وجهة نظر البايوميكانيك وأعلن ان جسم الإنسان خاضع لقوانين الميكانيكا ومن بعده الطبيب والعالم الايطالي (الفوتو بوريلي boreli) الذي يعتبر أول من حدد عن طريق التجربة العملية موضع مركز ثقل الجسم للإنسان عام (١٦٧٩ م) كما ساهم في حل مشاكل الحركة وأوضح ان العمل العضلي الى حد ما يعمل على وفق القوانين الميكانيكية والطبيعية ويعتبر أول من وضع تدريبات العلاج الطبيعي على أسس ميكانيكية. وفي عام (١٦٤٢-١٧٢٧ م) كان إسحاق نيوتن علامة مهمة وبارزة من علامات تطور علم الميكانيكا والحركة بوضعه القوانين الميكانيكية الأساسية التي تعتبر الأساس للميكانيكا الحيوية ألان. وقد قاما العالمان الألمانيان (الدور وفيبر) في (١٨٣٦م) بنشر ميكانيكية آلات المشي للإنسان ووضعوا سلسلة موضوعية من التحليل الحركي وفي عام (١٨٧٧م) جاء اختراع آلات التصوير الذي دفع بأبحاث الحركة خطوات الى الأمام. وكان قبلهم من العلماء العرب أمثال (الخوارزمي ٧٨٠ - ٨٥٠م) و(ثابت بن قرة ٨٣٦ - ٩٠١م) و (ابن الهيثم ٩٦٥ - ١٠٣٩م) حيث ساهموا في تطوير علم البايوميكانيك.

وإذا تتبعنا الأرقام القياسية المسجلة في الوقت الحاضر فأننا نجد تطورا ملموسا في كافة المستويات وهذا التطور جاء نتيجة للأبحاث المستمرة للحركة وظهور الآلات التقنية ودراسة الحركة دراسة وافية من حيث زمانها إضافة الى القوى المسببة في حدوث هذه الحركة لذا وما سبق دراسته نجد ان علم البايوميكانيك قديم قدم الحركة منذ كانت الحركة غير مقننة، بمعنى لا يتوفر فيها جانب الاقتصاد بالجهد للتغلب على المقاومة المعينة بمسار حركة وعمل عضلي بعد ما نكون قد وصلنا الى التوجيه الحركي الأفضل.

وعلم البايوميكانيك علم يبحث في حركة الإنسان او بعض أجزائه بطريقة موضوعية ملموسة سواء على سطح الأرض او في الماء او في الفضاء بهدف تحديد التكنيك المثالي للحركة، ومصطلح البايوميكانيك يتكون من مقطعين يونانيين الأولى (Bio) أي الجانب العضوي الذي له التأثير المباشر في الحركة (الحياة) والثاني (Mechanic) أي الجانب الميكانيكي، أي القوانين الميكانيكية الثابتة التي تحد من الحركة وتعني (الآلة).

تم الاتفاق على اسم البايوميكانيك عام (١٩٦٠) في أول مؤتمر دولي في ألمانيا الديمقراطية للمهتمين والمشتغلين بالبايوميكانيك، ولقد خرج المؤتمر بتوصيات عديدة عامة وخاصة، وأصبح هذا المصطلح شائع الاستخدام منذ السبعينات للقرن الماضي على انه مجال الدراسة الذي يختص بتحليل الميكانيكي لحركات الأجسام الحية.

ويمكننا وضع تعريف شامل للبايوميكانيك في المجال الرياضي فهو العلم الذي يهتم بتحليل الحركة وفقا للوضع التشريحي للعضلات العاملة ويعمل على تشخيص نقاط القوة والضعف بغرض تقويمها ووضع القوانين المناسبة لتحديد هدف الحركة وتطويرها.



الشكل (١-١) : يوضح التطبيقات البايوميكانيكية لحركة الإنسان

اما التحليل الحركي فهو جزء من دراسات البايوميكانيك ويقوم على اساس قياس كل من مصطلحات الزوايا والمسافات والازمنة والمسارات بغرض تطوير المهارات.

ويرتبط البايوميكانيك بعلاقة مع علم التدريب الرياضي من خلال قوانين نيوتن الثلاث وقانون الجاذبية التي هي من الامور الضرورية لفهم الاداء الحركي وهي بالتالي ملائمة لوصف الحركات عن طريق الأمثلة.

يرتبط البايوميكانيك ارتباط مهما بالتعلم الحركي من خلال استخدام هذه القواعد على ثلاث أسس مهمة تكمن في طبيعة الفراغ الذي تتم فيه الحركة والمستوى والعوامل المؤثرة في الحركة وزمان حدوثها

أغراض البايوميكانيك

في المجال الرياضي نستفاد من علم البايوميكانيك في:

١. ايجاد الحلول البايوميكانيكية المناسبة لتحقيق الهدف من الحركة.
٢. التشخيص البايوميكانيكي للاختبارات والقياسات لغرض إيجاد التمارين الرياضية المناسبة في تطوير البناء البدني والمهاري.
٣. وضع القوانين الميكانيكية المناسبة لتقنين بعض مكونات الحمل في علم التدريب الرياضي كالشدة والحجم.
٤. توفير المعلومات العلمية باستخدام التقنيات الحديثة من نتائج المقارنات بين الفئات العمرية المختلفة ونتائج المقارنات بين الموصفات الجسمية المختلفة ونتائج اختلاف الجنس.
٥. تشخيص العلاقة الميكانيكية بين الاداة والرياضي.
٦. وضع النماذج الميكانيكية المناسبة لغرض التعلم والتدريب.
٧. وضع الحلول النهائية لتأهيل الاصابات الرياضية وتحسين القوام.
٨. توفر للرياضي المعلومات المناسبة لتطبيق مبادئ التشريح وقوانين الميكانيك على الحركات المطلوبة مع استمرار التدريب المناسب فيها.
٩. توفر للمدرب أساس علمي سليم لتحليل الحركات والمهارات وتدريبه على اكتشاف نقاط الضعف ويعمل على إصلاحها.

فروع البايوميكانيك

تم تقسيم علم البايوميكانيك الى فرعين رئيسيين هما:

(١) السكون أو الاستاتيكا (Static's).

(٢) المتحرك أو الديناميك (Dynamics).

(١) السكون أو الاستاتيكا:

وهو العلم الذي يبحث في حالة استقرار واتزان الأجسام وعندما يطبق هذا العلم على الجسم الحي تسمى البايوستاتيكية وهو الحفاظ على وضعية الجسم وأجزائه على قاعدة الارتكاز في حالة ثبات.

وقد عرف بأنه العلم الذي يغطي الحالات التي تكون فيها جميع القوى المؤثرة في الجسم متوازنة والجسم في حالة سكون أو ثبات ويتناول ظواهر مهمة في حياتنا اليومية كالعجلات ومركز ثقل الجسم.

(٢) المتحرك أو الديناميك:

هو ذلك العلم الذي يبحث في حركة الجسم من حيث طبيعة القوى المحركة وغير المتوازنة والتي تسبب تغيرا في سرعته واتجاهه ويتناول قوانين مهمة في حياتنا كقوانين القوة والطاقة والتعجيل الحركي. أو هو العلم الذي يهتم بدراسة الأجسام المتحركة بتعجيل تزايد أو تناقصي أو الاثنين معا ويقسم هذا العلم الى قسمين مهمين هما: -

(أ) الكينماتيك (Kinematics)

يشير هذا العلم الى هندسة الحركة ويصفها وصفا مجردا دون البحث في مسبباتها وهو يصف حركة الأجسام من جوانب الزمن والإزاحة والمسافة والزوايا والسرعة والتعجيل ويدرس قسم الكينماتيك الحركي انتقاليا مستقيما ويسمى (الكينماتيك الخطي) أو حول محور ثابت ويسمى (الكينماتيك الدائري).

(ب) الكينيتيك (Kinetics):

وهو العلم الذي يدرس القوى التي تنتج أو تغير الحركة وانه يصف حركة الأجسام من جوانب الوزن والكتلة والزخم والقوة والشغل والطاقة، وقد يكون الكينيتيك خطا مستقيما ويسمى (الكينيتيك الخطي) أو دائريا يسمى (الكينيتيك الدائري).

الحركة

يطلق على جسم انه في حالة حركة من وجهة نظر البايوميكانيك عندما يغير مكانه خلال فترة زمنية، ويدل على حدوث الحركة بالمقارنة نسبة الى ثبات او حركة الاجسام في محيطه ويتم قياس أثر الحركة بالمقدار من خلال مصطلح المسافة والزاوية او الاثنان معا في وحدات مساحية او وحدات زمنية وينتج عن هذه الوحدات او المصطلحات مقادير للسرعة والتعجيل الخطي والزاوي.

أشكال الحركات:

توصف الحركة في البايوميكانيك بشكلين مهمين هما المسار الهندسي للحركة أولا والمسار الزماني ثانياً وأدناه الحركات وأشكالها.

(١) أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي:

(أ) الحركة بالمسار الخطي.

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزائه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية خطية خلال انتقالها وان سرعة هذه الأجزاء تكون متساوية وتحدث في خط مستقيم بالاتجاه الافقي او العمودي. ومن امثلة ذلك مسار مفصل الكاحل في التزلج على الجليد او مفصل الورك في الدراجات او في القفز العمودي.

(ب) الحركة بالمسار المنحني.

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزائه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية منحنية خلال انتقالها وان سرعة هذه الأجزاء تكون متساوية وتحدث في خط منحي بالاتجاهين الافقي والعمودي. ومن امثلة ذلك مسار مفصل الورك في اجتياز الحواجز او الوثب الطويل

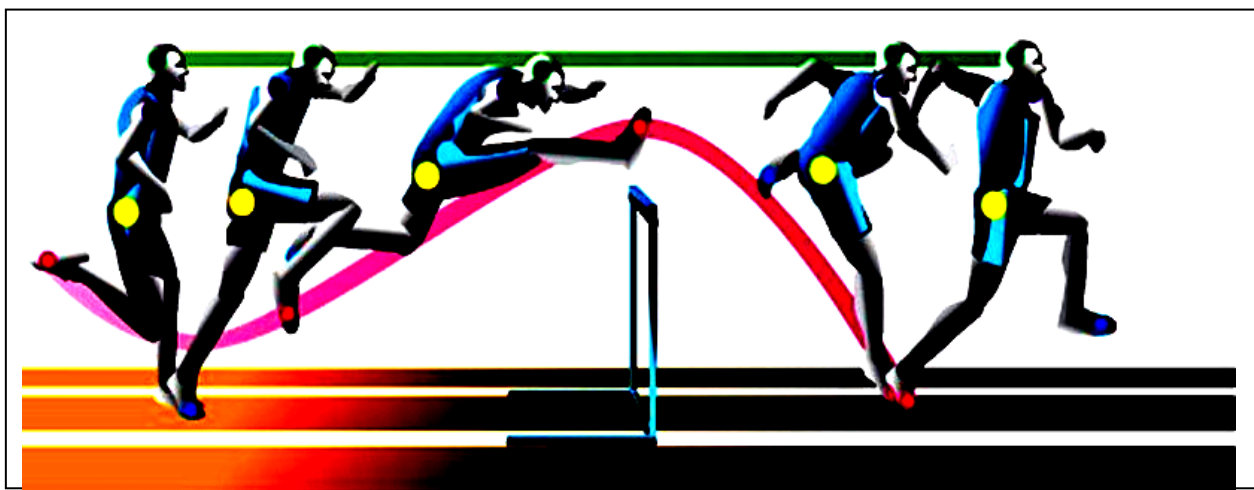
(ج) الحركة بالمسار الدائري.

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزائه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية دائرية منتظمة او غير منتظمة وان سرعة هذه الأجزاء لا تكون متساوية وتحدث حول محور داخل الجسم او خارجه وان الجزء البعيد عن المحور يكون أسرع من الجزء القريب منه لأن المدى الحركي للجزء البعيد أكبر من المدى

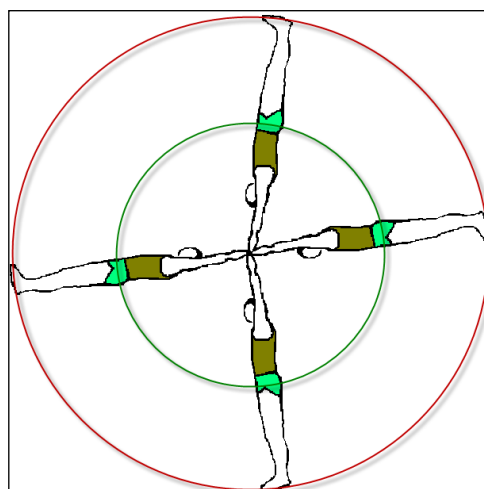
الحركي للجزء القريب. ومثال ذلك مسار مفصل القدم في الدراجات ومفصل الورك في الدائرة حول العقلة او في رمي القرص.

(د) الحركة بالمسار المتعدد:

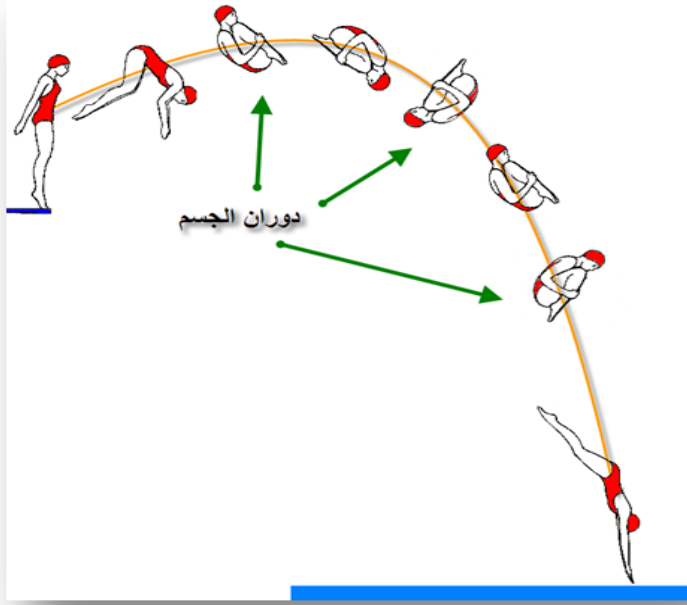
في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال اجزاء الجسم او مراكز ثقله من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية دائرية منتظمة او غير منتظمة او خطية او منحنية وان سرعة هذه الأجزاء لا تكون متساوية لتعدد مدياتها، وربما ان الجزء نفسه ينتقل في الحركة نفسها من مسار الى اخر. ومثال ذلك مفصل القدم ومفصل الورك في الدراجات وكذلك مفصل اليد ومفصل الكتف في حركات الذراعين في السباحة حيث ان مسار مفصل اليد دائري في حين مفصل الكتف منحنى، وكذلك مسار مفصل الورك في القفز على حسان القفز فهو شبه مستقيم في سرعة الركضة التقريبية ثم منحنى الى الارتكاز باليدين على الحصان ثم دائري في حالة اداء دورة خلفية في الهواء وكذلك الغطس في السباحة.



الشكل (١-٢) : يوضح اجتياز الحواجز وهي حركة انتقالية منحنية



الشكل (١-٣) : يوضح الدورة العظمى في الجمناستك وهي حركة دائرية حول محور خارجي



الشكل (١-٤): يوضح فعالية الغطس وهي حركة مركبة انتقالية ومنحنية مع دوران الجسم حول محور داخلي

(٢) أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني:

(أ) الحركة المنتظمة:

ويقطع فيها الجسم مسافات متساوية في ازمدة متساوية كما في مرحلة السرعة القصوى في عدو ١٠٠ متر. أي انه يتحرك بمعدل سرعة متساوي.

(ب) الحركة غير المنتظمة:

ويقطع الجسم فيها مسافات غير متساوية في ازمدة متساوية، كما في حركة العداء الذي ينطلق من الثبات حيث تزداد سرعته تدريجيا لحين وصوله السرعة القصوى وفي هذه الحالة تكون حركته تزايدية.

وتقسم الحركات غير المنتظمة الى:

- حركة بتعجيل ثابت (موجبة او سالبة).
- حركة بتعجيل متغير (موجبة او سالبة).

العوامل المؤثرة في نوع الحركة:

فضلا عن قوة العضلات فان هناك قوى خارجية تؤثر في الحركة ومن هذه القوى (الاحتكاك، مقاومة الماء، مقاومة الهواء)، وان هذه القوى يمكن ان تكون قوى مساعدة

للرياضي او قوى معوقة له فمثلا الماء الذي يعيق حركة الرياضي الى الأمام في السباحة مثلا هو نفسه عامل مساعد لذلك الرياضي في حركته للأمام، لأن الرياضي لا يستطيع الحركة للأمام بدون دفع الماء له كرد فعل لدفع يديه الى الخلف كذلك نجد الهواء الذي يعيق حركة الرمح للأمام هو نفسه يساعد على حمل الرمح مسافة أبعد الى الأمام.

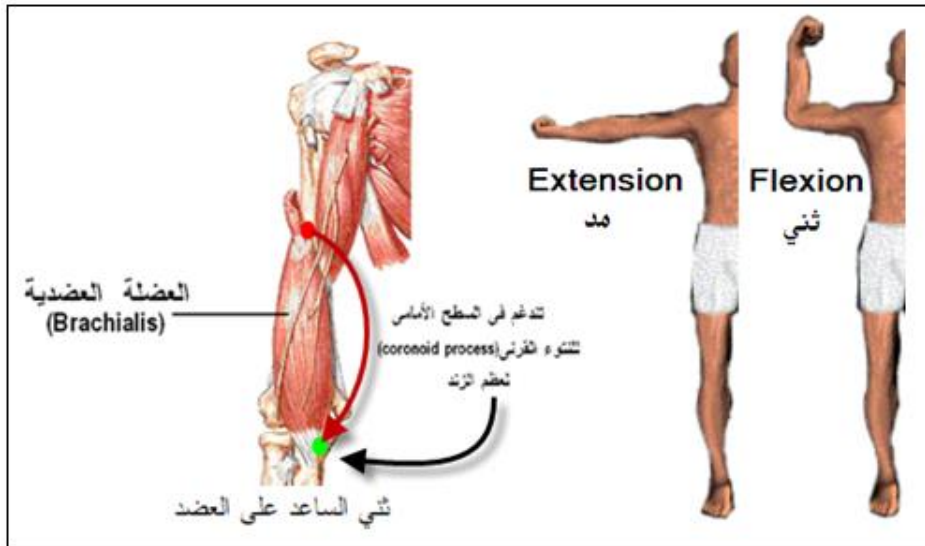


الشكل (١-٥): يوضح بعض القوى المؤثرة في الأداء

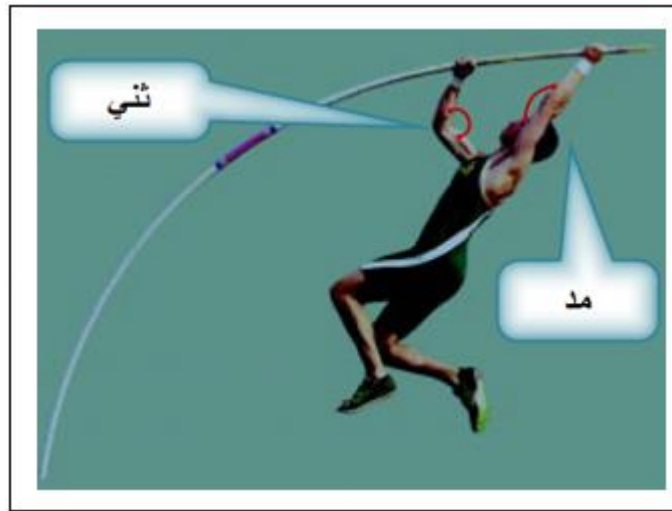
الحركات الأساسية في جسم الإنسان:

تظهر الحركة في المهارات الرياضية ويتم وصفها بمصطلحات تشريحية متفق عليها وهي حركات أساسية في جسم الانسان وادناه هذه الحركات: -

١. الثني: تقريب العظمين المتمفصلين الى بعضهما بحيث تصغر الزاوية بينهما. وتقوم العضلة العضدية (Brachialis) بثني الساعد (الزند) على العضد تقريب عظم العضد الى عظم الساعد.



الشكل (٦-١) : يوضح العضلات العاملة عند حركتي المد والثني



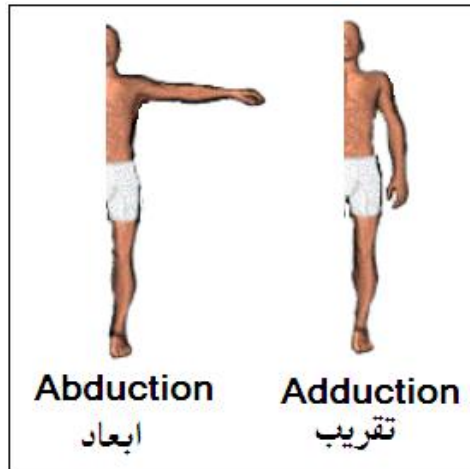
الشكل (٧-١) : يوضح حركتي المد والثني في فعالية القفز بالعصا

٢. المد: أبعاد العظمين المتمفصلين عن بعضهما بحيث تكبر الزاوية بينهما. وتقوم العضلة ذات الرؤوس الثلاثة (Triceps) بإبعاد الساعد عن عظم العضد.



الشكل (٨-١) : يوضح العضلة ذات الرؤوس الثلاث العَضدية

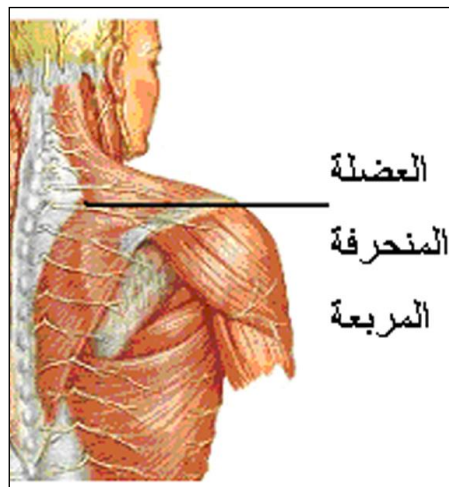
٣. التقريب : تقريب أجزاء الجسم باتجاه المحور الشاقولي له. مثل تقريب الطرف العلوي او السفلي الى داخل الجسم.



الشكل (١-٩) : يوضح حركتي الابعاد والتقريب

٤. الابعاد: أبعاد أجزاء الجسم بالاتجاه البعيد عن محوره الشاقولي.
٥. الرفع: وهو رفع أجزاء الجسم الى الأعلى مثل حركة حزام الكتف.
٦. الخفض: وهو خفض أجزاء الجسم الى الأسفل.

تقوم العضلة المنحرفة المربعة (Trapezius) بمجموعة من الحركات الاساسية وتتواجد خلف العنق وفي أعلى الجذع وتنشأ من نتوء العظم المؤخرى ومن الرباط القفوى والنتوءات الشوكية (spines) للفقرات الصدرية والفقرة العنقية السابعة وتتدغم فى الثلث الخلفى والوحشى للترقوة والحرف العلوي لشوكة عظم اللوح والحرف الأنسى للنتوء الاخرومى وعمل هذه العضلة هو رفع الكتف بواسطة أليافها العليا وخفضه بواسطة أليافها السفلى أما الألياف الوسطى فتقرب اللوح للخط الأوسط من الجسم.



الشكل (١-١٠) : يوضح حركتي العضلة المنحرفة المربعة

٧. التدوير: تتم الحركة حول المحور الطولي للعظم ويكون التدوير الى الداخل والى الخارج.
٨. الكب: ويقصد بها تدوير اليد والساعد من مفصل المرفق الى الداخل وحول المحور الطولي للساعد بحيث تواجه باطن اليد الأرض.
٩. البطح: ويقصد بها تدوير اليد والساعد من مفصل المرفق الى الخارج بحيث يواجه ظهر اليد الأرض.
١٠. الدوران: ويقصد بها ان الجزء المتحرك يرسم أثناء حركته دائرة وتشغل هذه الحركة مجموعة حركات الثني، التبعيد، المد والتقريب، الرفع والخفض.

نسبية الحركة:

ان الأجسام في تحركاتها تقارن بالموجودات حولها، فيمكن اكتشاف تحرك لاعب الوثب العريض بالمقارنة مع ثبات لوحة الارتقاء، وكذلك عداء الموانع والحواجز بالمقارنة مع المانع او الحاجز، كما يمكن ملاحظة ارتفاع لاعب الوثب العالي من خلال ثبات ارتفاع جهاز العالي. اذن فالحركة تحدث نسبة الى الموجودات المتحركة او الثابتة.

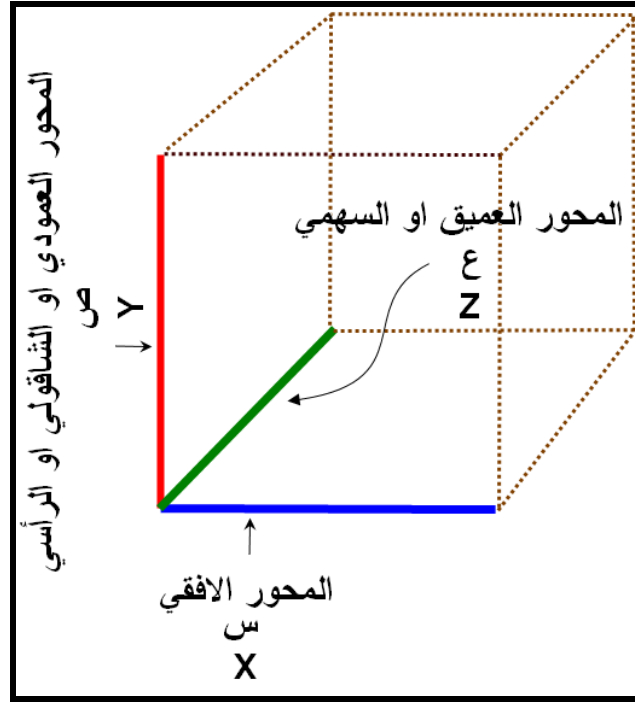
ان المفهوم العام للحركة هو ان الجسم او أي جزء منه ينتقل من مكان الى اخر في فترة زمنية محددة فراكب الطائرة على سبيل المثال يشعر وكأن الطائرة واقفة لا تتحرك خلال الليل وفي الارتفاعات الشاهقة، اما عندما ينظر من النافذة ويقارن وضعه الحركي في داخل الطائرة مع البيانات الموجودة يشعر بالحركة للطائرة. ان السبب في ذلك هو المقارنة بين النظام الثابت (البيانات على الأرض) مع حركة الطائرة. والعداء على سبيل المثال لا يمكن مقارنة سرعته عندما يركض لوحده إلا انه يمكن مقارنة سرعته عندما يتسابق مع آخرين حيث يتمكن من قياس سرعة حركته مع سرعة حركة الآخرين وبناءا لهذه المعلومات يمكن توزيع جهده كما يحدث في اركاض المسافات الطويلة من خلال اللاعب الارنب.

بناءا على ذلك فان الحركة ودراستها تتطلب معرفة النقطة الثابتة الدالة (نظام نسبي ثابت) او (منظومة الحساب) لمعرفة كمية واتجاه الحركة، فخط البداية لعداء ١٠٠م يعتبر النقطة الثابتة على سبيل المثال.



الشكل (١-١١) : يوضح نسبية الحركة وفقاً للاعب زميل أو لنقطة معينة في السباق
الأبعاد الأساسية للحركة:

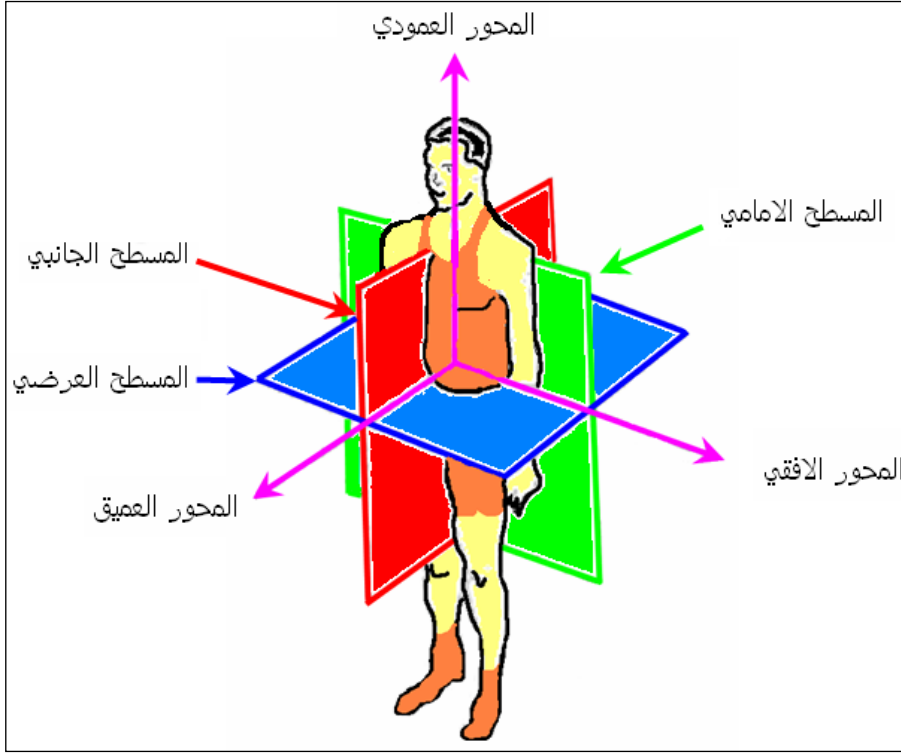
- تشاهد الحركة في ثلاثة أبعاد أو محاور ويمكن الحكم عليها من بعدين إلا أن البعد الثالث وجد لتحليل المشاهد غير القابلة للرؤية وهذه الأبعاد أو المحاور هي:
- ❖ (البعد السيني) أي المحور الأفقي الأول وهذا المحور يوازي الأفق من اليمين إلى اليسار ويلخص بالحرف (س) أو (X).
 - ❖ (البعد الصادي) أي المحور العمودي وهذا المحور يوازي خط الاتجاه مع الجذب الأرضي ويلخص بالحرف (س) أو (Y).
 - ❖ (البعد العيني) أي المحور الأفقي الثاني وهذا المحور يوازي الأفق من الأمام إلى الخلف، ويلخص بالحرف (س) أو (Z).



الشكل (١-١٢): يوضح البعد الثلاثي (المحاور الثلاثة)

المستويات التي تحدث فيها الحركة:

- استنادا الى أبعاد الحركة او محاورها فانها أي الحركة تحدث في ثلاثة مستويات وهي:
- المستوى (المسطح) الأمامي (Frontal plane) : هو المستوى الذي يقسم الجسم الى قسمين متساويين احدهما أمامي والآخر خلفي.
 - المستوى (المسطح) العرضي (Transverse plane) : هو المستوى الذي يقسم الجسم الى قسمين متساويين احدهما علوي والآخر سفلي.
 - المستوى (المسطح) الجانبي (Profile plane) : هو المستوى الذي يقسم الجسم الى قسمين متساويين احدهما في اليمين والآخر في اليسار.



شكل (١-١٣): يوضح المحاور والمسطحات التي تجرى عليها الحركات الرياضية

المحاور والمستويات في بعض الحركات

- ثني الرقبة أماماً خلفاً يحدث حول المحور الأفقي وفي المستوى السهمي.
- ثني الرقبة يميناً ويساراً يحدث في حول المحور العميق وفي المستوى الأمامي.
- دوران الرقبة من اليمين إلى اليسار يحدث حول المحور الصادي وفي المستوى العرضي.
- الدرجة الأمامية المتكورة (حول المحور الأفقي وفي المستوى الجانبي)
- العجلة البشرية (حول المحور العميق وفي المسطح الأمامي)
- الدوران حول النفس (المحور عمودي والمسطح عرضي)

الحركة والعمل العضلي:

تحدث الحركة وفقاً لعمل العضلات وتتوقف القوة الناتجة لأداء حركة معينة على المجاميع العضلية المشتركة في الأداء فكلما ازدادت القوة المبذولة ازدادت كمية الحركة وبخاصة في الحركات الانتقالية، بينما في الحركات الدائرية (الزاوية) يعتمد على بعد نقطة تأثير القوة عن محور الدوران. وتم تصنيف العضلات من حيث مشاركتها في الحركة إلى أربع أصناف مهمة وهي:

(أ) العضلات المحركة الأساسية (Prime Movers):

هي العضلات المسؤولة عن حدوث الحركة بشكل مباشر فمعظم حركات جسم الإنسان سببها عضلات محركة عديدة اما العضلات الأخرى التي تشارك كعضلات محركة بحكم انقباضها تحت ظروف خاصة تعد عضلات مساعدة.

(ب) العضلات المثبتة او الساندة (Stabilizing):

هي العضلات المسؤولة عن تثبيت بعض أجزاء الجسم ضد شد العضلات المنقبضة او ضد القوى المتضادة، واهم وظيفة تقوم بها هذه العضلات هي تثبيت طرق العظمة التي ترتبط فيها العضلة المنقبضة.

(ج) العضلات المعادلة (المكافئة) (Guiding and synergist):

هي العضلات التي تعمل على تحديد عمل العضلات المحركة والتي تكون غير مرغوبة، فإذا كان الغرض هو القبض فقط في حين ان العضلة المحركة يؤدي انقباضها الى القبض والتقريب فان إحدى العضلات المسؤولة عن التباعد تعمل في هذه الحالة كعضلة معادلة لإلغاء الجزء الخاص بالتقريب كعمل غير مرغوب فيه.

(د) العضلات المضادة او المقابلة (Contra lateral):

هي العضلات التي تعمل بعكس العضلات المحركة لوجودها في الجانب المقابل، ويطلق عليها احيانا (الجاذبة العكسية او المقابلة)، فمثلا قابضات المرفق أمام الذراع تعد مضادة للعضلات الباسطة للمفصل نفسه والتي تقع خلف الذراع. ان العمل العضلي اثناء ثني مفصل المرفق يؤدي الى انقباض العضلة ذات الرأسين العضدية مركزيا أي اقتراب نهايتهما من بعضهما وفي نفس الوقت تبتعد نهايتا العضلة ذات الثلاث الرؤوس العضدية عن مركز العضلة، وفي هذه الحالة يطلق على العضلة ذات الرأسين العضدية عضلة محركة، اما دور العضلة ذات الرؤوس العضدية فتكون مضادة.

الفصل الثاني

الكينماتك الخطي

المسافة والازاحة

التمثيل البياني للمسافة والازاحة

السرعة

السرعة كمية متجهة

التمثيل البياني للسرعة

العلاقة بين السرعة والدقة في الأداء الحركي

التحليل الميكانيكي لسرعة الركض

طريقة ايجاد المعدل الحقيقي لطول الخطوة وترددتها ومعدل السرعة

التعجيل (Acceleration)

العلاقة بين المسافة والسرعة والتعجيل

العلاقة بين السرعة والتعجيل

التعجيل وعلاقته بالقوة والكتلة

المسافة والازاحة الزاوية (الدائرية)

علاقة السرعة المحيطية بالسرعة الزاوية

تحليل مسار نقطتين في الجسم عند الركض على جهاز الحزام السيار

المقنذوفات في المجال الرياضي

تباين مستويات الانطلاق والهبوط

المهارات المغلقة والمهارات المفتوحة

الكينماتك الخطي

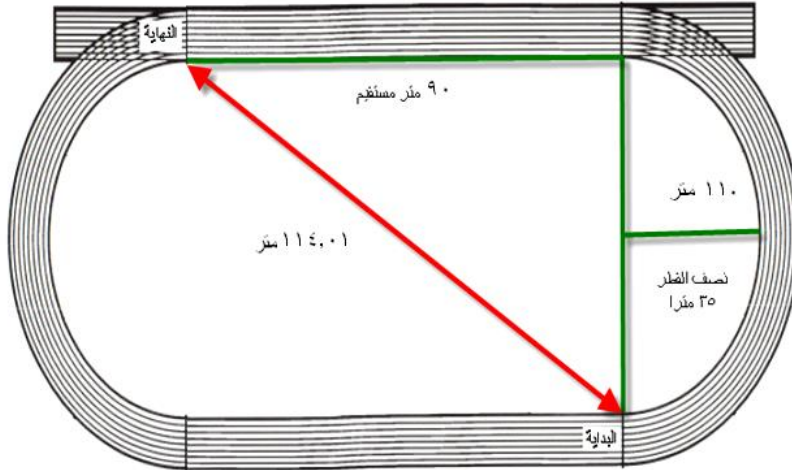
المسافة والإزاحة:

المصطلح الانكليزي للمسافة (Distance) والإزاحة (Displacement) وتعرف المسافة بأنها الفراغ المتاح بين نقطتين اما الإزاحة فتعرف بأنها الفراغ الموجود بين نقطتين ويجب ان نفرق بين المتاح والموجود فالمتاح يعني عدم القدرة على تخطي الموانع و الحواجز الطبيعية او المصطنعة مباشرة إلا بالمرور من فوقها او تحتها او جوانبها مثلما يحدث في تمرينات الرشاقة (الجري المتعرج) اما المتاح فيعني تخطيها بالاحتفاظ على المسار نفسه أي المرور مستقيما او قطريا ولكن لا انحاء ولا تعرج وبذلك فان المسافة دائما اكبر من الإزاحة او تكون متساوية في بعض الأحيان وفي المجال الرياضي فان المسار الحركي (المسافة) هي المهمة لأنها تفسر الحركة الصحيحة المتاحة.

ونرى بان المسافة والإزاحة متساوية عند ركض مستقيم طوله (١٠٠ مترا) لمتسابق الدراجات اما في الأركاض فان الوصف الصحيح هي ازاحة ١٠٠ متر وليس مسافة ١٠٠ متر لان مسار مركز كتلة الجسم لا يسير مستقيما وإنما منحنيا وبذلك فأنا نشترط المسار المتاح أصلا في التحليل وكذلك في ركض الحواجز فان الزمن المسجل لمسافة ١١٠ متر حواجز هو في الحقيقة زمن مسجل لمسافة اكبر من ١١٠ متر اذا أخذنا بنظر الاعتبار مسافات المرور من فوق الحاجز، والأمر يختلف في ركض ٢٠٠ متر فاننا نركض ٢٠٠ متر على مقطعين احدهما منحنى بنصف قطر والاخر مستقيم وبذلك فاننا نركض مسافة قدرها ٢٠٠ متر اما الإزاحة فيتم حسابها وفقا لما يأتي:

$$\text{نصف القطر لمسار العداء } ٧٠ = ٢ \times ٣٥$$

مسافة المنحنى (القوس) هي ١١٠ متر والمستقيم ٩٠ متر يصبح المجموع ٢٠٠ متر اما قيمة الإزاحة للمنحنى (القوس) فهي ٧٠ مترا والمستقيم ٩٠ متر وبذلك نجد نفسنا أمام مثلث قائم الزاوية وتكون الإزاحة هي الوتر وفقا لقانون فيثاغورس يصبح المجموع على الشكل الآتي



الشكل (٢-١) : يوضح مجالات مسابقات فعاليات ألعاب الساحة والميدان

مربع الإزاحة = مربع ٧٠ متر + مربع ١٠٠ متر

$$\sqrt{٧٠^2 + ١٠٠^2} = \text{الإزاحة}$$

$$\sqrt{٨١٠٠ + ٤٩٠٠} = \text{الإزاحة}$$

$$\text{الإزاحة} = ١١٤.٠١ \text{ متر}$$

ان عداء الحواجز يعدو أكثر من ١١٠ متر وكذلك عداء ١٠٠ متر لان الجسم يرتفع فيكتسب مسافة عمودية وهذه الأجزاء غير محسوبة في مسافة الركض، ولكنها محسوبة في الزمن.

ان الفرق في المقدار ليس هو الفرق الوحيد بين المسافة والإزاحة فان الاتجاه هو الفرق الآخر بينهما، والوحدة المستخدمة في الدلالة على المسافة او الإزاحة هي المتر وأجزائه.

وإذا اعتبرنا ان الإزاحة في ركض ٤٠٠ متر هي صفر لان العداء يبدأ من نقطة البداية وينتهي اليها فاننا نتيقن ان السرعة المتجهة للعداء صفر أي ان اتجاهه لم يتغير اما معدل سرعته فيمكن حسابه من خلال المسافة المقطوعة في وحدة الزمن. وعلى هذا الاساس فاننا بتعويضنا لمصطلح الإزاحة في معادلة السرعة فإنما هي للتعرف على الاتجاه فقط.

ومن مثالنا السابق ركض ٢٠٠ متر فان الاتجاه يمكن تقديره من خلال الدرجة أي مقدار ميلان المحصلة عن الخط الافقي او العمودي.

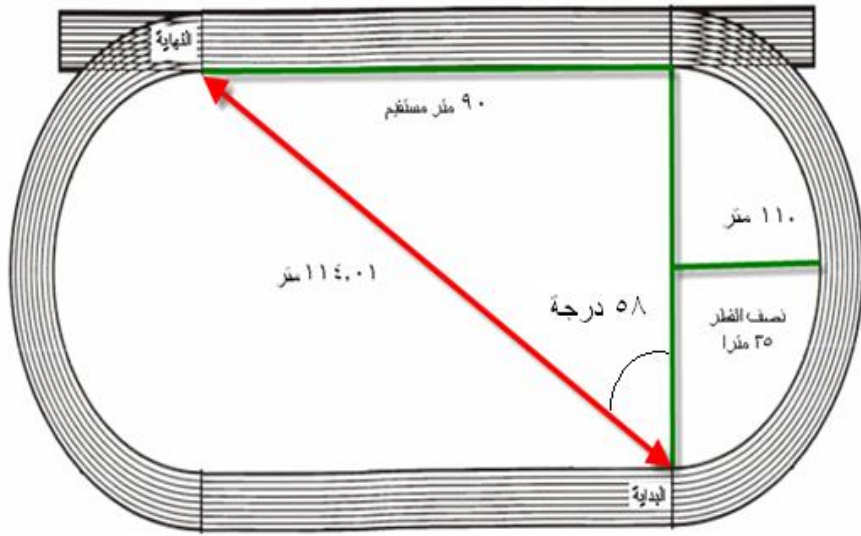
المجاور (٧٠ متر)

$$\frac{\text{جنا}}{\text{هـ}} =$$

الوتر (١١٤.٠١)

$$\frac{\text{جنا}}{\text{هـ}} = ٠.٦١٢$$

اتجاه الإزاحة = ٥٨ درجة عن الخط العمودي



الشكل (٢-٢) : يوضح اتجاه الازاحة في عدو ٢٠٠ متر

مثال

عداء ٢٠٠ متر يركض المسافة الحقيقية وعداء اخر سيركض الازاحة ويبدأن من المكان نفسه وبسرعة ٨ متراً ثانية، احسب زمن كل عداء وحدد موقع العداء الاخر عندما ينهي أحدهما السباق. عداء المسافة سينهي السباق في زمن قدره

المسافة

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

٢٠٠

$$\frac{\text{الزمن}}{٨} =$$

الزمن = ٢٥ ثانية

عداء الازاحة سيركض ازاحة قدرها

مربع الازاحة = مربع ٧٠ متر + مربع ٩٠ متر

$$\sqrt{٧٠^2 + ٩٠^2} = \text{الازاحة}$$

$$\sqrt{٨١٠٠ + ٤٩٠٠} = \text{الازاحة}$$

الازاحة = ١٤.٠١ متر

عداء الازاحة سينهي السباق في زمن قدره

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

$$\frac{114.01}{8} = \text{الزمن}$$

الزمن = ١٤.٢٥ ثانية

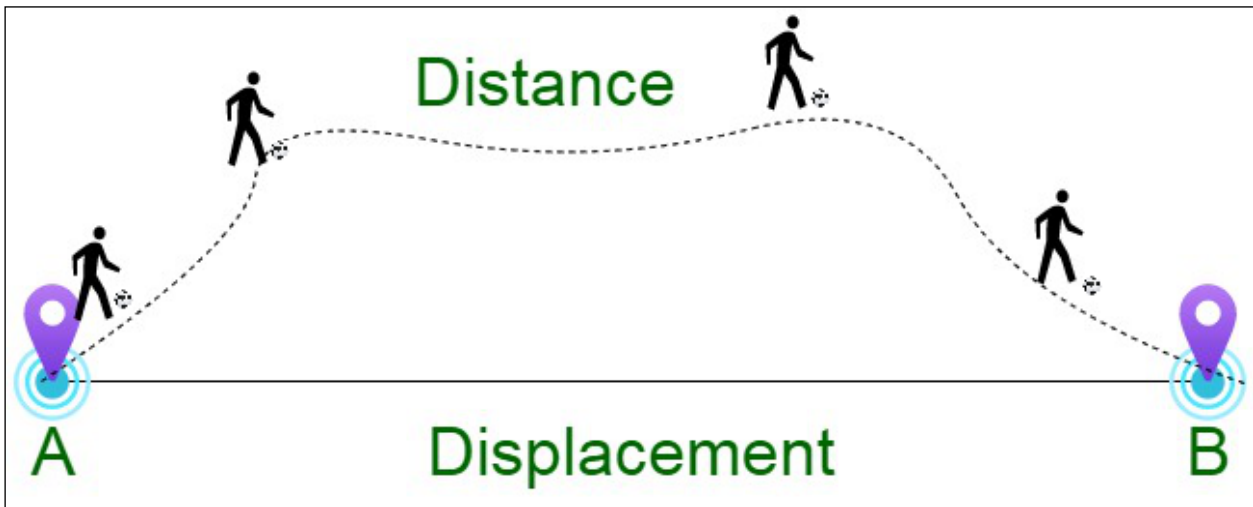
وعندما ينهي احد العدائين السباق يكون الاخر على بعد

$$114.01 - 200 = \text{الفرق}$$

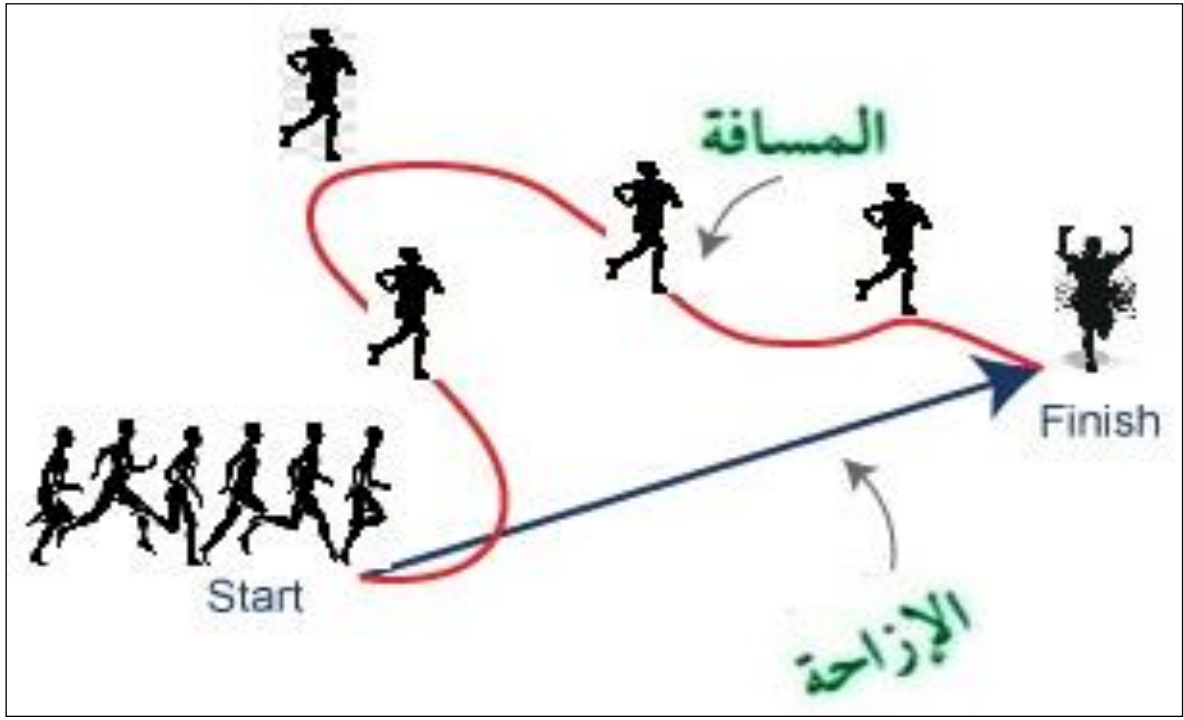
$$85.99 = \text{الفرق} \text{ متر موقع تواجد عداء المسافة محسوبة من خط النهاية}$$

التمثيل البياني للمسافة والازاحة

يكون المحور الافقي (س) للنقاط والمحور العمودي (ص) لقيم المسافة او الازاحة



الشكل (٣-٢) : يوضح المسافة Distance والازاحة Displacement اثناء الدحرجة بكرة القدم بين نقطة البداية A ونقطة النهاية B



الشكل (٢-٤) : يوضح للمسافة والإزاحة التي يقطعها لاعب سباقات الركض

السرعة:

وفقا لمصطلحي المسافة والإزاحة فان للسرعة مصطلحين أيضا والسبب يعود الى ان السرعة هي العلاقة بين المسافة والزمن

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

$$\frac{\text{الإزاحة}}{\text{الزمن}} = \text{السرعة المتجهة}$$

ان استعمال كلمة السرعة التي نتناولها دائما في المجال الرياضي هي ترجمة لكلمة (Speed) ويعبر هذا المصطلح عن كمية السرعة اما السرعة المتجهة (Velocity) فتمثل السرعة التي يتحرك بها الجسم إضافة الى اتجاهها وتعني السرعة المتجهة تغير الإزاحة في وحدة الزمن.

تمثل السرعة عاملاً مهماً من عوامل تحديد المستوى الرئيسية في سباقات ألعاب القوى المختلفة ولها علاقة مهمة مع القوة ويعتمد هذان العنصران على سرعة وقوة الانقباض كما أن نوعية الألياف العضلية المشتركة في الأداء.

ويمكن تعريف السرعة على أنها قدرة الإنسان على أداء الحركات في أقل زمن ممكن وتعرف ميكانيكياً بأنها المعدل الزمني للمسافة المقطوعة، وتقاس بالمتراً لكل ثانية، ويمكن اعتبارها كمية قياسية أو متجهة عند ذكر مقدارها أو مقدارها واتجاهها.

وهناك مصطلحات مهمة تستخدم في السرعة مثل السرعة الانية (اللحظية) ومتوسط السرعة (معدل السرعة) والسرعة الابتدائية والسرعة النهائية والسرعة الأولى والسرعة الثانية وغيرها.

وعندما تتغير سرعة العداء من نقطة إلى أخرى يتم احتساب السرعة وفقاً للمعادلة أدناه

$$\text{معدل السرعة} = \frac{\text{السرعة الأولى} + \text{السرعة الثانية}}{2}$$

أما إذا كانت حركة الجسم من الثبات فأن السرعة الابتدائية تساوي صفر فيمكن استخراجها عن طريق العلاقة التالية.

$$\text{معدل السرعة} = \frac{\text{السرعة النهائية} - \text{السرعة الابتدائية}}{2}$$

ويمكن احتساب السرعة خلال فترات معينة عند حصول زيادة أو نقصان فيها وتسمى بالسرعة اللحظية

$$\text{السرعة اللحظية} = \frac{\text{التغير الحاصل في المسافة}}{\text{أقل فترة زمنية}}$$

وتعرف السرعة في علم الفسلجة بأنها قدرة الجهاز العضلي العصبي على أداء الحركات البدنية بأقل زمن ممكن، وتقسم من النواحي الفنية إلى مايلي:

- * سرعة رد الفعل (كما في بداية السباقات للمسافات القصيرة)
- * سرعة الحركة (كما في الألعاب الجماعية)
- * سرعة الانتقال (كما في سباقات الركض، طول وتردد الخطوة)

اما عند مراحل سباقات الركض فتحدد ذلك نوع السباق ويطلق عليها بالمراحل الفنية للسباقات كما في ١٠٠ متر مثلاً:

١- مرحلة سرعة رد الفعل

٢- مرحلة التدرج في السرعة

٣- مرحلة السرعة القصوى

٤- مرحلة تحمل السرعة

ان السرعة التي نقيسها لدى عداء ١٠٠ متر في الحقيقة هي معدل السرعة وذلك لأننا نقسم مسافة السباق على الزمن (الانجاز) مما يعني اننا نفترض ان الحركة منتظمة
مثال:

يقطع عداء ١٠٠ متر ٥٠ متر الاولى بزمان قدره ٦.١٢ ثانية و ٥٠ متر الثانية بزمان قدره ٥.١٨، احسب معدل سرعته في ركض ١٠٠ متر

$$\frac{50}{6.12} = \text{السرعة الاولى}$$

$$= 8.17 \text{ م\ثا}$$

$$\frac{50}{5.18} = \text{السرعة الثانية}$$

$$= 9.65 \text{ م\ثا}$$

$$\frac{\text{السرعة الاولى} + \text{السرعة الثانية}}{2} = \text{معدل السرعة}$$

$$\frac{8.17 + 9.65}{2} = \text{معدل السرعة}$$

$$\frac{17.82}{2} = \text{معدل السرعة}$$

$$8.91 \text{ م/ثا} = \text{معدل السرعة}$$

مثال:

ينطلق عداء ١٠٠ متر من مكعبات البداية ليقطع ٥٠ متر الاولى بزمان قدره ٦.١٢ ثانية، احسب معدل سرعته في ركض ١٠٠ متر
بما ان العداء ينطلق من الثبات فسرعته الابتدائية صفر

$$\frac{50}{6.12} = \text{السرعة النهائية}$$

$$8.17 \text{ م/ثا} = \text{السرعة النهائية}$$

$$\frac{\text{السرعة النهائية} - \text{السرعة الابتدائية}}{2} = \text{معدل السرعة}$$

$$\frac{0 - 8.17}{2} = \text{معدل السرعة}$$

$$4.09 \text{ م/ثا} = \text{معدل السرعة}$$

مثال:

تبين ان اقل زمن يستغرقه الثقل عند انطلاقه من يد الرامي الى لحظة اجتيازه مسافة بقدر قطره قد بلغ ٠.٠٢ ثانية، احسب السرعة اللحظية لانطلاق الثقل.
بما ان قطر الثقل (١٢ سم) أي (٠.١٢ متر) فان السرعة اللحظية ستبلغ

التغير الحاصل في المسافة

$$\frac{\text{السرعة اللحظية}}{\text{اقل فترة زمنية}} =$$

٠.١٢

$$\frac{\text{السرعة اللحظية}}{\text{٠.٠٢}} =$$

$$\text{السرعة اللحظية} = ٦ \text{ م/ثا}$$

السرعة كمية متجهة:

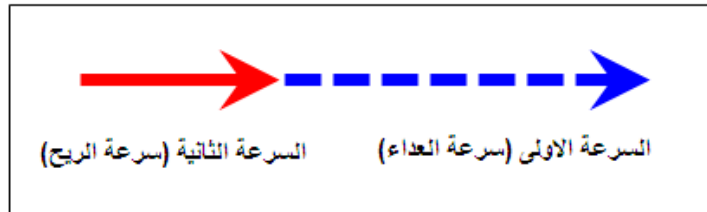
يمكن تمثيل هذه الكمية الميكانيكية بسهم يمثل طوله مقدار السرعة فيما يمثل تأثير السهم اتجاهه.

أ-إذا كانت سرعتان في اتجاه واحد فأن محصلتها هي عبارة عن مجموعهما هندسيا

$$\text{س (المحصلة)} = \text{س}١ + \text{س}٢$$

$$= ٤ \text{ م/ثا} + ١ \text{ م/ثا}$$

$$= ٥ \text{ متر / ثا}$$



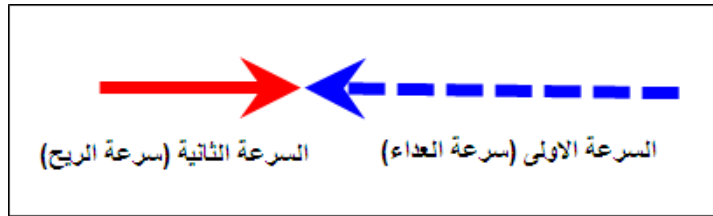
الشكل (٢-٥) : يوضح جمع المتجهات

ب-إذا كانت سرعتين متعاكستين فأن محصلتهما النهائية هي الفرق بينهما.

$$\text{السرعة المحصلة} = \text{س}١ - \text{س}٢$$

$$= ٤ \text{ م/ثا} - ١ \text{ م/ثا}$$

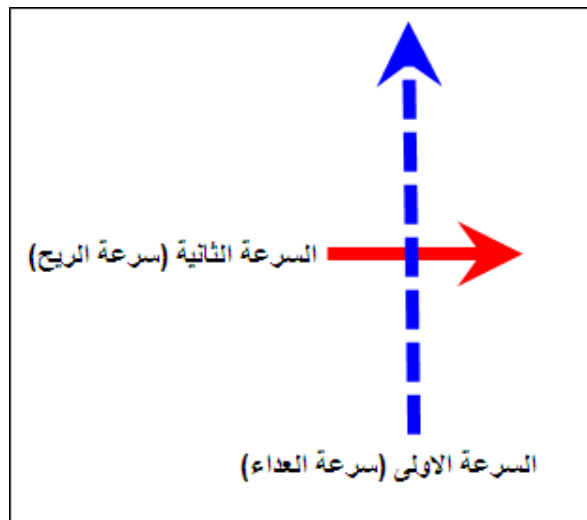
$$= ٣ \text{ م/ثا}$$



الشكل (٢-٦) : يوضح طرح المتجهات

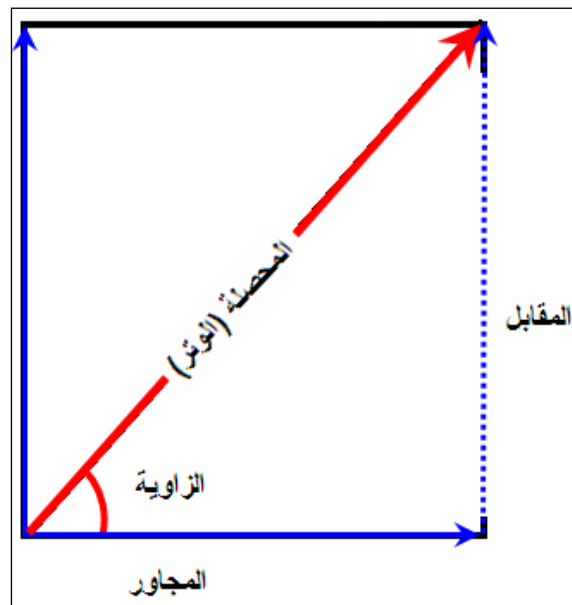
ج-إذا كانت سرعتين متعامدتين فيتم استخراج المحصلة عن طريق تطبيق نظرية فيثاغوس

$$\text{محصلة السرعة} = \sqrt{\text{السرعة الاولى}^2 + \text{السرعة الثانية}^2}$$



الشكل (٢-٧) : يوضح تعامد المتجهات

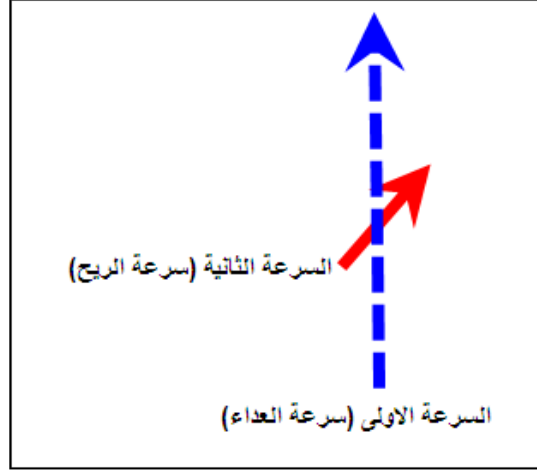
ويمكن حساب الاتجاه من خلال ظل الزاوية او جيبها او جيب تمامها



الشكل (٢-٨) : يوضح المحصلة عند تعامد المتجهات

$$\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \text{ظا ح}$$

د - إذا كانت الزاوية بين سرعتين حادة أو منفرجة. فيتم إيجادها من خلال قانون متوازي المستطيلات



الشكل (٢-٩) : يوضح المتجهات بزوايا اقل أو اكبر من ٩٠ درجة

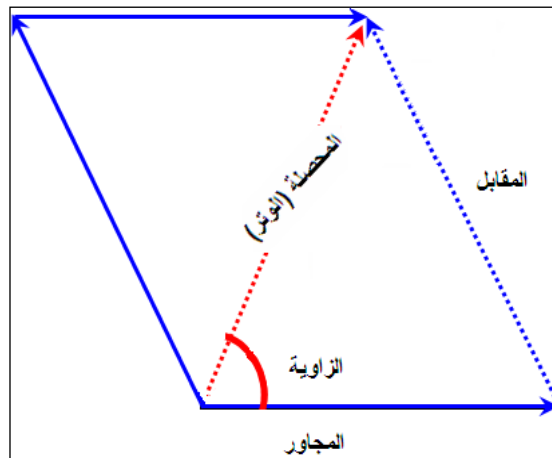
ولتحليل محصلة السرعة الى مركباتها العمودية والأفقية عندما تكون السرعة المحصلة معلومة القيمة والاتجاه

$$\text{السرعة العمودية} = \text{الوتر} \times \text{جا الزاوية}$$

$$\text{السرعة الأفقية} = \text{الوتر} \times \text{جتا الزاوية}$$

$$\text{محصلة السرعة} = \sqrt{\text{سرعة اولى}^2 + \text{سرعة ثانية}^2 + 2 \times \text{سرعة اولى} \times \text{سرعة ثانية} \times \text{جتا الزاوية}}$$

اما الاتجاه فنجد من قانون الظل السابق



الشكل (٢-١٠) : يوضح حل المتجهات بطريقة متوازي المستطيلات

التمثيل البياني للسرعة:

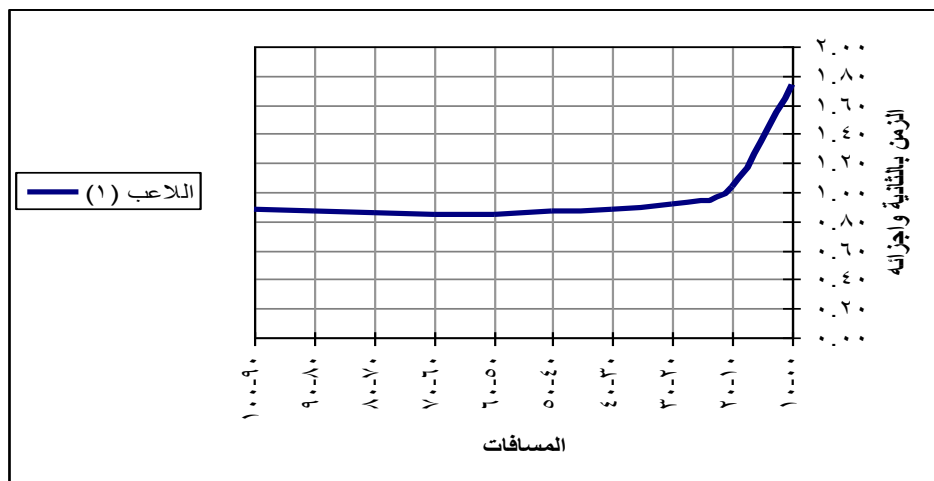
ونعني بالتمثيل البياني للسرعة هو ترجمة قيم السرعة الى رسومات تصلح للمقارنة بالعين المجردة بشكل أفضل عند المقارنة بين العداء ومسافته المختلفة او بين العداء مع عداء آخر، ويتم تمثيل المحور الافقي (س) للزمن او للنقاط والمحور العمودي (ص) لقيم السرعة، وكما موضح في المثال ادناه:

مثال

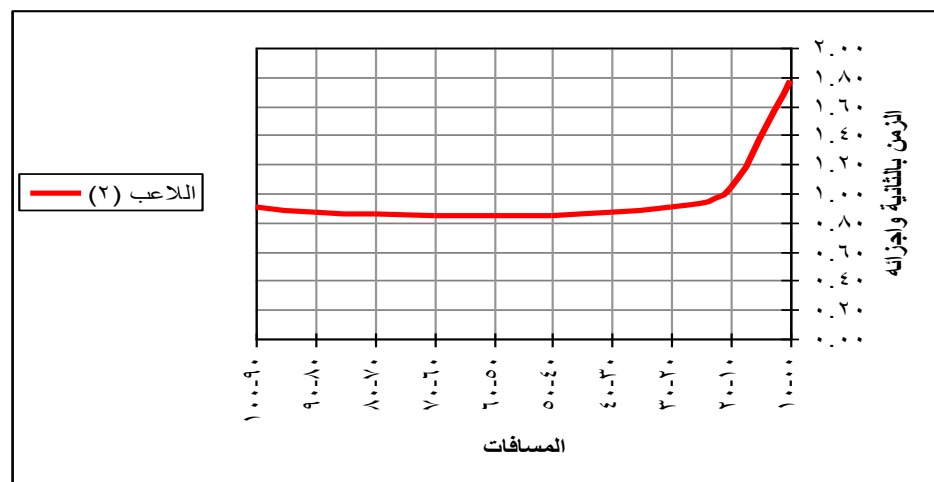
الجدول ادناه لعذائين في ركض ١٠٠ متر، المطلوب رسم بياني منفرد لكل حالة ثم رسم بياني اخر للحالتين معا

الجدول (١-٢) يبين المقارنة في الزمن ومعدل السرعة بين لاعبين في عدو ١٠٠ متر

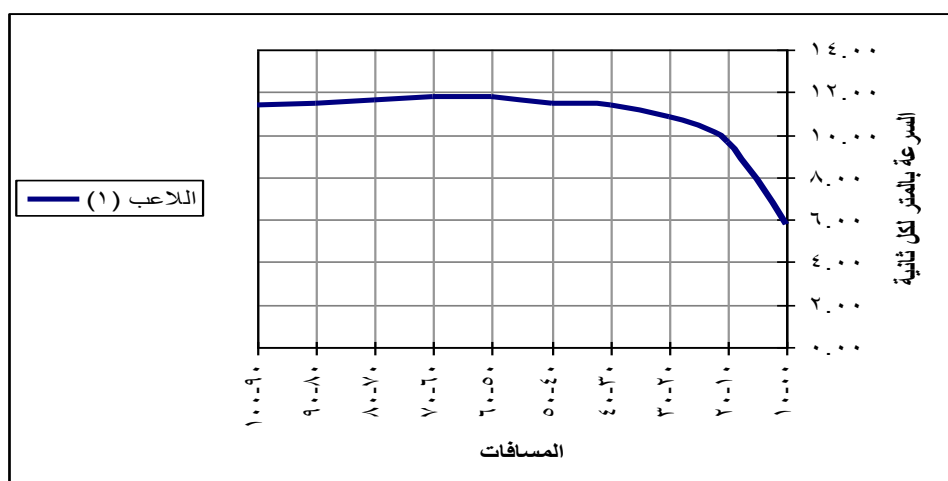
معدل السرعة		الزمن				المسافات
اللاعب (٢)	اللاعب (١)	اللاعب (٢)		اللاعب (١)		
		الزمن تراكمي	الزمن لكل جزء	الزمن تراكمي	الزمن لكل جزء	
٥.٦٥	٥.٧٥	١.٧٧	١.٧٧	١.٧٤	١.٧٤	١٠-٠٠
٩.٧١	٩.٦٢	٢.٨٠	١.٠٣	٢.٧٨	١.٠٤	٢٠-١٠
١٠.٩٩	١٠.٨٧	٣.٧١	٠.٩١	٣.٧٠	٠.٩٢	٣٠-٢٠
١١.٤٩	١١.٣٦	٤.٥٨	٨٧.٠	٤.٥٨	٠.٨٨	٤٠-٣٠
١١.٧٦	١١.٤٩	٥.٤٣	٠.٨٥	٥.٤٥	٠.٨٧	٥٠-٤٠
١١.٧٦	١١.٧٦	٦.٢٨	٠.٨٥	٦.٣٠	٠.٨٥	٦٠-٥٠
١١.٧٦	١١.٧٦	٧.١٣	٠.٨٥	٧.١٥	٠.٨٥	٧٠-٦٠
١١.٦٣	١١.٦٣	٧.٩٩	٠.٨٦	٨.٠١	٠.٨٦	٨٠-٧٠
١١.٤٩	١١.٤٩	٨.٨٦	٠.٨٧	٨.٨٨	٠.٨٧	٩٠-٨٠
١١.١١	١١.٣٦	٩.٧٦	٠.٩٠	٩.٧٦	٠.٨٨	١٠٠-٩٠



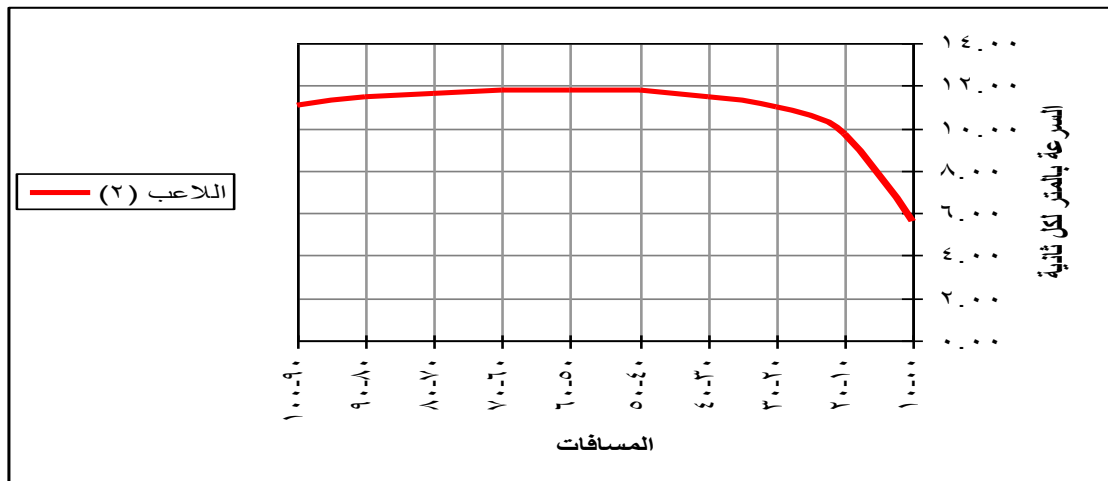
الشكل (١١-٢) : يوضح المنحنى البياني للزمن وفقا لمسافات السباق للعداء الأول



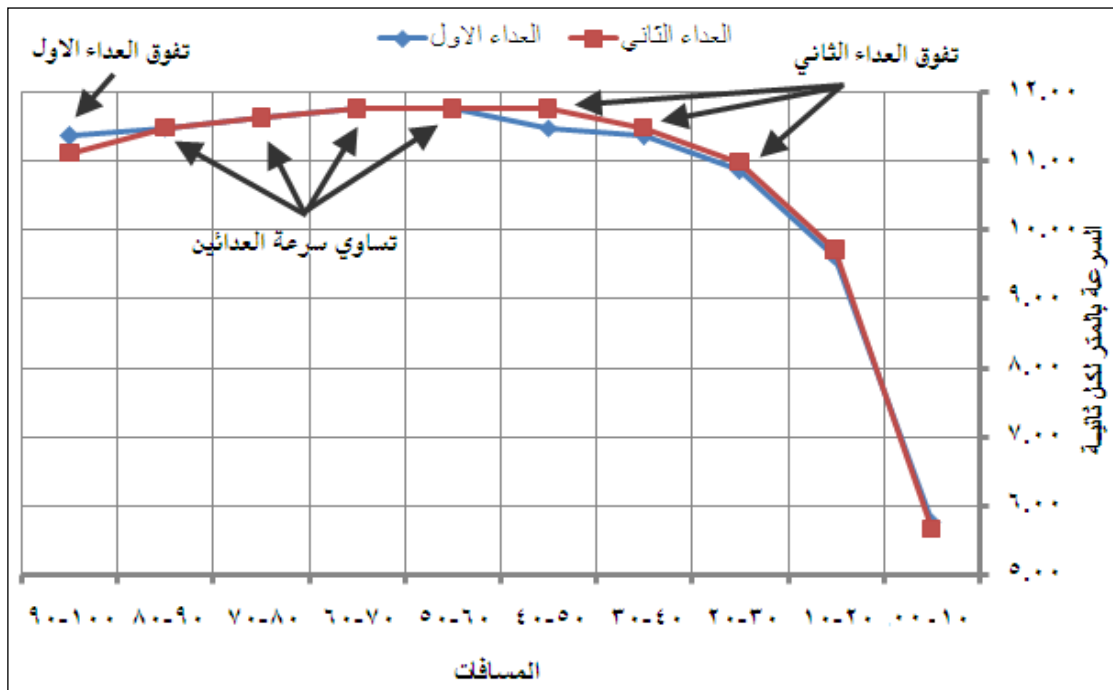
الشكل (١٢-٢) : يوضح المنحنى البياني للزمن وفقا لمسافات السباق للعداء الثاني



الشكل (١٣-٢) : يوضح معدل السرعة للعداء الاول



الشكل (٢-١٤) : يوضح معدل السرعة للعداء الثاني



الشكل (٢-١٥) : منحني بياني يوضح المقارنة بين العدائين في معدل السرعة

العلاقة بين السرعة والدقة في الأداء الحركي:

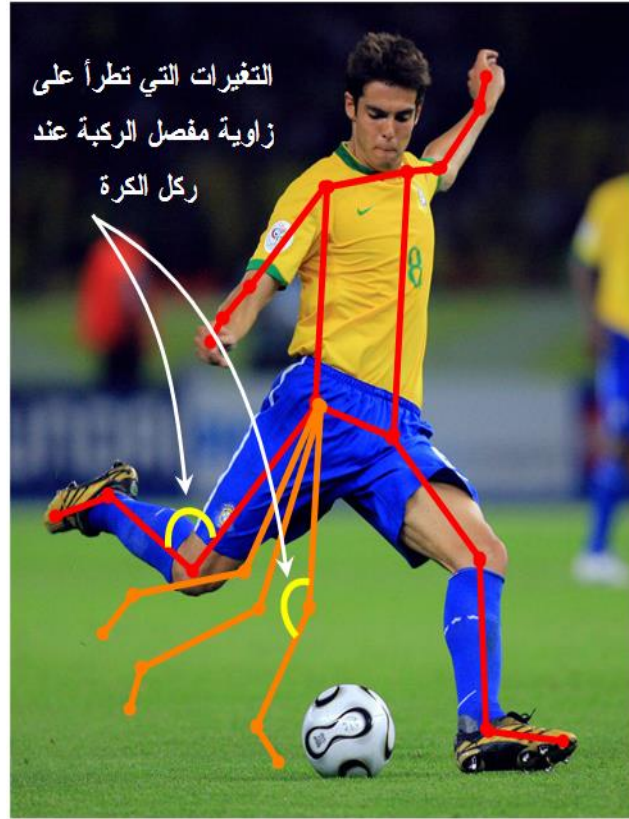
تعني الدقة القابلية على التحكم بالإرادي وفقا للتوافق العالي بين الجهازين العصبي والعضلي وكلما كانت وتيرة الاداء المهاري بطيئة كلما ساعدت على التحكم بشكل افضل يدفعنا هذا الحديث الى الاستنتاج بان العلاقة ستكون عكسية بين السرعة والدقة وتختلف درجة التحكم وفقا للهدف المطلوب بلوغه فالدقة المطلوبة للتصويب في كرة السلة تكون عالية وتتطلب درجة توافق عالية مقارنة بالتهديف في كرة القدم ويأتي السبب المباشر في هذا الاختلاف من مساحة منطقة الدقة (هدف كرة القدم، سلة التصويب) ووفقا لذلك فان مقادير السرعة تختلف من حالة الى اخرى.

لو أردنا دراسة ركلة الجزاء من ناحية المتغيرات الميكانيكية (الكينماتيكية) فهي ركلة حرة مباشرة وبما إن حدوثها داخل منطقة الجزاء فيتعامل معها الحكم كركلة جزاء تؤدي وفق أسس القانون التي تنص على أن يقف اللاعبون على بعد عشرة ياردات عن مكان تواجد الكرة على نقطة الجزاء وإن يكون اللاعب المنفذ معرف من قبل الحكم وإن لا يتحرك حارس المرمى إلى الإمام قبل تنفيذ الركلة وإن لا يدخل معه زميله قبل التنفيذ وإن تنفذ الركلة إلى الأمام بعد صفارة الحكم وغيرها من المهام الإدارية التي يقوم بها الحكم والحكم المساعد والمهم في هذا الموضوع هو كيف ندرس هذه المتغيرات ؟

إن عملية التصدي لركلة الجزاء هو ضد القوانين الطبيعية لعلم الفيزياء ... وتفسير الأمر واضح جدا بسبب إن عرض المرمى هو سبعة أمتار واثنان وثلاثون سنتمترا وارتفاعه مترين وأربع وأربعون سنتمترا.. والمسافة بين خط المرمى ونقطة الجزاء هي أحد عشر مترا ومحيط الكرة (٦٨) - (٧٠) سنتمترا.. وإن غالبية الكرات التي تسدد من نقطة الجزاء تتراوح سرعتها بين خمس وسبعون إلى تسعون مترا بالثانية أي بوسط حسابي يبلغ ثمانون مترا بالثانية وهذا يعني إن الكرة تصل إلى خط المرمى في أقل من نصف ثانية.. ويحتاج رد فعل أي حارس مرمى بارع إلى ربع ثانية في أقل تقدير زائدا ربع ثانية أخرى ليقفز من منتصف المرمى للوصول إلى الكرة وإبعادها عن المرمى وهذا مستحيل على وفق مايقوله علم البيوميكانيك في تطبيقاته على جسم الكائن البشري ويضاف إلى ذلك إن حارس المرمى يجب أن تكون سرعته (٣٥) متر في الثانية ليصل إلى حافة القائم أو أكثر من (٣٦) مترا في الثانية للوصول إلى الكرة فيما لو اتجهت إلى الزاوية العليا للمرمى وإن عداء المائة متر وحده يستطيع أن يصل إلى سرعات قريبة نوعا ما من هذه السرعات.. لكن حارس المرمى ليس بعداء اولمبي توجب عليه الحركة نحو الكرة من الثبات والمحصلة النهائية هي أن يتصدى لركلة الجزاء هو أمر صعبا للغاية إن لم يكن مستحيلا حسابيا وفيزيائيا.. لكن الحقيقة مختلفة تماما حيث أجريت دراسة على (٢٨٦) ركلة جزاء سددت في بطولات دولية مختلفة في معظم أرجاء العالم حيث اكتشفوا حقيقة مهمة وهي إن حراس المرمى اللذين لا يتحركون قبل التسديد يتصدون بنجاح لركلات الجزاء أكثر من اللذين يلغون بأنفسهم نحو إحدى زاويتي المرمى قبل تسديد الكرة كما إن حراس المرمى اللذين يتوجهون إلى جانب معين ينجحون في التصدي لركلة جزاء واحدة من أصل كل أربع ركلات جزاء .بيما سجلت ثمان ركلات جزاء من أصل عشرة حتى نهاية الدور الاول في بطولة كاس العالم ٢٠١٠ في جنوب أفريقيا ونسبة ٨٠% ..

في حين إن حراس المرمى اللذين يبقون ثابتين في مكانهم يتصدون لستة ركلات من أصل عشرة.. قد تكون الدراسات العلمية صحيحة ويمكن من خلالها شرح الكثير من الظواهر التي درستها الباحثة في جامعة (ايرلانغين) في نورمبينغ (Sandra) التي أشارت إلى ذلك في دراستها في حين نضيف إلى ذلك لما للعامل النفسي الأثر الكبير والواضح في الإخفاق والنجاح وهذه الحقيقة التي يرونها النجوم الذين تعرضوا للإخفاق أو النجاح في ركلاتهم لأنهم يعرفون الحقيقة الكاملة لذلك.

وقد ظهرت فكرة الركلات الترجيحية في عام ١٩٧٠ من قبل الحكم الألماني كارل فالد ولقد حسمت الركلات الترجيحية نهائي البرازيل وإيطاليا في كأس العالم ١٩٩٤ وكانت هذه أول مرة تطبق فيها فكرة الركلات الترجيحية.



شكل رقم (٢-١٦) : يوضح الكيفية التي يتم بها ركل الكرة والمتغيرات الكينماتيكية

التحليل الميكانيكي لسرعة الركن :

طريقة ايجاد المعدل الحقيقي لطول الخطوة وترددتها ومعدل السرعة

يتميز الركن السريع بخاصيتين ميكانيكيتين أساسيتين هما طول الخطوة وترددتها (التكرار في وحدة زمنية معينة)، ويرتبط بالعديد من الشروط الميكانيكية لأداء الخطوة وهي زمن الارتكاز وتكراره (تردد الخطوات، وزمن الطيران، وتكراره) هذا ويمكن القول ان معدل السرعة هو ناتج عن طول الخطوة وترددتها.

ان معدل السرعة يمكن وضعه وفقا للشكل ادناه:

$$\text{معدل السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{1} \times \frac{1}{\text{الزمن}}$$

المسافة

$$\frac{\text{معدل طول الخطوة}}{\text{عدد الخطوات}} = \frac{\text{المسافة}}{\text{عدد الخطوات}}$$

عدد الخطوات

$$\frac{\text{معدل تردد الخطوة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{عدد الخطوات}}{\text{الزمن}}$$

ولتطبيق ذلك يتم قياس عدد الخطوات وإيجاد معدل طول الخطوة بقسمة عددها على المسافة ولنفرض ان عداء استطاع إنهاء السباق بعدد (٤٥ خطوة) وعند قسمة المسافة (١٠٠ متر) على عدد الخطوات نحصل على (٢.٢٢ متر/خطوة) معدل طول الخطوة، ويلاحظ ان وحدة قياس معدل طول الخطوة هي (متر/خطوة)

المسافة

$$\frac{\text{معدل طول الخطوة}}{\text{عدد الخطوات}} = \frac{\text{المسافة}}{\text{عدد الخطوات}}$$

١٠٠

$$\frac{\text{معدل طول الخطوة}}{\text{عدد الخطوات}} = \frac{١٠٠}{٤٥}$$

٤٥

$$\text{معدل طول الخطوة} = ٢.٢٢ \text{ متر/خطوة}$$

أما تردد الخطوات فهو عدد الخطوات في وحدة الزمن أي نقسم عدد الخطوات على الزمن النهائي (الانجاز) والنتاج هو (٤.٥٠ خطوة/ثانية) أي ان اللاعب يقطع (٤) خطوات ونصف الخطوة في كل ثانية

عدد الخطوات

$$\frac{\text{معدل تردد الخطوة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{عدد الخطوات}}{\text{الزمن}}$$

$$\frac{40}{10} = \text{معدل تردد الخطوة}$$

معدل تردد الخطوة = ٤.٥ خطوة/ثانية

أما معدل السرعة فيتم حسابها على الشكل الآتي:

$$\frac{\text{خطوة}}{\text{متر}} \times 4.50 = \frac{2.22}{\text{خطوة}} \text{ معدل السرعة}$$

ثانية

معدل السرعة = ٩.٩٩ م/ثا (الاختلاف البسيط جدا يعود الى التجزئة في بعض الارقام)

ويحسب زمن الخطوة من لحظة الارتكاز إلى لحظة قبل التماس للخطوة القادمة (زمن الارتكاز + زمن الطيران) أما طول الخطوة فيمكن حسابه من مشط قدم اليمين إلى مشط القدم اليسار (لحسابات زمن التماس والطيران من مشط القدم اليمين الى كعب القدم اليسار)، وفي حسابات الطول والتردد يحدث في الميدان عند خط النهاية ان لا تكتمل خطوة أي ان الخطوة تكتمل بعد خط النهاية فيترك معالجة ذلك إلى المحلل مع الأخذ بنظر الاعتبار المسافة بعد خط النهاية وزمن الانجاز.

ان قياس السرعة تم على اعتبار ان الحركة منتظمة (أي ان المسافة الكلية تمت قسمتها على الزمن الكلي) وان القياس الصحيح هو تجزئة المسابقة إلى مسافات كون ان مراحل عدو ١٠٠ متر تبدأ برد الفعل ثم تزايد السرعة ثم السرعة القصوى ثم مطاولة السرعة وتغيير السرعة وفقا لهذه الأجزاء ومن عداء الى اخر وحينذاك تكون الحركة غير منتظمة ويكون حساب السرعة صحيحا. في الجدول ادناه تم حساب السرعة وفقا لطول وتردد الخطوة على اعتبار ان الحركة غير منتظمة، وحسابها على اساس معدل السرعة على اعتبار ان الحركة منتظمة والجدول يوضح انجاز لثلاث عداءات.

جدول (٢-٢) : يبين طول وتردد الخطوة في نهائيات عدو ١٠٠ متراناث بطولة برلين ٢٠٠٩

SturruP Chandra			Stewart Kerron			Fraser Shelly-Ann			
السرعة	معدل تردد الخطوة	معدل طول الخطوة	السرعة	معدل تردد الخطوة	معدل طول الخطوة	السرعة	معدل تردد الخطوة	معدل طول الخطوة	المسافات
٦.٤٣	٤.٢٦	١.٥١	٦.٤٤	٤.٠٥	١.٥٩	٦.٦٠	٤.١٥	١.٥٩	٢٠ - ٠
١٠.٠١	٥.٠٣	١.٩٩	١٠.٢٠	٤.٧٠	٢.١٧	١٠.٢٦	٤.٩١	٢.٠٩	٤٠ - ٢٠
١٠.١٩	٤.٩٠	٢.٠٨	١٠.٦٠	٤.٦٥	٢.٢٨	١٠.٥٦	٤.٨٢	٢.١٩	٦٠ - ٤٠
١٠.٢٥	٤.٩٣	٢.٠٨	١٠.٧٦	٤.٦٢	٢.٣٣	١٠.٥٩	٤.٨٦	٢.١٨	٨٠ - ٦٠
٩.٨٥	٤.٥٤	٢.١٧	١٠.٣٦	٤.٢٨	٢.٤٢	٢٣.١٠	٤.٦٥	٢.٢٠	١٠٠ - ٨٠
٩.٣٥			٩.٦٧			٩.٦٥	معدل السرعة كحركة غير منتظمة		
٩.٠٥			٩.٣٠			٩.٣٢	معدل السرعة كحركة منتظمة		
٠.١٤			٠.١٧			٠.١٥	زمن رد الفعل		
١١.٠٥			١٠.٧٥			١٠.٧٣	الإنجاز		

وعندما نطلب من العداء في تقنين شدته إلى ٩٥% فانه (وبنسبة إدراك معينة منه) سيجري بعض التعديلات على أطوال الخطوات وتردداتها لكي ينهي سباقه بزمن أكبر من زمنه السابق أو بسرعة أقل من سرعته السابقة لإغراض التكرار فهل يمكن تدريب العداء وفقا لطول وتردد الخطوات؟ نعم هناك مجموعة من الدراسات اهتمت بإطالة الخطوة أو زيادة ترددها وكان الغرض منها هو تطوير السرعة كما استخدمت العديد من الدراسات المرتفعات صعودا ونزولا لغرض تطوير وكسر حاجز السرعة.

يقع على العداء واجب التوافق بين طول الخطوة وترددها إذ تكون الخطوات الأولى قصيرة وتتغلب زمن الارتكاز على زمن الطيران وما يلبث ان يتغير هذا التوقيت فتطول الخطوات ويقل زمن الارتكاز وتعتمد ذلك في بعض المسابقات على اعتدال الجذع ويلاحظ ان السرعة القصوى يمكن اكتشافها من خلال تساوي أطوال الخطوات كل هذه الأمور يجب الأخذ بها وتوقيتها وفقا للعمل العصبي العضلي.

وطالما ان معدل السرعة يقيس عاملين بينهما علامة الضرب إذن يمكن ان يزيد أحد العاملين مع نقصان العامل الآخر للحصول على السرعة نفسها وهذا يعود إلى الفروق الفردية في عاملي الطول والقوة المبذولة بين العدائين.

التعجيل (Acceleration):

يعرف بأنه المعدل الزمني لتغير السرعة أو المعدل الزمني للزيادة أو النقصان في السرعة ويسمى بالتعجيل السلبى أو الايجابى وهو من الكميات الميكانيكية المتجهة ووحدات قياسه هي م/ثا² أو سم/ثا²

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

أو

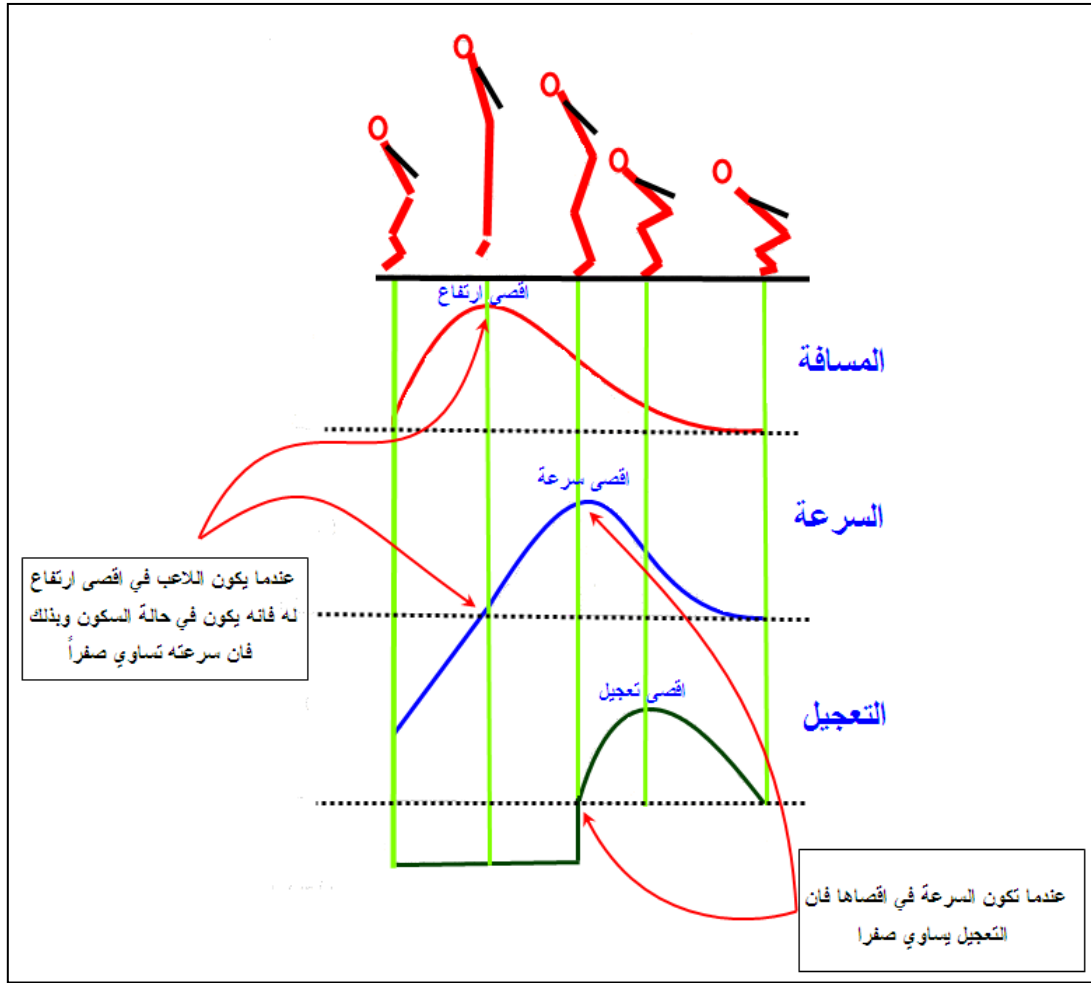
$$\text{التعجيل} = \frac{\text{السرعة النهائية} - \text{السرعة الابتدائية}}{\text{الزمن}}$$

ان وحدة التعجيل هي عبارة عن وحدة سرعة مقسومة على وحدة زمن.

وهناك بعض المصطلحات التي ترافق التعجيل منها سرعة التعجيل وهي تختلف من سباق الى آخر وفقا للجهد الذي يبذله الرياضي من جهد حقيق. أما قوة التعجيل يشار به إلى المرحلة التي تبذل فيها القوة للوصول الى بداية التعجيل بعد الانطلاق من الثبات.

والتعجيل كمية ميكانيكية متجهة يجب ذكر مقدارها واتجاهها ومن الممكن ان يكون التعجيل ثابتا أو متغيرا فالتعجيل الثابت تكون السرعة بمقادير متساوية خلال فترات زمنية أي بسرعة ثابتة أو متساوية التزايد وبزمن معلوم عند ذلك يكون مسار التعجيل ثابتا.

في الشكل التالي يتم توضيح اختبار القفز العالي من الثبات ويلاحظ بان مسار نقطة مفصل الورك سيتحرك الى الاعلى ثم يرجع الى نقطة البداية اما في حالة الركض او المشي من الثبات فان المسافة تقدر بالأمتار طولا وليس ارتفاعا وسنلاحظ ارتفاع وانخفاض في مسار نقطة الورك وفقا لمرحلتى الارتكاز الامامى والخلفى اذ ان مفصل الركبة ستتثنى بعد وضعه على الارض وصولا الى اقصى انثناء ثم تبدأ هذه الزاوية بالانفراج وفي لحظة اجتياز مركز كتلة الجسم للخط العمودي الوهمي القائم على رجل الاستناد وزيادة الانفراج في زاوية الركبة تؤدي الى ارتفاع مسار نقطة الورك ولذلك فان مسار نقطة الورك سيكون على شكل منحنى في تزايد وتناقص ووفقا لذلك فان السرعة ستظهر على شكل مسار منحنى أي في المشي والركض نجد اكثر من منحنى ويتناوب التعجيل وفقا لذلك.



شكل رقم (٢-١٧) : يوضح العلاقة بين المسافة و السرعة والتعجيل

ونستنتج من الشكل اعلاه ان التعجيل يكون صفراً عندما تصل السرعة الى اقصاها، كما ان السرعة تكون صفراً عندما يحدث سكون للجسم في اعلى نقطة.

العلاقة بين السرعة والتعجيل:

ان حركة اللاعب تتأثر بالتزايد او النقصان تحت تأثير أنواع مختلفة من القوى لذلك من المهم معرفة متغيرات السرعة على أساس فترات زمنية محددة. ومن أمثلة ذلك عداء ١٠٠ متر يبدأ بالانطلاق عند سماع إشارة البدء ثم يبدأ بزيادة سرعته الى أقصى درجة ممكنة وعند الوصول الى أقصى قدراته البدنية يستمر بهذه السرعة ويحاول الحفاظ عليها قدر الإمكان وفي هذه الحالة تبدأ سرعته بالتناقص (في الجزء الأخير من السباق).

جدول (٢-٣) يبين نتائج العداء الجاميكي (بولت) في بطولة برلين ٢٠٠٩
والرقم العالمي المسجل باسمه (٩.٥٨ ثانية)

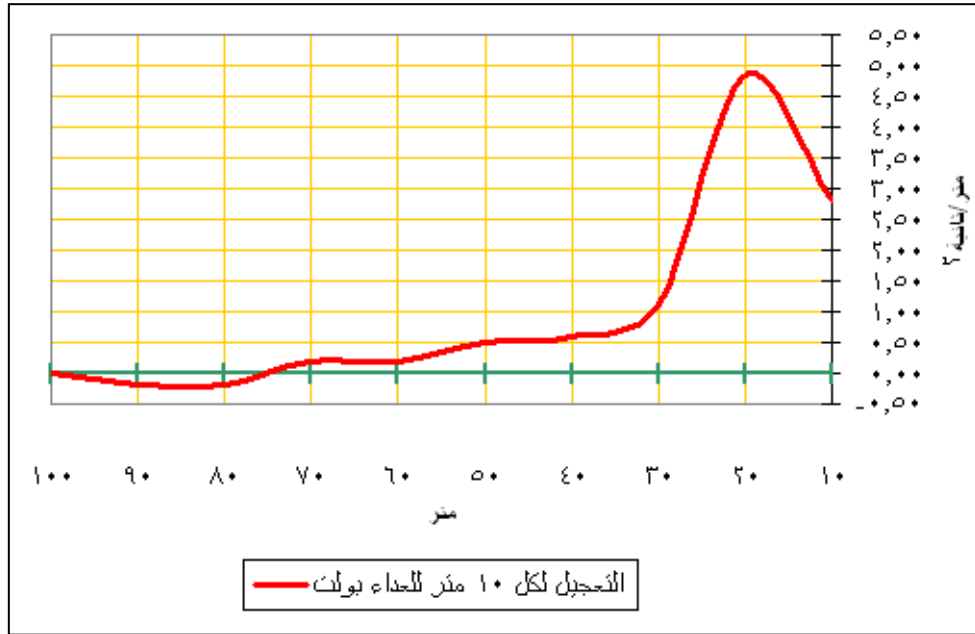
Powell	Bolt	المسافة	Powell	Bolt	المسافة
معدل السرعة	معدل السرعة		الزمن	الزمن	
٥.٣٥	٥.٢٩	١٠.٠٠	١.٨٧	١.٨٩	١٠
٩.٧١	١٠.١٠	٢٠.٠٠	٢.٩٠	٢.٨٨	٢٠
١٠.٨٧	١١.١١	٣٠.٠٠	٣.٨٢	٣.٧٨	٣٠
١١.٣٦	١١.٦٣	٤٠.٠٠	٤.٧٠	٤.٦٤	٤٠
١١.٧٦	١٢.٠٥	٥٠.٠٠	٥.٥٥	٥.٤٧	٥٠
١١.٩٠	١٢.٢٠	٦٠.٠٠	٦.٣٩	٦.٢٩	٦٠
١١.٩٠	١٢.٣٥	٧٠.٠٠	٧.٢٣	٧.١٠	٧٠
١١.٧٦	١٢.٢٠	٨٠.٠٠	٨.٠٨	٧.٩٢	٨٠
١١.٦٣	١٢.٠٥	٩٠.٠٠	٨.٩٤	٨.٧٥	٩٠
١١.١١	١٢.٠٥	١٠٠.٠٠	٩.٨٤	٩.٥٨	١٠٠

جدول (٢-٤) يبين التعجيل للعداء الجاميكي (بولت) في بطولة برلين ٢٠٠٩

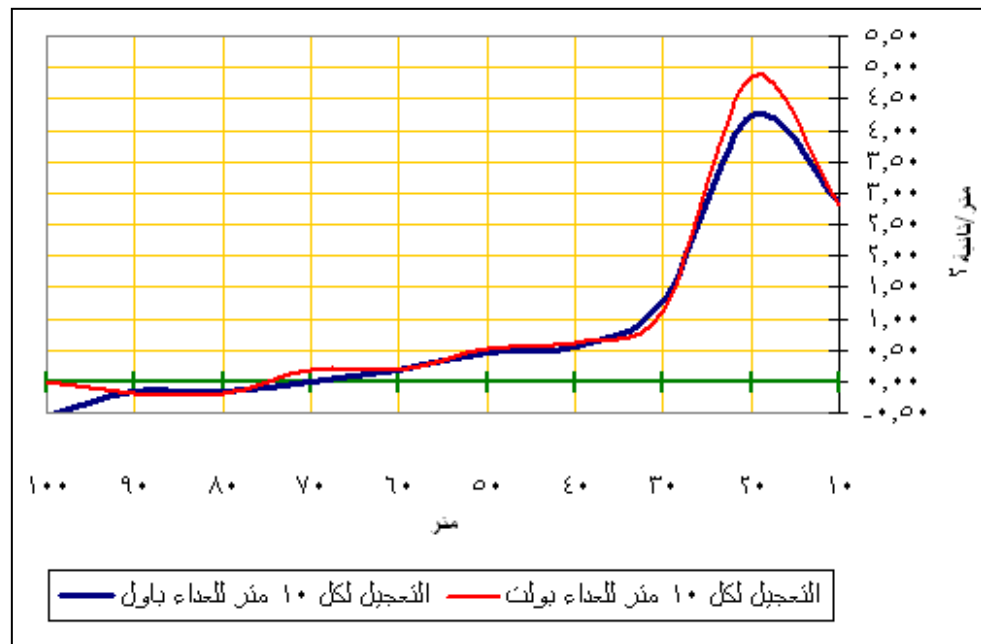
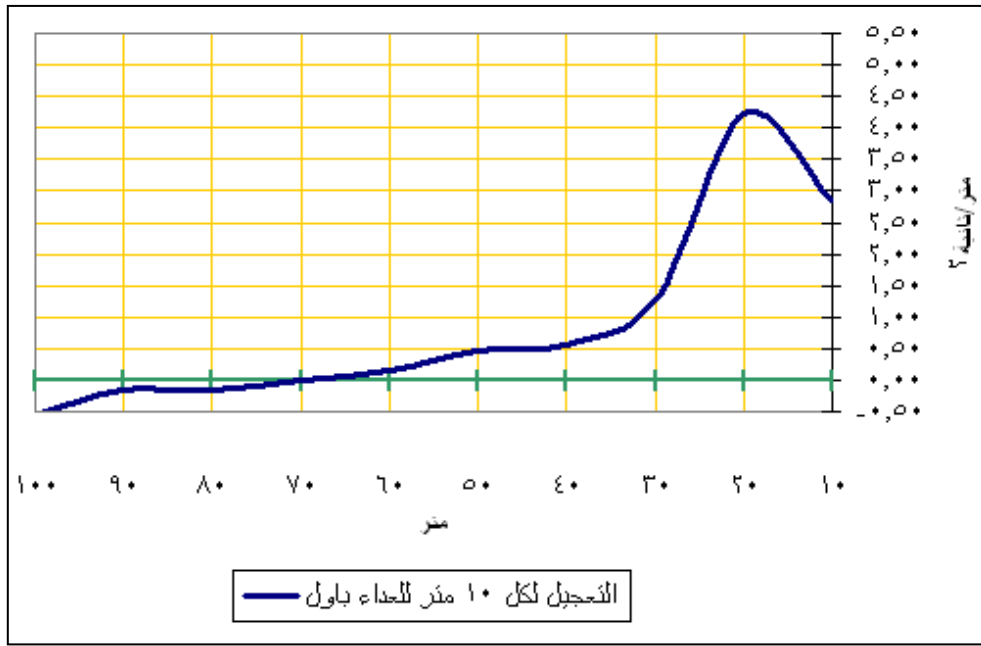
التعجيل	فرق السرعة	فرق الزمن	السرعة	الازمنة	المسافات
٢.٨٠	٥.٢٩	١.٨٩	٥.٢٩	١.٨٩	١٠
٤.٨٦	٤.٨١	٠.٩٩	١٠.١٠	٢.٨٨	٢٠
١.١٢	١.٠١	٠.٩٠	١١.١١	٣.٧٨	٣٠
٠.٦٠	٠.٥٢	٠.٨٦	١١.٦٣	٤.٦٤	٤٠
٠.٥١	٠.٤٢	٠.٨٣	١٢.٠٥	٥.٤٧	٥٠
٠.١٨	٠.١٥	٨٢.٠	١٢.٢٠	٦.٢٩	٦٠
٠.١٩	٠.١٥	٠.٨١	١٢.٣٥	٧.١٠	٧٠
٠.١٨-	٠.١٥-	٠.٨٢	١٢.٢٠	٧.٩٢	٨٠
٠.١٨-	٠.١٥-	٠.٨٣	١٢.٠٥	٨.٧٥	٩٠
٠.٠٠	٠.٠٠	٠.٨٣	١٢.٠٥	٩.٥٨	١٠٠

جدول (٢-٥) يبين التعجيل للعداء (باول) في بطولة برلين ٢٠٠٩

المسافات	الازمنة	السرعة	فرق الزمن	فرق السرعة	التعجيل
١٠	١.٨٧	٥.٣٥	١.٨٧	٥.٣٥	٢.٨٦
٢٠	٢.٩٠	٩.٧١	١.٠٣	٤.٣٦	٤.٢٣
٣٠	٣.٨٢	١٠.٨٧	٠.٩٢	١.١٦	١.٢٦
٤٠	٤.٧٠	١١.٣٦	٠.٨٨	٠.٤٩	٠.٥٦
٥٠	٥.٥٥	١١.٧٦	٠.٨٥	٠.٤٠	٠.٤٧
٦٠	٦.٣٩	١١.٩٠	٠.٨٤	٠.١٤	٠.١٧
٧٠	٧.٢٣	١١.٩٠	٠.٨٤	٠.٠٠	٠.٠٠
٨٠	٨.٠٨	١١.٧٦	٠.٨٥	٠.١٤-	٠.١٦-
٩٠	٨.٩٤	١١.٦٣	٠.٨٦	٠.١٤-	٠.١٦-
١٠٠	٩.٨٤	١١.١١	٠.٩٠	٠.٥٢-	٠.٥٧-



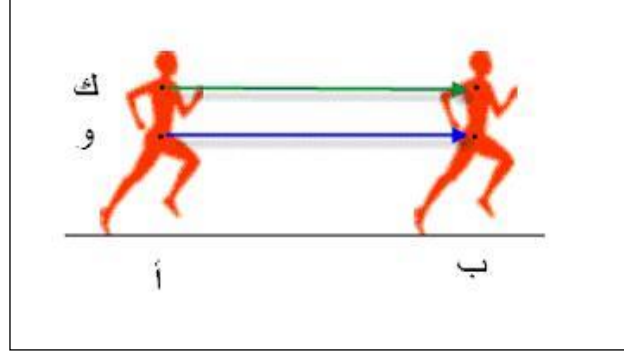
شكل رقم (٢-١٨) : يوضح المنحنى البياني للتعجيل للعداء (بولت) بطولة برلين ٢٠٠٩



من الأشكال السابقة يمكن وصف التعجيل بأنه السرعة التي يكتسبها الجسم تحت تأثير قوة خارجية يتحرك بها وتكون في حالة تزايد في بداية السباق ثم يتناقص وفقا لميل السرعة الى الثبات حتى يصل الى قيمة الصفر عندما تثبت او تتكرر قيمة السرعة وتبقى العلامة موجبة (+) ولكن نقل مقاديرها ثم تبدأ السرعة بالتناقص بعد انتهاء قابلية العداء في الاحتفاظ بالمقدار نفسه من السرعة فتكون علامة التعجيل (-).

المسافة والازاحة الزاوية (الدائرية):

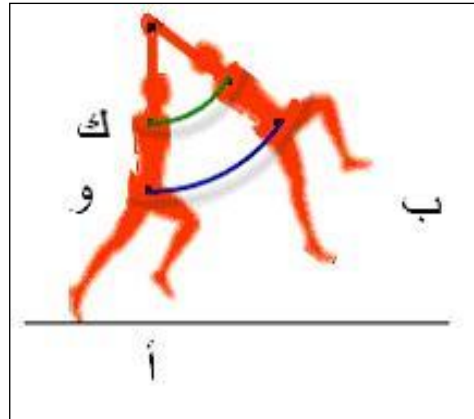
جميع الحركات التي تؤدي على محور وهمي أو حقيقي خارجي أو داخلي فإنها حركات دائرية. إن لأية دائرة بداية ونهاية ومن المعروف أن زاوية أية دائرة هي (٣٦٠ درجة) تبدأ من (الصفر) بعكس عقرب الساعة وتنتهي في (٣٦٠ درجة). النقطة التي تتحرك على محيط الدائرة تمتلك سرعة تسمى بالسرعة المحيطية أو الدائرية ووحدتها تماثل وحدة السرعة الخطية (متر/ثانية)، ولغرض توضيح السرعة المحيطية ومقارنتها بالسرعة الخطية فإننا نلاحظ المثال الآتي.



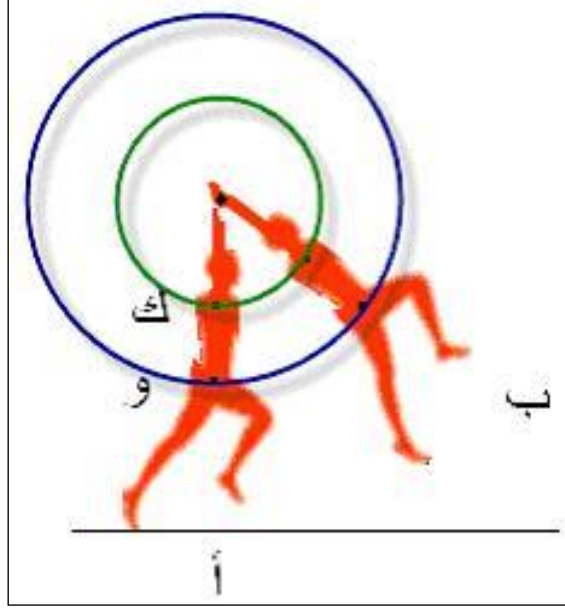
شكل رقم (٢-٢١) : يوضح المسار الخطي لمفصل الورك والكتف في الركض

لو تحرك لاعب من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) وشخصنا نقطتان في جسم اللاعب وهما نقطة الورك (و) ونقطة الكتف (ك) فإن المسافة المقطوعة لكلا النقطتين تكون متساوية وبما أن النقطتين تحركتا في الوحدة الزمنية نفسها فإننا نستطيع الجزم بأن سرعة النقطتين متساوية أي إن سرعة نقطة الورك تساوي سرعة نقطة الكتف.

أما إذا راقبنا هاتين النقطتين على اللاعب نفسه وهو يؤدي المرحجة على جهاز العقلة وكما في الشكل التالي فإننا نلاحظ اختلاف في مدى حركة النقطتين فالمدى الحركي لنقطة الورك أكبر من المدى الحركي لنقطة الكتف أو بصياغة أخرى فإن المسافة التي تتحركها نقطة الورك أكبر من المسافة التي تتحركها نقطة الكتف قارن الاشكال التالية.



شكل رقم (٢-٢٢) : يوضح المسار الدائري لمفصل الورك والكتف في المرحجة على العقلة

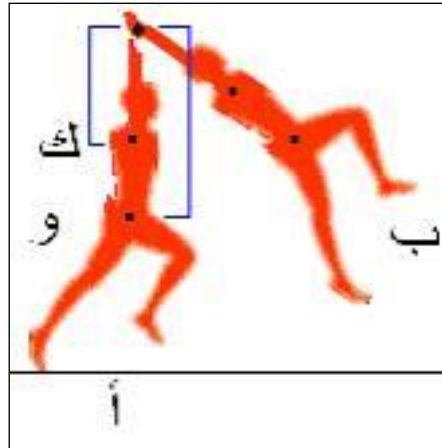


شكل رقم (٢-٢٣) : يوضح الدوائر التي يمكن رسمها لمفصل الورك والكتف في المرجحة على العقلة

فلو تحركت نقطة (و) من منطقة (أ) ووصلت إلى منطقة (ب) فإنها ستكون قطعت مسافة أكبر من مسافة نقطة (ك)، ورغم أن النقطتين تحركتا في الوحدة الزمنية نفسها إلا أن سرعة النقطة (و) لا تساوي سرعة النقطة (ك) وهذا هو الاختلاف الثاني بين الحركات الخطية والحركات الدائرية، فالاختلاف الأول وجود المحور. أما الاختلاف الثاني فهو نصف القطر

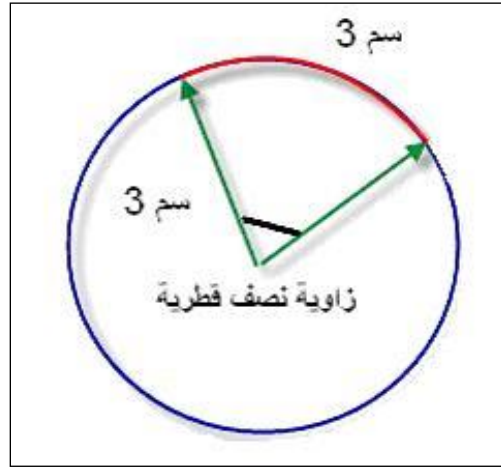
إن الفروق التي يمكن ملاحظتها بين النقطتين (و) و (ك) يمكن إيجازها بما يأتي

- ١- مدى حركة (و) أكبر من مدى حركة (ك)
- ٢- بعد نقطة (و) أكبر من بعد نقطة (ك)
- ٣- سرعة نقطة (و) أكبر من سرعة نقطة (ك)



شكل رقم (٢-٢٤) : يوضح اختلاف ابتعاد لمفصل الورك والكتف من محور العقلة

وهناك اتفاق واحد بين النقطتين وهي أنهما تتحركان في الزاوية نفسها (هـ) كما موضح في الشكل أدناه



شكل رقم (٢-٢٥) : يوضح موقع الزاوية نصف القطرية

والتساؤل المهم هل يمكن حساب سرعة هاتين النقطتين؟ الجواب: نعم اذ سيتم دراستها وفقا للزاويا وتسمى السرعة التي تقيس الزاوية في وحدة الزمن بالسرعة الزاوية وقانونه:

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{قيمة الزاوية}}{\text{الزمن}} \quad (١)$$

وهذا القانون لا يكون صحيحا في إجراء المقارنة بين سرعتي النقطتين لأنهما يحدثان على نفس الزاوية وفي الزمن نفسه أي أن سرعتهما الزاوية هي نفسها وبوحدة (درجة/ثانية) ، فمن الأفضل الاستفادة من الاختلافات بين النقطتين ، أي أن نستخدم (طول القوس) لأنه متباين عند النقطتين وكذلك (نصف القطر) أي البعد عن المحور وهو أيضا متباين لدى النقطتين.

سنلجأ إلى الزاوية نصف القطرية لأنها تعرف بأنها (النسبة بين طول القوس ونصف القطر)

$$\text{الزاوية} = \frac{\text{طول القوس}}{\text{نصف القطر}} \quad (٢)$$

إن الزاوية أعلاه تسمى بالزاوية نصف قطرية، وتعرف الزاوية نصف قطرية بأنها الزاوية التي تقابل قوسا طوله يساوي طول نصف القطر.

إذا استخدمنا الزاوية هذه بدلا من الزاوية في القانون (١) سنحصل على مكسبين أولهما أننا سنعطى بدقة تحرك كل نقطة وفقا لمداها وبعدها، وثانيا إن الوحدة الحالية لقيمة الزاوية سوف لن تكون بوحدة الدرجة وهذا سيساعدنا (لاحقا) في اشتقاق معادلة للسرعة المحيطية.

إن وحدة الزاوية في المعادلة رقم (١) بالدرجة أما قيمة الزاوية في المعادلة رقم (٢) فإنها بدون وحدة لأن طول القوس بالمتر أو السنتيمتر وكذلك وحدة نصف القطر فتكون وحدة هذه الزاوية هي (م/م=١). أما المساحة المحصورة بين ضلعي نصف القطر وطول القوس تسمى بالقطاع، ونلاحظ وجود عدد (٦.٢٨) قطاعا في الدائرة الواحدة وزاوية كل قطاع (زاوية نصف قطرية) هي ٥٧.٣٢٤ درجة

علاقة السرعة المحيطية بالسرعة الزاوية:

نفترض بأن

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية

أي أن م / ثا = درجة / ثا

وهذا لا يجوز فيجب أن تكون الوحدات متشابهة في طرفي المعادلة.

نعرف مسبقا بأن

$$\frac{\text{قيمة الزاوية}}{\text{الزمن}} = \text{السرعة الزاوية}$$

أما قيمة الزاوية التي سنعتمدها فهي الزاوية الموجودة في المعادلة رقم (٢) أي الزاوية النصف قطرية

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{الزاوية نصف قطرية}}{\text{الزمن}} - - (٢)$$

نحتاج إلى قياس بوحدة المتر أو السنتيمتر تحدثنا سابقا إننا لا نستطيع مقارنة نقطتان تبتعدان عن بعضيهما على نفس المحور وعلى نفس خط العمل بسبب اختلاف أنصاف الأقطار إذن يمكننا اعتماد نصف القطر في المعادلة وطالما إن نصف القطر تتناسب طرديا مع السرعة فإن أفضل مقياس نعتمده هو نصف القطر.

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{١}{\text{م}} \times \frac{\text{م}}{\text{ثا}}$$

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{م}}{\text{ثا}}$$

الآن

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية $\times$ نصف القطر - - - - - (٣)

من المعادلة أعلاه نستنتج ما يأتي

١- إن السرعة المحيطية تتناسب طرديا مع نصف القطر بثبات السرعة الزاوية.

٢- إن السرعة المحيطية تتناسب طرديا مع السرعة الزاوية بثبات نصف القطر.

ولكي نثبت ذلك نفترض السؤال الآتي:

تحرك جسم من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) بزم من قدره (٠.٣ ثا) وقطع زاوية مقدارها (٩٠ درجة) وكان بعد هذا الجسم عن محور الدوران (٠.٠٦ متر). احسب السرعة المحيطية واحسب السرعة المحيطية عند مضاعفة نصف القطر.

الحل:

نحول قيمة الزاوية من وحدة الدرجة إلى وحدة نصف قطرية

الزاوية = طول القوس / نصف القطر

طول القوس = ٠.٠٦×٩٠

= ٥.٤ م. درجة

نقسم الرقم أعلاه على قيمة القطاع (درجة الزاوية نصف القطرية والبالغة ٥٧.٣ وهي ثابتة فنتخلص من وحدة الدرجة

٥.٤

طول القوس =

٥٧.٣

طول القوس = ٠.٠٩ م

٠.٠٩

قيمة الزاوية نصف قطرية =

٠.٠٦

قيمة الزاوية نصف قطرية = ١.٥ بدون وحدة

١.٥

السرعة المحيطية = $٠.٠٦ \times$

٠.٣

السرعة المحيطية = ٠.٣٠ م/ثا

أما إذا كان نصف القطر (٠.١٢ = ٢ × ٠.٠٦)

طول القوس = ٠.١٢ × ٩٠

طول القوس = ١٠.٨ درجة. م

١٠.٨

طول القوس =

٥٧.٣

طول القوس = ٠.١٩ م

٠.١٩

قيمة الزاوية نصف قطرية =

٠.١٢

قيمة الزاوية نصف قطرية = ١.٥٨ بدون وحدة

١.٥٨

السرعة المحيطية =

٠.٣

السرعة المحيطية = ٠.٦٣ م/ثا

أي بمضاعفة نصف القطر تتضاعف السرعة المحيطية

ولاحظ بان قيمة الزاوية نصف قطرية بقيت كما هي

في الدائرة الواحدة فان الزاوية تساوي ٣٦٠ درجة لذلك فان أية مسافة زاوية ستكون مساوية للإزاحة الزاوية مثلما في ركض المستقيم (١٠٠ متر مثلاً) باستثناء الدورة الكاملة فإنها تبدأ من نقطة الصفر وتنتهي في نقطة ٣٦٠ درجة فان إزاحتها (صفر) مثلما تحدث في ركض (٤٠٠ متر) وحتى الزاوية ٣٥٩ فان مسافتها الزاوية تساوي إزاحتها الزاوية فمثلاً ان الإزاحة الزاوية لدرجة ٩٠ هي نفسها . أما الدرجة ٣٧٠ فان إزاحتها (٣٦٠ - ٣٧٠ = ١٠ درجة)

أما إذا تكررت هذه الدورة مثلاً لعدة مرات فان الإزاحة الزاوية تكون لمرة واحدة

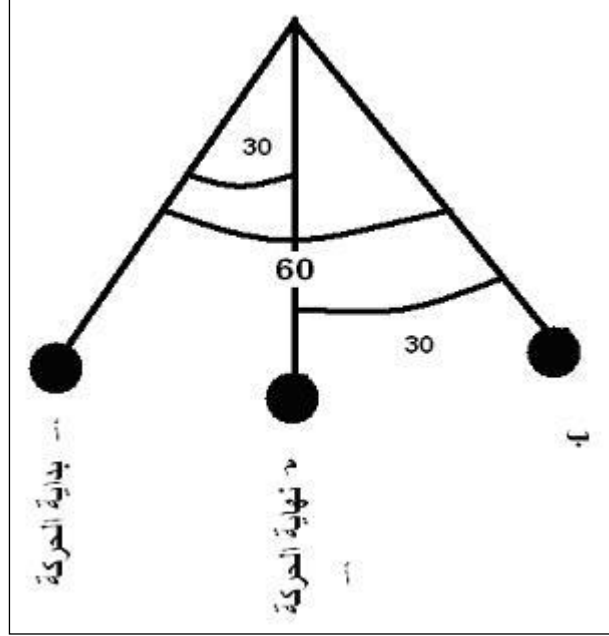
مطرقة تدور ٣ دورات إذا علمنا ان كل دورة هي ٣٦٠ درجة فان المسافة الزاوية هي (٣ × ٣٦٠)

أما الإزاحة الزاوية فهي (١ × ٣٦٠)

في البندول الأمر يختلف فإننا نمسك الخيط او الجزء الذي سيتأرجح ثم نطلقه فيذهب من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) مارا من منتصف المسافة (م) وسيتكرر ذلك ولكن البندول سيستقر في (م) فان الإزاحة الزاوية هي (أ إلى م) أما المسافة الزاوية فهي كل المدى.

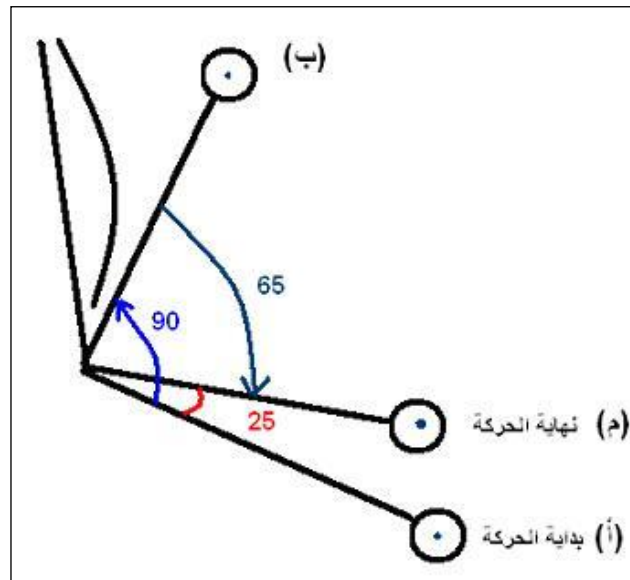
$$\text{المسافة الزاوية} = (٦٠ + ٣٠)$$

$$\text{الإزاحة الزاوية} = ٣٠$$



شكل رقم (٢-٢٦) : يوضح الزوايا المتوقعة في مرجحة حرة لجسم (بندول)

وكذلك فان تمرين (كيرل) ثني ومد الدمبلص من نقطة (أ) الى نقطة (ب) ثم الرجوع الى النقطة (م) فان الإزاحة الزاوية تحسب حسب مسألة البندول.

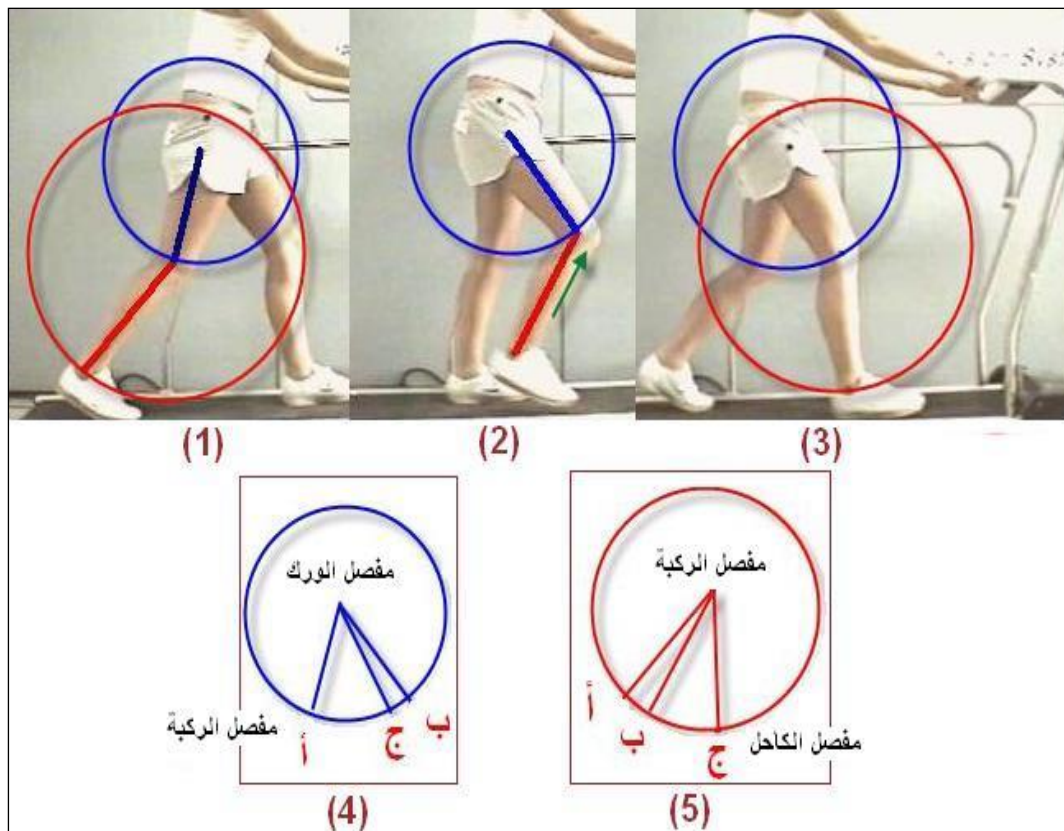


شكل رقم (٢-٢٧) : يوضح الزوايا المتوقعة في تمرين رفع الثقل على الذراع (كيرل)

الذراع تبدأ بالثني من نقطة (أ) بداية الحركة فتصل إلى أقصى ثني في نقطة (ب) نهاية الثني تكون قد قطعت زاوية مقدارها (٩٠ درجة) ثم ترجع إلى الزاوية ٦٥ درجة نهاية الحركة وبذلك تكون قد قطعت مسافة زاوية مقدارها (٦٥+٩٠) أما الإزاحة الزاوية فهي (٢٥ درجة) وهي قيمة الزاوية بين بداية الحركة ونهايتها. أي اننا نحدد نقطتين هما بدأ الحركة ثم انتهائها.

تحليل مسار نقطتين في الجسم عند الركض على جهاز الحزام السيار:

في الصور أدناه رياضي يتمرن على جهاز الحزام السيار، تم تشخيص مفصلي الركبة والكاحل لدراسة مسارهما، وهما يمثلان نقطتين على محيطين لدائرتين مختلفتين في المساحة فالركبة تمثل مركز لدائرة تسير على محيطها الكاحل أما الورك فتتمثل مركز لدائرة تسير على محيطها مفصل الركبة ونلاحظ من خلال الصور ما يأتي:



شكل رقم (٢٨-٢) : يوضح مسار نقطتين في الجسم عند الركض على جهاز الحزام السيار

- الصورة رقم (١) بداية الحركة نلاحظ دائرة كبيرة لمفصل الكاحل ودائرة صغيرة لمفصل الركبة، وسبب ذلك ان الساق اطول من الفخذ
- الصورة رقم (٢) اثناء الحركة نلاحظ ان اتجاه حركة الكاحل يكون بشكل مباشر الى مركز الدائرة مما يجعلنا نتوقع ان المسار على محيط الدائرة سيكون صغيرا ويتزامن مع هذا الحدث انتقال كبير في مسار الركبة، يلاحظ الصورة رقم (٤) المسافة بين نقطة (أ وب) للركبة ويقارن مع المسافة بين النقطتين نفسيهما

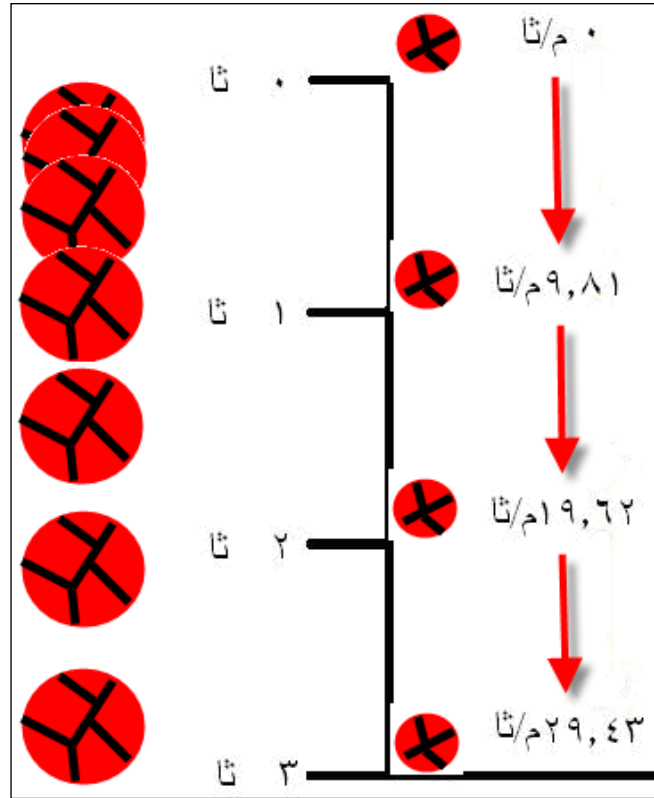
في الصورة (٥) اذ نجد ان المسافة قليلة بين (أ و ب) وهذا يعود لعدم وجود مرجحة في الساق وانما رفع مباشر من خلال الفخذ.

- الصور رقم (٣) يحدث مرجحة في الساق وتنتجه الركبة في حركة الى الخلف (قارن مع الصورة رقم (٤) لتجد ان (ج) وهي نهاية الحركة ستكون قبل (ب) كحدث مكاني وليس زمني)، اما في الصورة رقم (٥) فنجد ان الحدث المكاني بين (ب و ج) حدث متسلسل. علما ان اتجاه الحركة من اليمين الى اليسار. ونستنتج من ذلك ان الازاحة الزاوية للركبة هي (أ) و (ج)، اما للكاحل فهي ايضا (أ) و (ج) ولكنهما مختلفان في الحدث المكاني ومتفقان في الحدث الزمني وان الازاحة الزاوية في الصورة (٤) والخاصة بمفصل الركبة أصغر من الازاحة الزاوية في الصورة رقم (٥) لمفصل الكاحل مناسب لتلك اللعبة.

المقذوفات في المجال الرياضي:

أي أداة أو جسم يكسر اتصاله مع شيء آخر وبزاوية معينة يسمى أو تسمى مقذوف فمثلا لاعب الوثب الطويل يكسر اتصاله مع لوحة الارتقاء في مرحلة الارتقاء بزاوية معينة وهنا نطلق على اللاعب مصطلح مقذوف كذلك عند المناولة في كرة السلة أو الاعداد في الكرة الطائرة فان الاداة يكسر اتصاله مع يد اللاعب فتسمى الكرة مقذوف ولا يختلف الموضوع كثيرا عندما يطلق الحكم في بداية الشوط كرة السلة الى الاعلى فان الكرة ستنتقل إلى الأعلى بزاوية قائمة (الطيران الحر) وبسرعة معينة تتباطأ وتتوقف ثم تبدأ بالرجوع بتسارع إلى نقطة انطلاقها أو نقطة اعلى من نقطة انطلاقها (السقوط الحر) وكذلك يحدث عند لاعب الترامبولين واللاعب الذي يؤدي مهارة الضرب الساحق بالكرة الطائرة والفرد الخاضع لاختبار سارجنت (الوثب العمودي) ان هذا العمل بشكل بسيط سيقع تحت تأثير قانون الجذب والذي ينص على ان الاداة أو الجسم يسقط في الفراغ بتعجيل ثابت مقداره (٩.٨١) متر في الثانية لكل ثانية ومثلما أسلفنا سابقا فان كرة السلة عند سقوطها من السكون فان سرعتها ستبلغ بعد ثانية واحدة (٩.٨١) م/ثا وفي الثانية الثانية تصبح سرعتها (٩.٨١+٩.٨١=١٩.٦٢) فلو استغرقت الكرة عند سقوطها زمنا قدره (٣ ثانية) فانها ستصدم الأرض بسرعة مقدارها (٢٩.٤٣ م/ثا). وفقا للقانون:

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



شكل رقم (٢٩-٢) : يوضح السقوط الحر لكرة السلة

$$\text{السرعة} = \text{الجذب} \times \text{الزمن}$$

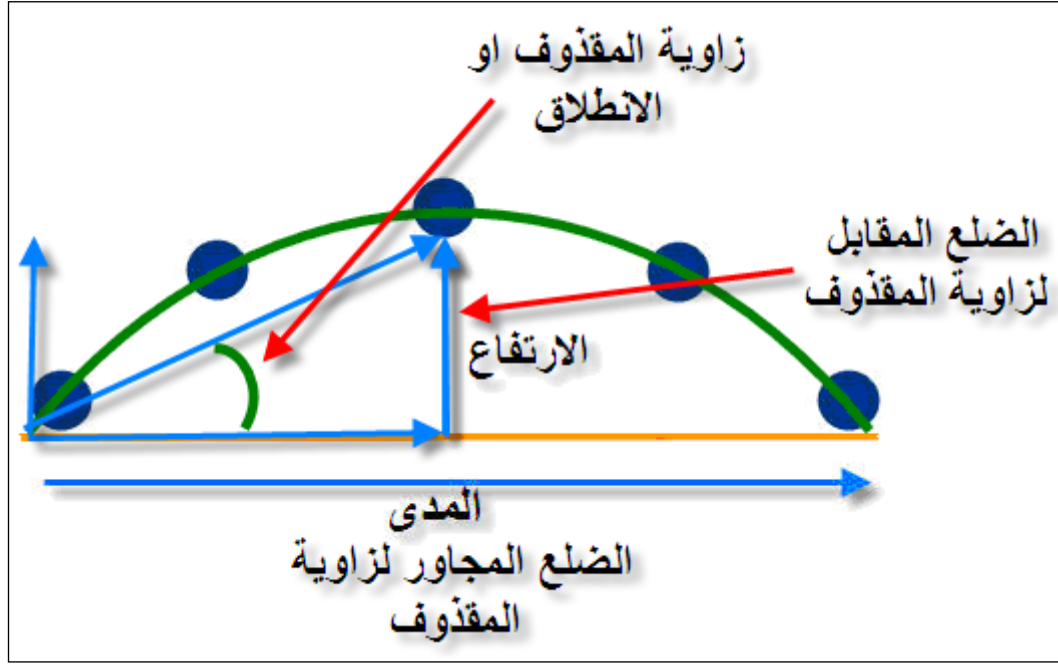
$$\text{السرعة} = 9.81 \times 3$$

$$\text{السرعة} = 29.43 \text{ م/ثا}$$

والمقذوفات بزوايا اقل من القائمة تحدث في شكلين اولهما تساوى نقطتي الانطلاق والهبوط والآخر تباين النقطتين ففي تباين النقطتين قد تكون نقطة الانطلاق اعلى من نقطة الهبوط مثلما يحدث في دفع الثقل او رمي الرمح او قد تكون نقطة الانطلاق أدنى من نقطة الهبوط كما يحدث في التصويب بكرة السلة وان فرق الارتفاع يحسب (ارتفاع نقطة الانطلاق - ارتفاع نقطة الهبوط) لذلك فاننا نتوقع ان يكون فرق الارتفاع في الحالة الاولى (دفع الثقل) بالموجب الا انه في الحالة الثانية (التصويب بكرة السلة) فان فرق الارتفاع يكون بالسالب.

إن الهدف من حركة الأجسام المقذوفة هو تحقيق ابعاد مسافة أفقية، ولحساب المتغيرات المؤثرة في حركة المقذوفات وبالتالي المسافة التي تقطعها لابد من تحديد هذه المتغيرات وهي:

- ١- الزمن الذي يستغرقه المقذوف.
- ٢- أقصى ارتفاع يبلغه الجسم المقذوف.
- ٣- المسافة الأفقية التي يقطعها الجسم المقذوف. $\text{م} = \text{س} \times \text{جا } 2 > / \text{ ج}$



المسافة = مربع السرعة مضروب في جيب ضعف الزاوية / التعجيل الارضي

شكل رقم (٢-٣٠) : يوضح مصطلحات المقذوف

وأدناه مجموعة من النقاط التي يمكن ملاحظتها على المقذوفات بزوايا مثل ركل كرة القدم أو رمي الرمح أو أداء الوثب الطويل وغيرها.

١- أي مقذوف يمتلك مصطلحين أولهما (المدى) ويقصد به المسافة الأفقية لمسار المقذوف والمصطلح الآخر هو (الارتفاع) ويقصد به المسافة العمودية للمقذوف.

- ٢- لكل من المصطلحين زمنين مختلفين فزمن الوصول إلى أقصى ارتفاع (المسافة العمودية) يختلف عن الزمن الكلي الذي استغرقه المدى أو المسافة الأفقية أو زمن الطيران.
- ٣- ان العلاقة بين المسافة والزمن تحكمها مصطلح السرعة وبذلك فان.

$$\text{المسافة الأفقية أو العمودية} = \text{السرعة المحصلة} \times \text{زمن المسافة الأفقية أو العمودية}$$

- ٤- مصطلح الجذب الأرضي يتعامل مع الارتفاع العمودي وليس له علاقة بالمدى أو المسافة الأفقية.
- ٥- طالما ان الارتفاع العمودي أو السرعة العمودية تحددها الجذب الأرضي فأن زمن الوصول الى أقصى ارتفاع (الارتفاع العمودي) يتم حسابه بوجود الجذب الأرضي.
- ٦- ان الارتفاع العمودي هو الضلع المقابل لزاوية المقذوف وبذلك فان المسافة العمودية او السرعة العمودية تعامل مع جيب الزاوية.
- ٧- ان المدى الأفقي هو الضلع المجاور لزاوية المقذوف وبذلك فان المسافة الافقية او السرعة الافقية تعامل مع جيب تمام الزاوية.
- ٨- يتم حساب أقصى ارتفاع يصله المقذوف من خلال القانون الآتي:

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{(\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية})^2}{2 \times \text{الجذب}}$$

- ٩- يتم حساب زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع يصله المقذوف من خلال القانون الآتي:

$$\text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع} = \frac{\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية}}{\text{الجذب}}$$

- ١٠- من المتوقع ان أقصى ارتفاع يكون في منتصف المدى على اعتبار ان للمقذوف مسار على شكل قطع مكافئ، وعليه فأن زمن طيران الأداة يحسب من الفقرة (٩) وذلك بضربها في (٢) وهو زمن المدى الأفقي أو الطيران. وعليه فان الزمن يحسب وفقا للقانون ادناه.

$$\text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع} = \frac{\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية}}{\text{الجذب}} \times 2$$

١١- يتم حساب المسافة الأفقية وفقا للقانون ادناه:

$$\text{المسافة الأفقية} = \text{السرعة المحصلة} \times 2 \times \text{جيب الزاوية للمقذوف/التعجيل الارضي}$$

١٢- عندما تكون زاوية المقذوف (٩٠ درجة) فان قيمة جيب الزاوية هي (١) وعندما تكون زاوية المقذوف (٤٥) درجة فان قيمة جيب الزاوية (٠.٥) لذلك فان أي قيمة نضربها في جيب الزاوية (٩٠) تبقى مثلما هي اما عند ضربها في جيب الزاوية (٤٥) فان القيمة تقل الى النصف، وعليه فان أفضل زاوية للحصول على أفضل مسافة افقية محسوبة بـ (٢ × جيب الزاوية).

مثال :

في الشكل ادناه لاعب مهاجم يحاول ان يعطي مناولة عالية الى زميله وهذا يعني ان الكرة ستصبح مقذوفا أي بحاجة الى سرعة وزاوية ومن وجهة فان زميله يجب ان يتحرك كما ان اللاعب المدافع قد اكتشف خطة المناولة فتتحرك لحظة المناولة لقطع مسار الكرة فلو افترضنا ان اللاعب المدافع سيقطع مسار الكرة في منتصف المسافة أي يحتاج الى التوقيت المناسب وهذا يتطلب معرفة زمن وصول الكرة لاقصى ارتفاعها ومن ناحية اخرى فان المطلوب من اللاعب المهاجم هو القفز لقطع المسار لان مسار الكرة عالي. فلو بلغت السرعة الابتدائية للكرة (١٢ م/ثا) وبزاوية (٣٥ درجة). ما هو المطلوب من اللاعب المدافع؟



شكل رقم (٢-٣١) : يوضح التخطيط لقطع الكرة في كرة القدم وفقا لقانون المقذوفات

$$\frac{(\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية})}{2 \times \text{الجذب}} = \text{أقصى ارتفاع}$$

$$2(0.5736 \times 12)$$

$$\frac{\quad}{9.81 \times 2} = \text{أقصى ارتفاع}$$

$$2(0.5736 \times 12)$$

$$\frac{\quad}{9.81 \times 2} = \text{أقصى ارتفاع}$$

المطلوب من اللاعب المدافع ان يرتفع اعلى من
أقصى ارتفاع = ٢.٤١ متر (٢.٤١ متر) لقطع مسار الكرة

السرعة × جيب الزاوية

$$\frac{\quad}{\text{الجذب}} = \text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع}$$

$$0.5736 \times 12$$

$$\frac{\quad}{9.81} = \text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع}$$

المطلوب من اللاعب المدافع ان

زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع = ٠.٧٠ ثانية يصل خلال اقل من (٠.٧٠ ثانية)
لأقصى ارتفاع للكرة

$$2 \times 0.70 = \text{الزمن الكلي (للمسافة الأفقية)}$$

المطلوب من اللاعب الزميل ان يصل

الزمن الكلي (للمسافة الأفقية) = ١.٤٠ ثانية الى المكان المتوقع لتواجد الكرة خلال
(١.٤٠ ثانية)

$$\text{المسافة الأفقية} = \text{السرعة المحصلة} \times \text{جيب تمام زاوية المقذوف} \times \text{الزمن الكلي}$$

$$1.40 \times 0.8192 \times 12 = \text{المسافة الأفقية}$$

الكرة ستقطع مسافة قدرها (١٣.٧٦ مترا) هل هذه مسافة كافية

المسافة الأفقية = ١٣.٧٦ متر لكي يستلم الزميل الكرة دون مشاكل من اللاعب المدافع

اللاعب المهاجم الذي سيستلم الكرة	١٣.٧٦ متر
معدل سرعة الكرة =	٩.٨٣ م/ثا
يجب ان يتحرك من مكانه الى الموقع المتوقع لسقوط الكرة بسرعة مقدارها	١.٤٠ ثانية
٩.٨٣ م/ثا	

تباين مستويات الانطلاق والهبوط:

عند تباين مستويات الانطلاق والهبوط يخرج مسار الكرة من شكل القطع المكافئ لذلك تم معالجة ذلك وحسب الخطوات ادناه.

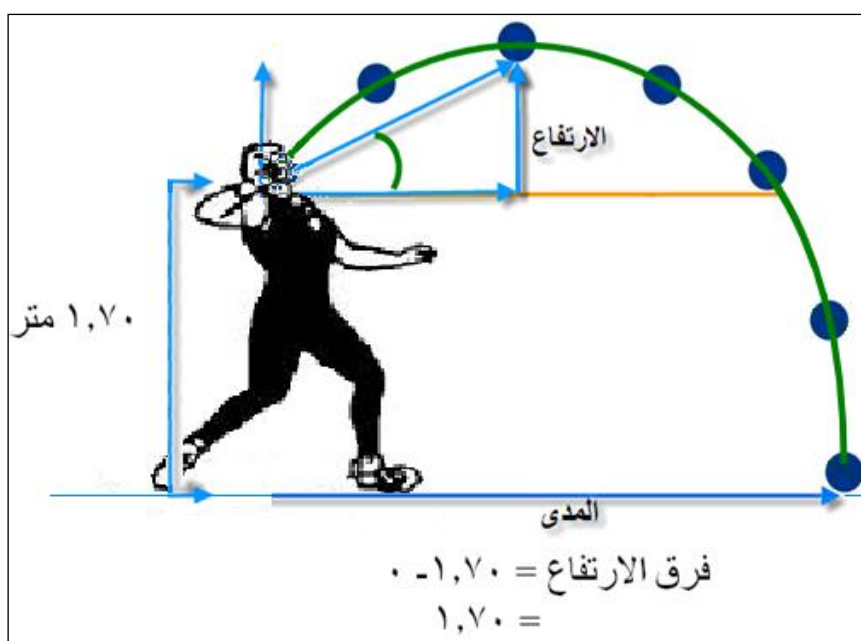
١- حساب الزمن: يتم وفقا للقانون في الفقرة (١٠) مع بعض التعديلات:

$$\frac{\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية} + (\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية})^2 + (٢ \times \text{الجذب} \times \text{فرق الارتفاع})}{\text{الجذب}} = \text{الزمن الكلي}$$

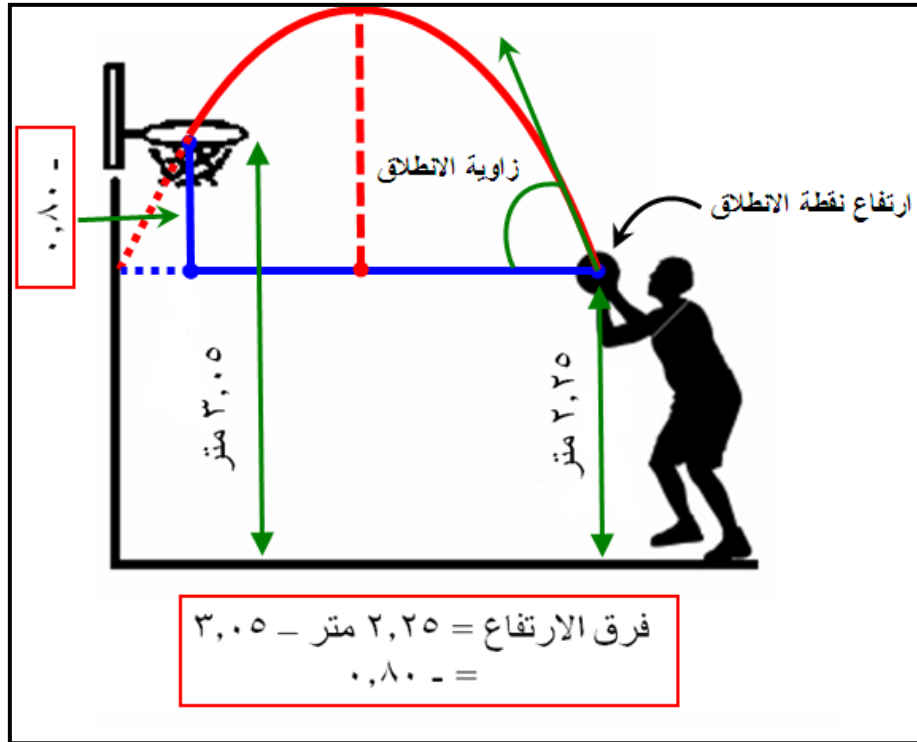
ان القانون اعلاه يصلح حتى إذا كان فرق الارتفاع صفرا أي ان مستوى الانطلاق يساوي مستوى الهبوط.

٢- يتم حساب المسافة وفقا للقانون في الفقرة (١١).

المسافة الأفقية = السرعة المحصلة $\times$ جيب تمام زاوية المقذوف $\times$ الزمن الكلي



شكل رقم (٣٢-٢) : يوضح نقطة ارتفاع المقذوف (الثقل) وفرق الارتفاع عن الارض



شكل رقم (٢-٣٣) : يوضح نقطة ارتفاع المقذوف (كرة السلة) وفرق الارتفاع عن الارض

الفصل الثالث

(الكينيتيك kinetics)

قوانين نيوتن في الحركات الخطية

قوانين نيوتن في الحركات الدائرية

عزم القصور الذاتي

القوة (Force)

القوى الخارجية والداخلية في الحركات الرياضية

القوة الطاردة والقوة المركزية

التأثير المتبادل للقوى الخارجية والداخلية

الجاذبية الأرضية

قوة الاحتكاك (fiction force)

أنواع الاحتكاك

القوى المقاومة للحركة

تأثير ماكنوس (Magnus effect)

الاصابات الرياضية

انواع القوة المسببة للإصابات

العتلات (levers)

أنواع العتلات

فوائد العتلات

التدريب بذراع المقاومة

تطبيقات الروافع (العتلات) على جسم الانسان

مركز كتلة الجسم

الابعاد النسبية لاتزان أجزاء الجسم

العزم

مصطلح الزخم وانتقاله

عزم الدوران

عزم الدوران وتطبيقاته

مقاييس الثبات

الاستقرار

العوامل المؤثرة على الاتزان

علاقة الاتزان بالنشاط الرياضي

عزم الدوران العضلي

عزوم دوران المفصل الناتجة

الدفع وكمية الحركة

الشغل Work

القدرة Power

الطاقة

التصادم والارتداد

التغذية البايوميكانيكية الراجعة لنتيجة الأداء

منصة قياس القوة

التزامن بين منصة قياس القوى وإلة التصوير السينمائي

متطلبات التحليل الحركي

البايوميكانيك والتدريب الرياضي

الكتلة كنظام لتقنين الشدة

كمية الحركة في حساب الزمن

الطاقة الحركية في تقنين الشدة

قوة المثير وفترة دوامه

الأسس الفنية والميكانيكية لركض ٤٠٠ متر حواجز

التحليل الكينماتيكي لركض ٤٠٠ متر حواجز

طول الخطوة وترددها

الأداء الفني والميكانيكي في ركض القوس

(الكينيتيك (Kinetics))

يمثل الكينيتيك القسم الثاني من اقسام البيوميكانيك. فبعد ان تناولنا القسم الاول (الكينماتيك) العلم الذي يهتم بوصف الحركة وحدوثها في الفراغ ودراسة مساراتها الهندسية والزمنية ووضع القوانين اللازمة لذلك بما يتفق وطبيعة كل حركة، وبذلك أصبح الجانب الكينماتيكي هو المعيار للتفاضل في الجانب النوعي فضلا عن تحليل الحركات كميا عند محاولة دراسة المتغيرات المؤثرة في الحركة.

اما محاولة دراسة الاسباب التي تكمن وراء هذه الاختلافات فيما يتعلق بمقادير القوى المسببة للحركة او التباين بين هذه المقادير لتفسير حدوث الحركة هو ما يطلق عليه الجانب الكينيتيكي، حيث ان هذا الجانب يتناول دراسة القوى في حالات الثبات او الحركة، فيقال ان الجسم في حالة حركة عندما يتحرك مكانه نسبة الى نقطة اخرى او نظام نسبي ثابت ويكون الجسم في حالة ثبات عندما يبقى الجسم في حالة سكون أي عدم تغير موضعه نسبة الى نقطة اخرى.

القوة

- تعرف القوة على انها "الفعل الميكانيكي الذي يحدث تغيراً (أو يعمل على إحداثه) في كمية الحركة الخطية للجسم. وهذا التعريف مأخوذ من قانون نيوتن الثاني، ويلاحظ ان القوة إذا أثرت على جسم فانها تؤثر عليه عند نقطة معينة محددة، بمعنى انها إذا أثرت على جسم فإنها تؤثر عليه عند نقطة معينة محددة، لذا فالقوة تتحدد بمقدار واتجاه ونقطة تأثير.
 - خط عمل القوة هو الشعاع المنطبق على اتجاه القوة ماراً بنقطة التأثير.
- إن القوة من الناحية الميكانيكية:

هي مؤثر إذا أثر على جسم فإنه قد يغير من حالته والقوة الميكانيكية كمية متجهة تقاس بوحدة (نيوتن) النيوتن: هو القوة التي تجذب بها الأرض جسماً كتلته 1 كغم تقريباً لتكسبه تعجيلاً مقداره ١م/ثا^٢

الوزن Weight

والوزن = الثقل = قوة جذب الأرض للجسم = ج × ك

الوزن هو حالة خاصة من القوة حيث يعرف على أنه قوة جذب الأرض للأجسام :فإن الوزن هو قوة وهو كمية متجهة ووحدة قياسه هي الـ (نيوتن). هناك خطأ شائع اذ يستخدم الناس كلمة الكتلة للتعبير عن الوزن (كغم) فمثلا الرجل لا يزن (٥٠ كيلو غرام) بل أن كتلته مقدارها (٥٠ كيلوغرام) وهو يزن (٥٠٠ نيوتن) عند سطح الأرض!! لاحظ هنا أن كتلة (١ كيلو غرام) تزن (١٠ نيوتن)

السؤال: كيف يمكن استغلال قوة الجذب بالتدريبات الرياضية لتنمية القدرات البدنية .

- ماعلاقة الكتلة والكتلة المضافة للجسم بالجاذبية وبتدريبات القدرات الانفجارية والسريعة

قبل التكلم في هذا الموضوع نتكلم عن انواع القوى:

- القوى القصيرة المدى:

- تتميز بالتناقص السريع جدا مع زيادة المسافة بين الجسمين المتلامسين، مثل رد الفعل.

- القوى الطويلة المدى:

تتميز بان مقاديرها تتناقص ببطء كلما زادت المسافة مع بقاء مقاديرها عند المسافات محسوسة نسبيا.

مثل قوة الجاذبية اذ تمتاز هذه القوة بقدرتها على النفاذ داخل الجسم لتؤثر على جميع الأجهزة.

- ومن أمثلة القوى طويلة المدى هي القوة الطارد المركزية
- ان القوى التي تكلمنا عليها لها علاقة بالقوة الانفجارية والسريعة.
- أن كلا القدرتين لهما نفس التأثير من ناحية إنتاج الشغل وهو ما يحدث فعلا عند تطبيق القوة العضلية لجسم الإنسان في حالات الدفع والركض على حد سواء.
- حيث إن القدرة السريعة هي عبارة عن قدرة انفجارية متكررة يكون الهدف من تطبيقهما معا هو إنجاز شغل معين.
- من خلال معطيات الشغل المنجز والمسافة التي تعمل بها العضلة (مطاطيتها) والزمن. فأن ذلك يعتمد على قانون القدرة الانفجارية الذي يقول ان:
- **القدرة الانفجارية = القوة × زمن تأثيرها**
- نلاحظ العلاقة العكسية بين استخدام القوة والزمن، أي يمكن أن يكون ناتج القدرة من خلال استخدام أعلى قوة بأقل زمن ممكن.
- من جانب آخر ناتج القدرة السريعة يعني تطبيق القوة بسرعة تتناسب مع ما يفترض أن يبذل من قوة وفق القانون التالي:
- **القدرة (المميزة بالسرعة) = القوة × السرعة**
- أي العلاقة أيضا عكسية.
- **القدرة الانفجارية = القوة × الزمن**
- ولما كان الزمن = المسافة المقطوعة (اللحظية) / السرعة
- وان القدرة الانفجارية تعني من الناحية الميكانيكية (دفع القوة) .
- إذاً **دفع القوة = القوة × م / س**
- وبالتعويض في معادلة القدرة الانفجارية أعلاه تكون
- **دفع القوة = الشغل المنجز / السرعة.....(١)**
- ومن جهة أخرى فأن القدرة السريعة تعني.
- **القدرة = القوة × السرعة**
- ولما كانت السرعة = المسافة / الزمن
- إذاً **القدرة = القوة × المسافة / الزمن**

- والذي يعني القدرة = الشغل / الزمن (٢)
- لذا فان كلا القدرتين ووفقا لما تقدم يساويان مقدار محدد من الشغل المنجز ووفقا لما يأتي
- أولاً: دفع القوة = الشغل المنجز / السرعة وفقا للمعادلة أعلاه رقم (١)
 - إذا الشغل = ق ن × س
 - ولما كانت السرعة = م/ن
 - إذا الشغل = ق ن × م/ن
 - إذا دفع القوة = ق × م
- ثانيا: القدرة = الشغل / ن
 - والشغل = القدرة × ن
- ومن جانب اخر فالقدرة = القوة × السرعة والزمن = المسافة / السرعة
 - إذا الشغل = (ق × س) × المسافة / السرعة
 - الشغل = القوة × المسافة
 - القدرة = ق × م أيضاً
- وهو نفس ناتج دفع القوة لذا فان دفع القوة يعني ناتج القوة الانفجارية وايضا يعني ناتج القدرة:
- وعند ربط هاتين القدرتين بالقدرة العضلية فان القدرة العضلية تتأثر بكل من العزم المحصل وسرعة الحركة، لذا نستطيع القول ان القدرة العضلية هي ناتج قوة الانقباض الزاوي (العزم) والتعجيل الزاوي الذي تتم بها.
- وقد اتفق على تعريف القدرة العضلية بأنها معدل العزم الناتج حول المفصل او انها ناتج العزم المحصل والسرعة الزاوية للمفصل.
- اي ان العزم = عزوم القصور الذاتي × التعجيل الزاوي
- ق × م = ك نق ² × ج ز
- مثال: اذا كان بُعد اندغام وتر العضلة الرباعية هو (٠.٣٠) م والتعجيل الزاوي للساق (٣٢.٥٧) د/ثا^٢، وكتلة الساق (٥.٤) كغم وبعد م ك الساق عن مفصل الركبة هو (٠.٢٣) م ما مقدار القوة التي تدور الساق من محور الركبة؟
- الحل: ق × م = ك نق ² × ج ز
- ق جا ٣٠ × ٠.٣٠ = ٥.٤ × (٠.٢٣) ²
- ق = ٩.١٥ نيوتن
- والأمثلة كثيرة فالرياضات التي تحتاج الى هذه القدرة كثيرة منها رفع الأثقال والقفز والوثب والرمي والركض.
- السؤال هنا؟ كيف نحدد الشدة التدريبية وفقا لمبادئ هذه القدرات والشغل؟

- ماذا يعني ان السرعة تلعب دورا مباشرا في الانجاز مثل البداية بعد مسدس الاطلاق، اي المطلوب منها أكبر تغيير في السرعة لتحقيق الانجاز.

$$س = ق \cdot ن / ك$$

$$أ و \quad ق = س \cdot ك / ن$$

التطبيق العملي: لذلك هو ان تدريبات القوة الانفجارية لها تأثيرها الكبير والطردي في اكتساب السرعة في مثل هذه الحالات وهذا يعني تطوير قدرة العضلات الانفجارية على حساب الثبات في كتلة الجسم. وهذا يتطلب تصميم تدريبات على هذه الأسس خاصة لتطوير القوة الانفجارية، كتدريبات البليومترك وتدريبات القفز بأنواعه وتدريبات الأثقال.

- فإذا كان الوزن (قوة جذب الارض) يمثل 100% من الشدة فانه نستطيع ان نحدد شدة تدريبات القفز وفق هذا القانون ببساطة وبشكل علمي:

- استخدم العديد من الباحثين الرموز الهندسية لتقدير القوة الانفجارية ومعدل تحسن القوة كمفاتيح الاصطلاحات وكما يلي:

- دليل القوة الانفجارية (Index of explosive strength)

- معامل رد الفعل

$$RC = Fm / Tm - W$$

اذ ان $W =$ وزن اللاعب، $RC =$ الدفع المرتبط باداء الوثب بخاصة مع سرعة الجسم بعد الارتقاء

تصنيف القوى الخارجية

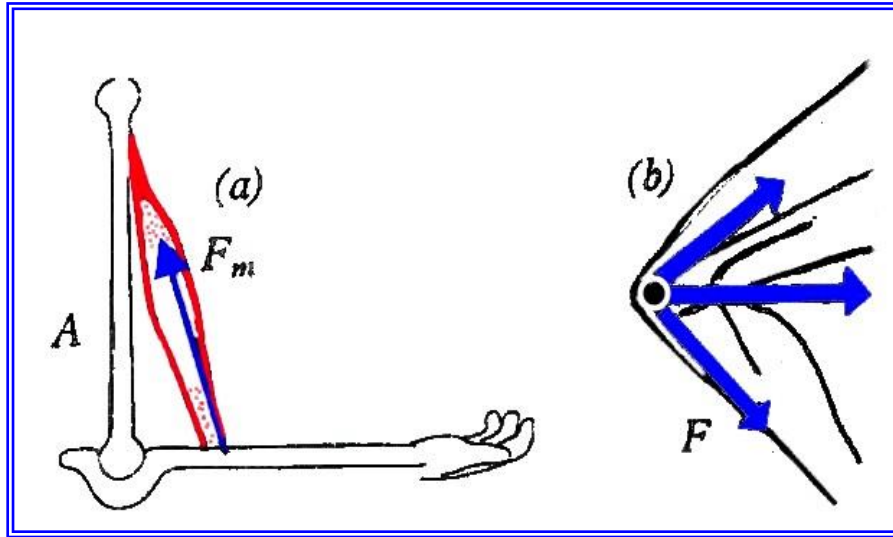
تصور القوة دائما بعلامة السهم (المحصلة) ويدل طول السهم على مقدار القوة ويؤشر رأس السهم على اتجاه القوة. يجب التمييز بين القوى الداخلية والقوى الخارجية (الشكل ٣-١)، وكلاهما يجب ان تؤخذ في الحساب عند دراسة ميكانيكية الألعاب الرياضية.

القوة الخارجية هي:

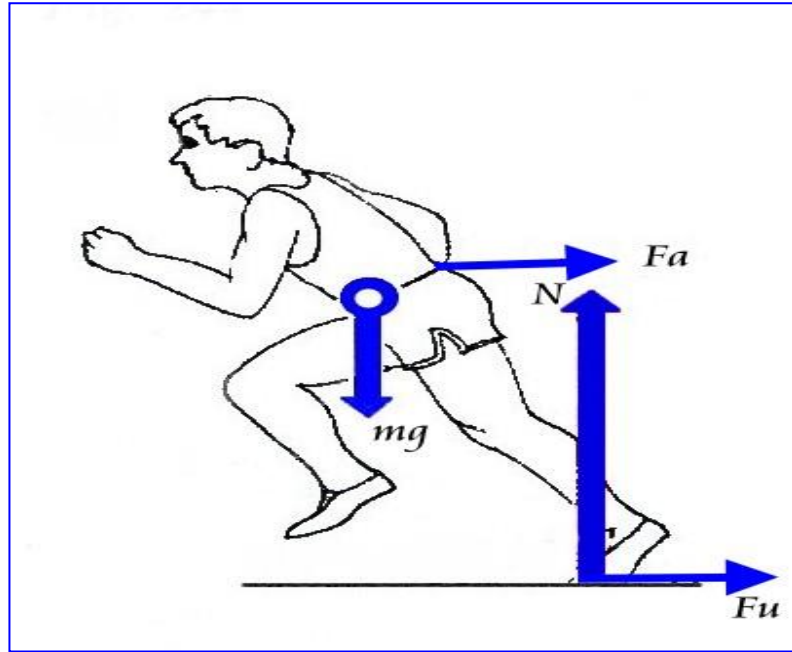
- (١) الجاذبية الأرضية التي تعمل على السحب الجسم (mg).
- (٢) القوة التي تظهرها الأرض ضد الجسم (وتسمى بالقوة الطبيعية (N) - رد فعل الأرض).
- (٣) قوة الاحتكاك بين القدمين والأرض F_u (الشكل السابق).
- (٤) قوة مقاومة الهواء F_a (الشكل السابق)

أما القوة الداخلية:

- (١) قوة العضلة
- (٢) قوة الوتر و الرباط والأنسجة الضامة F



شكل (١-٣) يوضح القوى الداخلية والقوى الخارجية



شكل (٢-٣) يوضح قوة الجذب

(a) قوة الجاذبية الأرضية:

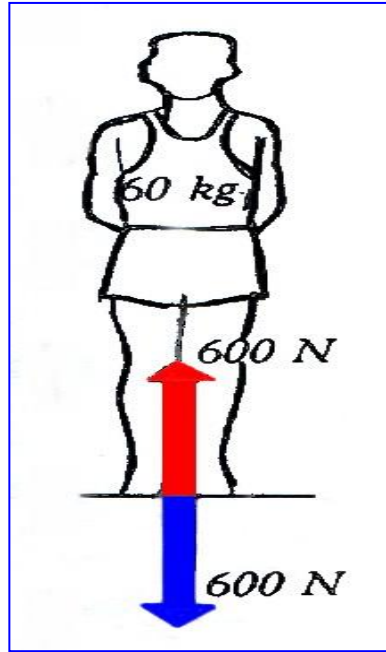
تعرف قوة الجاذبية على أنها القوة التي تعمل على الجسم في مركز كتلته (الشكل ٢-٣) هذه القوة ناتجة عن سحب الأرض للأشياء باتجاه مركزها، وحجم القوة يعتمد على وزن او كتلة الجسم التي تعمل عليه.

مثال: إذا كان وزن جسم يساوي ٦٠ كغم فانه يمثل قوة مقدارها ٦٠٠ نيوتن، وتستعمل القيمة التالية التي تدل على ان 1 كيلوغرام = ٩.٨١ نيوتن عند تحويل الكيلوغرامات إلى نيوتن (N) ويرمز الى هذه الجاذبية بالحرف (g)، كذلك يرمز الى كتلة الجسم التي تؤثر عليها قوة الجاذبية بالحرف (m)

لذا فإن (القوة نيوتن) $g \times m =$ وتكتب mg .

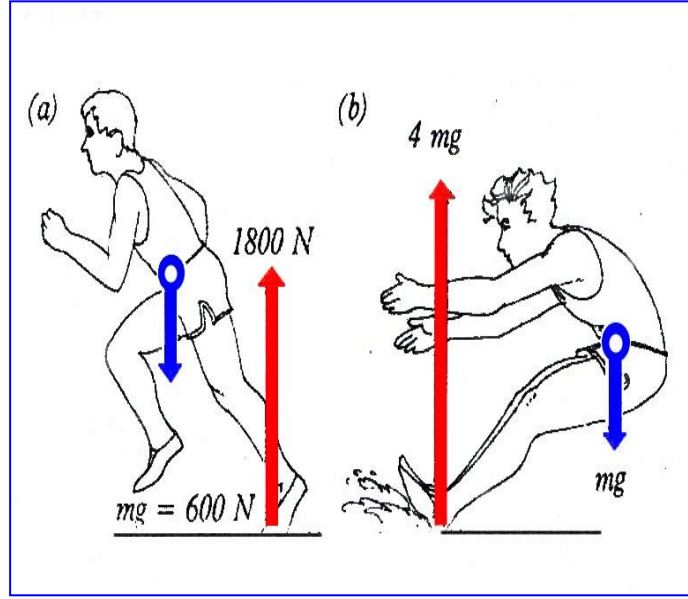
(b) القوة الطبيعية (N) (قوة رد فعل الأرض) :

تظهر هذه القوة عندما يصبح الجسم بتماس مع الأرض، فإذا كان وزن الشخص ٦٠ كغم ويقف باستقامة على أرض مسطحة فإن يسلط قوة عموديه مقدارها ٦٠٠ نيوتن على الأرض، عندئذ سوف تكون قوة رد الفعل التي تعمل على باتجاه معاكس لقوته جسمه العمودية هذه بقيمة تساوي ٦٠٠ نيوتن، لذا فإن هاتين القوتين متساويتين في الحجم لكنهما يعملان باتجاه معاكس، وتتشأ من هاتين القوتين قوة تسمى بالقوة الخطية المتساوية (الشكل ٣-٣)، القوة الأولى تسمى بالفعل والقوة الثانية برد الفعل.



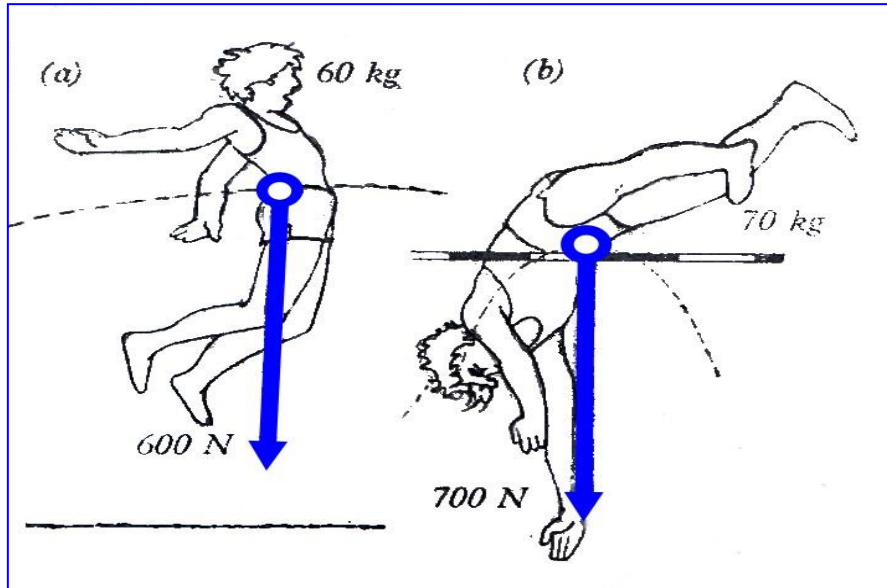
الشكل (٣-٣) يوضح قوى الفعل ورد الفعل

يعتمد مقدار قوة رد الفعل على القوة التي يضغط بها الشخص على الأرض (وزن الجسم)، وإلى أي مدى يستطيع هذا الشخص عمل شد قوى في عضلاته الباسطة عند مفصل الورك ومفصل الركبة والكاحل. مثال: تزداد قوة رد الفعل عند تنفيذ حركة النهوض وعمل الوثب مع مرجحة الرجل للأمام من حالة الركض والهبوط إلى ما يعادل ثلاثة أضعاف وزن الجسم (mg).



الشكل (٣-٤) يوضح مقدار قوة رد الفعل على القوة التي يضغط بها الشخص على الأرض (وزن الجسم)

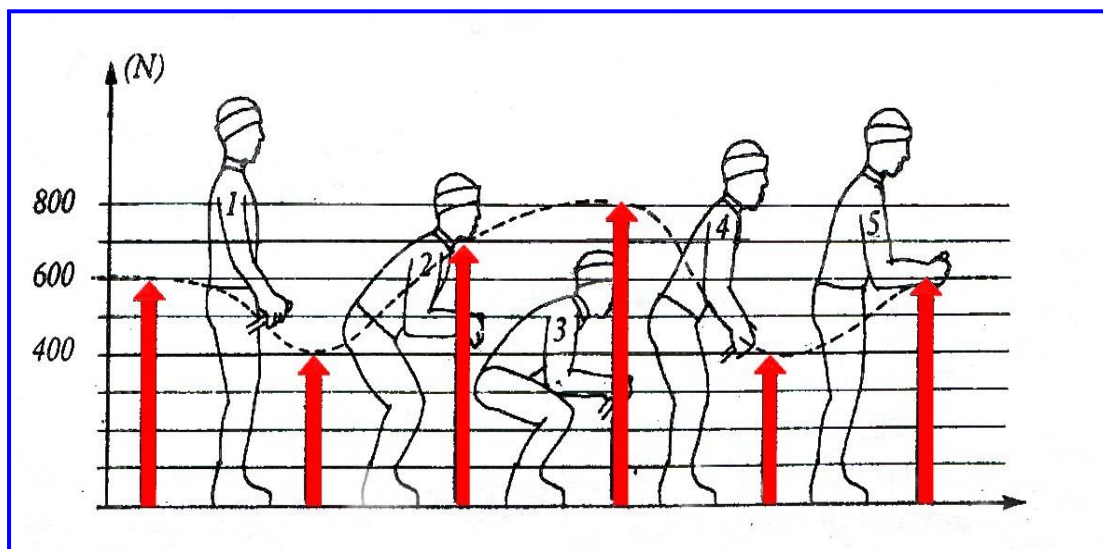
- إذا وقف رياضي وبدء بالارتداد للأعلى وللأسفل، فإن القوة التي تعمل ضده سوف تتغير ويمكن شرح هذا التغير عن طريق تحليل أسلوب عمل العضلات. نلاحظ في الشكل التالي ثني ومد الرجلين للمتزلج ويظهر التغير في رد الفعل كما يأتي:



الشكل (٣-٥) يوضح

- التقلص العضلي الثابت يستمر طالما حافظ المتزلج على عدم ثني مفصل الركبة، حيث تكون قوة رد فعل الأرض ٦٠٠ نيوتن وهي مساوية لوزنه ٦٠ كغم، يحاول المتزلج من الوضع (١) الى الوضع (٢) أراحة عضلاته قليلا، مما ينتج عنه انخفاض في الضغط المسلط على الأرض (رد فعل الأرض ينخفض إلى ٤٠٠ نيوتن تقريبا) تتوقف الحركة نحو الأسفل من الوضع (٢) الى الوضع (٣) يقوم بعمل تقلص لامركزي لعضلاته لزيادة قوة الضغط على الأرض وتنفذ عضلاته شغل مركزي من الوضع (٣)

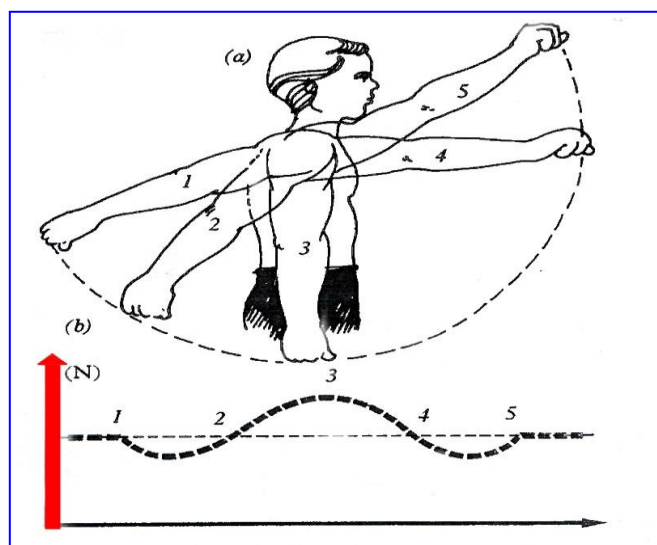
الى الوضع (٤) ، مع استمرار بقاء قوة الضغط على الأرض (طبقا لهذا المثال أعلى ضغط هو ٨٠٠ نيوتن) يمتلك المتزلج تعجيل باتجاه الأمام في الوضع (٤) للوصول إلى الوضع (٥) بدون وضع أي ضغط يستطيع المتزلج أن يتمتع بالحركة وهو في حالة ارتخاء (٤٠٠ نيوتن) ، يقف المتزلج في الوضع (2) ليعود عمل الشغل مرة ثانية إلى ٦٠٠ نيوتن بسبب التقلص الثابت لعضلاته.



الشكل (٣-٦) يوضح التقلص الثابت

• ردود الافعال عند مرجة الذراعين ونقل القوة (الزخم)

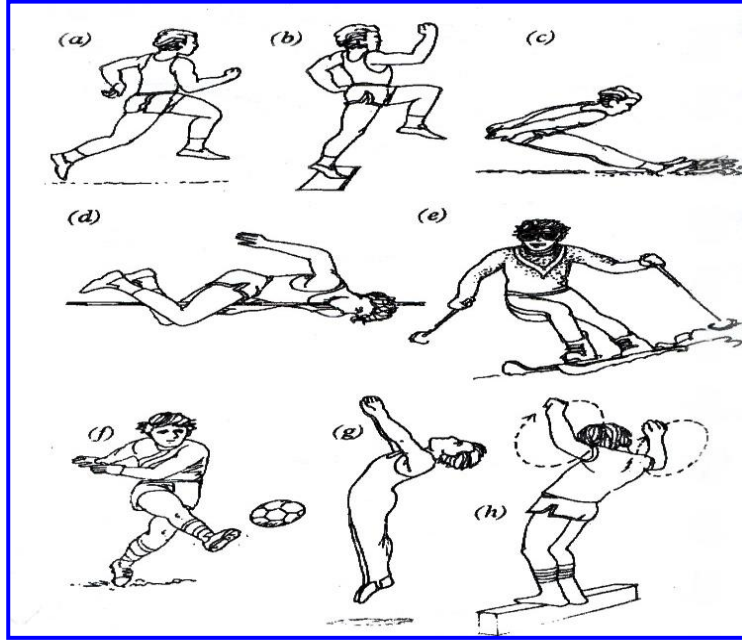
في (الشكل ٣-٧) نلاحظ ان حجم قوة رد الفعل يتغير أيضا عندما يقوم المتزلج بمرجة ذراعيه، حركة مرجة الذراعين هذه أما تزيد أو تقلل من نقل القوة (الزخم) للجسم خلال الأنواع المختلفة من الفعاليات الرياضية. ماهو تأثير مرجة الذراعين في حركات الركض الوثب والهبوط من القفز عند اجتياز عارضة القفز العالي ضرب كرة القدم، والقفز بعصا الزانة الخ. حاول أن تدرس الفعاليات التي تتعامل معها وحلل وظيفة حركات الذراعين.



شكل (٣-٧) يوضح ردود الافعال عند مرجة الذراعين ونقل القوة (الزخم)

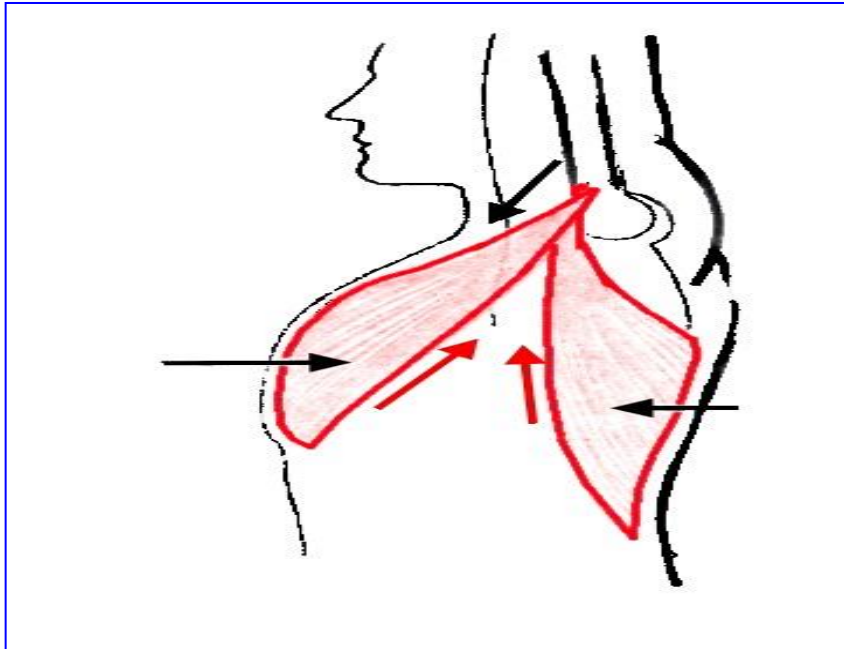
• نماذج مختلفة لتأثير الذراعين في الفعاليات الرياضية

عموماً يمكن القول أن هناك حاجة لتغير سرعة الذراعين لاكساب الزخم المطلوب كفعل ورد فعل عندئذ يعمل منشأ ومدغم عضلات الذراع بقوى مساوية ومتعاكسة (الذراع والجسم يؤثران باتجاهات مختلفة)



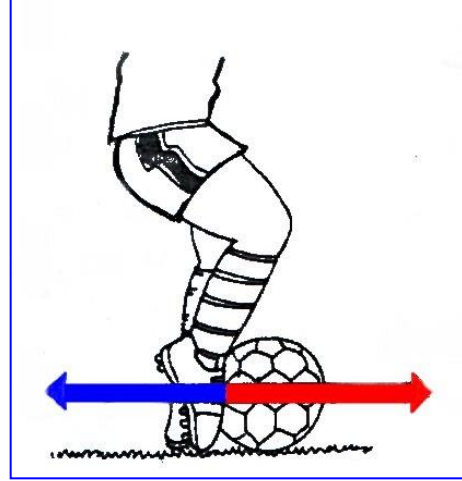
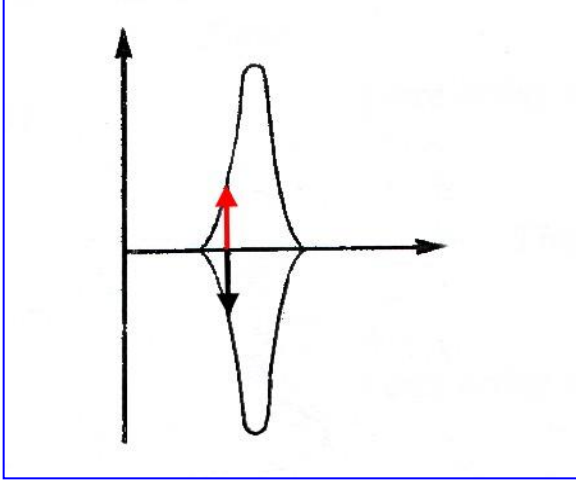
شكل (٣-٨) يوضح تأثير الجسم عند تغير زخم الذراع

يتأثر الجسم كثيراً عند تسارع أو توقف حركة الذراعين على سبيل المثال بواسطة العضلة الصدرية العظمى أو من قبل العضلة الظهرية العظيمة بالاتجاه المعاكس وتظهر الأسهم في الشكل (٣-٩) كيف يتأثر الجسم عند تغير زخم الذراع، حيث تمثل الأسهم السوداء القوى التي تعمل على الذراع والأسهم الحمراء تمثل القوة التي تعمل على الجذع ، وحجم القوة في منشأ العضلة هو نفس حجم القوة في مدغم العضلة



شكل (٣-٩) يوضح حركة الذراعين والجذع كردود أفعال قوى في التأثير بحركة الجسم

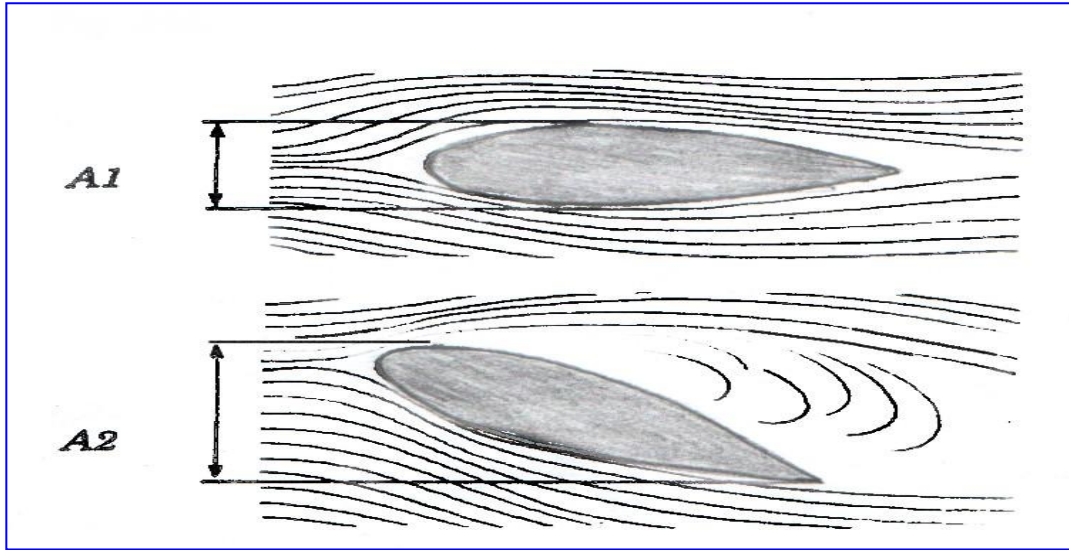
- تتأثر قوة رد الفعل بوساطة عملية التصادم بين الأجسام (مثل ضرب كرة القدم، كرة التنس). حيث تتساوى قوة الفعل العاملة على الكرة مع قوة رد الفعل العاملة على القدم (الشكل ادناه)، وان القوة التي تعمل على الكرة تزداد إلى أقصاها عندما تضغط إلى الحد الأقصى ، وبعد ذلك تنخفض إلى حد الصفر. هذا الموقف ينطبق على قدم اللاعب وعلى مضرب التنس (الشكل ادناه (٣-١٠)).



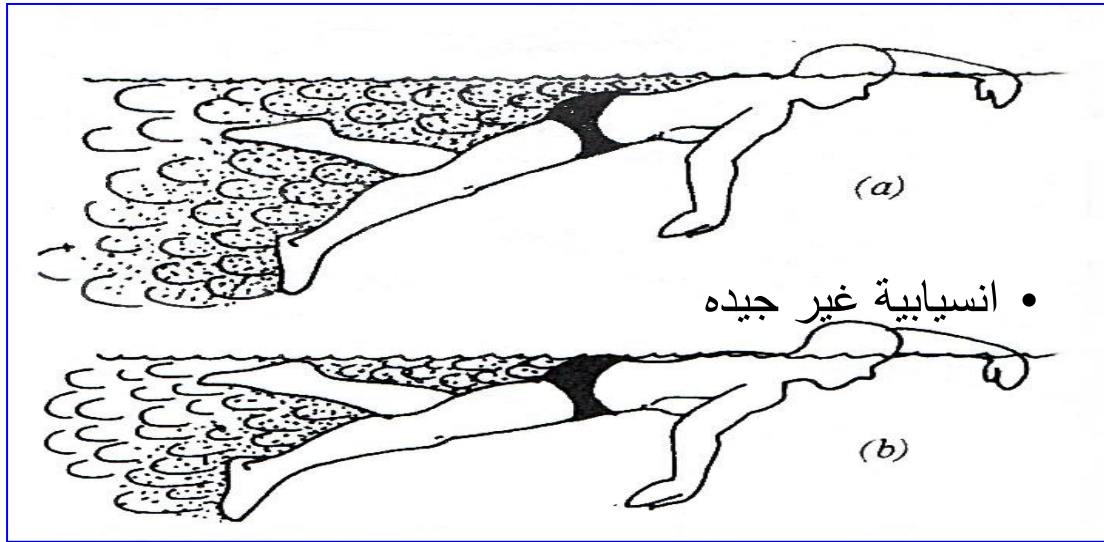
قوة الفعل ورد الفعل عند ضرب الكرة العلاقة بين القوة في المضرب والكرة

شكل (٣-١٠) يوضح تساوي قوة الفعل مع قوة رد الفعل

- التغير في وضع الجسم يؤدي إلى تغير في المساحة والشكل (A و C) وعن طريق التجربة تم التوصل إلى قوة مقاومة الهواء (أو الماء) F_a :
- مقاومة الهواء = كث الوسط × ثابت الإعاقة × مربع السرعة × مسطح الجسم / 2
- $F_a = A \times V^2 \times C \times a / 2$
- حيث: A ثابت الإعاقة V سرعة الجسم C كثافة الوسط a مسطح الجسم
- تتضاعف المقاومة إذا تضاعفت مساحة السطح المعرض للهواء أو للماء إما مضاعفة السرعة فأنها تعطي مقاومة مقدارها أربعة أضعاف، عن طريق خفض مقاومة الهواء وتحسن الانسيابية.
- الهدف من بعض الألعاب الرياضية مثل الوثب العريض والركض هو خفض مقاومة الهواء أما في السباحة فمن المهم جدا خفض مقاومة الماء.



شكل (١١-٣) يوضح مقاومة الهواء والانسيابية

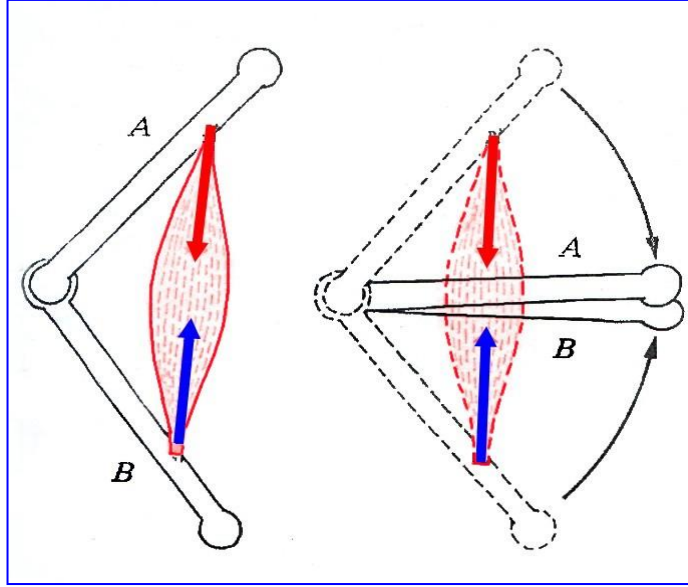


شكل (١٢-٣) يوضح مقاومة الماء في السباحة الاعتيادية

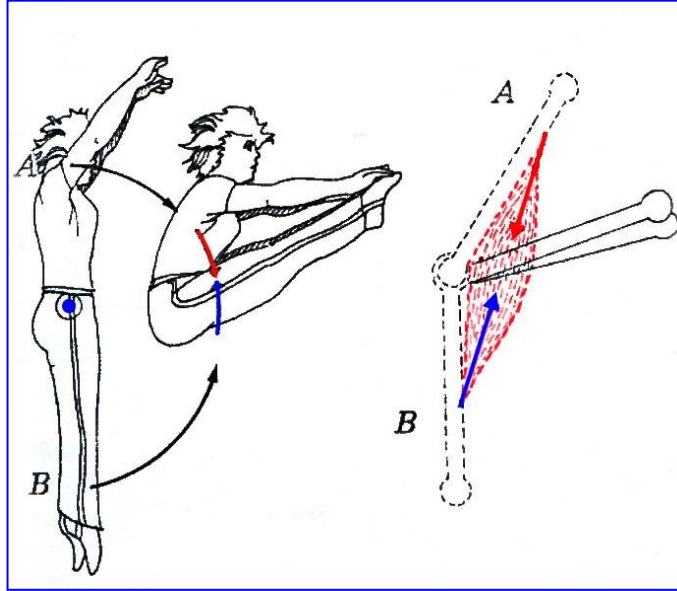
أشكال القوى الداخلية:

قوة العضلة :

تصنف قوة العضلات تحت عنوان القوى الداخلية وتستعمل قوة العضلة لمقاومة الجاذبية والاحتكاك أو لزيادة قوة رد الفعل تؤثر قوة العضلة على المنشأ والمدغم للعضلة بنفس المقدار (الشكل ٣-١٣) قوة متساوية لكن باتجاه معاكس) ومن العوامل التي تحدد نوعية العمل هي حجم وتركيب الأجزاء A و B المتحركة كما في (الشكل ٣-١٤) (اتجاه مركز الجاذبية) والمهم أيضا هو فيما إذا كان يمتلكان الحرية في حركتهما أو أن احدهما ثابت والآخر حر الحركة.

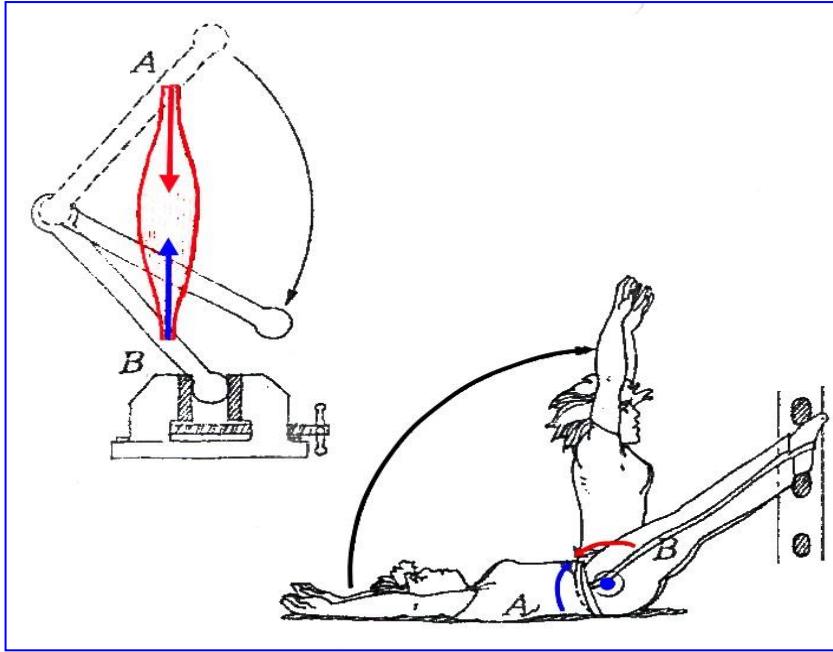


شكل (١٣-٣) يوضح قوة العضلة على المنشأ والمدغم



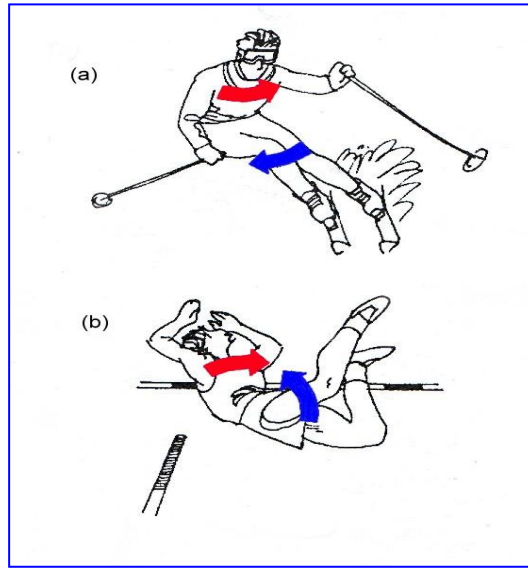
شكل (١٤-٣) يوضح حجم وتركيب الأجزاء المتحركة

- **المثال الأول:** (الشكل ٣-١٣). إذا كان A و B متماثلين وكلاهما يمتلكان حرية الحركة ، فأنها سوف يقتربان نحو بعضهما عند القفز ومحاولة تقريب الذراعين مع الرجلين ،حيث تقوم العضلات الحرقفية الخصرية بسحب الرجلين للأعلى وتسحب أيضا الجذع للأسفل ولان الرجلين أخف من الجذع لذا فأن المسافة التي تنتقل بها الرجلان اكبر ومن غير المعقول تحريك الرجلين فقط.
- **المثال الثاني:** (الشكل ٣-١٤) إذا تم تثبيت الجزء A فأن الجزء B هو الذي سوف يتحرك.
- **المثال الثالث:** (الشكل ٣-١٥). إذا كان وزن الجزئين مختلفين فأن الجزء الخفيف هو الذي سوف يتحرك بمسافة اكبر ونشاهد في الأشكال ١٤ و ١٥ أنواع مختلفة من الاجزاء المتحركة حيث يدور جزء معين عكس الآخر عند المفصل .



شكل (٣-١٥) يوضح الحركة إذا كان وزن الجزئين مختلفين

- إذا كان الجذع يدور باتجاه معين فان المتزلج سيحاول الدوران بالاتجاه المعاكس.
- فيما يخص القفز بالزانة ، يرفع الجزء العلوي من الجسم فوق العارضة بواسطة مد مفصل الورك مع رفع الرجلين باتجاه الخلف .



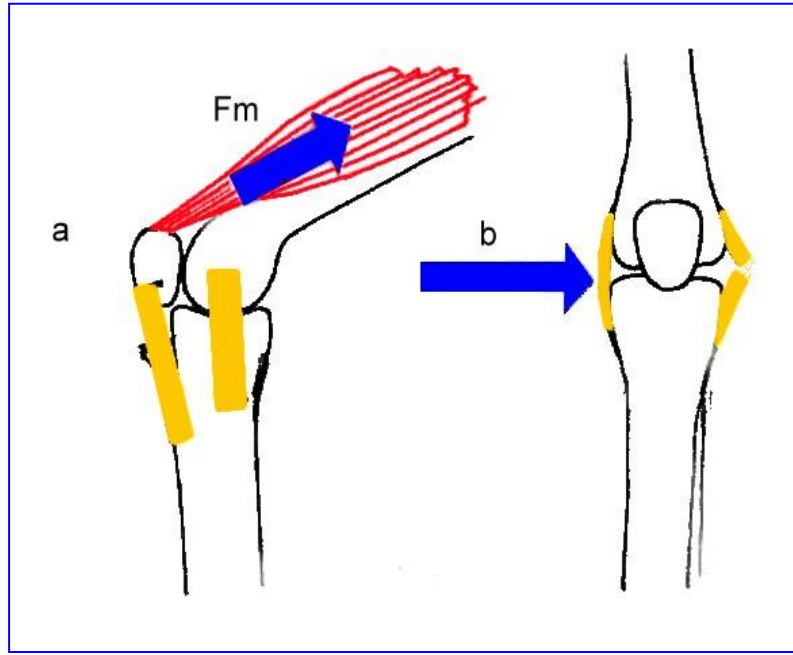
شكل (٣-١٦) يوضح الدوران بالاتجاه المعاكس للمتزلج وحركة قافز الزانة

- ولكي يتجنب الرياضي اصطدام رجله بالعارضة في أسلوب القفز (فوسبوري) في القفز العالي يتم ثني مفصل الورك بقوة حالا بعد عبور الرجلين فوق العارضة يمنع الرياضي جسمه العلوي من الدوران عن طريق تدوير الذراعين والرجلين إلى الخلف بأقصى سرعه لذا يسقط الرياضي على رقبته عند الهبوط. وعندما يرغب لاعب القفز العريض الهبوط على قدميه عليه أن يرفع رجله إلى الأمام ورفع جذعه إلى الأعلى والاستمرار في تدوير ذراعيه .

- هناك طريقة واحدة لتجنب اصطدام الرجل الخلفية المستقيمة بالعارضة في القفز العالي. وهي سحب مفصل الركبة للأعلى بواسطة عضلات ثني مفصل الورك القوية حالا بعد ان يمر الجسم فوق العارضة.

قوى الوتر والرباط:

- تعد هذه القوى من القوى السلبية الداخلية و تنتج هذه القوى من قبل العضلة أو من جراء مقاومتها للقوى الخارجية، أي إن الأوتار والاربطة لا تنتج قوة من ذاتها مثل عدم استطاعة الأوتار والاربطة أنتاج قوتها الذاتية عند تعرضهما للضغط العالي جدا بدون حدوث تمزق (الشكل ١٧).



الشكل (١٧-٣) تمزق الأربطة لمفصل الركبة

الاتزان:

- الاتزان معناه ان محصلة جميع القوى او عزوم القوى المؤثرة على الجسم يجب ان تتلاشى او تساوي صفرا. اذن الشرط في الاتزان ان القوة = صفر ($F=0$) وحسب قانون نيوتن الثاني فان كمية الحركة للجسم = صفرا ايضا.
- اذن يتزن الجسم (اذا تلاشى معدل التغير في متجه كمية الحركة)
- مثال : ادرس اتزان جسم تحت تأثير قوتين F_1, F_2 ؟
- لكي يتزن الجسم فلا بد ان تتلاشى محصلة القوتين المؤثرة عليه اي ان:
- $F=F_1+F_2=0$
- $F_1=-F_2$
- وهذا يعني ان القوتين متساويتين مقدارا ومتضادتين اتجاها وحيث انهما تلتقيان عند الجسم فهذا يعني ان خط عملهما واحد.

مثال ادرس اتزان جسم تحت تاثير ثلاث قوى تمر خطوط عملها بالجسم ؟

نفرض ان القوى هي F_1, F_2, F_3 ، نحصل على :

$$F_1 + F_2 + F_3 = 0$$

ومن خلال معادلات رياضية تكون جميع القوى = صفر

يمكن ان يكون للاتزان ثلاث انواع

١. اتزان متعادل عندما يمر محور الدوران في م ج (كالدحرجة)

٢. اتزان مستقر عندما يمر م ج خلال نقطة تقع عموديا على حركة م ك ج (دوران على العقلة)

٣. اتزان غير مستقر يكون محور الدوران في وضع عمودي على خط الجاذبية (وقوف بالذراعين على العقلة)

- وثبات الجسم له علاقة وثيقة باتزانه ، وثبات الجسم يعني مقدار قصوره الذاتي ازاء القوى الخارجيه المؤثرة ، اي ان الثبات له علاقة بوزن الجسم ومساحة الاستناد وارتفاع م ك ج وزاوية السقوط . والشئ المهم في هذا الموضوع هو مسألة قياس الثبات التي يعاني منها الباحثين وكما يلي:
- القياس الهندسي للثبات : يمكن الاستدلال على درجة الثبات من خلال زاوية السقوط التي تعرف بظلمها.
- القياس الديناميكي للثبات: يمكن الاستدلال على درجة الثبات من خلال عزم القوة = عزم الوزن
- قياس الطاقة للثبات : من خلال قياس الشغل المنجز بالقوة المؤثرة مقدار الشغل = السافة التي يتحركها م ك ج ضمن مساحة الاستناد $\times$ القوة المبذولة (وقد تكون القوة المبذولة هي الوزن)

قوانين نيوتن في الحركات الخطية:

لقد درس العالم (اسحاق نيوتن) الحركة والقوة والعلاقة بينهما ووضعها على شكل قوانين ثلاثة اطلق عليها اسم قوانين نيوتن والتي تتعلق بالقصور الذاتي والتعجيل وقانون الفعل ورد الفعل .

- القانون الاول (قانون القصور الذاتي inertia) :

(كل جسم يحاول الاستمرار في سكونه او حركته مالم تؤثر فيه قوة اخرى لتغير حالته)
ان القصور يعني العجز والذات يعني الشئ نفسه ويعني ذلك ان الجسم قاصر على تحريك ذاته بذاته الا بوجود قوة كما انه عاجز على ايقاف ذاته بذاته الا بوجود قوة ، فعداء المائة متر لا يمكنه الانطلاق من مسندي البداية الا بتسليط قوة مع اتجاه الحركة ولايستطيع بعد تحركه التوقف الا بتسليط قوة معاكسة لاتجاه حركته ، ويعتمد طول الفترة الزمنية وطول المسافة التي يتوقف فيها على مقدار القوة التي يستخدمها للايقاف . وتساعد الاستمرارية في تكامل الواجب الحركي فمثلا يصعب على قافز العريض ان يقفز الى مسافة معينة وتكنيك صحيح اذا كانت حركته فجأة من الثبات ولكنه يتمكن من اداء الحركة بشكل افضل اذا كانت حركته بعد عدد معين من خطوات الاقتراب.

ان مقدار القوة المستخدمة لاكساب جسم سرعة معينة يختلف باختلاف وضع الجسم قبل استخدام القوة فاذا كان الجسم المراد التأثير فيه ثابتا وأردنا اكسابه سرعة ١٠ م/ثا يتطلب الامر قدرا معيناً من القوة اما اذا كان الجسم نفسه في حالة حركة ولو بطيئة فلاكسابه السرعة نفسها عندئذ تكون القوة المستخدمة اقل من الحالة الاولى وهذا يفسر لنا اهمية الحركات التحضيرية في كثير من الفعاليات الرياضية.

ان هذا القانون مثلاً يشرح سبب انطلاق الكرة او القرص او أي آلة مقذوفة في مجال خط مماس الدائرة حيث ان هذا الانطلاق سوف يستمر في حركته بنفس السرعة والاتجاه الذي يسير فيه قبل الانطلاق مباشرة .

خلاصة لما ذكر يمكننا ان تدرج اهم العوامل المؤثرة في القصور الذاتي وهي :

- كتلة الجسم ... كلما كانت الكتلة كبيرة كلما امتلك الجسم قصورا كبيرا مثل رياضة السومو او المصارعة بالاجسام الضخمة.
- طبيعة الارض او السطح الذي تتم عليه الحركة ... يمتلك الجسم قصورا كبيرا على الاراضي الخشنة أي يصعب تحريكه بسهولة في حين يمتلك قصورا اقل في الاراضي الزلقة او الجليدية.
- قاعدة الارتكاز ... عندما يراد تحريك جسم ذي كتلة معينة وله قاعدة ارتكاز كبيرة يتطلب ذلك قوة كبيرة للتغلب عليه. بينما تكون القوة المستخدمة اقل فيما لو كانت للكتلة نفسها قاعدة صغيرة. ونجد هذا المبدأ في رياضة المصارعة مثلاً نجد ان المصارع يحاول دائما توسيع قاعدة ارتكازه بتوسيع المسافة بين القدمين للتقليل من تأثير القوة التي يستخدمها الخصم ضده لأن الخصم في هذه الحالة يحتاج الى قوة كبيرة لاسقاطه.

- القانون الثاني (قانون التعجيل accelerations) :

(ان تعجيل الجسم يتناسب طردياً مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة). او الدفع يساوي التغير في كمية الحركة

كلما كانت القوة المستخدمة كبيرة كانت الحركة اكبر والعكس صحيح . ويمكن صياغة المعادلة

الرئيسية للقانون بما يلي:-

$$\text{القوة} = \text{الكتلة} \times \text{التعجيل}$$

$$ق = ك \times ج$$

$$ج = \frac{ق}{ك}$$

ان اتجاه الحركة التي يكتسبها الجسم بفعل تأثير القوة يكون بنفس اتجاه القوة ويبدأ الجسم بالحركة اذا كانت القوة المؤثرة اكبر من مقاومة الجسم ويكتسب تعجيلا.

ان قانون كمية الحركة هي (كمية الحركة = الكتلة × السرعة = القوة × الزمن)

$$ق = ك \times ج$$

بما ان

$$\frac{س_٢ - س_١}{ن} = ج$$

اذن

$$ق = ك \times \frac{(س_٢ - س_١)}{ن}$$

ويوضح القانون اعلاه العلاقة العكسية بين القوة والزمن

$$ق \times ن = ك \times (س_٢ - س_١)$$

ان الطرف اليمين من المعادلة اعلاه يعني (الدفع) اما الطرف اليسار فيعني (التغير في الزخم او كمية الحركة)

مثال :

جسم أثرت فيه قوة مقدارها ١٢٠ نيوتن اكسبته سرعة مقدارها ٦م/ثا ولفترة زمنية ٣ ثانية ما هو مقدار كتلة ذلك الجسم ؟

$$\frac{ك \times س}{الزمن} = ق$$

$$\frac{ك \times ٦}{٣} = ١٢٠$$

$$3 \times 120 = 6 \times \text{ك}$$

$$\frac{3 \times 120}{6} = \text{ك}$$

$$\text{ك} = 60 \text{ كغم كتلة الجسم}$$

يمكن الاستفادة من هذا المبدأ على رماة الثقل فكمية الحركة التي يمتلكها الرامي كبير الكتلة يتحرك بسرعة (٤ م/ثا) تختلف عن كمية الحركة التي يمتلكها الرامي صغير الكتلة (نصف كتلة الرامي الاول) اذا امتلك السرعة نفسها من هذا المنطلق نجد ان طبيعة الفعالية المعينة ومتطلباتها الميكانيكية تحدد مواصفات الشخص المناسب لها وعلى ضوء القوانين الميكانيكية التي تحكمها يمكنه من تحقيق افضل النتائج.

مثال :

احسب مقدار القوة التي يبذلها عداء كتلته ٩٠ كغم لقطع مسافة ١٠٠ متر بزمن قدره ١٠ ثانية وما هو مقدار القوة عندما تكون كتلته ١٠٠ كغم.

القوة الذي يبذلها العداء ذو الكتلة ٩٠ كغم

$$\text{القوة} = \text{الكتلة} \times \text{التعجيل}$$

السرعة

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

الزمن

س

$$\text{ق} = \text{ك} \times \frac{\text{س}}{\text{ن}}$$

ن

س

$$\text{ق} = \text{ك} \times \frac{\text{س}}{\text{ن}}$$

ن

$$\frac{100}{10} \times 90 = \text{ق}$$

$$\frac{100 \times 90}{10} = \text{ق}$$

$$\text{القوة} = 900 \text{ نيوتن}$$

القوة الذي يبذلها العداء ذو الكتلة ١٠٠ كغم

$$\frac{100 \times 100}{10} = \text{ق}$$

$$\text{القوة} = 1000 \text{ نيوتن}$$

– القانون الثالث (الفعل ورد الفعل (action and reaction) :

(لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه ويقعان على خط فعل واحد)

ان القيام بحركة معينة تتم من خلال قوة يصدرها الرياضي ويعبر عن تلك القوة بمصطلح الفعل ونتيجة لهذا الفعل يحصل على قوة مضادة ومساوية لمقدار الفعل يطلق عليها رد الفعل وفي المجال الرياضي قد يكون هذا الفعل كيميائيا ويكون رد الفعل ميكانيكيا ، فاثارة موقع معين من الجسم بنبضة كهربائية او اثارته بصوت الاطلاقه يقابله حركة في العضلة بنفس قوة الاثارة فاذا كانت الاثارة كبيرة قوبلت برد كبير والعكس صحيح وقد تكون عملية الفعل ورد الفعل بين عظمين تشدهما عضلة اما الاستفادة من المحيط في تعزيز رد الفعل فيتضح كثيرا في المجال الرياضي فقفاز العريض يستخدم الارض لتعزيز ردود افعال التقلص المركزي للعضلات العاملة وكذلك يعمل القافز من منصة القفز في السباحة وفي الوقت الذي يعتبر الارض محيط صلب فان القفاز محيط ارتدادي والترامبولين كذلك وللماء محيط سائل فردود الافعال في المجال الرياضي قد لا يأخذ المعنى المطابق لقانون نيوتن الثالث الا في حالات الاصطدام.

ومن النواحي التي يجب الاهتمام بها انطلاقاً من التطبيق الامثل لهذا القانون واستثماره في اداء
تكنيك الفعاليات المختلفة هو ان يكون خط عمل جميع اجزاء الجسم التي تسهم في مقدار قوة الفعل باتجاه
واحد ونمط عمل واحد عملاً بمبدأ وجوب صغر الزاوية بين مركبات القوى كي تبلغ المحصلة بمبدأ اكبر قيمة
لها عندما تتطابق خطوط عمل مركبات القوى وتقل قيمة المحصلة كلما كبرت الزاوية بين هذه المركبات
وبذا يمكن القول بأن مقدار المحصلة تتناسب عكسياً مع مقدار الزاوية .

قوانين نيوتن في الحركات الدائرية:

عزم القصور الذاتي :

بما ان الحركات الدائرية لا تحدث الا بوجود محور وان ابتعاد اطراف الحركة عن المركز محكم
بانصاف الاقطار فان عزم القصور الذاتي في الحركات الدائرية تقابل القصور الذاتي في الحركات الخطية
أي ان مقاومة الحركة الدائرية لا يتوقف على الكتلة وانما على بعد الجزء العمودي عن محور الدوران
فعندما تدور الذراع او الرجل فان زوايا المفاصل تؤثر في قيم عزم القصور الذاتي لأنه يساوي :

$$\text{عزم القصور الذاتي} = \text{الكتلة} \times (\text{نصف القطر})^2$$

اما علاقة عزم القصور الذاتي بالسرعة الزاوية فتتناسب تناسباً عكسياً معها فعند ما يحاول الرياضي
الدوران في الرقص على الجليد بسرعة يقوم بتقريب اجزاء الجسم نحو محور الدوران لتقليل عزم القصور
الذاتي فتزداد السرعة الزاوية وعند ابعاد الاجزاء يتم تقليل سرعة الدوران بزيادة عزم القصور الذاتي . مما
يعني ان قافز العالي يقوم برفع رجل الممرجة (القائدة) الى الاعلى وهي منثنية عنها وهي ممدودة لارتباطها
الوثيق في قيم عزم القصور الذاتي واقترب مراكز الاجزاء من المحور الاساسي .

وفي حركات الوثب والقفز تساهم حركات الذراعين من خلال الممرجة في زيادة كمية الحركة
الدورانية لحظة النهوض فنجد ان واثب الطويل يقوم بحركات بدولية ودورانية للذراعين والرجلين في الطيران
مما يؤدي الى ايقاف الدوران حول المحور الجانبي ويحاول الواصل الوثب المحافظة على توازنه اثناء طيرانه
بالمحافظة على وضع الجذع قبل الهبوط فعند المشي في الهواء تكون قيمة عزم القصور الذاتي مختلفة عما
عليه في التعلق حيث تعمل رجل النهوض والذراع المقابلة لها على ايقاف حركة الدوران للأمام بينما في
الانواع الاخرى عند المشي فان الفعل الاساسي لاييقاف الدوران هي حركة رجل النهوض والذراع الاخرى
وكمية الحركة الدورانية لحظة النهوض (الارتقاء) تنتج عن اتصال القدم مع سطح الارض وحركة الذراعين
تزيد من كمية الحركة الزاوية لحظة النهوض .

$$\text{كمية الحركة الدورانية} = \text{الكتلة} \times \text{نق}^2 \times \text{السرعة الزاوية}$$

القوة (Force):

هو الفعل الميكانيكي الذي يحاول ان يغير من وضع الجسم من السكون الى الحركة او من الحركة الى السكون ، ان حدوث الحركة هي عبارة عن تأثير متبادل بين القوى التي تتمثل بقوة العضلات والقوى الخارجية المحيطة بالرياضي والتي تؤثر بشكل فاعل في مقدار القوة التي يستخدمها لاداء حركة معينة .

يمكننا تقسيم تأثير القوة الى :-

١. التأثير الديناميكي (الحركي) : ان تأثير القوة في هذه الحالة يسبب حدوث الحركة كما في حالة دفع الجسم او تحريك جزء من اجزاء الجسم لاداء حركة معينة.
٢. التأثير الاستاتيكي (الثابت) : يحدث هذا النوع من التأثير عندما تستخدم قوة للتغلب على مقاومة كبيرة جدا بحيث لا تتمكن القوة من التغلب على القصور الذاتي لتلك المقاومة .

مواصفات القوة:

للقوة اربعة مواصفات مهمة وهي:

- مقدار القوة .
- خط عمل القوة .
- اتجاه القوة .
- نقطة تأثير القوة .

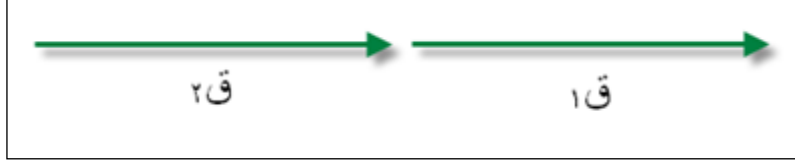
اذا اثرتنا في جسم بقوة لتحريكه فلا بد ان يكون هناك وصف كمي لها فنذكر ان مقدار التأثير كان (١٠٠ نيوتن) ، ويختلف مقدار التأثير باختلاف خط العمل فاذا كان خط العمل مطابقا لمركز الجسم كان مقدار القوة مؤثرا بشكل اكبر لو انها على خط عمل مختلف ولا يكفي للتعريف بها ما لم يذكر اتجاهها لأن القوة عبارة عن كمية متجهة ... فأذا اردنا القول عند تسليط قوة ١٠٠ نيوتن على جسم فان المفهوم الميكانيكي لا يعبر عن تأثير القوة ما لم يتم ذكر الجهة التي اثرت بالقوة وزاويتها اما الصفة الاخيرة للقوة فهي نقطة تأثير القوة فلا بد من معرفة موقع تأثير القوة في الجسم المراد تحريكه لناخذ على سبيل المثال عتلة من النوع الاول تستخدم لرفع ثقل معين فلرفع ذلك لابد من استخدام قوة تبعد عن محور الارتكاز بمقدار معين بمعنى اخر ان نقطة تأثير القوة تقع على ذلك البعد.



شكل (٣-١٨) يوضح عتلة من النوع الأول

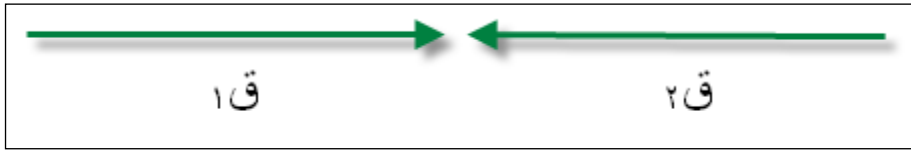
محصلة القوى:

- تعد القوة كمية متجهة وللتعبير عنها ينبغي ذكر مقدارها واتجاهها ، وعندما تؤثر أكثر من قوة في جسم فان محصلتهما تستخرج حسب خط فعل القوى المؤثرة في ذلك الجسم وتنقسم كما يلي :-
- إذا أثرت قوتان في جسم ، وكانت القوتان في اتجاه واحد فان الفعل التأثيري لهما أي محصلة القوتان هي المجموع الجبري لهما .
- $$م = ق_1 + ق_2$$



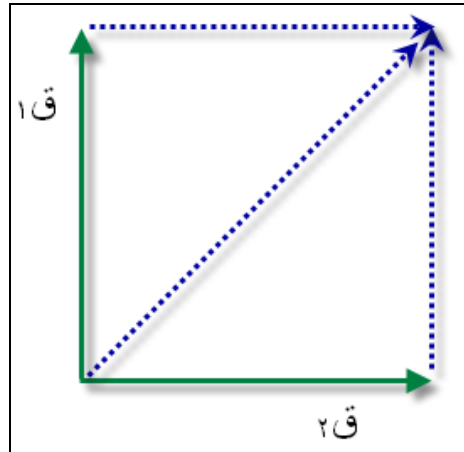
شكل (٣-١٩) يوضح جمع القوى

- إذا أثرت قوتان في جسم وكانت القوتان في اتجاه متعاكس فان محصلة القوتان أي الفعل التأثيري لهما هي الفرق الجبري بينهما واتجاه المحصلة باتجاه القوة الكبيرة.
- $$م = ق_1 - ق_2$$



شكل (٣-٢٠) يوضح طرح القوى

- إذا أثرت قوتان في الجسم وبينهما زاوية قائمة فان محصلة هذه القوى يمكن الاستدلال عليها من خلال تطبيق نظرية فيثاغورس .



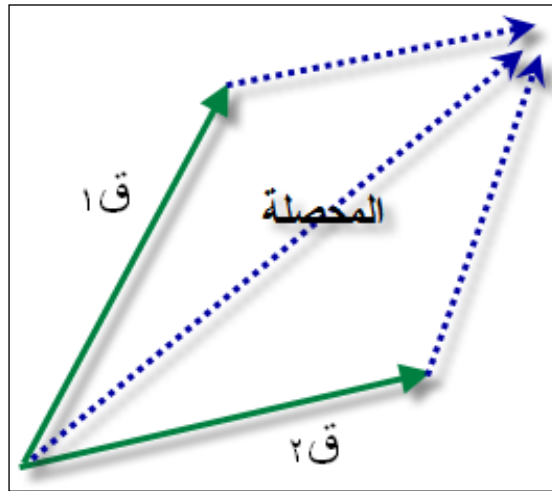
شكل (٣-٢١) يوضح تعامد القوى

$$\sqrt{Q_1^2 + Q_2^2} = \text{المحصلة}$$

- اما اذا اثرت قوتان في جسم وكانت الزاوية بينهما حادة او منفرجة فان محصلتهما يمكن استخراجها بتطبيق العلاقة التالية :

(في الزوايا الحادة) أقل من ٩٠ درجة

$$\sqrt{Q_1^2 + Q_2^2 - 2Q_1Q_2 \cos \theta} = \text{المحصلة}$$



شكل (٣-٢٢) يوضح رسم المحصلة في الزوايا التي تقل عن ٩٠ درجة بين القوى

(في الزوايا المنفرجة) اكثر من ٩٠ درجة

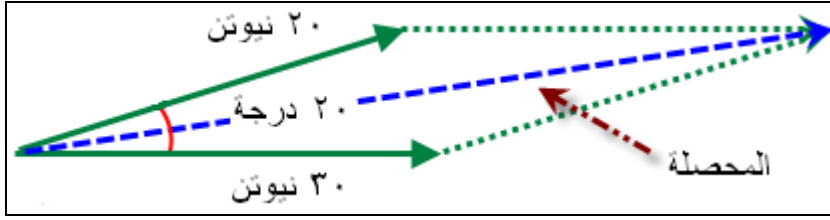
$$\sqrt{Q_1^2 + Q_2^2 + 2Q_1Q_2 \cos \theta} = \text{المحصلة}$$

مثال :

أثرت قوتان (ق١ ، ق٢) وقيمتها (٢٠ نيوتن ، ٣٠ نيوتن) في جسم وكانت الزاوية بينهما هي ٢٠ درجة ثم اصبحت ٦٠ درجة وبعدها أصبحت ٨٩ درجة اوجد المحصلة لهما في حالاتها الثلاثة .

ان الملاحظة الاولى عن الحالات الثلاث هي انه كلما كبرت الزاوية بين القوتين فان المحصلة تقل

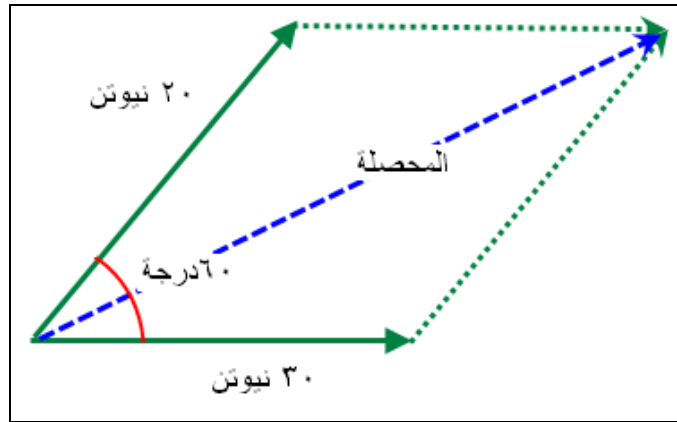
كون ان القوتين تميلان الى الاتجاه المعاكس عن بعضهما



شكل (٢٣-٣) يوضح قيمة المحصلة وتجاهها في الزوايا التي تقل عن ٩٠ درجة بين القوى

$$\sqrt{(20)^2 + (30)^2 - 2 \times 20 \times 30 \times 0.983} = \text{المحصلة}$$

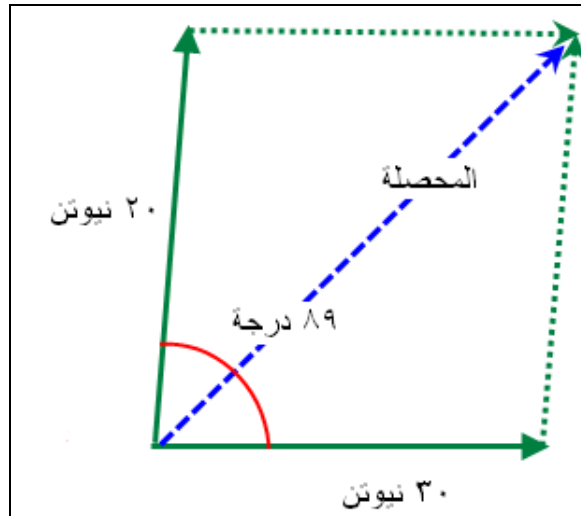
$$م = ٤٨.٢٩ \text{ نيوتن}$$



شكل (٢٤-٣) يوضح القوة المحصلة في الزوايا التي تقل عن ٩٠ درجة بين القوى

$$\sqrt{(20)^2 + (30)^2 - 2 \times 20 \times 30 \times 0.5} = \text{المحصلة}$$

$$م = ٤٢.٥٨ \text{ نيوتن}$$



شكل (٢٥-٣) يوضح القوة المحصلة واتجاهها في الزوايا التي تقل عن ٩٠ درجة بين القوى

$$\sqrt{0.0175 \times 20 \times 30 \times 2 - {}^2(20) + {}^2(30)} = \text{المحصلة}$$

$$م = 36.34 \text{ نيوتن}$$

مثال:

عضلتان (س ، ص) اعطت العضلة الاولى س قوة مقدارها ٦٠ نيوتن على العظم أب والعضلة ص قوة مقدارها ٨٠ نيوتن وقد اشتركت العضلتان في عمل عضلي بزاوية قائمة اوجد محصلة القوة للعضلتين؟

$$\sqrt{{}^2ق_1 + {}^2ق_2} = \text{المحصلة}$$

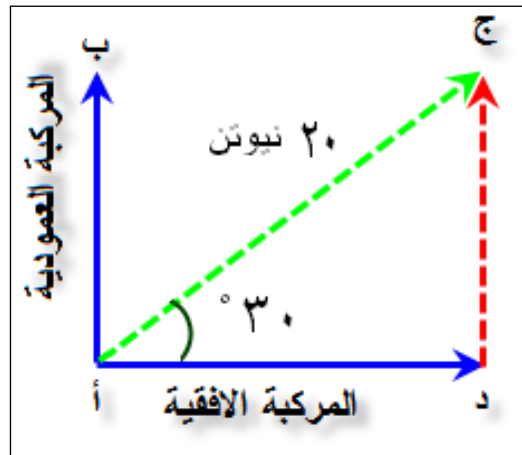
$$\sqrt{{}^2(60) + {}^2(80)} = \text{المحصلة}$$

$$\sqrt{3600 + 6400} = \text{المحصلة}$$

$$م = 100 \text{ نيوتن محصلة القوتان}$$

تحليل القوى :

ان عملية تحليل القوة هي عكس تركيبها او جمعها ففي هذه الحالة نحصل على تحليل القوة الى مركباتها الافقية والعمودية عندما تكون المحصلة المؤثرة في الجسم معلومة وكذلك الزاوية التي تعمل عليها فلو اخذنا المثال التالي .. لو كانت محصلة قوة مؤثرة في جسم مقدارها ٢٠ نيوتن بزاوية مقدارها ٣٠ مع الخط الافقي ، والمطلوب حساب مركباتها الافقية والعمودية؟



شكل (٣-٢٦) يوضح تحليل القوة المحصلة الى مركباتها

من المثلث أ د ج القائم الزاوية في د يعد أ ج هو وتر المثلث أ د ج وأد هو المجاور للزاوية ج أ د ، ج د المقابل للزاوية ، فيمكننا استخراج المركبتين الأفقية والعمودية بلاعتماد على قوانين المثلثات كما يلي :

$$\frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} = \text{جيب الزاوية}$$

$$\frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \text{جيب تمام الزاوية}$$

$$\frac{\text{المركبة العمودية}}{\text{المحصلة}} = \text{جيب الزاوية} \quad (١)$$

$$\frac{\text{المركبة الافقية}}{\text{الوتر}} = \text{جيب تمام الزاوية} \quad (٢)$$

ولمعرفة قيمة المركبة العمودية نستخدم المعادلة رقم (١) بعد تعديلها

$$\frac{\text{جيب الزاوية}}{\text{المحصلة}} = \text{المركبة العمودية}$$

$$\text{المركبة العمودية} = \text{جا } ٣٠ \times \text{الوتر}$$

$$\text{المركبة العمودية} = ٠.٥ \times ٢٠ \text{ نت}$$

$$\text{المركبة العمودية} = ١٠ \text{ نت}$$

ولمعرفة قيمة المركبة العمودية نستخدم المعادلة رقم (٢) بعد تعديلها

جيب تمام الزاوية

$$\frac{\text{المركبة الافقية}}{\text{الوتر}} =$$

$$\text{المركبة الافقية} = \text{جتا } 30^\circ \times \text{الوتر}$$

$$\text{المركبة الافقية} = 0.76 \times 20 \text{ نت}$$

$$\text{المركبة الافقية} = 15.2 \text{ نت}$$

القوى الخارجية والداخلية في الحركات الرياضية:

من اجل تحليل وشرح الحركات الرياضية لابد من معرفة القوى المؤثرة على الحركات وهذا يعني

معرفة جميع القوى التي تؤثر على جسم الإنسان وان هذه القوى المؤثرة تقسم الى قسمين وهما :-

(أ) القوى الخارجية وهي :

* الجاذبية الأرضية .

* قوة جسم آخر (الزميل ، الخصم ، القفاز) .

* قوة مقاومة من المحيط (مقاومة الماء والهواء ، الاحتكاك ، رد فعل الارتكاز).

(ب) القوى الداخلية وهي :

* قوة العضلات .

* قوة مقاومة الأجهزة والأعضاء الداخلية .

* قوة ردود الفعل الداخلية (مقاومة المفاصل والأوتار) .

(أ) القوى الخارجية :

وهي تلك القوى التي تأتي من الخارج وتؤثر على جسم الإنسان وان تأثير هذه القوى والقوى المضادة

لها تسلط على جسم الإنسان والمحيط الذي هو فيه لذلك تتمكن القوى الخارجية من تغيير خط سير مركز ثقل الرياضي .

ان القوى الخارجية تقسم إلى :

- القوى الخارجية الايجابية : وهي تلك القوى التي تتمكن من أن تأتي بحركة كالجاذبية الأرضية قوة الزميل
قوة الخصم قوة مجرى الماء في النهر .

- القوى الخارجية السلبية : وهي تلك القوى التي تأتي على أساس رد فعل لقوى أخرى او في أكثر الأحيان
رد فعل لقوة عضلات الرياضي كنقطة الارتكاز في القفز قوة الاحتكاك في الركض مقاومة الماء
بالسباحة .

القوة الطاردة والقوة المركزية :



ان حدوث الحركة هو عبارة عن مزيج من تأثيرات قوى معينة في الجسم اثناء حركته فمنها ما يؤثر بشكل ايجابي وهنا يعمل الرياضي على تعزيز هذه القوى ورسم مسار حركته بما يتفق والطبيعة الايجابية لتلك القوى المؤثرة ومنها ما يؤثر بشكل سلبي وهي القوى التي يحاول الرياضي ان يحد منها فنجد ان القوى المؤثرة في حركة الجسم اثناء الحركة المستقيمة تكاد تكون متوازية مقارنة بتأثير القوى الخارجية فيه اثناء حركة الدوران فنتيجة لدوران الجسم حول محور نجد ان الجسم يقع تحت تأثير القوة الطاردة الى الخارج ، فلاستمراره في مساره الدائري نفسه يجب عليه ان يوازن بين قوتي الفعل (التمثلة بالقوة الطاردة) و رد الفعل (التمثلة بدرجة الميلان)

شكل (٣-٢٧) يوضح زاوية ميل العداء نحو الداخل

فعلى سبيل المثال ، هناك نوعين من القوة تنشأ خلال حركة الدوران عند أداء فعالية رمي المطرقة ، وهاتان القوتان مرتبطتان مع بعضهما طبقاً لقانون نيوتن من علاقة الارتباط بين الفعل ورد الفعل ، ويمكن ملاحظة ذلك بوضوح عند مهارة المطرقة ، فالمطرقة خلال الدوران المماسي تعمل على سحب الرياضي للخارج و كرد فعل يعمل الرياضي على سحب المطرقة باتجاه محور دورانه ، وفي الحالة الاولى يطلق عليها القوة الطاردة (اللامركزية) ، وفي الحالة الثانية تسمى بالقوة الجاذبة (المركزية) ، وتقاس وفقاً للعلاقة الرياضية التالية :

$$\frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2}{\text{نصف القطر}} = \text{القوة الطاردة}$$

$$\frac{\text{ك} \times \text{س}^2}{\text{نق}} = \text{قط}$$

ان هاتين القوتين متساويتان في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه ، والقوة الطاردة تتأثر بعاملين مهمين هما سرعة وكتلة المطرقة ، فكلما كانت حركة المطرقة سريعة كلما كانت القوة التي يولدها الرياضي كبيرة وكذلك للمحافظة على التوازن اثناء حركته الدورانية من تأثير القوة الطاردة كذلك نجد ان القوة التي يبذلها الرياضي للمحافظة على توازن حركته الدورانية كبيرة عندما تكون كتلة المطرقة كبيرة .. وبناء على ذلك نستطيع ان نقول ان القوة الجاذبة او القوة الطاردة تتناسب تناسبا طرديا مع كتلة الاداة المقذوفة ومربع سرعتها وان القوتين الجاذبة والطاردة تتناسب عكسيا مع نصف قطر الدوران ، ذلك لأن تقصير نصف القطر يؤدي الى زيادة في القوة الجاذبة او الطاردة . كذلك نلاحظ العداء يحاول الحد من تأثير القوة الطاردة في جسمه وخاصة عند الركض في الاقواس من خلال ميل الجذع نحو الداخل وتوسيع مدى حركة الذراع الخارجية بالمقياس لحركة الذراع الداخلية ، وكلما كان منحنى القوس شديدا ازدادت شدة الميلان . وعلى هذا الاساس يعد معرفة درجة ميلان الرياضي عند ركضه في الاقواس ضرورية جدا لمعرفة زاوية الميل التي يجب ان يكون وضع جسم الرياضي فيها لكي يتجنب تأثير القوة الطاردة ، ويمكن استخراج درجة ميلان الجسم حسب العلاقة التالية:

$$\frac{(\text{السرعة})^2}{\frac{\text{التعجيل الارضي} \times \text{نصف القطر}}{س^2}} = \text{ظل زاوية الميلان}$$

$$\frac{ج \times \text{نق}}{س^2} = \text{ظل زاوية الميلان}$$

مثال:

عداء يركض بسرعة ٢٠م/ثا وكان نصف قطر المضمار (١٠٠) قدم ، ما هي الزاوية التي يجب ان يميل بها الرياضي بجسمه نحو الداخل ليحافظ على توازنه؟

$$\frac{(٢٠)^2}{١٠٠ \times ٣٢} = \text{ظل زاوية الميلان}$$

$$١.٣٥ = \text{ظل زاوية الميلان}$$

$$٧ \text{ درجة} = \text{زاوية الميلان}$$

اذ ان الزاوية التي يجب أن يميل بها الرياضي بجسمه نحو الداخل هي (٧) درجات عن الخط العمودي .

مثال :

احسب نصف قطر المنحني الذي يدور حوله عداء كتلته ٧٠ كغم وسرعته ٩ م/ثا علماً ان مقدار القوة الطاردة المؤثرة فيه ٦٠ نيوتن ؟

$$٧٠ \text{ كغم} \times (٩)^2$$

$$\frac{\quad}{\quad} = ٦٠ \text{ نت}$$

نصف القطر

$$٦٠ \text{ نت} \times \text{نق} = ٧٠ \text{ كغم} \times ٨١$$

$$٨١ \times ٧٠$$

$$\frac{\quad}{\quad} = \text{نق}$$

$$٦٠$$

$$\text{نق} = ٤.٥ \text{ م}$$

التأثير المتبادل للقوى الخارجية والداخلية:

عندما يسلط الرياضي قوة على الأرض للنهوض إلى الأعلى فهذا يعني أن رد فعل الأرض يساوي القوة المسلطة ويعاكسه في الاتجاه، ومن المعلوم لدينا أن اتجاه الوزن (وزن الرياضي) دائماً إلى الأسفل كتوضيح لمفهوم جذب الأرض للأشياء فإن اتجاه رد فعل الأرض سيكون إلى الأعلى أي بمعنى أن الرياضي عندما يؤثر بقوة إلى الأرض فإن الأرض سيرد ذلك إلى الأعلى أي إن رد الفعل سيكون بالاتجاه الموجب ومع اتجاه قوة العضلات أي:

$$\text{رد الفعل} = \text{قوة العضلات}$$

وبما أن وزن الجسم في اتجاه معاكس لرد الفعل فإننا نستطيع أن نستنتج أن:

$$\text{رد الفعل} = \text{قوة العضلات} - \text{وزن الجسم}$$

ولتوضيح ذلك في مثال لو أدى الرياضي حركة ثني مفصلي الركبتين من الوقوف بشكل غير مبالغ فيه (انسيابي) فهذا يعني تغلب وزن الجسم على قوة العضلات وافترضاً أن وزن الرياضي كان ١٠٠٠ نيوتن وكانت قوة العضلات في لحظة الثني ٨٠٠ نيوتن فإن علامة رد الفعل ستكون سالبة لان:

$$\text{رد الفعل} = \text{قوة العضلات} - \text{وزن الجسم}$$

$$\text{رد الفعل} = ٨٠٠ - ١٠٠٠$$

$$\text{رد الفعل} = - ٢٠٠ \text{ نيوتن}$$

ونستنتج من ذلك أن رد الفعل سيكون اقل من وزن الجسم في حالة الثني وبالضبط سيكون (١٠٠٠-٢٠٠=٨٠٠ نيوتن وهذه ملاحظة مهمة لتفسير بعض منحنيات دالة القوة-الزمن)، أما إذا عكسنا الحالة أي إن الرياضي سيدم مفصلي الركبتين من وضع الجلوس فالتغلب على وزن الجسم الذي مقداره ١٠٠٠ نيوتن نحتاج إلى ١٢٠٠ نيوتن (افتراضا) فان علامة رد الفعل ستكون موجبة لان:

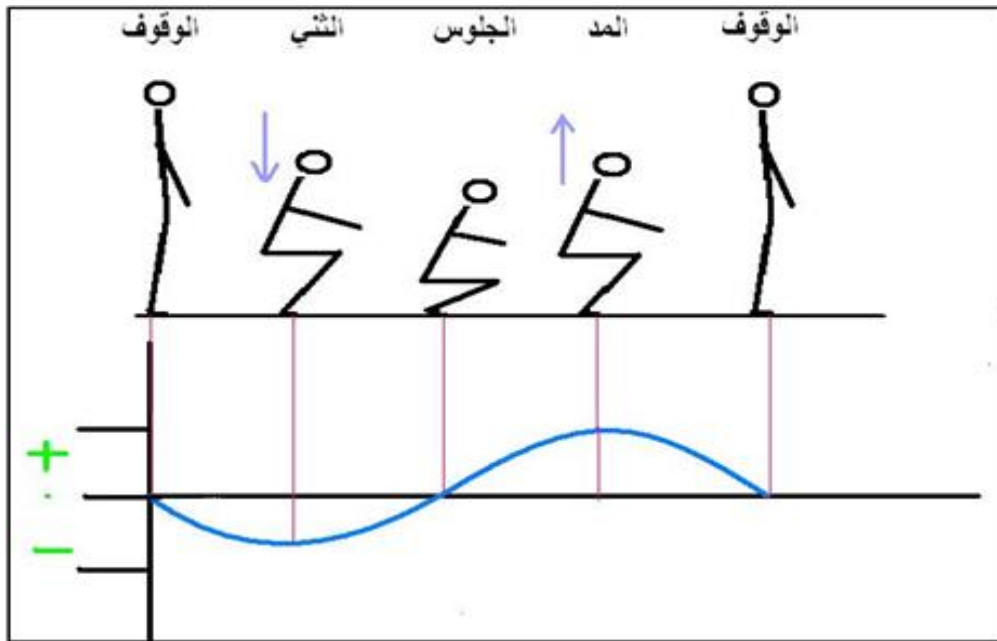
رد الفعل = قوة العضلات - وزن الجسم

$$\text{رد الفعل} = 1200 - 1000$$

$$\text{رد الفعل} = 200 \text{ نيوتن}$$

ونستنتج من ذلك أن رد الفعل سيكون اكبر من وزن الجسم في حالة المد وبالضبط سيكون

$$(1000 + 200 = 1200 \text{ نيوتن}) \text{ وكما موضح في الشكل المرقم (٣-٢٨)}$$



شكل (٣-٢٨) يوضح مسار التعجيل عن وزن الجسم عند الوقوف والجلوس

ومن ذلك نستنتج أيضا إن رد فعل الأرض سيكون صفرا أو قريبا إلى الصفر إذا تساوت قوة العضلات مع وزن الجسم وسوف لن تكون هناك علامة (موجبة أو سالبة لرد الفعل) مما يؤثر أو يدل على الثبات أو الاستقرار وهذا يوضح أيضا عدم استطاعة الأطفال من الوقوف على القدمين في سن مبكرة بسبب ضعف العضلات (تغلب وزن الجسم على قوة العضلات)

يمكننا الاستفادة من ذلك في قانون نيوتن الثاني لمعرفة التعجيل أو العجلة:

$$\text{القوة} = \text{الكتلة} \times \text{التعجيل}$$

القوة

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{القوة}}{\text{الكتلة}}$$

الكتلة

ولو عوضنا عن القوة برد الفعل

رد الفعل

$$\frac{\text{التعجيل}}{\text{الكتلة}} =$$

ومن معلوماتنا أعلاه فإن رد الفعل = قوة العضلات - وزن الجسم
فان:

$$\frac{\text{قوة العضلات - وزن الجسم}}{\text{الكتلة}} = \text{التعجيل}$$

بوحدة م/ثا^٢

مثال :

ما مقدار التعجيل (محسوبة بوحدة م/ثا^٢) لجسم وزنه ٨٠٠ نيوتن يسلط على الأرض قوة مقدارها ٨٧٠ نيوتن .

الحل:

$$\frac{\text{قوة العضلات - وزن الجسم}}{\text{الكتلة}} = \text{التعجيل}$$

نجد الكتلة من خلال قسمة وزن الجسم على الجذب (٩.٨١ م/ثا^٢)

القوة

$$\frac{\text{الكتلة}}{\text{التعجيل}} =$$

٨٠٠

$$\frac{\text{الكتلة}}{٩.٨١} =$$

الكتلة = ٨٢ كغم تقريبا

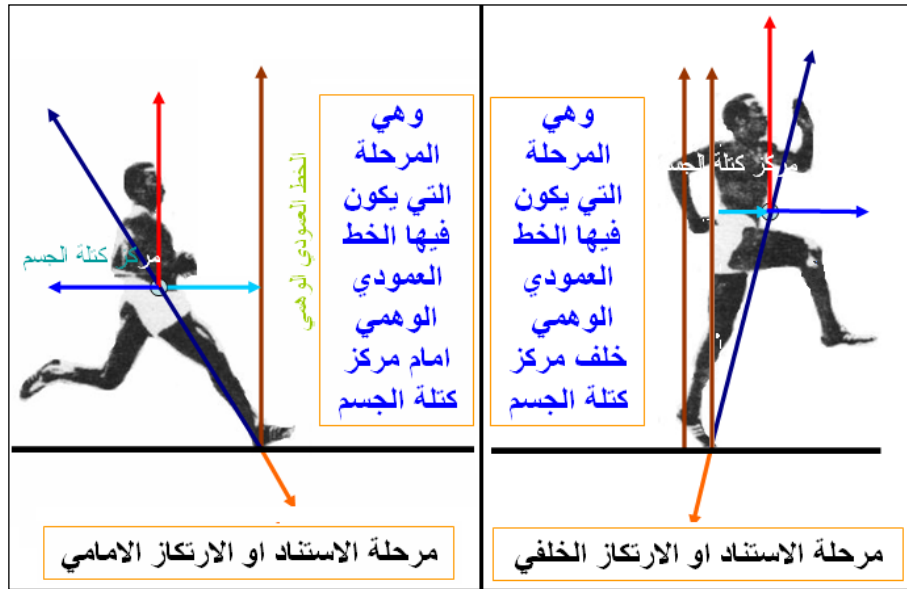
٨٧٠ - ٨٠٠

$$\frac{\text{التعجيل}}{٨٢} =$$

$$\frac{\text{التعجيل}}{82} =$$

التعجيل = ٠.٨٥ م/ثا^٢ بما أن التعجيل موجب فان الجسم في حالة مد

ويمكننا من خلال ملاحظة الشكل التالي أن نتوقع الخط البياني للتعجيل ، إذ يتضح لاعب الوثب الطويل (العريض) في حالتين على لوحة الارتقاء الحالة الأولى الهبوط والثانية الانطلاق (نرسم من مشط اللاعب خطا عموديا وهميا إلى الأعلى فيكون في حالة الارتكاز الأمامي عندما يكون الخط الوهمي أمامه وبالعكس يكون في حالة الارتكاز الخلفي عندما يكون الخط خلفه) وبما إن اللاعب يثني ركبته بعد هبوطه على لوحة الارتقاء فالخط البياني سيكون بالاتجاه السالب.



الشكل (٣-٢٩) : يوضح مرحلة الاستناد الامامي والخلفي لحظة الارتقاء في الوثب العريض

أما إذا كان الدفع على سطح الأرض بشكل مائل مثلما هو واضح في مرحلة الارتكاز الخلفي فان القوة تتحلل إلى مركبتين (إذا كانت تمر بمركز كتلة الجسم) احديهما المركبة الأفقية والتي ستتعامل مع اتجاه الحركة إذ سيكون رد الفعل بعكس اتجاه الحركة أي لا تتعامل مع وزن اللاعب والمركبة الأخرى ستكون عمودية وهي مثلما مر سابقا أي:

$$\frac{\text{قوة العضلات}}{\text{الكتلة}} = \text{التعجيل الافقي}$$

على الأغلب فان التعجيل الأفقي سيتعامل مع قوة الاحتكاك والذي تم إهماله

قوة العضلات - وزن الجسم

$$\frac{\text{التعجيل العمودي}}{\text{الكتلة}} =$$

وعن طريق قانون فيثاغورس يمكننا من ايجاد المحصلة

الجاذبية الأرضية:

ان قوة الجاذبية الأرضية تحدد بثلاث نقاط وهي (المقدار ، الاتجاه ، نقطة التأثير) . وان مقدار قوة الجاذبية يتأتى من كتلة الجسم (ك) مضروباً في التعجيل الأرضي (ج) والتي تسمى بالوزن (و) = ك × ج . وان هذا المقدار متعلق بالموقع الجغرافي حيث ان موقع الجسم على الأماكن المختلفة لسطح الكرة الأرضية يؤثر في وزنه ، فعندما يكون على خط الاستواء فان التعجيل الأرضي يكون منخفض والعكس يحدث عندما يكون في القطبين لهذا السبب تمكن الرياضيون من تسجيل الأرقام العالية من الاركاض السريعة والقفز والرمي والقذف في الدورة الدولية للألعاب الرياضية في مكسيكو ١٩٦٦ .

ان مقدار الجاذبية في القطب هو ٩.٨٣ م/ثا^٢ ، وفي خط الاستواء ٩.٧٧ م/ثا^٢ وكذلك يتعلق مقدار هذا التعجيل بارتفاع المكان عن مستوى سطح البحر والتحليل الحركي الدقيق لابد أن يؤخذ بنظر الاعتبار مقدار الجاذبية الأرضية بصورة مضبوطة في المكان الذي تجري فيه التمارين . أما اتجاه الجاذبية الأرضية فهو يؤشر إلى مركز الأرض وبالنسبة لنقطة تأثيرها فهي وسط كتلة الجسم أو مركز ثقل الجسم .

قوة الاحتكاك (Fiction Force):

يدخل كقوة إجبارية ضرورية ضمن مكونات المعادلات التي تفسر عدداً كبيراً من الاداءات الحركية الرياضية ، سواء كانت هذه القوة عاملاً معيقاً أو مساعداً فالعداء على سبيل المثال يحتاج إلى درجة عالية من الاحتكاك بين حذاء الركض وسطح مجال الركض لكي يحقق التعجيل الضروري والمطلوب في حين إن لاعبي الدراجات أو المتزحلق على الجليد يميل إلى تقليل هذا الاحتكاك من خلال تقليل مساحة السطح المعرض للاحتكاك (في حالة اذا كانت الإطارات معبأة بشكل جيد بالهواء) حيث يكون زيادة مساحة السطح المعرض للاحتكاك عاملاً في زيادة الاحتكاك (اذا كانت الإطارات غير معبأة جيد بالهواء) وهو في هذه الحالة معيقاً للحركة. التلامس الصغير بين حذاء الرياضي والأرض ، المضرب والكرة ، لاعب كرة القدم والكرة... الخ، التي يجب ان تكون سطوحها ملساء إذا أريد لهذه الأشياء ان تنزلق ضد بعضها .

ويمكن تفسير قوة الاحتكاك التي تعيق انزلاق لاعبي التزحلق مثلاً عن طريق المعادلة الآتية:

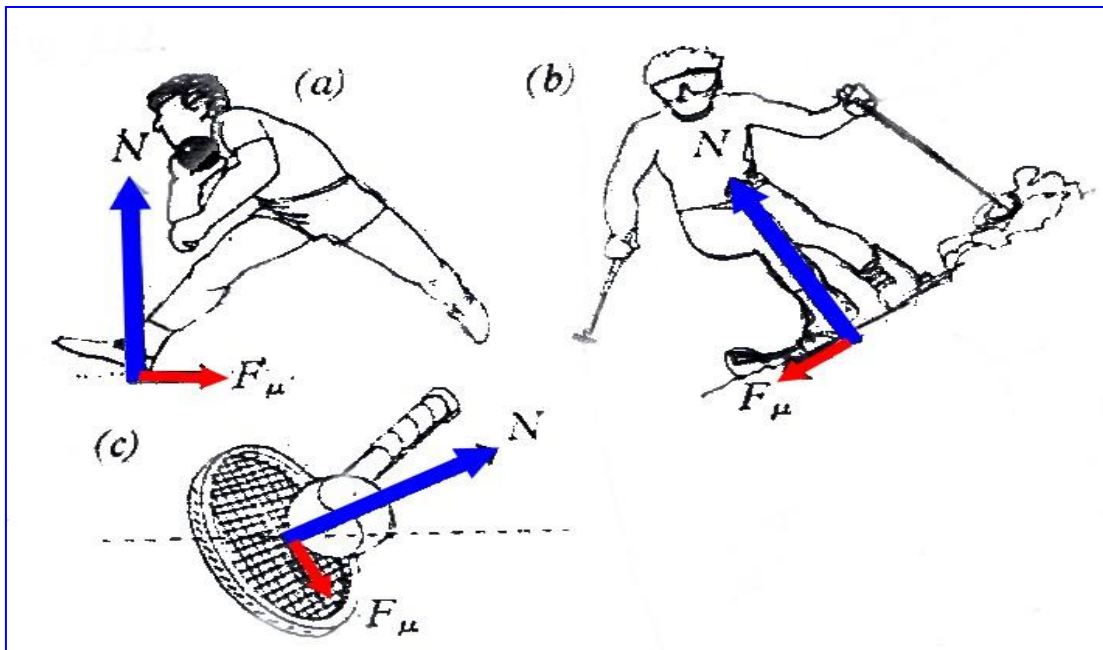
$$\text{قوة الاحتكاك} = \text{معامل الاحتكاك} \times \text{القوة العمودية (الوزن)}$$

والاحتكاك هو القوة الناتجة عن مقاومة حركة السطح لجسم معين والمواجه لسطح جسم آخر ، وتتجه هذه القوة دائماً عكس اتجاه حركة الجسم الاول أو الثاني ، اذا كان احد الجسمين ثابت.

ويلعب الاحتكاك دوراً هاماً في انجاز مهارات جميع الألعاب الرياضية بشكل عام ليتحرك الجسم أفقياً أثناء الركض والتزحلق ودرجة الأدوات أفقياً (كالكرات مثلاً) ، او تحرك الجسم عمودياً (كالقفز في ألعاب القوى الجمناستك والقفز في الألعاب الأخرى لغرض تطبيقات بعض المهارات الهجومية والدفاعية) ، ومع ذلك فإن الاتجاه الأفقي له علاقة اكبر برد فعل قوة الاحتكاك الذي يعمل على التقدم الحقيقي للحركة الجسم اماماً. وبدون قوة الاحتكاك الناتجة عن اتصال اللاعب سواء بالقدمين أو الذراعين مع سطح الأرض او سطح اي جهاز لن تكون هناك حركة افقية ممكنة .

يعتمد مقدار الاحتكاك على نوع المواد المتلامسة مع بعضها (خشونة سطوحها ، ويرمز لها بالحرف N) وعلى مقدار قوة الضغط المسلط على السطحين المتلامسين .

المثال الأول : (الشكل ٣-٣٠) ، يسلط جسم موضوع على الأرض قوة ١٠٠ نيوتن، ويحتاج لكي ينزلق على سطح الأرض إلى ٢٠ نيوتن ، عندئذ يمكن معرفة مقدار الاحتكاك N وهو $0.2=100/20$



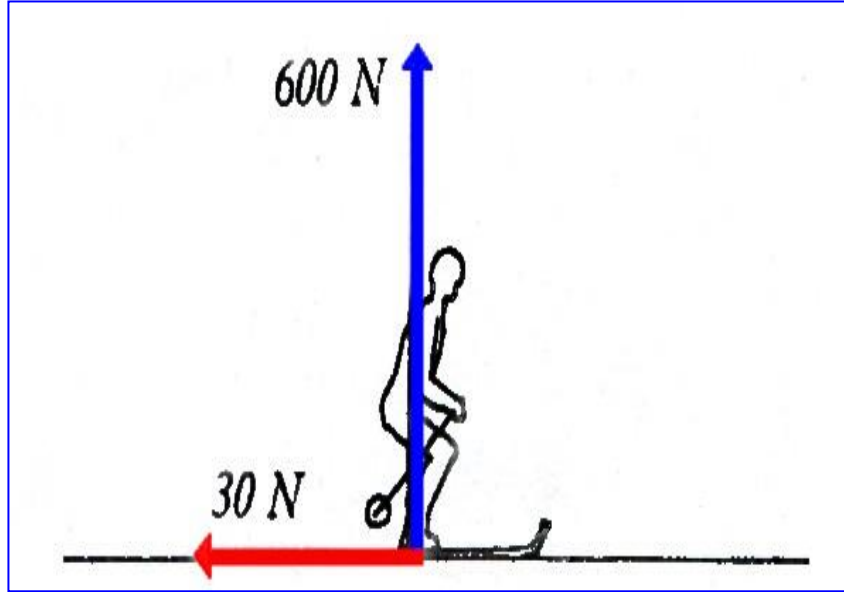
الشكل (٣-٣٠) يوضح اتجاه الاحتكاك بين سطحين

وترتبط قيمة معامل الاحتكاك بالنسبة بين القوة العمودية والأفقية ، فمثلاً نقول أن معامل الاحتكاك (٠.٦٠) يعني إن القوة الأفقية تعادل ٦٠ % من القوة العمودية ، حتى يمكن انزلاق الجسم ، أي بمعنى أنه لكي ينزلق الجسم فإنه يجب إن تكون القوة الأفقية ٦٠ % من القوة العمودية (الوزن) ، فمثلاً إذا كان وزن اللاعب ٨٠٠ نيوتن فإن القوة الأفقية اللازمة لانزلاقه = ٤٨٠ نيوتن وهي تعادل ٦٠% أما القوة العمودية فيجب أن تكون ٨٠٠ نيوتن.

يلاحظ ان قيمة معامل الاحتكاك تتراوح بين قيمة (١) الى (٠.٠٠٠٠٠١) قيم معامل الاحتكاك لبعض المواد

المادة	معامل الاحتكاك
حذاء ارضيية مطاط على طريق خرساني جاف	1.00
حذاء ارضيية مطاط على طريق خرساني مبلل	0.70
صلب عل صلب	0.15
صلب على جليد	0.03
صلب على سطح مزيت	0.003

المثال الثاني: (الشكل ٣-٣١)، متزلج يزن ٦٠ كغم ينزلق على سطح أفقي - ولكي يتزلج هذا الرياضي يحتاج إلى ٣٠ نيوتن عندئذ يمكن معرفة معامل الاحتكاك وهو $0.5 = 60/30$.
إذا كان $N =$ صفر عندئذ لا يوجد احتكاك إما إذا كان معامل الاحتكاك $(N) = 1$ عندئذ نقول أن الجسم ثابت



شكل (٣-٣١)

تحليل القوة عند التزلج:

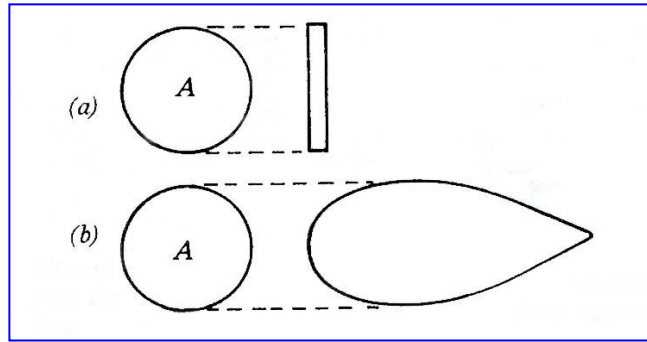
- ويمكن الاستفادة من معامل الاحتكاك عند اختيار نوع الأحذية المناسبة لنوع الرياضة الممارسة حيث تنحصر قيم معامل الاحتكاك في معظم الأحذية الرياضية بين $(0.6 - 0.8)$ ولكن هذه القيم تزيد عن واحد صحيح في حالات الأحذية ذات المواصفات الخاصة في بعض الرياضات حيث ان قيمة هذه المعامل تعطي دلالة للخبير عن ملائمة هذه الأحذية للممارسة الرياضية الخاصة. ومن جانب آخر فان كتابة قيمة معامل الاحتكاك على نوعيات الأرضيات التي تصمم للملاعب أو مواد زيادة أو تقليل

الاحتكاك تعطي دلالة للمسؤولين عن التجهيز في معرفة أي المواد التي تكون افضل لتنفيذ الأداء الحركي للرياضيين عند القيام بأداء السباقات أو التدريب عليها .

- ومقدار ما يحدث من احتكاك بين اسطح الاحذية و سطح ارض الملعب اياً كانت طبيعته ينتج عنه ارتفاع في درجة حرارة الاسطح المتصلة.
- ومعامل الاحتكاك ليس له وحدات قياس ومن العوامل التي تؤثر في معامل الاحتكاك خشونة ونعومة اسطح الاتصال وطبيعة اتصال جزئيات سطحي الجسمين المتصلين وكلما زاد التداخل الميكانيكي والجزئي للأسطح كلما زاد معامل الاحتكاك.

مقاومة الوسط :

- تظهر المقاومة عندما يتحرك الجسم خلال الهواء او الماء ومقدارها يعتمد على مساحة سطح الجسم (A) الذي يتجه للأمام بسرعة مقدارها (V) وشكله (C) الأجسام a و b في الشكل ١١ يمتلكان نفس حجم السطح عند مشاهدتهما من الأمام لكنها يختلفان في شكل الانسيابية عند مشاهدتهما من الجانب.



الشكل (٣-٣٢)

مساحة السطح والانسيابية

- التغير في وضع الجسم يؤدي إلى تغير في المساحة والشكل (A و C) ، وعن طريق التجربة تم التوصل إلى قوة مقاومة الهواء (أو الماء) F_a :

$$\text{مقاومة الهواء} = \text{كث الوسط} \times \text{ثابت الإعاقة} \times \text{مربع السرعة} \times \text{مسطح الجسم} / 2$$

$$F_a = A \times V^2 \times C \times a / 2$$

- حيث: A ثابت الإعاقة V سرعة الجسم C كثافة الوسط a مسطح الجسم
- تتضاعف المقاومة إذا تضاعفت مساحة السطح المعرض للهواء أو للماء ، إما مضاعفة السرعة فأنها تعطي مقاومة مقدارها أربعة أضعاف، عن طريق خفض مقاومة الهواء وتحسن الانسيابية.
- الهدف من بعض الألعاب الرياضية مثل الوثب العريض والركض هو خفض مقاومة الهواء، أما في السباحة فمن المهم جدا خفض مقاومة الماء.

الاحتكاك كقوة ميكانيكية تعمل بعكس اتجاه الحركة وتؤثر قوة الاحتكاك تأثيرا ايجابيا وسلبيا على الحركات الرياضية والاحتكاك مصطلح يربط بين مكونين للقوة بين جسمين ماديين متصلين مع بعضهما

يسببان التزحلق او الدوران او التوقف وعلى هذا الأساس يمكن القول بان الاحتكاك يحدث عندما يقاوم جسم مادي حركة جسم مادي آخر يلامس له ولذلك فان القوتين اللتين تسببان الاحتكاك يجب ان تكون متوازيتان ومتساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وبدونه لا يمكن أن تمشي أو تجري أو نعمل على السيطرة على حركاتنا بشكل عام .

لذلك من اجل ضمان الأداء الجيد للجسم والسيطرة عليه أثناء الحركة نعمل على زيادة الاحتكاك في معظم الحالات ... فعلى سبيل المثال ان استخدام الأحذية المطاطية في كرة السلة أو الأحذية ذات المسامير العالية بالنسبة للاركان السريعة من اجل ضمان السيطرة على الجسم عن طريق زيادة الاحتكاك وكذلك ان لاعب الجمناستيك يستخدم مسحوق المغنسيوم لمساعدته في تحسين مسكه العارضة للعقلة عند ادائه حركات الدوران حول العقلة كما يستخدم لاعبو كرة اليد المواد اللاصقة على الاصابع وحديثا يستخدم الجليد للتدريب على تقصير الخطوات من خلال الاستفادة من قلة الاحتكاك كما ان تحليق الشعر في رياضة السباحة جزء من عمليات التغلب على مقاومة الماء من خلال الاحتكاك وكذلك فان مقاومة الحيز او الفراغ الذي يحدث فيه الحركة من الامور المهمة في دراسة معامل الاحتكاك.

أنواع الاحتكاك:

- الاحتكاك أشروعي... وهو يعمل عند شروع الجسم الساكن بالحركة.
 - الاحتكاك أالانزلاقي و أالتدحرجي.. وهما يتأثيان كمقاومين خلال الحركة.
- وان قيمة معامل الاحتكاك تتراوح بين (٠-١) فيكون الجسم متلاصقا كلما كبرت القيمة

قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك × القوة (الوزن)

$$Q_c = M_c \times Q_e$$

حيث ان M_c = معامل الاحتكاك ويعتمد على نوع المساحتين المتماستين
 Q_e = القوة العمودية.

مثال : اذا علمت ان معامل الاحتكاك بين الجليد وآلة التزحلق هي ١٩,٠ عند الشروع وان هذا يقل بالحركة ليصل الى ١٦,٠ في الحركة وان وزن الرياضي يبلغ ٨٥٠ نيوتن ووزن الآلة ٢٥ نيوتن ، احسب القوة اللازمة لتحريك الآلة والقوة اللازمة لاستمرارها في الحركة

$$\text{القوة المطلوبة لتحريك الآلة} = ١٩,٠ \times (٢٥ + ٨٥٠)$$

$$= ٢٥,١٦٦ \text{ نيوتن}$$

يجب بذل قوة اكبر من هذه القيمة

$$\text{القوة المطلوبة لاستمرار الآلة} = ١٦٠٠ \times (٢٥ + ٨٥٠)$$

$$= ١٤٠ \text{ نيوتن}$$

يجب بذل قوة اكبر من هذه القيمة

ملاحظة: بعد ان يحصل الرياضي على الزخم المطلوب يكون مقدار القوة المبذولة قليلة جدا بسبب تناقص في قيمة معامل الاحتكاك.

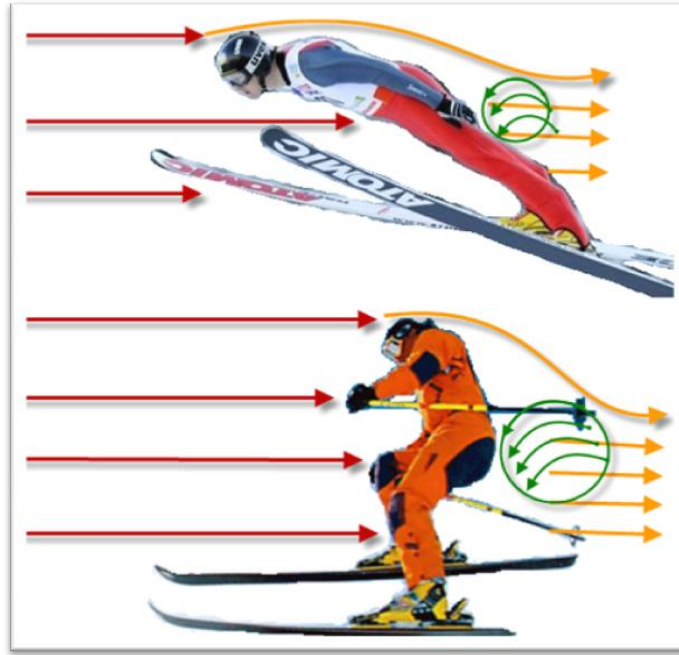


الشكل (٣-٣٣) : يوضح معامل الاحتكاك في رياضة التزلج

القوى المقاومة للحركة :

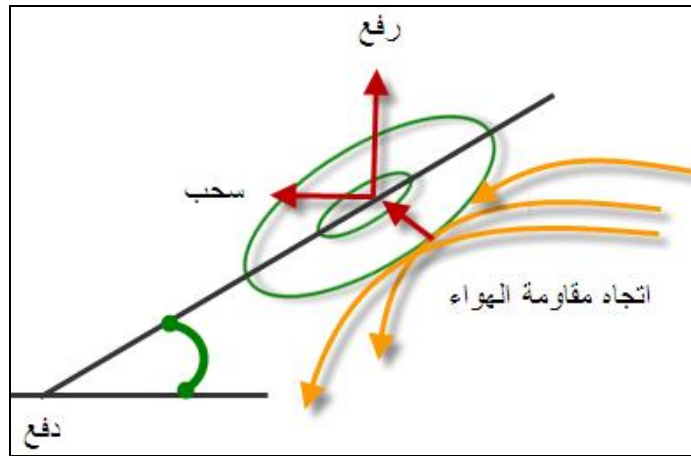
تؤثر القوى الخارجية سلبا وايجابا في الحركات الرياضية ويختلف شكل القوى الخارجية من حيث بيئة العمل او محيط اداء الحركة فمثلا اداء الحركة في الهواء الطلق يختلف عن ادائه في الماء او على الرمال لذلك فان بعض اساليب التدريب تستخدم محيطات مختلفة كجزء من عملية تحسين وتنمية الاداء الحركي. ادناه مجموعة من النقاط المهمة في كيفية التقليل من تأثير المحيط في الحركات الرياضية.

- القفز على الثلج والغطس بالتكور : يفضل امالة الجسم الى الامام للتقليل من مقاومة الهواء كما واضح من الشكل (٣-٣٤) وفي الغطس يفضل ان يكون التكور اقصى ما يمكن للسبب اعلاه ويرجع ان المساحة الاسقاطية (مساحة اصطدام الهواء) ان يكون في اقل ما يمكن فضلا عن ان الطيران المناسب للجسم يوفر دفعا مناسباً من قوة الهواء المتولدة خلف المسارات الحركية .



الشكل (٣-٣٤) : يوضح مقاومة الهواء عند القفز على الثلج

- فعالية رمي القرص والرمح والسهم : يرمي الرياضي الادوات في الهواء بزوايا مختلفة وعندما تكون هذه الزوايا مناسبة للمقذوف ترتفع الادوات وفقا لاصطدامها بالهواء مما يكسب الاداة ارتفاعا مرغوبا او غير مرغوبا وعندما تكون مقاومة الهواء قليلة فان الاداة تحلق مسافة اكبر.



الشكل (٣-٣٥) : يوضح تأثير الهواء على القرص

- السباحة والتجديف : تتربع مقاومة الماء بزيادة السرعة وعلى السباح معرفة كيفية توزيع الجهد على مسافات السباق فكلما ازدادت سرعة اليد في حركتها ضد الماء كلما ازدادت مقاومة الماء لها وعلى رياضي التجديف معرفة الاداء الفني لتعريض مساحة المجداف على سطح الماء في دخوله وخروجه وهذا ينطبق على ذراع السباح.

- الركض والدراجات : فضلا عن مقاومتهم للهواء فان سرعة الرياح مؤثر في الاركاض والدراجات ولا تعتمد بعض الانجازات بسبب السرعة الكبيرة للرياح ووفقا لمستويات الجسم في المنحنيات فانها اقل تعرضا الى مقاومة الرياح في حين تبقى مقاومة الهواء ثابتة.
- دوران الكرات : عندما تضرب الكرة خارج مركز ثقلها أي من الجانب فان هذه القوة ستحدث دورانا في الكرة حول احد محاورها فينزلق في الهواء بشكل اسرع.

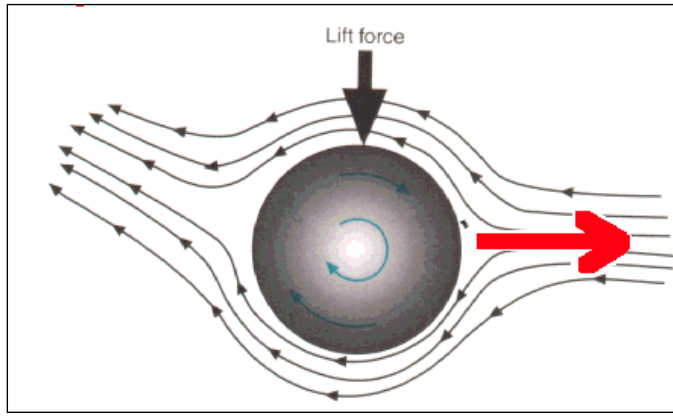
تأثير مكنوس (Magnus effect) :

لازال الكثير من متابعي كرة القدم يتذكرون هدف البرازيلي روبرتو كارلوس في مرمى فرنسا اثناء الدورة الرباعية التي اقيمت صيف (١٩٩٨) عندما سد روبرتو كارلوس ضربة حرة من على بعد اكثر من (٣٠ مترا) اجتازت حائط الصد (جدار من اللاعبين) وبدأت كأنها ذاهبة الى خارج الملعب وفي اللحظة الاخيرة انحرفت وعادت الى الشباك وسط ذهول حارس المرمى والمشاهدين يبدو ان روبرتو كارلوس قد تدرب على هذه التسديدات عدة مرات اثناء التدريب وعرف كيف يحنيها بضربها بسرعة خاصة (particular velocity) وجعلها تدور حول محورها بشكل محدد (particular spin) ويعرف الفيزياء التي خلف هذه التسديدة وربما لم يكن يعرف ذلك (يقصد كارلوس). قبل الشروع في شرح هذا الموضوع يجب ان نقول ان الميكانيكية الاساسية لانحناء كرة القدم هي تقريبا نفسها بالنسبة لكرة البيسبول والغولف والتنس وغيرها.



شكل (٣-٣٦) يمثل مسار الكرة وتأثير دورانها حول المحور المستعرض واتخاذ مسار منحنى

الديناميكية الهوائية للكرة (Aerodynamics of sports balls) لو افترضنا ان كرة تلف حول محورها ويتدفق الهواء حولها عموديا على مستوى اللف كما في الشكل المرفق عندئذ سيتحرك الهواء بشكل اسرع مقارنة بمنتصف الكرة حيث أن محيط الكرة يتحرك في نفس اتجاه تدفق الهواء.



شكل (٣-٣٧) يمثل حركة الكرة وهي تدور حول محورها وحدث اختلال في الضغط حولها

وهذا يقلل الضغط وفقاً لمبدأ برنولي (ويحدث التأثير العكسي في الجهة الأخرى من الكرة حيث يتحرك الهواء بشكل ابطئ بالنسبة لمنتصف الكرة ولهذا يكون لدينا عدم توازن في القوى مما قد يؤدي الى تغيير مسار الكرة يسمى تغيير الكرة لمسارها اثناء الطيران بتأثير ماكنوس ("Magnus effect") ويمكن أيضاً إدخال العديد من الميكانيكا الأساسية على طول مسار الكرة. النظر في الكرة كما هو مبين في الشكل (١٤٠) كون الهواء يكون أسرع على جانبي من الكرة عند دورانها وتأثير ماكنوس حيث يتحرك في نفس اتجاه تدفق الهواء العكس هو الصحيح على الجانب الآخر من الكرة. وفقاً لمبدأ برنولي يتحرك الهواء أسرع ويقلل من الضغط وبالتالي يتم إنشاء فرق في الضغط على جانبي الكرة وهذا يخلق قوة إضافية والمعروفة باسم تأثير ماكنوس يتم إعطاء القوة بسبب تأثير ماكنوس يشار إليها أيضاً باسم قوة الرفع او قوة ماكنوس حسب المعادلة التالية :

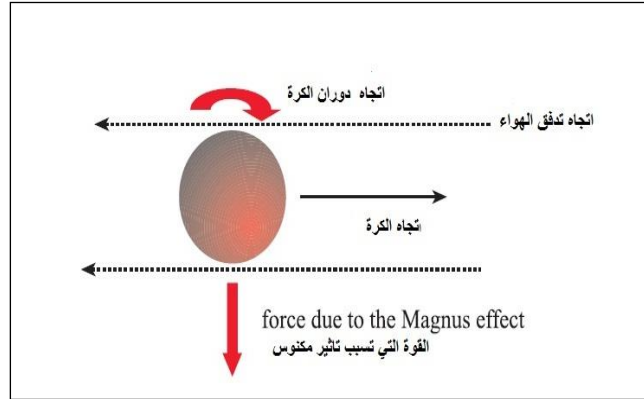
$$\text{قوة ماكنوس} = (\mathbf{v} \times \mathbf{F} \times D^3 \times P \times CL)$$

حيث تمثل (CL) تمثل معامل الرفع و (P) تمثل كثافة الهواء و (D^3) تمثل قطر الكرة و (F) عدد دورات الكرة و (v) سرعة الكرة .

$$\text{قوة ماكنوس} = \text{معامل الرفع} \times \text{كثافة الهواء} \times \text{قطر الكرة} \times \text{عدد دورات الكرة} \times \text{سرعة الكرة}$$

كثافة الهواء (١.٢٠ كغم/سم^٣) على مستوى سطح البحر و قطر الكرة حسب القانون الدولي لكرة القدم الفيفا التي يجب أن يكون محيط الكرة بين (٠.٦٨ و ٠.٧٠ سم) وبالتالي يمكننا أن نفترض أن قطرها (٠.٢٢ متر أي ٢٢ سنتيمتر) و عدد دورات الكرة في الثانية وسرعتها ويتبين أن معامل الرفع هو كمية معقدة نوعاً ما لا بد من تحديدها تجريبياً ولكن الرقم (١.٢٣) يلبي متطلبات معظم الحالات الرياضية نبدأ أولاً الافتراضات

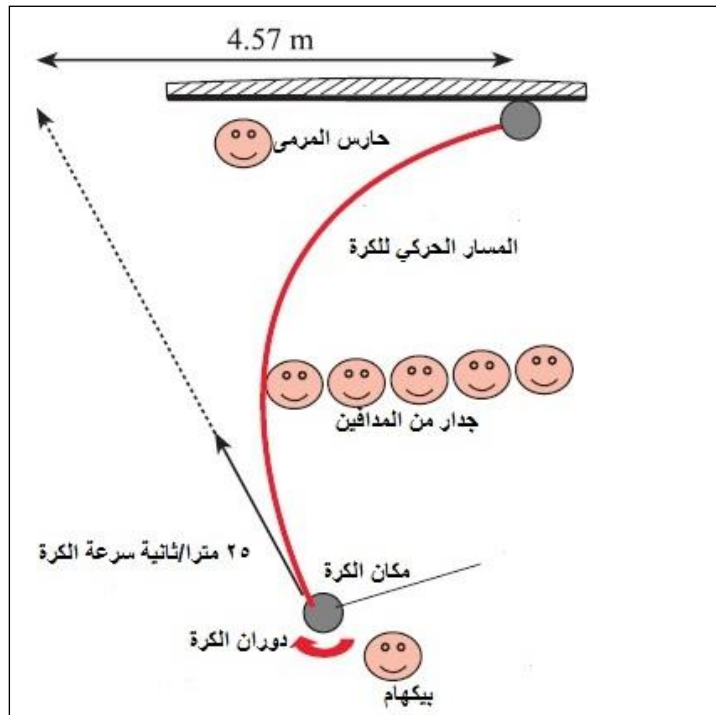
التالية ركلت كرة ركلة حرة على بعد (٢٥ مترا) من الهدف وركلت الكرة بسرعة (٢٥ مترا / ثانية) في مثل هذه الطريقة تسبب في تدوير الكرة في (١٠ دورات في الثانية) .



شكل رقم (٣-٣٨) يمثل دوران الكرة وتأثير مكنوس

القوى المؤثرة على لف الكرة خلال الهواء تنقسم الى نوعين:

(القوة العمودية او الرفع (lift force): وهي القوة الميكانيكية المتجهة الى أعلى والمتولدة بسبب حركة جسم صلب خلال مائع والتي تعاكس الوزن دائما وهي المسؤولة عن تأثير ماكنوس "Magnus effect":
(قوة السحب (drag force): وهي القوة الايروديناميكية التي تكون عكس اتجاه مسار حركة الجسم.



شكل (٣-٣٩) يمثل مخطط توضيحي بتنفيذ هذا النوع من الركلات

قوة ماكنوس = معامل الرفع × كثافة الهواء × قطر الكرة × عدد دورات الكرة × سرعة الكرة

يمكن حساب ماكنوس أو قوة رفع كمايلي :

$$F_L = C_L \rho D^3$$

$$F_L = C \times L \times P \times C^3$$

$$\text{قوة ماكنوس} = \text{معامل الرفع} \times \text{كثافة الهواء} \times \text{قطر الكرة} \times \text{عدد دورات الكرة} \times \text{سرعة الكرة} \\ = 1.23 \times 1.20 \times 0.223 \times 10 \times 25 = 3.93 \text{ نيوتن}$$

هذا يقارن جيدا مع الرقم الذي قدمه (أساييت) في تحليله لركلة لروبرتو كارلوس خلال كأس العالم ١٩٩٨. ومع معرفة القوة المسلطة على الكرة، يمكن حساب التعجيل.

القوة = الكتلة × التعجيل. في بداية لعب أي مباراة يجب ان تكون كتلة الكرة بين (٠.٤١٠ و ٠.٤٥٠ كغم). إذا افترضنا أن متوسط قيمة (٠.٤٣٠) كغم ثم التعجيل = قوة ماكنوس / كتلة الكرة من قانون نيوتن الثاني عندما نريد حساب التعجيل .

$$= 3.93 / 0.430$$

$$= 9.14 \text{ متر/ثا}^2$$

على افتراض ان زمن الطيران من ثانية واحدة ويمكن حساب المنحنى او مسار الكرة وفق المعادلة التالية

انحراف الكرة يساوي = السرعة الابتدائية + ٠.٥ التعجيل × مربع الزمن

$$= \text{صفر} + 0.5 \times 9.14 \times 1^2$$

$$= 4.57 \text{ متر يمثل مقدار الانحراف}$$

في المثال أعلاه تم إهمال تأثير مقاومة الهواء معظم الدراسات على بيئة من ان السحب هو محاولة تحريك الخصر العميق في الماء أو مضاعفة سرعة الخاص بك على دراجة. قوة السحب سوف تعمل دائما وذلك لمعارضة حركة الكرة. فإنه يبطئ عليه. لسوء الحظ فإن تأثير قوة السحب على الكرة معقد نوعا ما ويعتمد على البيانات التجريبية ومع ذلك يمكن تخفيضها إلى صيغة بسيطة تبحث.

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho A v^2$$

حيث ان (Cd) هو معامل السحب، (ρ) هي كثافة الهواء، (A) هي المنطقة التي تتعرض للهواء من الكرة يفترض أن قطرها (٠.٢٢) م واستخدامها و (v²) هي سرعة الكرة المشكلة هي حقا مع معامل السحب والذي يختلف في بعض الأحيان بشكل كبير مع سرعة الكرة.

التطبيقات:

لاعب كئلته ٦٠ كغم اراد ان يتحرك بسرعة ٦ م/ثا من حالة الثبات خلال ٤ ثانية، ما مقدار القوة اللازمة لتحركه؟

القوة = الكتلة × التعجيل

$$= 60 \times 4/6 = 9.0 \text{ نيوتن}$$

إذا زاد معدل سرعته الى ٩ م/ثا بعد ٤ ثا ؟ فما مقدار القوة المبذولة.

كلما كانت الكتلة اكبر فان بذل القوة يكون اكبر للحفاظ على نفس السرعة :

فمثلا اذا تم تحميل الرياضي نفسه وزن ٢٠ كغم وينطلق بنفس السرعة فان القوة التي يبذلها ١٢٠ نيوتن

القوة = الكتلة × التعجيل

$$= 60 \text{ كغم} \times 6 \text{ م/ث} / 0.25 \text{ ثا}$$

= ١٤٤٠ نيوتن (وبما ان وزن الجسم هو ٦٠ كغم $\times 9.8$ نيوتن، فانه يكون قد تعرض نتيجة تصادمه بالأرض

لقوة تساوي اكثر من ضعف وزنه تقريبا لان وزنه يساوي ٥٨٨ = ٦٠ $\times 9.8$ نيوتن بحوالي ٢٦٤ نيوتن؟

قوة مركزية(طاردة او جاذبة):

القوة = الكتلة × التعجيل

ولما كانت القوة المركزية يكون التعجيل هنا تعجيل عمودي (ج عمودي = س^٢ / نق)

لذا فان القوة المركزية = الكتلة × التعجيل العمودي

او (ك × س^٢) / نق

قوة الارتطام : شخص كتلته ٦٠ كغم يصطدم بسرعة ٦ م/ثا ويرتفع مسافة ١,٥ متر خلال ٠,٢٥ ثا ، احسب

القوة الناتجة عن ارتطام

الاصابات الرياضية

لاشك ان من أهم مشكلات التدريب الرياضي ما يعانيه اللاعبون من إصابات مفاجئة خلال مراحل الإعداد المختلفة، فخرج اللاعب عن قمة مستواه الأداءي نتيجة الإصابات الرياضية أيا كان نوعها وأيا كانت فترة علاجها يعني إلى جانب هبوط المستوى الأداءي احتمال تكرار إصابة اللاعب مرة أخرى سواء في نفس مكان الإصابة ومرتبة عليها وخاصة إذا لم تكتمل مراحل علاج الإصابة وإعادة إعداده وإعادته للمستوى المطلوب منه وفقاً لمتطلبات مراحل الإعداد للموسم الرياضي. ولعل من أكثر الموضوعات التي تحتاج الى دراسة وتأتي أكثر هو موضوع الأسباب التي تؤدي إلى الإصابات من وجهة نظر البيوميكانيك، وبمعنى اصح الأسباب الفيزيائية التي تؤثر على أنسجة الجسم البشري بأنواعها المختلفة (عضلات-أربطة-عظام) ، وتؤدي إلى حدوث إعاقة ما في هذه الأنسجة تمنع من تحقيق أعلى أداء وكفاءة ممكنة. وان أمام المدرب واللاعب بتفاصيل البيئة الميكانيكية المحيطة بالأداء والتأثيرات المختلفة لمتغيرات هذه البيئة يعتبر من أهم مقومات

تجنب عدد كبير من الإصابات ،خاصة إذا ما علمنا إن تصنيف الأسباب التي تؤدي إلى الإصابات من وجهة نظر البيوميكانيك من الممكن ان تكون على النحو الآتي:

-أسباب ترتبط بأخطاء في إجراءات التدريب (أحمال تدريبية زائدة-نقص في مستوى عنصر من عناصر اللياقة البدنية"

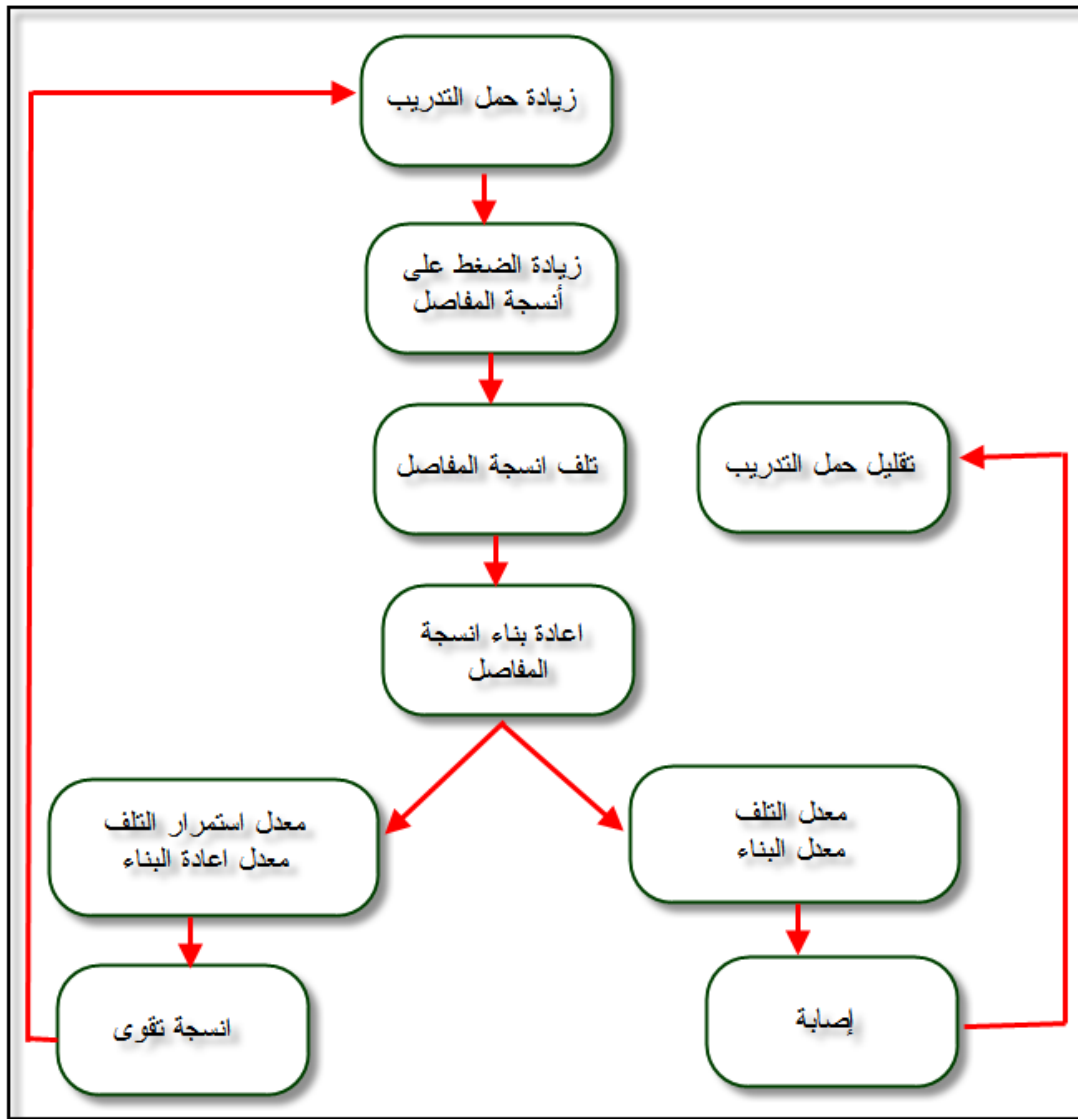
-أسباب ترتبط بمتغيرات البيئة الميكانيكية المحيطة. أرضية الملاعب -الأجهزة والأدوات - الملابس.

-أسباب ترتبط بأخطاء فنية في الأداء

-أسباب ترتبط بالاحتكاك المباشر بالخصم

من التصنيف السابق نلاحظ إن (٥٠%) من الأسباب التي تؤدي إلى الإصابة لها علاقة مباشرة بطريقة الأداء المهاري والإعداد لها وإن المثل من هذا النوع من الإصابات الرياضية قد يكون أكثر حدة ويتطلب وقتاً أطول في علاجه وخاصة ذلك النوع الناتج من أخطاء في إجراءات التدريب.

والمقصود بإجراءات التدريب ذلك التراكم الذي يتم على مدى فترات تدريبية طويلة لا يراعى فيها المدرب درجات تحميل اللاعبين وعدم تحقيق التوازن المناسب بين مكونات الإعداد البدني لهم كأساس لبناء اللياقة البدنية. ومن أكثر الأخطاء انتشاراً إغفال المدرب لأهمية صفة المرونة للمفاصل ومطاطية العضلات ونعني في هذا المقام مدى اهتمام المدرب بوضع برنامج خاص لتطوير وتنمية المدى الحركي للمفاصل بما يتلاءم ومتطلبات الأداء المهاري، واكتفائه باستخدام أنواع مختارة من تمارين المرونة خلال عمليات الإحماء دون تخطيط وتنظيم محدد، ولهذا المدى المسميان الرئيسيان هما المدى السالب والمدى الموجب فالمدى السالب لأي مفصل هو المدى الذي يمكن إن يتحرك فيه المفصل تحت تأثير قوة خارجية، أما المدى الموجب فهو المدى الذي يكون تحت السيطرة بدون عامل خارجي .



الشكل (٣-٤٠) : يوضح مخطط الإصابات الركض

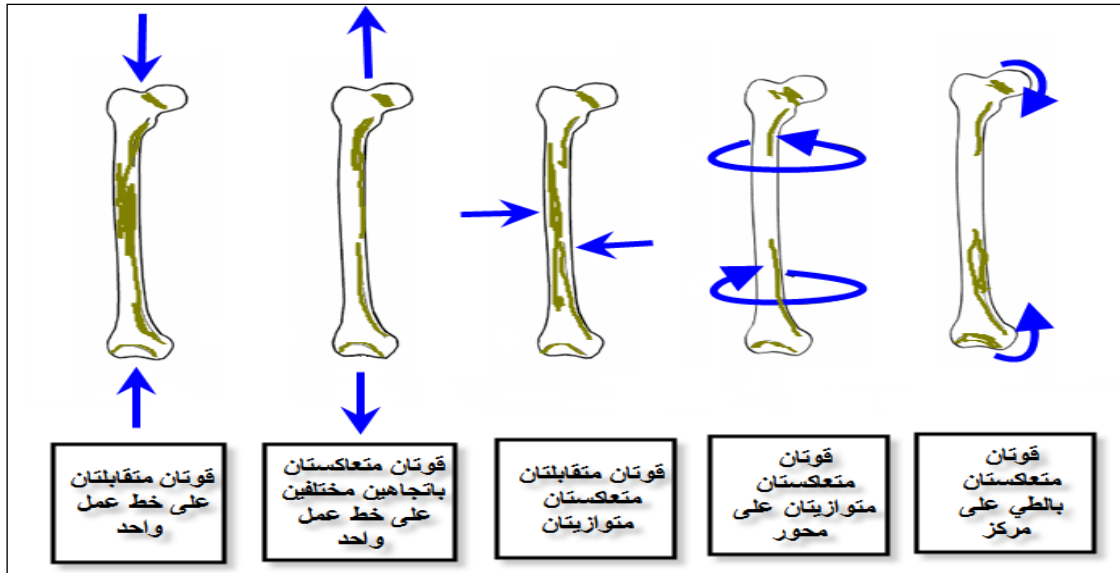
انواع القوة المسببة للإصابات:

١. القوة الضاغطة (Compression force): إذا أثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتقابلتان في الاتجاه وعلى خط العمل نفسه ، تؤثر قوة من أعلى الفقرة وتؤثر قوة أخرى من أسفل الفقر (مثل السقوط على الرجلين مع وجود ثقل على الكتفين) تعمل هاتان القوتين على تقصير الجزء ويسببان في ازدياد عرضه مما يؤدي الى تمزيق أنسجة القرص الفقري.
٢. قوة الشد (Tensional force): إذا أثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وعلى خط العمل نفسه ، تؤثر قوة بسحب الجسم الى الأعلى وقوة أخرى تسحب الجسم الى الأسفل (مثل التعلق على العقلة ومقاومة المثقالات على القدمين) تعمل هاتان القوتين على زيادة طول الجزء ويسببان في تقليل عرضه مما يؤدي الى تمزق الاربطة.

٣. قوة القص (Shearing force) : اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه متوازيتين أي ليستا على خط العمل نفسه ، (مثال ذلك تعاكس الذراع مع الرجل في السباحة) يسببان في تشويه (deformation) الجزء او الاجزاء المتصلة.

٤. قوة اللي (Torsion force) : اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه متوازيتين أي ليستا على الخط نفسه (مثل الدوران في رمي المطرقة) واثرتا على محيط محور (قوة عمودية على محور الجسم) تؤديان الى لي الجسم (دورانه على محوره) ويسببان في تشويه الاجزاء المتصلة بالفقرة أي تؤدي الى تمزق في العضلات والاربطة.

٥. قوة الطي (Bending Force) : اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتجهتان كل من طرف الى المركز أي ليستا على الخط نفسه ، تؤديان الى طي الجسم (دورانه على مركزه) ويسببان في تشويه الاجزاء وكسرها.



الشكل (٣-٤) يوضح القوى المسببة للإصابات

العتلات (Levers)

تعريف العتلات او الروافع

هي اجسام تعتمد على محور في توازنها او مقاومتها او سرعة ادائها وتصنف الى الحركات الدائرية لان لها انصاف اقطار وهي من مصطلحات علم السكون.

نقاط العتلات:

للعتلة ثلاثة نقاط الاولى نقطة المحور او المرتكز او الارتكاز والثانية نقطة القوة والثالثة نقطة المقاومة ، البعد بين المركز والقوة يسمى ذراع القوة والبعد بين المركز والمقاومة يسمى ذراع المقاومة

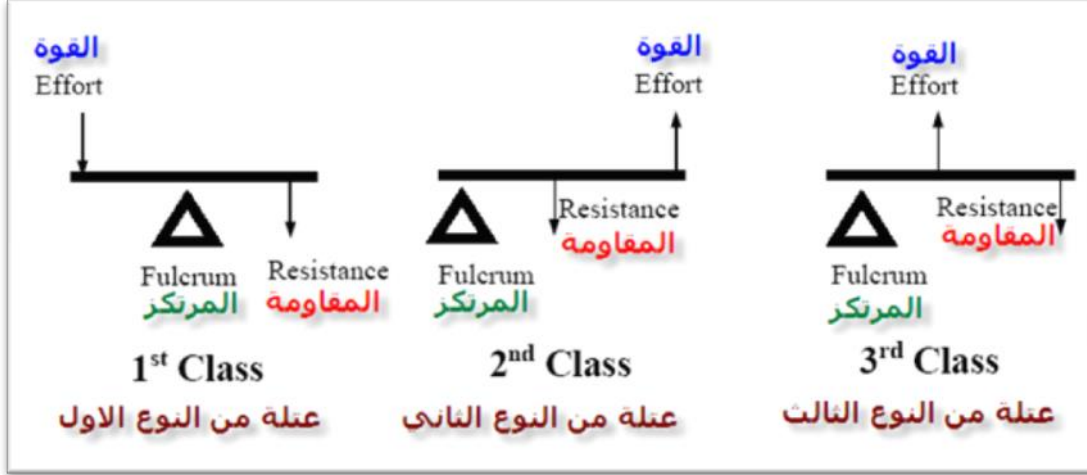
أنواع العتلات:

صنفت العتلات الى ثلاثة انواع وفقا للمكاسب المتحققة منها

عتلة من النوع الاول (المحور في المنتصف وكل من القوة والمقاومة على طرفي الجسم)

عتلة من النوع الثاني (المقاومة في المنتصف وكل من المحور والقوة على طرفي الجسم)

عتلة من النوع الثالث (القوة في المنتصف وكل من المحور والمقاومة على طرفي الجسم)



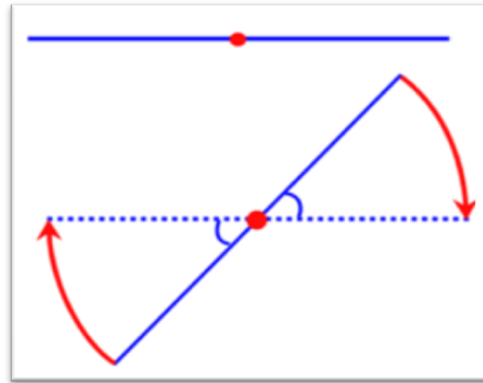
الشكل (٣-٤) : يوضح انواع العتلات

فوائد العتلات

ان الفائدة من العتلات يمكن ملاحظتها وفقا لما يأتي

١- تغيير الاتجاه

عندما يتحرك طرف من العتلة من النوع الاول يرافقه حركة مماثلة في الطرف الاخر.

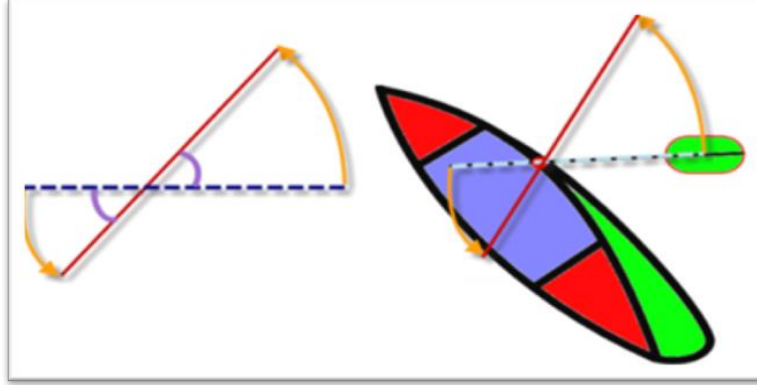


الشكل (٣-٤) : يوضح العتلة من النوع الأول

٢ - كسب السرعة

عندما يتحرك طرف من العتلة من النوع الاول يرافقه حركة مماثلة في الطرف الاخر وفي الزمن نفسه وبشرط تساوي ابتعاد الطرفين عن المركز فان لنهايات العتلة السرعة نفسها اما اذا اختلف ابتعاد طرف عن المركز عن ابتعاد الطرف الاخر فان مدى او قوس الطرف البعيد من المحور او المركز سيكون اكبر وبذلك سنحصل على الفائدة الاولى وهي الحصول على مدى أوسع للحركة واذا حدث ذلك في زمن معين فان المدى الأكبر سيمتلك سرعة أكبر ويلاحظ عدم تغير قيمة الزاوية وهذه مسألة تمت مناقشتها في الحركات

الدائرية او المسافة الزاوية والإزاحة الزاوية او السرعة المحيطية والسرعة الزاوية ، وتعد هذه ميزة العتلة من النوع الاول



الشكل (٣-٤) : تغيير الاتجاه في العتلة من النوع الاول



الشكل (٣-٥) : تغيير الاتجاه في رياضة التجديف

مثال:

تحرك جسم على الطرف (أ) بمقدار (١ م) وبزمن (١ ثا) وولد حركة على الطرف الاخر بمقدار (٢م) احسب السرعة على الطرف الاخر .
بما ان السرعة على الطرف الاول (١ متر في الثانية) ومدى الطرف الاخر (٢ متر) وان الزمن ثابت فسرعة الطرف الاخر (٢ متر بالثانية).

٣ - كسب القوة

الفائدة الثانية من العتلات هو كسب القوة أي التغلب على مقاومة معينة بقوة اقل من مقدار المقاومة (الاقتصاد في القوة) لقد ناقشنا سابقا ان الاتزان يتم بتساوي ابتعاد نهايات الأطراف عن المركز مع تساوي كتلتها (ذراع القوة يساوي ذراع المقاومة ومقدار القوة يساوي مقدار المقاومة) اما اذا اختلف ذلك فان العتلة لا تتزن أي ان الجهد الموجود على طرف معين يختلف عن الجهد الموجود على الطرف الاخر ، فاذا كان ذراع القوة اكبر من ذراع المقاومة فان الجهد الموجود على طرف القوة اقل من الجهد الموجود على طرف المقاومة وفقا لقانون الروافع (القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها) وهذا هو المكسب الثاني ، وبما ان ذراع القوة اكبر من ذراع المقاومة وان المطلوب هو تحريك المقاومة فان

المدى الكبير الموجود على طرف القوة اكبر من المدى الموجود على طرف المقاومة مما يعني التحرك بمدى كبير للحصول على مدى قليل أي ان كسب القوة يولد خسارة في السرعة والعكس صحيح.

مثال:

ما مقدار القوة المطلوبة لانتزان عتلة من النوع الاول اذا علمت ان الوزن الموضع على الطرف (أ) يساوي (٢٠ نيوتن) ويبتعد بمقدار (١ متر) وان الطرف الاخر يبتعد بمقدار (٢متر).

$$\text{القوة} \times \text{ذراعها} = \text{المقاومة} \times \text{ذراعها}$$

$$\text{القوة} \times ٢ = ١ \times ٢٠$$

$$١ \times ٢٠$$

$$\frac{\quad}{\quad} = \text{القوة}$$

$$٢$$

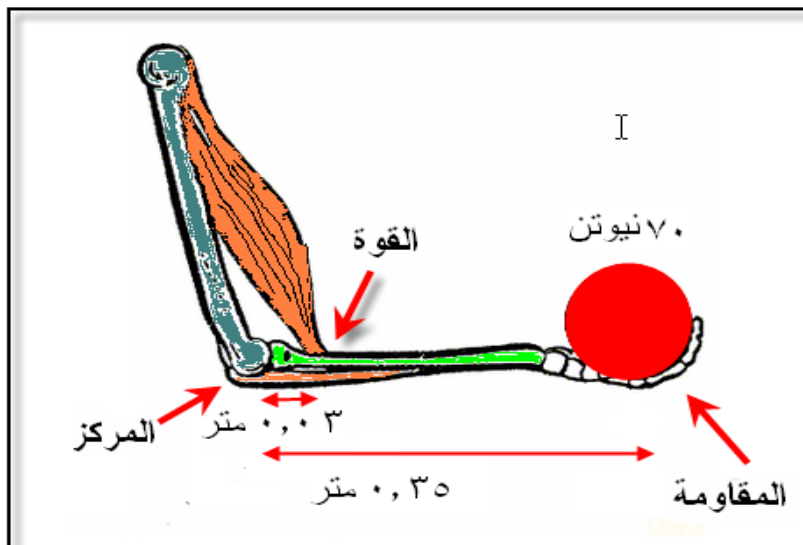
$$\text{القوة} = ١٠ \text{ نيوتن}$$

التدريب بذراع المقاومة

تعد المقاومة في التدريب بمثابة الشدة ضمن مكونات الحمل ، ويمكننا بثبات مقدار المقاومة تغيير الشدة اذ يتم تغيير موقع او نقطة القوة او تقصير ذراع القوة مما يؤدي الى تغيير الشدة وفقا لقانون (القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها).

مثال:

احسب مقدار القوة المطلوبة لثبات عضلة ذات الرأسين العضدية عند مقاومتها لقوة مقدارها ٧٠ نيوتن (اهمل كتلة الذراع) تبتعد بمقدار ٣٥،٠ متر عن مفصل المرفق اذا علمت ان مدغم العضلة تبتعد بمقدار ٠،٣،٠ متر عن مفصل المرفق وبزاوية قائمة مع عظم الساعد.



الشكل (٣-٤٦) : عمل العضلة ذات الرأسين العضدية كعتلة من النوع الثالث

$$\text{القوة} \times \text{ذراعها} = \text{المقاومة} \times \text{ذراعها}$$

$$\frac{\text{المقاومة} \times \text{ذراعها}}{\text{ذراع القوة}} = \text{القوة}$$

$$\frac{0.35 \times 70}{0.03} = \text{القوة}$$

$$\text{القوة} = 816.7 \text{ نيوتن أي ان التدريب بالقوة الثابتة اكبر من } 70 \text{ نيوتن}$$

تطبيقات الروافع (العتلات) على جسم الانسان:

١- العتلة من النوع الاول لاتوجد في جسم الانسان لانها عتلة محورها على العظم نفسه أي لا يوجد عظم مثقوب من المنتصف

٢- العتلة من النوع الثاني موجود فقط في عضلات القدم ويعتمد ذلك على موقع الاتزان

٣- جميع العضلات في جسم الانسان تعمل مع العظام عتلات من النوع الثالث أي ان ذراع القوة فيها قصيرة فهي عتلة المدى الحركي او عتلة السرعة

مركز كتلة الجسم

كما تستخدم العتلة من النوع الاول في ايجاد مركز كتلة الجسم او الأجزاء



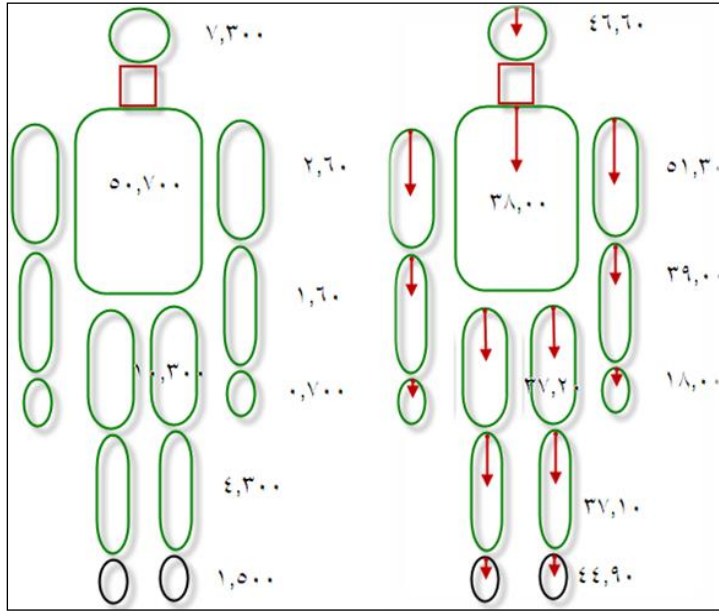
الشكل (٣-٤٧) : عمل العتلة من النوع الاول في ايجاد مركز ثقل الاجسام

الابعاد النسبية لاتزان اجزاء الجسم:

وفقا للعديد من الدراسات على الجثث توصل العلماء في هذا المجال الى موقع اتزان كل عظم من عظام جسم الانسان وكل كتلة مربوطة بمجموعة عظام كالرأس والجذع والكف والقدم وأدناه جدول اتزان هذه العظام

الجدول (١-٣) يبين الكتلة النسبية والبعد النسبي لايجاد مركز كتل الاجزاء والجسم

ت	الجزء	الكتلة النسبية (كغم)	الكتلة الحقيقية (كغم)	البعد النسبي (سم)	البعد الافقي (سم)	البعد العمودي (سم)	الكتلة الحقيقية × البعد الافقي (سم)	الكتلة الحقيقية × البعد العمودي (سم)
١	الرأس والرقبة	٧.٣	٦.٢١	٤٦.٦	٤.٠	٨.٥	٢٤.٨٢	٥٢.٧٤
٢	الجذع	٥٠.٧	٤٣.١٠	٣٨.٠	٣.٨	٦.٥	١٦٣.٧٦	٢٨٠.١٢
٣	عضد أيمن	٢.٦	٢.٢١	٥١.٣	٣.٠	٦.٦	٦.٦٣	١٤.٥٩
٤	عضد أيسر	٢.٦	٢.١٢	٥١.٣	٤.٥	٧.٥	٩.٩٥	١٦.٥٨
٥	ساعد أيمن	١.٦	١.٣٦	٣٩.٠	٢.٤	٥.٩	٣.٢٦	٨.٠٢
٦	ساعد أيسر	١.٦	١.٣٦	٣٩.٠	٥.٠	٨.٠	٦.٨٠	١٠.٨٨
٧	يد يمنى	٠.٧	٠.٦٠	١٨.٠	٢.١	٥.٥	١.٢٥	٣.٢٧
٨	يد يسرى	٠.٧	٠.٦٠	١٨.٠	٥.١	٨.٨	٣.٠٣	٥.٢٤
٩	فخذ أيمن	١٠.٣	٨.٧٦	٣٧.٢	٢.٥	٤.٠	٢١.٨٩	٣٥.٠٢
١٠	فخذ أيسر	١٠.٣	٨.٧٦	٣٧.٢	٤.٥	٣.٨	٣٩.٤٠	٣٣.٢٧
١١	ساق أيمن	٤.٣	٣.٦٦	٣٧.١	١.٤	٣.٤	٥.١٢	١٢.٤٣
١٢	ساق أيسر	٤.٣	٣.٦٦	٣٧.١	٥.١	٢.٠	١٨.٦٤	٧.٣١
١٣	قدم يمنى	١.٥	١.٢٨	٤٤.٩	٠.٥	٣.٦	٠.٦٤	٤.٥٩
١٤	قدم يسرى	١.٥	١.٢٨	٤٤.٩	٥.٦	٠.٧	٧.١٤	٠.٨٩
المجموع								٤٨٤.٩٤
المجموع بعد قسمتها على ١٠٠								٤.٨٥
								٣.١٢



الشكل (٣-٤٨) : يوضح كيفية القياس لاجاد مركز كتلة الجسم

مثال:

جد كتلة فخذ لاعب كتلته ٧٥ كغم اذا علمت ان طول فخذة ٤٤ سم ، وجد موقع اتزان الفخذ
بما ان الكتل المعروضة في الجدول اعلا هو مثال لشخص كتلته ١٠٠ كغم فان النسبة والتناسب يؤدي
الغرض المطلوب ووفقا لما يأتي

$$\frac{300,10 \times 75}{100} = \text{كتلة الفخذ}$$

كتلة الفخذ = ٧٢٥,٧ سبعة كيلوغرامات و سبعمائة وخمسة وعشرون غراما

وبما ان الابعاد النسبية المعروضة في الجدول هي مثال للاجزاء طولها (١٠٠ سم) فان النسبة والتناسب
يؤدي الغرض المطلوب ووفقا لما يأتي

$$\frac{20,37 \times 44}{100} = \text{مسافة اتزان الفخذ}$$

مسافة اتزان الفخذ او مركز الفخذ = ٤,١٦ سم أي بعد ستة عشرة سنتيمترا و اربعة ملليمترا عن
المفصل العلوي من اصل طول الفخذ ٤٤ سم

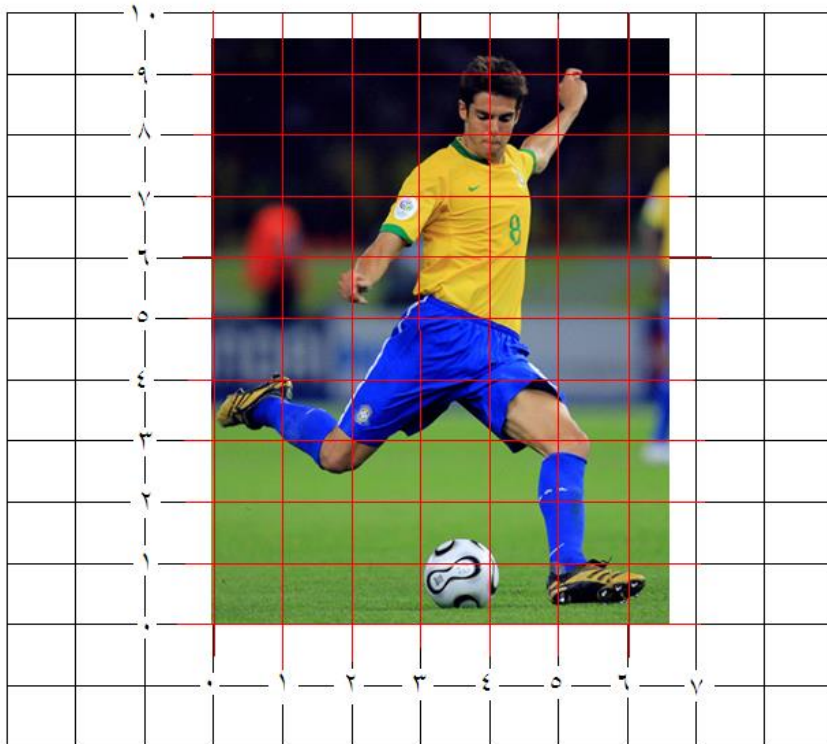
ومن الامثلة اعلاه يمكن ايجاد مركز كتلة الانسان وقد تبين من الدراسات السابقة ان متوسط ارتفاع مركز كتلة الرجل في الوضع التشريحي هو ٨,٥٦% من طوله الطبيعي و ٤٤,٥٥% من الطول الطبيعي للنساء .
مثال:

عين مركز كتلة الجسم في الشكل ادناه:

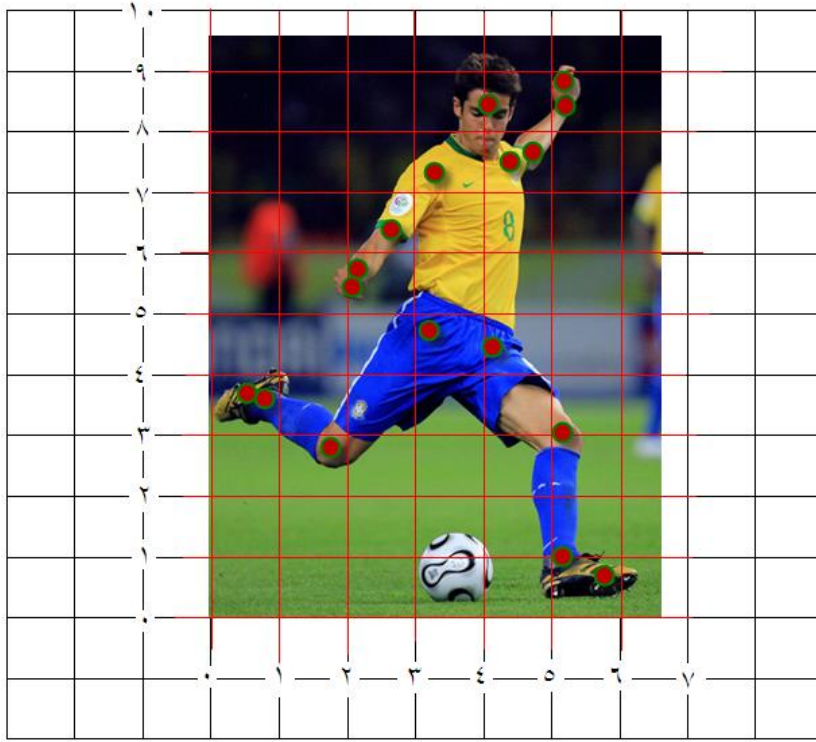


الشكل (٣-٩) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم

يتم وضع الصورة على الورق البياني



الشكل (٣-٥) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم على الورق البياني



الشكل (٣-٥١) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم على الورق البياني مع وضع النقاط على مفاصل الجسم

ويلاحظ من الشكل اعلاه انه هناك (٥ مناطق) في جسم الانسان تعد بمثابة مفاصل لاغراض ايجاد مركز كتلة الجسم وهذه المناطق هي الرأس وتكون النقطة بين الحاجبين من الامام ومن اليسار او اليمين في منتصف المسافة بين الاذن والعين.

الكف اليمين والكف اليسار وتكون النقطة في منتصف الكف طولاً وعرضاً
القدمين اليمين واليسار وتكون النقطة على منتصف القدم طولاً وعرضاً

ويلاحظ انه من الضروري وضع نقاط التماس في الحركات التي تتطلب معرفة التماس فمثلاً ان الوقوف على الرأس يجب وضع نقطة التماس بين الارض والرأس وكذلك الكف في الوقوف على اليدين او في الطيران من حضان القفز والامشاط او الكعب او الحافة الخارجية او الداخلية للقدم وهذه النقاط تعتمد في ايجاد الزوايا والازاحات والازمنة.

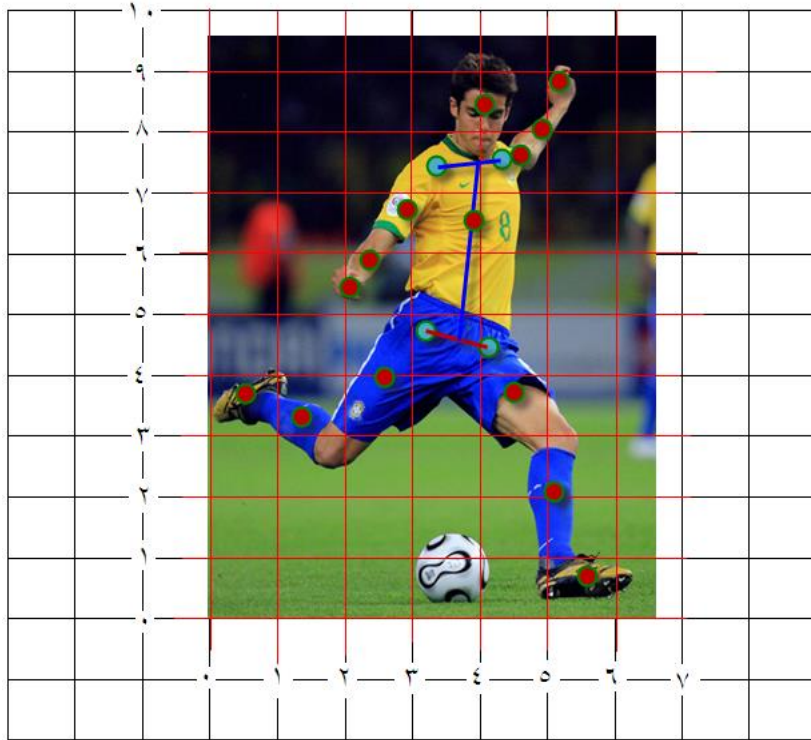
الجدول (٢-٣) يبين الكتلة النسبية والحقيقية والبعد النسبي والحقيقي لايجاد مركز كتلة اللاعب في الصورة

ت	الجزء	الكتلة النسبية (كغم)	الكتلة الحقيقية (كغم)	البعد النسبي (سم)	البعد الافقي (سم)	البعد العمودي (سم)	الكتلة الحقيقية × البعد الافقي (سم)	الكتلة الحقيقية × البعد العمودي (سم)
١	الرأس والرقبة	٧.٣	٦.٢١	٤٦.٦	٤.٠	٨.٥	٨٢.٢٤	٥٢.٧٤
٢	الجذع	٥٠.٧	٤٣.١٠	٣٨.٠	٣.٨	٦.٥	١٦٣.٧٦	٢٨٠.١٢
٣	عضد أيمن	٢.٦	٢.٢١	٥١.٣	٣.٠	٦.٦	٦.٦٣	١٤.٥٩
٤	عضد أيسر	٢.٦	٢.٢١	٥١.٣	٤.٥	٧.٥	٩.٩٥	١٦.٥٨
٥	ساعد أيمن	١.٦	١.٣٦	٣٩.٠	٢.٤	٥.٩	٣.٢٦	٨.٠٢
٦	ساعد أيسر	١.٦	١.٣٦	٣٩.٠	٥.٠	٨.٠	٦.٨٠	١٠.٨٨
٧	يد يمنى	٠.٧	٠.٦٠	١٨.٠	٢.١	٥.٥	١.٢٥	٣.٢٧
٨	يد يسرى	٠.٧	٠.٦٠	١٨.٠	٥.١	٨.٨	٣.٠٣	٥.٢٤
٩	فخذ أيمن	١٠.٣	٨.٧٦	٣٧.٢	٢.٥	٤.٠	٢١.٨٩	٣٥.٠٢
١٠	فخذ أيسر	١٠.٣	٨.٧٦	٣٧.٢	٤.٥	٣.٨	٣٩.٤٠	٣٣.٢٧
١١	ساق أيمن	٤.٣	٣.٦٦	٣٧.١	١.٤	٣.٤	٥.١٢	١٢.٤٣
١٢	ساق أيسر	٤.٣	٣.٦٦	٣٧.١	٥.١	٢.٠	١٨.٦٤	٧.٣١
١٣	قدم يمنى	١.٥	١.٢٨	٤٤.٩	٠.٥	٣.٦	٠.٦٤	٤.٥٩
١٤	قدم يسرى	١.٥	١.٢٨	٤٤.٩	٥.٦	٠.٧	٧.١٤	٠.٨٩
المجموع							٣١٢.٣٢	٤٨٤.٩٤
المجموع بعد قسمتها على ١٠٠							٣.١٢	٤.٨٥

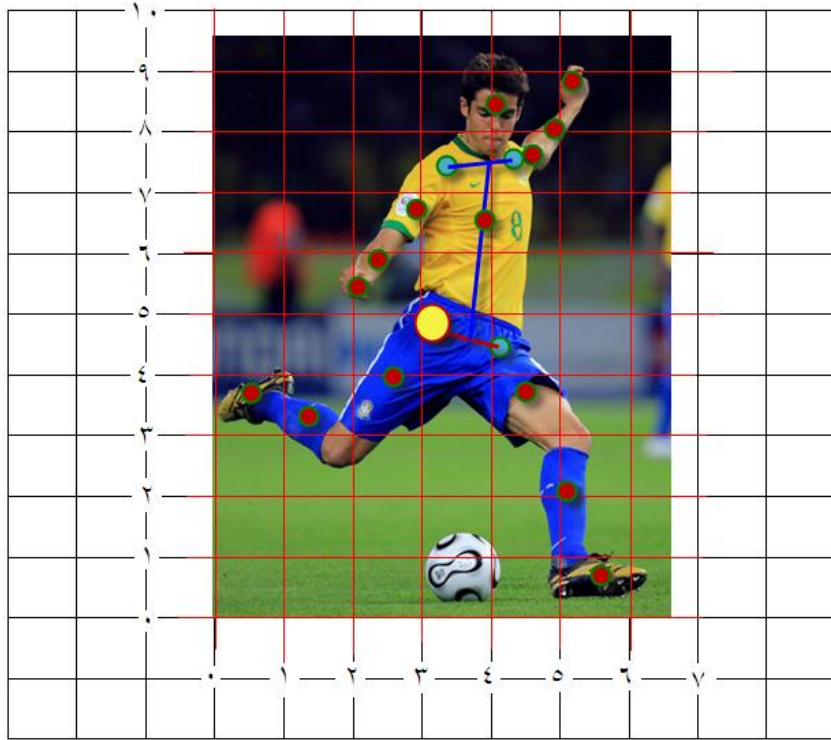
* ايجاد مجموع (الوزن الحقيقي × البعد الافقي) = ٣١٢.٣٢

* استخراج نقطة البعد الافقي = ٣١٢.٣٢ / ١٠٠ = ٣.١٢ تقريباً

- * إيجاد مجموع (الوزن الحقيقي $\times$ البعد العمودي) = ٤٨٤.٩٤
- * استخراج نقطة البعد العمودي = ١٠٠/٤٨٤.٩٤ = ٤.٨٥ تقريباً
- * نقطة التقاء البعدين الافقي والعمودي يمثل مركز ثقل كتلة الجسم .



الشكل (٣-٥) : يوضح مراكز كتل الاجزاء لصورة احد لاعبي كرة القدم



الشكل (٣-٥) : يوضح مراكز كتل الاجزاء ومركز كتلة الجسم لصورة احد لاعبي كرة القدم

العزم:

يعني العزم الجهد المتولد على المحور بسبب مسافة ابتعاد تأثير القوة المسلطة أي ان القوة في ذراعها يعني عزم القوة وكذلك يقال للمقاومة في ذراعها عزم المقاومة.



الشكل (٣-٥٤) : يوضح تحليل القوة الى مركبتين في العضلة ذات الرأسين العضدية

العضلة تكون في اقصى شد عندما تكون الزاوية (٩٠ درجة) بين نقطة إدغامها والعظم

وذلك لثلاثة اسباب مهمة:

١- ان جيب الزاوية (٩٠ درجة) هو (١) مما يعني ان اية قيمة تضرب في جيبها تبقى مثلما هي بعكس الزوايا اقل او اكبر من ٩٠ درجة اذ تقل قيمها.

٢- ان المركبة في الزاوية (٩٠ درجة) تكون عمودية في حين ان اية زاوية اقل من (٩٠ درجة) او اكبر تتحلل الى مركبتين مما تضعف المركبة العمودية المطلوبة للتوازن.

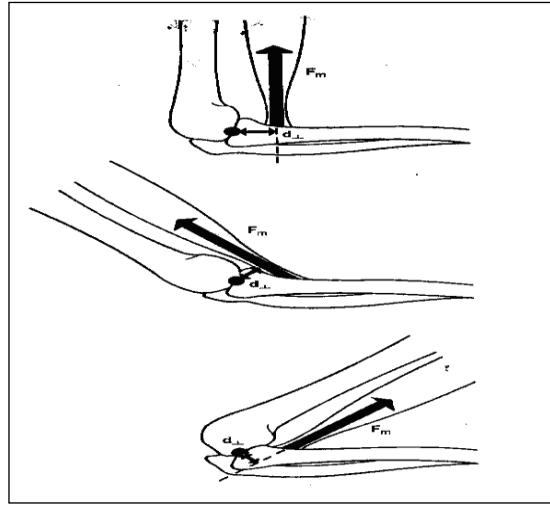
٣- ان ذراع القوة تكون في اقصى امتداد لها اذا كانت الزاوية ٩٠ درجة اما اذا رفعنا الذراع او خفضناها تغيرت قيمة الامتداد العمودي للمسافة بين القوة والمركز.

القوة العمودية = القوة العضلية × جيب الزاوية

العزم = القوة العمودية × ذراعها

عندما تكون الزاوية قائمة فأن القوة العضلية تساوي القوة العمودية

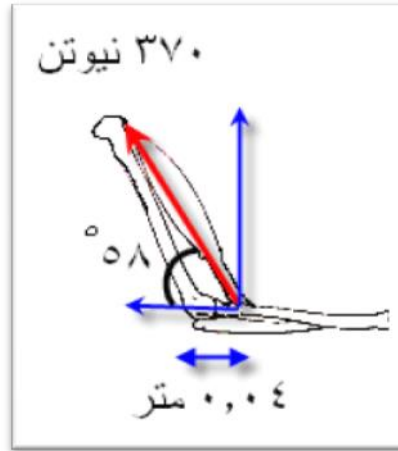
اما عندما تكون الزاوية بين العظم (جسم الرافعة) والقوة العضلية اقل او اكبر من ٩٠ درجة فان القوة العمودية تكون اقل من القوة العضلية يُشار إليه أحيانًا بالمسافة العمودية ويُطلق عليه غالبًا ذراع القوة. قوة الذراع وعزم القوة .



شكل (٣-٥٥) إن ذراع قوة العضلة يكون في أقصاه في زاوية سحب ٩٠ درجة وبينما ينتقل خط السحب بعيدا عن ٩٠ درجة، فإن ذراع القوة يصبح اصغر بشكل متزايد.

مثال:

احسب العزم المتولد على مفصل المرفق اذا علمت ان الشد الموجود على العضلة ذات الرأسين العضدية تقدر ٣٧٠ نيوتن وبزاوية مائلة مع عظم الساعد بمقدار ٥٨ درجة وان نقطة القوة تبتعد بمقدار ٠.٠٤ متر عن مفصل المرفق



الشكل (٣-٥٦) : يوضح زاوية شد العضلة ذات الرأسين العضدية

القوة العمودية = القوة العضلية × جيب الزاوية

العزم = القوة العمودية × ذراعها

عندما تكون الزاوية قائمة فأن القوة العضلية تساوي القوة العمودية

القوة العمودية = ٣٧٠ × جيب ٩٠ درجة

= ٣٧٠ × ١

= ٣٧٠

اما عندما تكون الزاوية بين العظم (جسم الرافعة) والقوة العضلية اقل او اكبر من ٩٠ درجة فان القوة العمودية تكون اقل من القوة العضلية

القوة العمودية = ٣٧٠ × جيب ٥٨ درجة

$$= ٣٧٠ \times ٠.٧٩$$

$$= ٢٩٢.٣$$

$$\text{العزم} = ٢٩٢.٣ \times ٠.٠٤$$

العزم = ١١.٦٩٢ نيوتن لكل متر العزم المتولد على مفصل المرفق

مصطلح الزخم وانتقاله :

إن لكل جزء من أجزاء الجسم كتلة خاصة به وعند حركة هذا الجزء تتولد سرعة زاوية له أو خطية في نهايته

البعيدة عن المفصل، ولهذا يمكن حساب الزخم الزاوي أو الخطي له من خلال

$$\text{الزخم الزاوي} = \text{عزم القصور الذاتي} \times \text{السرعة الزاوية}$$

$$\text{أو الزخم الخطي} = \text{كتلة الجسم} \times \text{سرعته}$$

ان زيادة السرعة الزاوية أو السرعة الخطية يعني زيادة معدل تسارع جزء الجسم أو الجسم ومن ثم يجب الا يكون هناك أي توقف بين حركات الأجزاء بل يجب ان تتحرك هذه الأجزاء بحيث تكون متداخلة أي إن الحركة الثانية لا تبدأ من الصفر بل تبدأ من حيث ما انتهت إليه الحركة الأولى وهكذا وكما ذكرنا سابقا ان ظاهرة النقل الحركي في البايوميكانيك يمكن تسميتها ظاهر نقل الزخم (الخطي أو الزاوي) وهناك علاقة بين هذين الزخمين وكما يظهر ذلك من خلال ما يلي :

$$\text{الزخم الزاوي} = \text{ع ق ذ} \times \text{س ز}$$

$$\text{وبما أن السرعة الزاوية} = \text{السرعة المحيطية} / \text{نق}$$

$$\text{و ع ق ذ} = \text{الكتلة} \times \text{نق ٢}$$

أذن يمكن أن يأخذ قانون الزخم الزاوي الصيغة التالية :

$$\text{الزخم الزاوي} = \text{الكتلة} \times \text{نق ٢} \times \text{السرعة المحيطية} / \text{نق}$$

$$\text{أذن الزخم الزاوي} = \text{الكتلة} \times \text{السرعة المحيطية} \times \text{نق}$$

$$\text{ولما كان الكتلة} \times \text{السرعة المحيطية} = \text{زخم خطي}$$

$$\text{أذن الزخم الزاوي} = \text{الزخم الخطي} \times \text{نق}$$

ان هذا المبدأ يمكن ان يكون مبدأ تعليمي حيث ان التحكم بأنصاف أقطار أجزاء الجسم يمكن ان يسبب في زيادة الزخم الزاوي او نقصانه ووفق الأداء ، فمثلا ان عمل الجذع يكون جدا مهم في حركة الرمي النهائية

للاعب رمي الرمح ولما كان الجذع يشكل (٥٠%) تقريبا من كتلة الجسم كله ، حسب نتائج وتجارب وبحوث بعض العلماء والباحثين ، ونظرا لكبر كتلة الجذع فأن كمية الحركة (الزاوية) الناتجة من حركة الجذع الزاوية تعتبر كبيرة للغاية إذا ما قورنت بكمية حركة الأجزاء الأخرى.

$$\text{كمية حركة الجذع الزاوية} = ٥٠\% \text{ من كتلة الجسم} \times \text{نق } ٢ \times \text{سرعته الزاوية}$$

وان كمية الحركة الزاوية هذه يمكن ان تضاف الى كمية الحركة الزاوية للذراع أثناء لحظة الرمي فإذا كانت كتلة الجسم (٨٠ كغم) وطول الجذع (٠,٧٠ م) وسرعته الزاوية (٦٦٠ د/ثا) وكتلة الذراع هي (٧ كغم) وطولها (٠,٩ م) وسرعتها الزاوية في نفس اللحظة هي (٨٠٠ د / ثا) فأن الزخم الزاوي للذراع في حال إشراكها فقط بالحركة يكون.

$$٧ \text{ كغم} \times (٠,٩) \text{ م} \times ٨٠٠ \text{ د/ثا} = \dots\dots = ٤٥٣٦ \text{ كغم. م د/ثا}$$

أما في حالة إشراك الجذع فان كمية الحركة الزاوية للجذع تكون.

$$٤٠ \text{ كغم} \times (٠,٧) \text{ م} \times ٦٦٠ \text{ د/ثا} = \dots\dots = ١٢٩٣٦ \text{ كغم. م د/ثا}$$

ان هذا المبدأ يمكن ان يكون مبدأ تعليمي حيث ان التحكم بأنصاف أقطار أجزاء الجسم يمكن ان يسبب في زيادة الزخم الزاوي او نقصانه ووفق الأداء فمثلا ان عمل الجذع يكون جدا مهم في حركة الرمي النهائية للاعب رمي الرمح ولما كان الجذع يشكل (٥٠%) تقريبا من كتلة الجسم كله حسب نتائج وتجارب وبحوث بعض العلماء والباحثين ونظرا لكبر كتلة الجذع فأن كمية الحركة (الزاوية) الناتجة من حركة الجذع الزاوية تعتبر كبيرة للغاية إذا ما قورنت بكمية حركة الأجزاء الأخرى.

$$\text{كمية حركة الجذع الزاوية} = ٥٠\% \text{ من كتلة الجسم} \times \text{نق } ٢ \times \text{سرعته الزاوية}$$

وان كمية الحركة الزاوية هذه يمكن ان تضاف الى كمية الحركة الزاوية للذراع أثناء لحظة الرمي فإذا كانت كتلة الجسم (٨٠ كغم) وطول الجذع (٠,٧٠ متر) وسرعته الزاوية (٦٦٠ د/ثا) وكتلة الذراع هي (٧ كغم) وطولها (٠,٩ متر) وسرعتها الزاوية في نفس اللحظة هي:

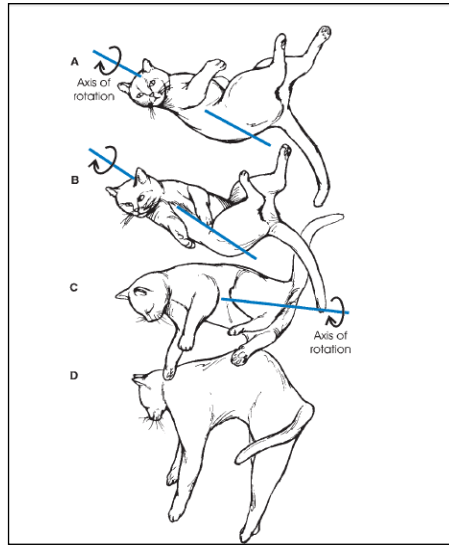
$$(٨٠٠ \text{ د / ثا}) \text{ فأن الزخم الزاوي للذراع في حال إشراكها فقط بالحركة يكون}$$

$$٧ \text{ كغم} \times (٠,٩) \text{ م} \times ٨٠٠ \text{ د/ثا} = ٤٥٣٦ \text{ كغم. م د/ثا}$$

أما في حالة إشراك الجذع فان كمية الحركة الزاوية للجذع تكون .

$$= ٤٠ \text{ كغم} \times (٠,٧) \times ٢ \times ٦٦٠ \text{ د/ثا} = ١٢٩٣٦ \text{ كغم. م}^٢ \text{ د/ثا}$$

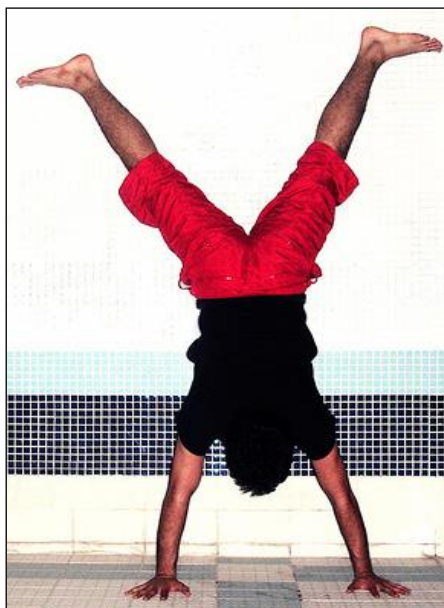
ومن الأمثلة البارزة على ذلك عمل القط عندما يسقط من ارتفاع معين مقلوبا ظهره للأسفل وهي القدرة على تصحيح وضعها عندما تسقط مقلوبة يكون زخم القط في البداية يساوي الصفر وتهبط على قدميه. كما ان العلاقة بين عزم القصور الذاتي لأجزاء الجسم تتفاعل فيما بينها عند الشروع بحركة دورانية في الهواء ،عندما يبدأ القط في الهبوط للأسفل فإنه يقوم يتقوس ظهره لإنشاء محوري دوران تتم حولهما حركة الجسم ولاتنتين من المحاور المختلفة من التناوب شكل ٤٥ او يتم تقريب الساقين الأمامية للقط بالقرب من رأسه لتقليل عزم القصور الذاتي للقسم الأمامي من الجسم ومن ثم يتم تدوير الجذع العلوي ١٨٠ درجة بعد ذلك القط يمتد أطرافه الخلفية ويدور القسم الخلفي في الاتجاه المعاكس لمواجهة دوران الجزء الأمامي كرد فعل لهذا الدوران. ولأن لحظة القصور الذاتي للقسم الخلفي من الجسم أكبر من عزم القصور الذاتي الأمامي للقسم الأمامي فإن المسافة الزاوية التي يتحركها الجزء الخلفي صغيرة نسبيا(حوالي ٥ درجات) لاستكمال دوران القط يجلب رجليها الخلفيتين والذيل في خط واحد مع الجذع السفلي وتدوير الجزء الخلفي حول محور طولي يمر خلال جزئها الخلفي من خلال مرحلة الدوران ان خلق محوري دوران هو من المتغيرات المهمة رد الفعل مرة اخرى يكون صغير ويكون ناتج عن اعادة توزيع اوضاع الجسم العلوية بسبة الى المحور. وبهذا نستطيع القول بان كمية الحركة الدورانية لجزء من الجسم خلال كل مراحل الحركة يقابله دائما كمية حركة دورانية مساوية له ومعاكسة بالاتجاه وبذلك لا تتأثر كمية الحركة الدورانية الكلية وبالتالي لم يكون هناك أي خرق لقوانين نيوتن بل هي تفعيل وتطبيق لذلك .



الشكل (٣-٥٧) قط يبدأ دوران في الهواء في غياب عزم الدوران الخارجي

عزم الدوران : Torque

التأثير الدوراني المتولد عن طريق القوة المؤثرة يعرف بعزم الدوران (**torque**) والذي يمكن أن يكون فكرة عن قوة الدوران وهو المكافئ الزاوي للقوة الخطية.



شكل رقم (٣-٥٨) يمثل حالة التوازن للاعب جمباز يقف على يديه

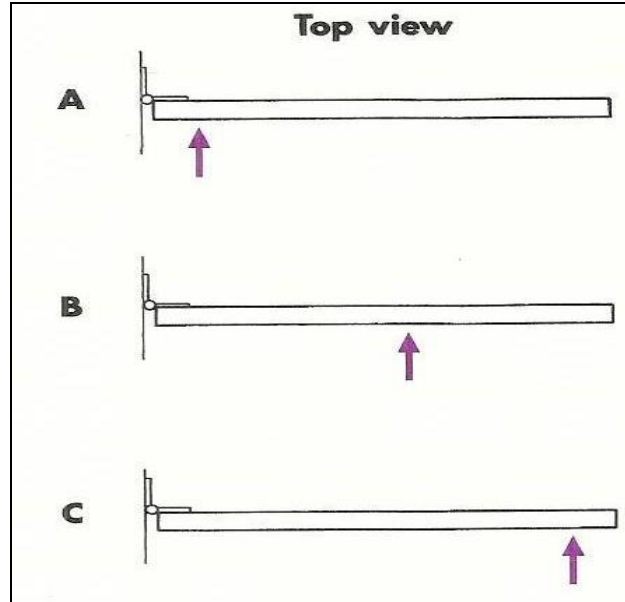
فمن الناحية الجبرية فان عزم الدوران هو ناتج القوة والمسافة من تأثير خط القوة حتى محور الدوران.

$$\text{عزم الدوران } T = \text{القوة } F \times \text{المسافة الأفقية}$$

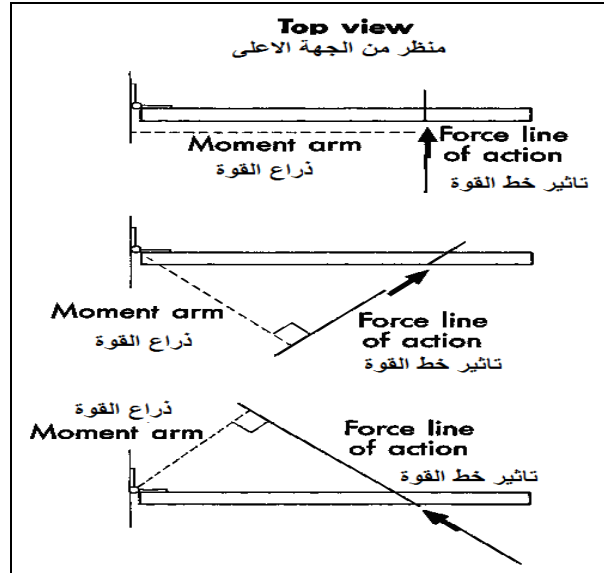
ولهذا فان زيادة مقدار القوة المستعملة أو المسافة لخط تأثير القوة لمحور الدوران يؤدي الى زيادة في تأثير عزم الدوران إن اكبر مقدار لعزم الدوران الذي يؤثر في محور الدوران هو أكبر ميل لحدوث الدوران وهو أكبر تعجيل لجسم معين إن القوة الموجهة داخل محور دوران الجسم لا تؤدي الى توليد عزم دوران لان المسافة الأفقية تساوي صفر. تعرف المسافة بين الفعل أو تأثير خط القوة ومحور الدوران بذراع القوة (**force arm**) وعزم الدوران المتولد عن طريق قوة بمقدار معين يكون دائما متناسبا مع طول ذراع القوة فأني تغير في انحراف تأثير 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 و يمكن ملاحظة 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 طريق قوى مكافئة ومعاكسة بالاتجاه تسلط بواسطة الإقدام مقابل الأرض واثنان من القوى المتكافئة بالقيمة والمتعاكسة بالاتجاه تعرف بالقوة المزدوجة (**Force couple**) ولان القوى المزدوجة توضح فوق جوانب متقابلة لمحور الدوران فإنها 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 أكبر عن طريق الراقص أكثر في الدوران من نفس المعدل من الموضع الرابع الذي يكون عنده اذرع القوى أطول عندما تكون القوى مزدوجة زوج أكبر.

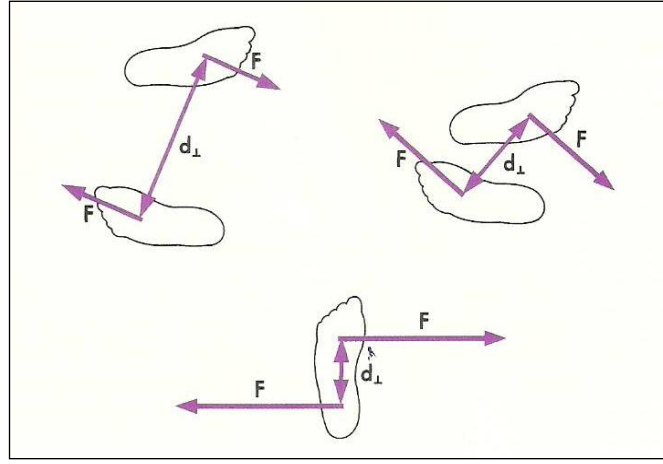


شكل (٣-٥٩) إي وضع أفضل من القوة لفتح باب متأرجحة ؟ التجربة يجب أن تتميز بأن الوضع C هو الأفضل.



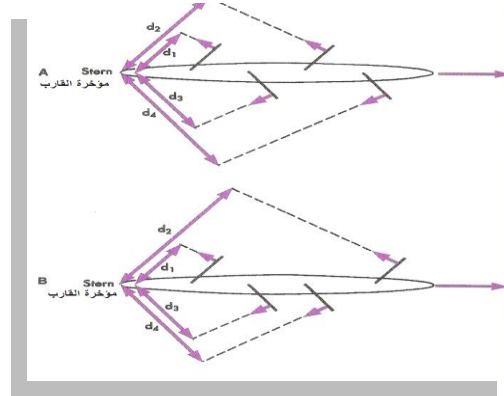
شكل (٣-٦٠) أن ذراع القوة هو المسافة العمودية من خطوط تأثير القوة حتى محور الدوران (مفصل الباب)

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 (٦١-٣) عند الوقوف العريض للرافص فان المقدار الأكبر لثنائي القوة (القوة المزدوجة) المتولد بواسطة الأقدام عند الدوران يكون متحققا وعندما يكون الدوران عند الوقوف بقدم منفردة فان ذراع القوة يصبح المسافة بين نقاط الإسناد.

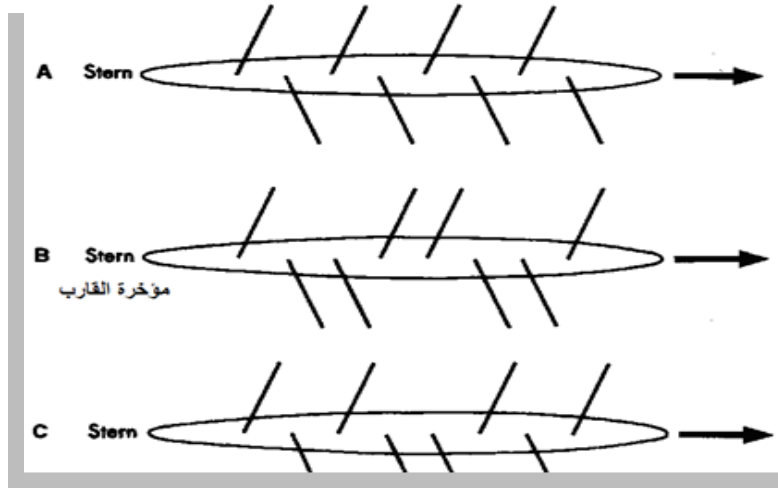
في رياضة التجديف عندما يجذب الطاقم تقليديا بعكس اتجاهات جسم القارب فان ذراع القوة المستعملة عن طريق مجداف ومقود القارب هي العامل المؤثر في الانجاز شكل (١٤٨) تقليديا فان المجدفين على جانب واحد من الزورق يجلسون في مكان ابعد عن مؤخرة الزورق من نظرائهم على الجانب الآخر ولهذا فان سبب محصلة عزم الدوران والتقلب 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 (٦١-٣).



شكل (٦٢-٣) إن هذا الترتيب للطاقم يعمل على توليد محصلة عزم دوران حول مؤخرة القارب لان مجموع المجداف الجانبي لأذرع القوة العلوية مخطط (المسافة ١+المسافة ٢) هو اقل من مجموع اذرع القوى الجانبية السفلية (المسافة ٣+المسافة ٤).

طور الايطاليون ولاعبي التجديف الالمان بنفس الأسلوب الأوضاع البديلة لطاقم زورق يتألف من ٨ أعضاء داخل جسم الإنسان يكون ذراع القوة لعضلة بالنسبة لمركز المفصل هو المسافة العمودية بين خط تأثير العضلة ومركز المفصل وعندما يتحرك المفصل في معدل من الحركة فهناك تغيرات في ذراع القوة

للعضلات المارة بالمفصل لأي عضلة يكون ذراع القوة اكبر عندما تكون زاوية السحب فوق العظم هي ٩٠ درجة وبينما تتحرك زاوية السحب بعيدا عن (٩٠ درجة) في أي من الاتجاهات فإن ذراع القوة سينخفض بشكل متزايد وتؤثر التغيرات في ذراع القوة بشكل مباشر على عزم دوران للمفصل ثابت 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 (٣-٦٣) استخدم الألمان والايطاليون أمكنه بديله لطاغم مؤلف من ثمانية أعضاء . عزوم الدوران المتولدة بواسطة قوى المجداف بالنسبة مع مؤخرة القارب تكون متوازنة في الترتيبين B, C ولكن غير موجودة في الترتيب التقليدي الموضح في الشكل A

عزم الدوران وتطبيقاته :

وأنت جالس في قاعة الألعاب الرياضية تفكر في رفع ثقل ما تلاحظ أن الوزن الذي تحاول رفعه لا يبدو ثقيلًا بما يكفي لتكون (٤٠.٨٢٣٢٨ كغم = ٩٠ باوند او رطل) (كل ١٠٠ كغم = ٢٢٠.٤٦٢ رطل او باوند) (الباوند الواحد(رطل) يساوي نحو (٤٥٠ جرام) أي نصف كيلو اما الكيلو الواحد يساوي ٢.٢٠ باوند او رطلا في حال اردنا حساب مثلاً (٥٠٠ باوند) نقسم على ٢.٢٠ لتكون النتيجة بالكيلو في حالة اردنا حساب ١٠٠ كيلو بالباوند نضرب ١٠٠ في ٢.٢٠) التي يشير إليها المصق على الأوزان ولكن عندما تجلس على المقعد وتسحب على البار الحديدي او الثقل يبدو الأمر وكأنه ٩٠ رطلاً كيف تجعل البكرات والأذرع والاسلاك في (المولتجم) صغيرة نسبياً من الألواح المعدنية تبدو وكأنها ٩٠ رطلاً؟ الجواب يتعلق بعزم الدوران الناتج عن مقدار الوزن وتلك البكرات والرافعات والاسلاك يقدم هذا الفصل مفاهيم عزم الدوران ومركز الجاذبية وبضيف أيضاً إلى مفهوم التوازن الساكن هذا الفصل عن عزم الدوران. عزم الدوران يسبب تغيرات في الحركة الزاوية يتم التحكم في حركات أطرافنا عند المفاصل بواسطة عزم الدوران الناتج عن العضلات تصنع العضلات عزم الدوران حول المفاصل وتتحكم هذه العزمات وتسبب حركات الأطراف والجسم بأكمله عزم الدوران مهم حتى لو كنت لا تتحرك. لا يتأثر التوازن والتوازن بالقوى فحسب بل بالعزم

أيضاً ستتعرف في هذا الفصل على عزم الدوران وتوازن القوى والعزم ومركز الجاذبية والاستقرار ترتبط جميع هذه المفاهيم بعزم الدوران بطريقة ما وما هو عزم الدوران؟ يسمى تأثير الدوران الناتج عن قوة عزم الدوران قد يطلق على عزم الدوران الناتج عن القوة بالقوة اللحظية في بعض الأحيان يتم تبسيط هذا المصطلح أكثر ويختصر إلى لحظة إحدى طرق التفكير في عزم الدوران هي التفكير فيه كقوة زاوية أو دورانية. للحصول على فهم أكبر لكيفية إنتاج القوى لعزم الدوران دعنا نعمل تجربة و نضع كتاباً مسطحاً على طاولة أو مكتب.

باستخدام إصبعين (أو قلم رصاص) اضرب الكتاب على جانبه لإنشاء قوة موجهة عبر مركز ثقل الكتاب (انظر الشكل رقم ١) إذا كان بإمكانك موازنة الكتاب بنقطة قلم رصاص فإن مركز ثقل الكتاب سيكون عمودياً فوق نقطة التوازن هذه. تظهر مناقشة أكثر اكتمالاً لمركز الجاذبية لاحقاً في هذا الفصل الآن فكر في مركز ثقل كتاب كمركز الكتاب) ماذا يحدث نتيجة للقوة التي مارسها على الكتاب؟ الكتاب يتحرك خطياً تم توجيه القوة الصافية المؤثرة على الكتاب (قوة الدفع ناقصاً الاحتكاك) عبر مركز الثقل للكتاب وتسببت هذه القوة الصافية في تسارع خطي للكتاب.

أ. حدث القليل من تحول أو دوران الكتاب من الواضح أن هذا النوع من القوة لا ينتج عنه تأثير دوران أو عزم دوران على الكتاب .

ب. جرب التجربة مرة أخرى هذه المرة فقط ضرب الكتاب بأصابعك أو بقلم رصاص بحيث لا يتم توجيه القوة من خلال مركز ثقل الكتاب ماذا حدث؟ تغيرت الحركة الخطية للكتاب لكن الكتاب استدار وحدثت في هذه الحالة تكون له حركة دورانية. لم يتم توجيه القوة الصافية التي تعمل على الكتاب من خلال مركز ثقل الكتاب وتسببت هذه القوة الصافية في تعجيل خطي للكتاب بالإضافة إلى دوران الكتاب. هذا النوع من القوة خلق عزمًا على الكتاب.

ج. كرر التجربة مرة ثالثة ولكن استخدم كلتا يديك (أو أقلام الرصاص) هذه المرة اضرب الكتاب على الجانب الأيسر العلوي بأصابع يديك اليسرى بينما ضرب الكتاب في الجزء السفلي من الجانب الأيمن بأصابع يديك اليمنى حاول إنشاء نفس الحجم مقابل الكتاب بكل يد ولكن اجعل هذه القوى تعمل في اتجاهات متعاكسة. ماذا حدث؟ في هذه الحالة استدار الكتاب لكن مركز ثقله بالكاد تحرك إذا كان على الإطلاق تسببت القوى المؤثرة في الكتاب في دوران الكتاب المزيج من هاتين القوتين خلق عزم الدوران على الكتاب.

يسمى تأثير الدوران الناتج عن قوة : عزم الدوران .

يؤدي فحص نتائج هذه التجارب الذاتية إلى بعض التعميمات وفي التجربة تم توجيه القوة الناتجة التي تعمل على الكتاب من خلال مركز ثقل الكتاب القوة الخارجية الموجهة عبر مركز ثقل الجسم تسمى القوة المركزية تأثير القوة المركزية هو أن العزم الناتج عن القوة لا يعتمد على القوة وحدها إذا كان هذا هو الحال لكانت القوة المركزية التي مارسها على الكتاب في التجربة الذاتية قد أنتجت تأثير التحول. كان الاختلاف الوحيد بين التجارب هو خط عمل القوة التي طبقتها على الكتاب. ماذا بالإضافة إلى القوة التي تؤثر على عزم الدوران؟ قد تساعد التجربة في الإجابة على هذا السؤال تجربة الآن قم بالتجربة مرة أخرى اضرب الكتاب

بحيث يتم توجيه القوة التي تخلقها أصابعك من خلال مركز ثقل الكتاب افعلها مرة أخرى هذه المرة فقط قم بتوجيه القوة بحيث يكون خط عملها بعيداً عن المركز مما يتسبب في أن تكون القوة قوة غير مركزية. كرر التجربة عدة مرات في كل مرة اضرب الكتاب بحيث يكون خط عمل القوة أبعد وأبعد عن مركز ثقل الكتاب حاول إبقاء حجم القوة كما هو في كل تجربة ماذا يحدث؟ عندما تضغط على الكتاب أبعد وأبعد عن مركز ثقله يصبح عزم الدوران الناتج عن القوة أكبر وأكبر مما يتسبب في دوران الكتاب أكثر فأكثر لتعزيز هذا المفهوم جرب التجربة ثم قم بتطبيق زوج من القوى (زوجين القوة) على الكتاب في أي من طرفي الكتاب وفي اتجاهين متعاكسين افعل ذلك مرة أخرى في هذه المرة فقط حرك يديك حتى لا تكون المسافة بينهما والقوى التي يطبقونها على الكتاب رائعة كرر هذا عدة مرات بحيث في كل مرة تقترب خطوط تطبيق القوى من بعضها البعض أكثر فأكثر حتى تصبح القوة متداخلة أخيراً ماذا يحدث؟ نظراً لأن المسافة بين خطوط العمل لكل من القوات تصبح أقصر وأقصر يصبح عزم الدوران الناتج عن زوج القوة أصغر وأصغر ويختفي تماماً عندما تصبح القوات متداخلة. يتأثر عزم الدوران بموقف واتجاه خط عمل القوة وكذلك بحجمها. يتناسب عزم الدوران الناتج عن القوة بشكل مباشر مع حجم القوة وكذلك المسافة بين خط عمل القوة والنقطة التي يميل الجسم إلى الدوران فيها (محور الدوران). في حالة زوجين القوة يتناسب تأثير الدوران مرة أخرى بشكل مباشر مع حجم القوى والمسافة بين الخطوط من عمل هذه القوى الآن يمكننا توسيع تعريفنا لعزم الدوران. إن عزم الدوران هو تأثير الدوران الناتج عن قوة وهو يساوي ناتج حجم القوة والمسافة بين خط عمل القوة ومحور دوران الجسم (أو المحور الذي سيحدده الجسم) تميل إلى التدوير هذه المسافة بين خط عمل القوة ومحور الدوران هي المسافة العمودية بين خط عمل القوة والخط الموازي لها الذي يمر عبر محور الدوران هذه المسافة.

$$T = F \times r$$

where

T = torque (or moment of force) F = force,

r = moment arm (or perpendicular distance)

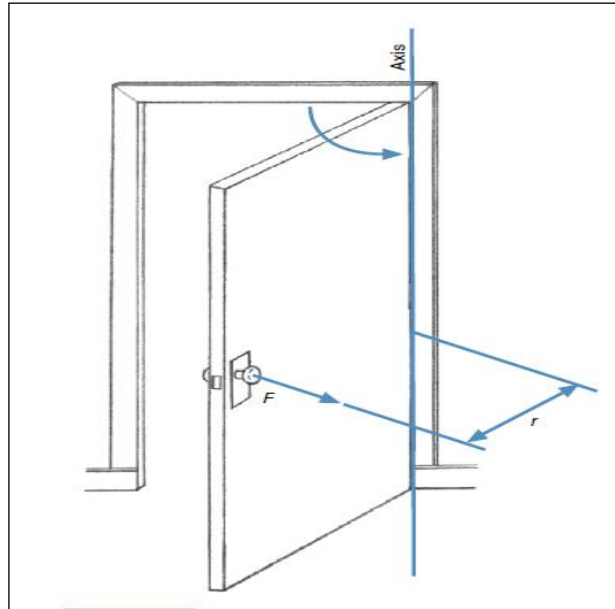
عندما يكون :

$$T = \text{عزم الدوران (أو عزم القوة) و } (F = \text{القوة})$$

$$r = \text{ذراع العزم (أو المسافة العمودية)}$$

وبالتالي فإن وحدات قياس عزم الدوران هي وحدات القوة (نيوتن في نظام العالمي (SI) وحدات الطول في النظام المتري لذلك يتم قياس عزم الدوران (نيوتن × متر) والذي يتم اختصاره نيوتن متر لوصف عزم الدوران بشكل كامل يجب أن نصف حجم عزم الدوران والمحور الذي يتم إنشاء تأثير الدوران حوله والإحساس بتأثير الدوران حول هذا المحور (في اتجاه عقارب الساعة أو عكس اتجاه عقارب الساعة) لذا

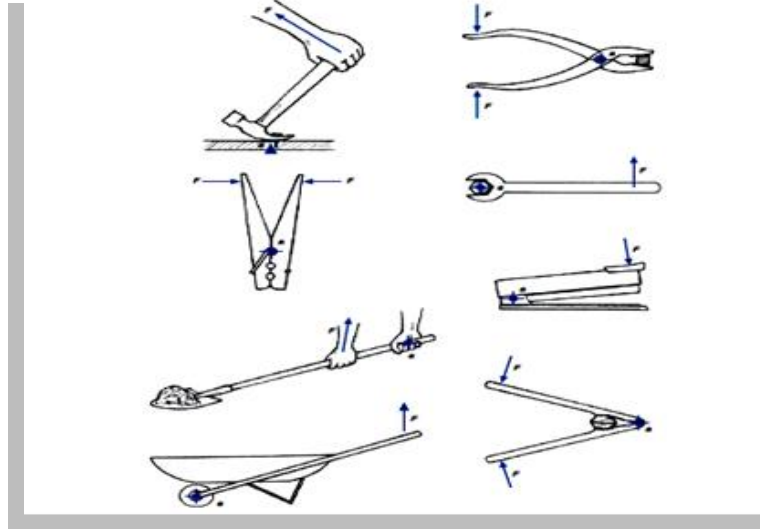
فإن عزم الدوران هو كمية متجهة لأن تأثير الدوران حول محور محدد يتم توجيهه في اتجاه معين كما هو الحال مع القوى بمجرد تحديد الاتجاه (أو المحور في حالة عزم الدوران) يتم استخدام علامة موجبة (+) أو سلبية (-) للإشارة إلى معنى القوة أو عزم الدوران على طول (أو حول) هذا الخط (أو المحور) يتمثل النهج التقليدي في الإشارة إلى عزم الدوران عكس اتجاه عقارب الساعة على أنه عزم موجب (+) وعزم دوران عقارب الساعة سلبياً (-). كما هو الحال مع القوى يمكن إضافة عزم الدوران الذي يعمل حول نفس المحور أو طرحه جبرياً قبل المضي قدماً في الرياضيات دعنا نلقي نظرة على أمثلة لكيفية استخدامنا لعزم الدوران أمثلة على كيفية استخدام عزم الدوران أولاً دعنا نفكر في باب كيف تفتح أو تغلق باب؟ ربما تمسك بمقبضها (أو مقبض الباب) وتدفع أو تسحب هذه القوة التي تمارسها على الباب تخلق عزمًا يعمل حول محور دوران الباب وهو محور يمر عمودياً من خلال مفصلات الباب. يتسبب هذا العزم في أن يبدأ الباب في التآرجح مفتوحاً أو مغلقاً كما هو موضح في الشكل (٣-٦٤) لتجربة تأثير طول ذراع العزم في مثال الباب .



الشكل (٣-٦٤) عزم الدوران الناتج عن قوة السحب على مقبض الباب يتسبب في فتح الباب .

وبالتالي فإن وحدات قياس عزم الدوران هي وحدات القوة (نيوتن في النظام المتري) وحدات الطول متر في نظام المتري. لذلك يتم قياس عزم الدوران (نيوتن × متر) والذي يتم اختصاره نيوتن متر. لوصف عزم الدوران بشكل كامل يجب أن تصف حجم عزم الدوران والمحور الذي يتم إنشاء تأثير الدوران حوله والإحساس بتأثير الدوران حول هذا المحور (في اتجاه عقارب الساعة أو عكس اتجاه عقارب الساعة) لذا فإن عزم الدوران هو كمية متجهة لأن تأثير الدوران حول محور محدد يتم توجيهه في اتجاه معين كما هو الحال مع القوى بمجرد تحديد اتجاه (أو محور في حالة عزم الدوران) يتم استخدام علامة موجبة (+) أو سلبية (-) للإشارة إلى شعور القوة أو عزم الدوران على طول (أو حول) هذا الخط (أو المحور). يتمثل النهج التقليدي في الإشارة إلى عزم الدوران عكس اتجاه عقارب الساعة على أنه عزم موجب (+) وعزم دوران

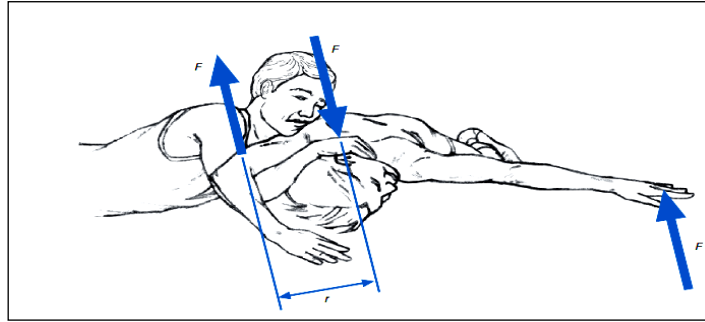
عقارب الساعة سلبي (-). كما هو الحال مع القوى يمكن إضافة عزم الدوران الذي يعمل حول نفس المحور أو طرحه جبرياً قبل المضي قدماً في الرياضيات دعنا نلقي نظرة على أمثلة لكيفية استخدامنا لعزم الدوران أمثلة على كيفية استخدام عزم الدوران أولاً دعنا نفكر في الباب كيف تفتح أو تغلق باب؟ ربما تمسك بمقبضها (أو مقبض الباب) وتدفع أو تسحب هذه القوة التي تمارسها على الباب تخلق عزمًا يعمل حول محور دوران الباب وهو محور يمر عمودياً من خلال مفصلات الباب يتسبب هذا العزم في أن يبدأ الباب في التآرجح مفتوحاً أو مغلقاً كما هو موضح في الشكل (٣-٦٤) لتجربة تأثير طول ذراع العزم في مثال الباب جرب التجربة الذاتية ويتبادر للذهن ماذا تفترض أن مقابض الأبواب أو مقابض الأبواب تقع على الجانب الآخر من الباب من المفصلات؟ هذا الموقع يجعل ذراع العزم (r) في معادلة عزم الدوران كبيراً بحيث تكون القوة المطلوبة لإنشاء عزم دوران كبير بما يكفي لتأرجح فتح الباب صغيراً حاول فتح أو غلق الباب بالضغط عليه بقوة أكثر قريباً من المفصلات عليك أن تدفع بقوة أكبر لخلق نفس عزم الدوران كلما اقتربت يدك من المفصلات أصبحت القوة المطلوبة لتحريك الباب أكبر وأكبر لأن ذراع القوة تصبح أصغر وأصغر يمكن إنشاء عزم دوران بحجم معين بقوة كبيرة وذراع عزم صغير أو بقوة صغيرة وذراع عزم كبير نظراً لأن كمية القوة التي يمكن أن يمارسها الإنسان محدودة بشكل عام فإننا نستخدم قوى كبيرة في لحظة عندما نريد إنشاء عزم دوران كبير كيف تزيد الأدوات الموضحة في الشكل (٣-٦٥) من عزم الدوران الذي نستطيع إنتاجه؟



الشكل (٣-٦٥) الأدوات الشائعة التي تمارس عليها قوى (F) وبالتالي إنشاء عزم الدوران حول المحاور (a).

كل هذه الأدوات لها مقابض تزيد من طول ذراع القوة وبالتالي زيادة عزم الدوران المطبق على المسمار والجوز وما إلى ذلك في حالة مفتاح الربط (المفك) أو كماشة يؤدي تثبيت هذه الأدوات بعيداً على المقبض إلى زيادة عزم الدوران بنفس الطريقة عن طريق زيادة ذراع العزم للقوة الأشياء اليومية الأخرى التي نديرها وبالتالي نطبق عزم الدوران لتشمل عجلات القيادة (لماذا تحتوي الشاحنات الثقيلة على عجلات توجيه ذات قطر أكبر من السيارات؟) ومقاود الدراجات وأغطية الجرار والمقابض والأقراص على الأجهزة وأذرع الدراجات

ومفاتيح الضوء وحوامل الغسيل و كباسات كيف يتم استخدام عزم الدوران في الرياضة؟ في التجديف ويتم تطبيق عزم الدوران من قبل الرياضي على المجذاف أو المجذاف لجعله يدور في لعبة الجولف والبيسبول والتنس يتم تطبيق عزم الدوران على النادي أو المضرب أو المضرب لتتأرجح هذه الأدوات في أي رياضة ندير فيها شيئاً ما أو نديره (بما في ذلك أجسامنا) يجب إنشاء عزم الدوران لبدء هذه المنعطفات والدوران والتأرجحات توفر الحواجز المستخدمة في المصارعة أمثلة رائعة على عزم الدوران التي يتم استخدامها لتحويل الخصم لناخذ (نصف نلسون) .



الشكل (٣-٦٦) القوى التي يمارسها المصارع باستخدام (wrestler using a half nelson) نصف نيلسون على خصمه تخلق عزمًا يميل إلى قلب الخصم.

في هذا التمسك يكون خصمك عرضة وتحاول أن تقلبه على ظهره بوضع يديك تحت كتفه وعلى مؤخرة رأسه إذا ضغطت لأسفل على رأسه بيديك واستخدمت ذراعك للرفع تحت كتفه فأنت تنتج زوجًا من القوة (قوة مزدوجة) تخلق عزمًا حول محور طولي من خلال منافسك يخلق هذا العزم تأثير دوران يميل إلى قلب منافسك لمواجهة هذا يمكن لمنافسك أن يخلق عزمًا مع ذراعه الأخرى من خلال اختطافه بحيث يكون متعامدًا على جسده يؤدي الضغط على السجادة إلى الأسفل باستخدام هذا الذراع واليد إلى إنشاء عزم دوران حول نفس المحور ولكن في الاتجاه المعاكس.

مقاييس الثبات :

١. المقياس الهندسي (حيث يمكن الاستدلال على درجة الثبات من خلال قيمة زاوية السقوط).
٢. المقياس الديناميكي (من خلال مقارنة عزوم القوة المؤثرة مع عزم وزن الجسم).
٣. مقياس الطاقة (مقدار الطاقة المصروفة للتغلب على ثبات الجسم مع مقدار الشغل الذي تنجزه القوة المؤثرة).

٤. لمقياس السقوط الهندسي:

من الممكن التعرف على درجة ثبات الجسم من خلال قيمة زاوية السقوط التي تعرف بظلها أي معرفة طول الخط النازل من مركز ثقل الجسم باتجاه قاعدة الاستناد وبين المسافة الأفقية بين موقع خط مركز ثقل الجسم حيث ان:

ظل الزاوية = ب ج / أ ب

٥. المقياس الديناميكي:

تقاس درجة ثبات الأجسام رياضياً من خلال مقارنة عزم القوة المؤثرة فيه مع عزم وزن الجسم، ففي حالة توازن الجسم يكون مجموع القوى المؤثرة فيه صفراً أما إذا كان عزم القوة أكبر من عزم الوزن فذلك يؤدي إلى اختلال في اتزان الجسم وبالتالي التأثير في ثباته.

٦. مقياس الطاقة :

يقصد به مقدار الطاقة المصروفة للتغلب على ثبات الجسم ويتوقف على مقدار الشغل الذي تنجزه القوة المؤثرة، ولمعرفة مقدار الشغل المنجز ينبغي تحديد المسافة التي يقطعها مركز ثقل الجسم كي يصل فوق أو يخرج من حافة السقوط، فإذا كانت المسافة التي يقطعها الجسم ويحدث هذا في حالة كون قاعدة الارتكاز كبيرة وانخفاض مركز ثقل الجسم كان الشغل المبذول أكبر مما لو كانت قاعدة الارتكاز ضيقة ومركز الثقل مرتفعاً.

الاستقرار:

الكثير من الفعاليات الرياضية تعتمد على قابلية الرياضي في التوازن الثابت والتوازن المتحرك ولكن قد يكون الرياضي في حالة توازن ولكن في درجات استقرار متفاوتة ويعتمد ذلك على .
ان درجة استقرار الجسم تتناسب طردياً مع مساحة قاعدة الاستناد وكما سبق ذكره.
ان درجة استقرار الجسم في اتجاه معين تتناسب مع المسافة الأفقية لبعـد مركز ثقل الجسم عن حافة قاعدة الارتكاز وباتجاه الحركة (الوقوف الاعتيادي الوقوف مع فتح الساقين في المستوى الامامي) - الوقوف مع فتح الساقين في المستوى الجانبي).

ان درجة استقرار الجسم تتناسب عكسياً مع ارتفاع مركز الجسم.

ان درجة استقرار الجسم تتناسب طردياً مع مقدار وزنه.

هي قابلية الفرد المحافظة على الجسم او اجزاء مختلفة منه بوضع معين او المحافظة على مركز ثقل الجسم بمكان ثابت لذلك يمكن تعريف الاتزان بان محصلة القوة المؤثرة على الجسم تساوي = صفر وهذا يعني ان الجسم يكون ساكناً عندما تكون محصلة القوى التي تؤثر فيه تساوي صفراً ولا يقتصر الاتزان على السكون بل قد يكون الجسم في حالة حركة متزنة وان تكون بسرعة انتقالية مستقيمة او زاوية وهذا يمكن حدوثه عندما يكون مجموع القوى المؤثرة فيه ليتحرك حركة انتقالية وكذلك عزوم القوى التي تؤثر فيه ليتحرك حركة زاوية تساوي صفراً فالاتزان هنا يكون اتزاناً متحركاً .

اما درجة الثبات تعني العلاقة بين الاتزان ودرجة المقاومة عند تأثير قوة خارجية.

العوامل المؤثرة على الاتزان:

١. الاتزان الثابت عندما يكون مركز ثقل كتلة الجسم داخل قاعدة الاستناد كما في حالة الوقوف باستقامة (التهيؤ لاستقبال الكرة او وضع الاستعداد لحارس المرمى).
 ٢. الاتزان المتحرك الديناميكي يكون عندما ينتقل مركز ثقل كتلة الجسم خارج قاعدة الاستناد ويرجع الى وضعه الطبيعي مثل المشي والركض ويتطلب التعديل المستمر لمركز ثقل كتلة الجسم في حالة خروجه عن قاعدة الاستناد ويتطلب ان تكون عزوم القوى المبذولة للعضلات عند الارتكاز الخلفي والامامي مساوية لعزم الوزن في نفس اللحظات يحصل التوازن الديناميكي.
 ٣. يزداد الاتزان الثابت كلما اقترب مركز ثقل كتلة الجسم من قاعدة الاستناد وذلك بسبب مقاومة الجسم للعزوم الخارجية تكون القوى اكبر في التأثير على الجسم بنقطة خارج مركز ثقل كتلة الجسم مثل (المصارعة ولاعب كرة السلة)
 ٤. اتساع قاعدة الاستناد للحصول على اتزان جيد يجب ان تكون قاعدة الاستناد مناسبة ولا بد من وجود ثلاث نقاط على الاقل لتحديد المساحة .
 ٥. خط مركز ثقل كتلة الجسم بقاعدة الاستناد او الارتكاز فهذا يعني ان خط الجاذبية يقع ضمن قاعدة الارتكاز ويكون الثبات اكبر كلما كان خط الجاذبية اقرب لمركز قاعدة الاستناد.
 ٦. كتلة الجسم تشكل عاملا مهما لحفظ اتزان الجسم بمعنى ان اللاعب الاكثر وزنا يكون اكثر اتزان وسيطرة ويزيد من اتزانه .
 ٧. مركز ثقل كتلة الجسم والبعد عن قاعدة الاستناد وهي النقطة التي يتوازن او تتعادل حولها جميع قوة الجاذبية الارضية التي تؤثر فيه .
 ٨. الاحتكاك وهو المركبة المماسية الافقية لقوة رد الفعل وتكون دائما عكس اتجاه الحركة وكلما زادت هذه القوة المماسية التي تعمل على حدوث الحركة وتكون مساوية لها بالمقدار مادام الجسم في حالة اتزان وتتنزاد قوة الاحتكاك .
 ٩. انحناءات العمود الفقري وميكانيكية عمل الجسم للحفاظ على حالة التوازن
 ١٠. زاوية السقوط وهي الزاوية المحصورة بين الخط العمودي الوهمي النازل من الاعلى للأسفل مارا بمركز ثقل الجسم وبين الخط الواصل من مركز ثقل الجسم وحافة قاعدة الاستناد وهناك عوامل اخرى تتحكم في الاتزان منها عوامل نفسية وبصرية وهذا يدخل في السيطرة العصبية العضلية عن طريق تقليل التحفيز للمثير الذي يسبب القلق في التوازن . وكذلك عوامل فلسفيه مثل الدائرة الهلالية في الاذن الوسطى والمستقبلات الحسية والتي تزود الدماغ بالمعلومات وكذلك الجهاز (الدهليزي) هو الذي يكشف احاسيس التوازن .
- فالتوازن تعني القدرة على الاحتفاظ بثبات الجسم عند اداء مختلف المهارات والايضاح الحركية الثابتة او في حالة الدوران والانتقال وتسمى درجة صعوبة التوافق والتطبع وزمن التعلم والانجاز للحركات تحت ظروف صعبة .

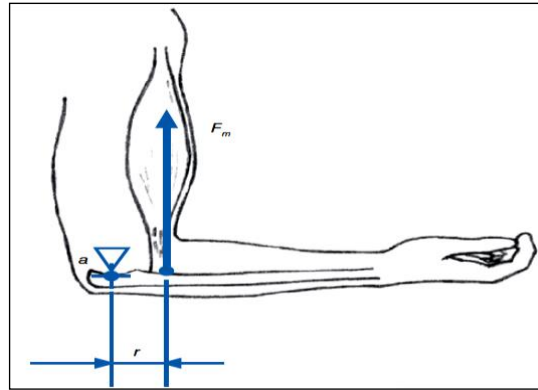
علاقة الاتزان بالنشاط الرياضي:

للاعبو الاركاض يجب ان يكون مركز ثقل كتلة اجسامهم قريبا من قاعدة الاستناد للمحافظة على الاتزان حيث تتطلب حركات الركض اتزان حركي وبالمقابل ذلك غير مفيد للعب القفز العالي الذي يجب ان يكون مركز ثقله في اعلى من نقطة الارتقاء .

ام سقوط وهبوط الجسم ترتبط بهذا المبدأ وهو مبدأ وضع مركز ثقل كتلة الجسم داخل قاعدة الاستناد ففي حالة سقوط الجسم فذلك يعني خروجاً لمركز ثقل الجسم عن قاعدة الاستناد اما في حالة الهبوط يعني امكانية اللاعب في وضع مركز ثقله ضمن قاعدة الاستناد وهذه المبادئ الميكانيكية يمكن ان تساعد في تعلم واتقان الحركات ذات العلاقة بالأداء المهاري وخصوصا في فعاليات الجمباز وذلك لوجود الاجهزة فيه وطبيعة الحركات التي تؤدي عليها مما يتطلب من اللاعب واللاعب الاحتفاظ بالتوازن لتلافي السقوط من الاجهزة وتلافي اخطاء الاداء والاصابة.

عزم الدوران العضلي:

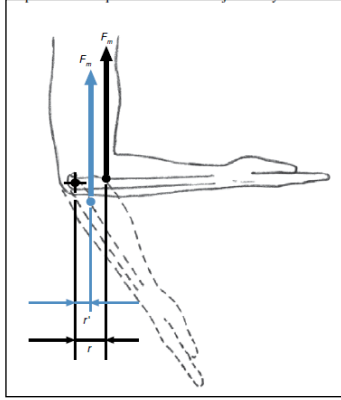
الأمثلة المقدمة حتى الآن هي أمثلة على عزم الدوران الخارجي الذي يعمل على الجسم أو الأشياء الأخرى ماذا عن داخل الجسم؟ ما الذي يخلق تأثيرات الدوران التي تجعل أطرافنا تدور حول مفاصلنا؟ تخلق العضلات عزم الدوران الذي يدير أطرافنا تخلق العضلات قوة تسحب نقاط ارتباطها بنظام الهيكل العظمي عندما تتقبض خط العمل (أو خط الشد) لقوة عضلية يكون على طول خط ينضم إلى ملحقاته ويشار إليه عادة في اتجاه أوتارها العظام التي تعلقها العضلة تكون داخل الأطراف على جانبي المفصل أو مفصلين أو أكثر في بعض الحالات عندما تتقبض العضلة تخلق قوة شد.



الشكل (٣-٦٧) تمارس العضلة ذات الرأسين العضدية عزم دوران حول محور مفصل المرفق عن طريق إنتاج قوة (F_m) مع ذراع لحظة (r) حول المفصل.

يمكن للخصم مواجهة هذا العزم بالضغط على الحصىرة إلى أسفل مع ذراعه الممدودة على هذه الأطراف نظراً لأن خط عمل قوة العضلات على مسافة ما من محور المفصل يوجد ذراع لحظة ويتم إنتاج عزم الدوران حول محور المفصل بواسطة قوة العضلات على الأطراف على جانبي المفصل حيث تلتصق العضلة يميل عزم الدوران الناتج عن العضلة على الطرف البعيد إلى تدوير هذا الطرف في اتجاه واحد حول

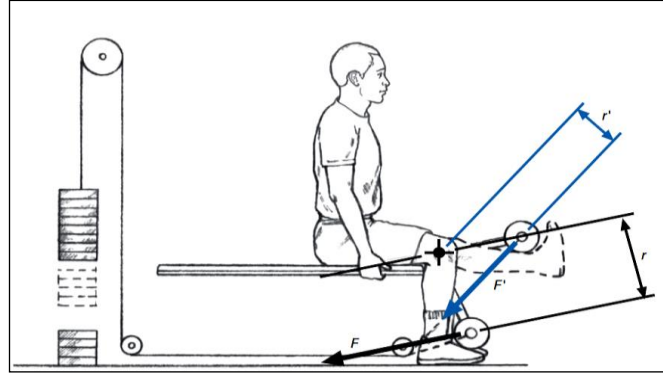
محور من خلال المفصل ويميل عزم الدوران الناتج عن العضلات الموجودة على الطرف القريب إلى تدوير هذا الطرف في الاتجاه المعاكس تقريباً حول نفس محور يوضح الشكل (٣-٦٧) كيف أن القوة التي تنتجها العضلة ذات الرأسين العضدية تخلق عزمًا يميل إلى تدوير الساعد حول مفصل المرفق ماذا يحدث لعزم الدوران على الساعد الناتج عن العضلة ذات الرأسين العضدية (العضدية) أثناء تحريك الساعد من الامتداد الكامل إلى (٩٠) درجة من الانثناء في مفصل المرفق؟ هل يمكن للعضلة أن تخلق نفس عزم الدوران طوال هذا النطاق من الحركة؟ إذا أنتجت العضلة نفس القوة وظل ذراع العضلة كما هو طوال مدى الحركة فلن يتغير العزم الناتج



الشكل (٣-٦٨) ينخفض الذراع اللحظي للعضلة العضدية ذات الرأسين من (٢ إلى ٢') حيث يمتد الكوع من ٩٠ درجة.

أصغر حيث يتم ثني المرفق أو امتداده بعيداً عن هذا الوضع يوضح الشكل (٣-٦٨) كيف يتغير عزم الذراع للعضلة ذات الرأسين العضدية مع وضع مفصل المرفق أن قدرة العضلة ذات الرأسين العضدية على خلق عزم دوران حول مفصل المرفق يعتمد على موضع مفصل المرفق لأن طول الذراع يتغير مع ثني المرفق وامتداده توجد حالة مماثلة لمعظم عضلاتنا والمفاصل التي تعبرها يؤدي تغيير الزاوية في المفصل إلى تغيير ذراع (القوة) العضلة التي تعبر هذا المفصل هذا يفسر جزئياً لماذا يبدو لدينا أن تكون العضلات أقوى في بعض المواضع المشتركة من غيرها أجهزة تدريب القوة وعزم الدوران تقدم تمارين القوة مع الأوزان الحرة أو أدوات رفع الأثقال العديد من الأمثلة على عزم الدوران الذي تمارسه على أطرافنا القوى غير العضلية ضع في اعتبارك تمرين ثني الذراع في هذا التمرين تمسك الثقل أو (الدمبل) في يدك وترفعه عن طريق الثني على مفصل المرفق لقد رأينا بالفعل كيف ينتج عن انقباض العضلة ذات الرأسين العضدية عزم دوران حول مفصل المرفق أثناء رفع الثقل (الدمبل) ينتج وزنه عزم دوران حول مفصل المرفق أيضاً لكن هذا العزم يميل إلى تدوير الساعد في الاتجاه المعاكس يخلق عزمًا يميل إلى تمديد الساعد عند مفصل المرفق لقد رأينا بالفعل كيف يمكن أن يتغير عزم العضلة ذات الرأسين العضدية مع تحريك الذراع عبر نطاق حركتها في مفصل المرفق لأن ذراع العضلة ذات الرأسين العضدية ذات الرأسين تغيرت مع تغيير موضع المفصل ماذا يحدث لعزم الدوران الناتج عن مفصل المرفق بواسطة الثقل (الدمبل أو الثقل) عند إجراء تمرين ثني الذراع؟ لا يصبح (الدمبل) أثقل لكن عزم الدوران يزداد كلما تم ثني المرفق يحدث هذا لأن خط عمل وزن (الثقل أو

الدمبل) يتحرك بعيداً عن مفصل المرفق أثناء إجراء التمرين وبالتالي يزداد القوة اللحظية للذراع عندما يكون الساعد أفقياً ويكون المرفق عند (٩٠ درجة) يكون ذراع (الدمبل) في أقصى حد ويكون عزم الدوران أكبر ينتج عن الانثناء وراء هذا الموضع ذراع عزم وبالتالي عزم دوران أصغر مثل التمديد خارج هذا الموضع بالنسبة لمعظم التمارين التي تنطوي على أوزان حرة تختلف عزم الدوران الناتج عن الأوزان مع تغير أذرع لحظة هذه الأوزان أثناء الحركة قد تكون أو لا تمتلك ادوات رفع الأثقال هذه الخاصية لتحليل عزم الدوران الذي تمارسه اداة رفع الأثقال عليك يجب عليك أولاً تحديد قوة المقاومة غالباً ما يتم استخدام الكابلات أو السلاسل لإعادة توجيه خط عمل قوة الجاذبية التي تعمل على كومة الوزن اتجاه هذه السلسلة.



الرقم (٣-٦٩) آلة امتداد الساق يختلف عزم الدوران مع الموضع بسبب التغير في طول ذراعه (٢)

(حيث يعلق على الذراع أو كاميرا الجزء الذي تقوم بتحريكه من الماكينة) يشير إلى خط عمل قوة المقاومة ستحدد بعد ذلك ذراع العزم بقياس المسافة المتعامدة بين خط الحركة هذا ومحور دوران ذراع أو كاميرا الجهاز دعونا نفحص آلة تمديد الساق وهي شائعة في العديد من مرافق تدريب الوزن انظر الشكل (٣-٦٩) يتم توفير قوة المقاومة من خلال كومة من أوزان ثم تنتقل هذه القوة إلى ذراع الماكينة عبر كابل متصل في منتصف الذراع أثناء إجراء التمرين يسحب الكبل على الجهاز ذراع يتم إنشاء عزم الدوران حول محور ذراع الماكينة لأن الكبل يسحب بعض المسافة بعيداً عن هذا المحور أثناء إجراء التمرين يتغير خط عمل قوة السلك أو الكيل ويصبح ذراع العزم أصغر عندما تصل الساق إلى الامتداد الكامل عند الركبة وبالتالي فإن عزم المقاومة الذي تنتجه هذه الآلة هو الأكبر في وضع البدء مع الركبة عند (٩٠ درجة) ويصغر كلما امتدت الساق هل يمكنك التفكير في طريقة لإعادة تصميم هذه الآلة بحيث يبقى عزم الدوران ثابتاً طوال التمرين؟ الهدف التصميمي لبعض آلات التمرين في السوق هو توفير عزم مقاومة ثابت طوال نطاق حركة التمرين آخر تم تصميم الآلات لتوفير عزم مقاومة يختلف باختلاف التغيرات في ذراع العضلات التي يتم ممارستها أثناء إجراء التمرين أن يجب أن يكون لديك فهم لما هو عزم الدوران وكيف يتم تحديده كمياً لوحظت لفترة وجيزة إمكانية إضافة عزم الدوران (وطرحه) لفترة وجيزة لكننا لم نناقش التأثيرات التي تحدثها عزم الدوران المتعددة عند العمل على نفس الشيء. هل يمكن إضافة عزم الدوران معاً لتشكيل صافي عزم دوران مكافئ؟ ماذا لو تصرف عزم الدوران في اتجاهين متعاكسين؟ هل يجب أن يكون هناك توازن في عزم الدوران (كما

هو الحال بالنسبة للقوى) لكي يكون الجسم في حالة توازن؟ القوى وعزم الدوران في التوازن في الفصل الأول تم تقديم مفهوم التوازن الساكن أثناء مناقشة القوى إذا كان الجسم في حالة راحة فإنه يوصف بأنه في حالة توازن ثابت. لكي يكون الكائن في توازن ثابت يجب أن تساوي القوى الخارجية التي تعمل عليه صفراً (أي يجب أن تكون القوة الخارجية الصافية للصفر) أوضحت تجربتنا مع قوة زوجية تعمل على كتاب سابق في هذا الفصل أن القوة الصافية للصفر ليست الشرط الوحيد للتوازن الساكن تضمن القوة الصافية للصفر عدم حدوث أي تغيير في الحركة الخطية لجسم ما ولكنها لا تقيد الحركة الزاوية للكائن. يجب أن يكون عزم الدوران الصافي الذي يعمل على شيء صفر لضمان عدم حدوث أي تغييرات في الحركة الزاوية للجسم. لكي يكون الجسم في حالة توازن ثابت ، يجب أن تساوي القوى الخارجية صفراً ويجب أن يكون عزم الدوران الخارجي (حول أي محور) صفراً أيضاً رياضياً هذه الشروط يتم التعبير عنها باسم.

$$\Rightarrow \Sigma F = 0$$

$$\Sigma T = 0$$

where

$$\Sigma F = \text{net external force and}$$

$$\Sigma T = \text{net torque.}$$

لكي يكون الجسم في حالة توازن ساكن يجب أن تساوي القوى الخارجية صفراً ويجب أن يكون عزم الدوران الخارجي (حول أي محور) صفراً أيضاً صافي عزم الدوران في وقت سابق من هذا الفصل عندما توصلنا إلى التعريف الرياضي لعزم الدوران يمكن القول أيضاً أن عزم الدوران الذي يعمل حول نفس المحور يمكن إضافته أو طرحه جبرياً ، تماماً مثل القوى التي تعمل في نفس يتم التعبير عنها باسم.

$F =$ القوة الخارجية الصافية

$T =$ صافي عزم الدوران.

يدفع فراس على باب بقوة أفقية تبلغ ٢٠٠ نيوتن شمالاً. يبلغ ذراع هذه القوة حول مفصلات الباب (٦٠ سم) يدفع (احمد) في الاتجاه المعاكس على الجانب الآخر من الباب يبلغ ذراع لحظة دفعه ٤٠ سم ما هو حجم القوة التي يدفعها (احمد) إذا كان الباب في حالة توازن ثابت؟

الحل: المعطيات

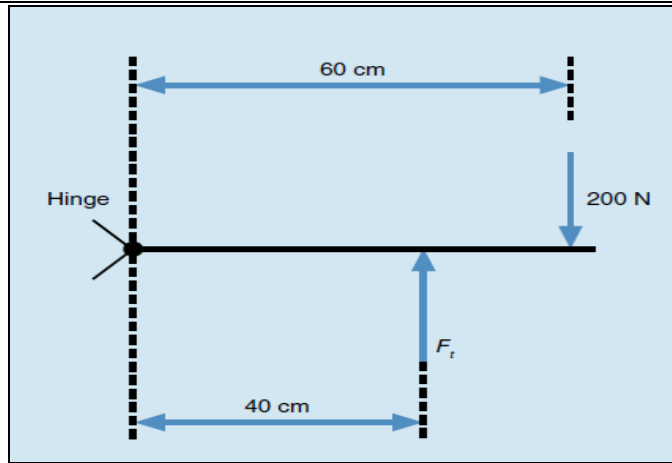
$$F_j = 200 \text{ N}$$

$$r_j = 60 \text{ cm}$$

$$r_t = 40 \text{ cm}$$

الخطوة ٢: التعرف على المتغير المجهول المطلوب حله لـ (ft=)

الخطوة ٣: رسم مخطط حر للجسم



الخطوة ٤: ابحث عن معادلات مع المتغيرات المعلومة وغير المعلومة.

$$\sum T = 0$$

قياس عزم الدوران حول المفصل

$$\sum T = 0 = (F_j)(r_j) + (F_t)(r_t) = 0$$

الخطوة ٥: استبدل الكميات المعلومة وحل المعادلة للكمية غير المعلومة.

$$\sum T = 0 = (200 \text{ N}) \times (60 \text{ cm}) + (F_t)(40 \text{ cm}) = 0$$

$$F_t = - (200 \text{ N}) \times (60 \text{ cm}) / (40 \text{ cm}) = -300 \text{ N}$$

تشير العلامة السلبية إلى أن قوة احمد في الاتجاه المعاكس لقوة فراس.

عزوم دوران المفصل الناتجة: Resultant joint Torques

إن فكرة عزم الدوران مهمة في دراسة حركة الإنسان لأن عزم الدوران يعمل على إنتاج حركة أجزاء الجسم فعندما تزيد العضلة المارة في مفصل الشد فهي بذلك تنتج قوة سحب على العظم في مكان اتصالها وبالنتيجة توليد عزم دوران على مفصل العضلة المارة.

شكل (١٦١) يمثل طفلان يجلسان على جانبيين متقابلين في أرجوحة ذات مقعدين متقابلين. احمد بوزن ٢٠٠ نيوتن . يبعد ١,٥ م عن محور دوران الأرجوحة، وساره بوزن ١٩٠ نيوتن. وتبعد ١,٦ م من محور دوران الأرجوحة ، فأبي طرف من الأرجوحة سيسقط؟

المعلوم :

احمد : و = ٢٠٠ نيوتن

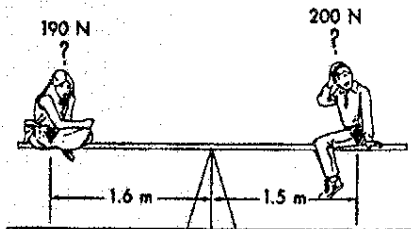
المسافة العمودية = ١,٥ م

ساره : و = ١٩٠ نيوتن

المسافة العمودية = ١,٦ م

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 (سلبية):



$$\begin{aligned} \text{عزم الدوران أ} &= (\text{ق س}) (\text{م س}) - (\text{ق ج}) (\text{م ج}) \\ &= (190 \text{ نيوتن}) (1,6 \text{ م}) - (200 \text{ نيوتن}) (1,5 \text{ م}) \\ &= 304 \text{ نيوتن. م} - 300 \text{ نيوتن. م} \\ &= 4 \text{ نيوتن. متر} \end{aligned}$$

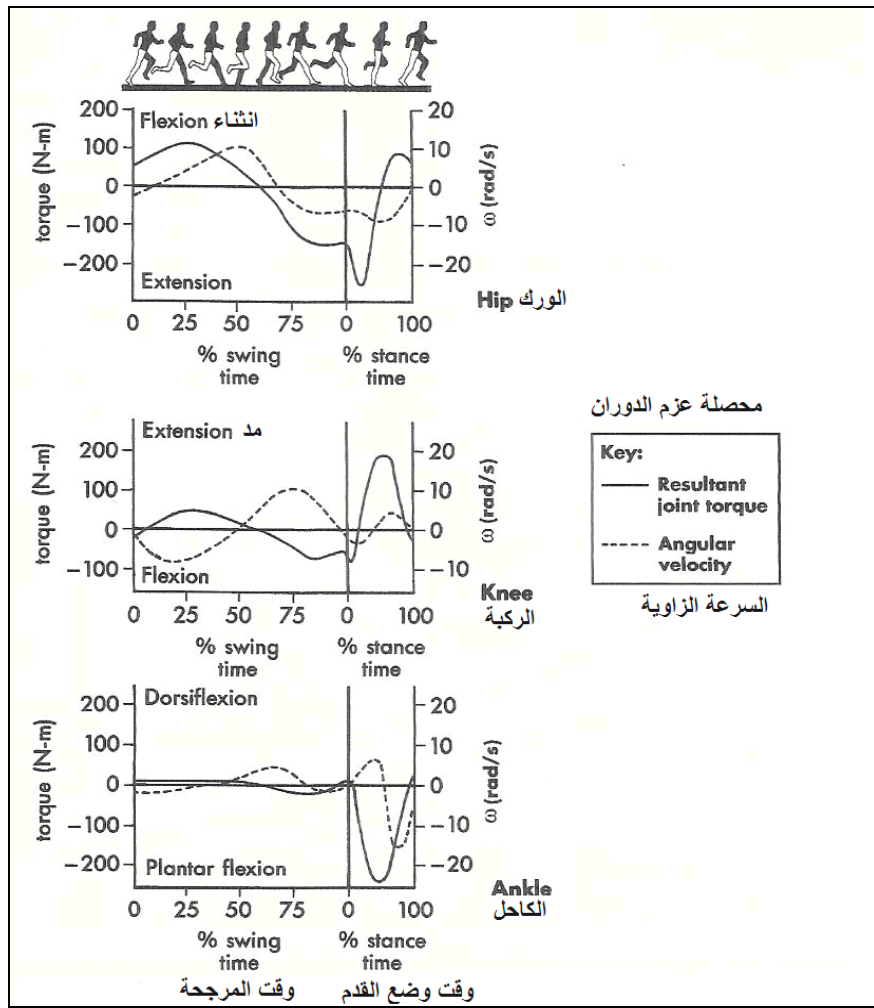
عزم الدوران الناتج هو بالاتجاه الموجب ،ستسقط النهاية التي تجلس عليها سارة.

إن ناتج شد العضلة وذراع قوة العضلة تنتج 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 يتحكم 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 وظيفة محصلة عزم الدوران.

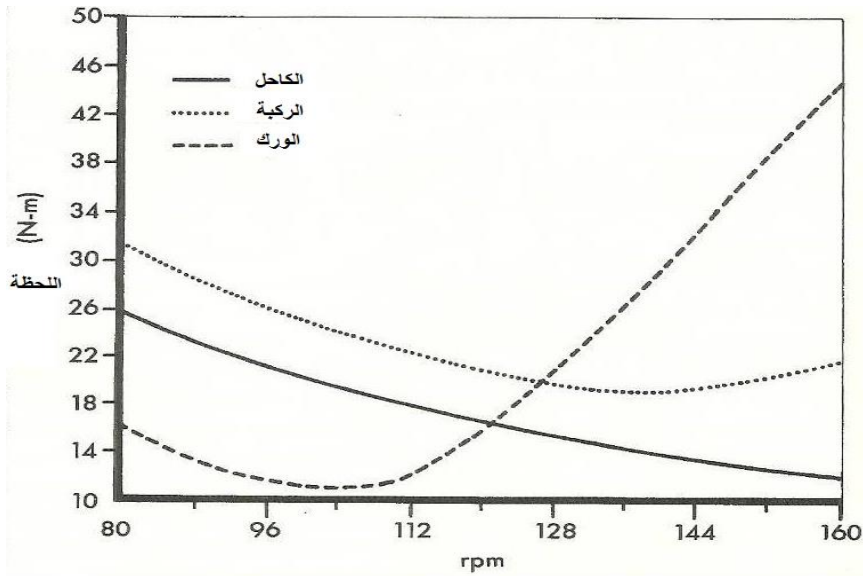
عندما تحدث حركة المفصل ومحصلة عزم الدوران في نفس الاتجاه، فيصطلح على عزم الدوران بالمركزي وعزم الدوران بالاتجاه المعاكس لحركة المفصل يعتبر في هذه الحالة عزمًا لا مركزيًا وعلى الرغم من ان هذه المصطلحات تعابير مفيدة بشكل عام في تحليل الوظيفة العضلية فان استخدامها يكون معقدًا عندما يعني الامر عضلات مفصلين أو عدة مفاصل بما انه يمكن ان يكون عزم الدوران مركزي في واحد من المفاصل ولا مركزي في المفصل الآخر المار نفس العضلة ولان القياس المباشر للقوى الناتجة بواسطة العضلات خلال أداء مهارات الحركة ليس عمليا فان قياسات أو تقديرات عزوم دوران المفاصل الناتجة (قوى المفصل) غالبا ما تدرس للتحري عن أساليب مساهمات العضلة.

هنالك عدد من العوامل وبضمتها وزن أجزاء الجسم، حركة أجزاء الجسم ونشاط القوى الخارجية ، يمكن أن يساهم في محصلة عزوم دوران المفصل ومع ذلك فان عزوم الدوران في المفصل تعطي تقديرات مضطربة عن مستويات مساهمة المجموعة العضلية ولفهم أفضل لوظيفة العضلة خلال الركض فان عدد من المستطلعين درسوا عزوم دوران المفصل الناتجة في الورك الركبة والكاحل خلال خطوة العدو مثلما حسبت من بيانات الافلام وبيانات منصة القوة .



شكل (٣-٧٠) يعرض عزوم الدوران المفصل الناتجة والسرعات الزاوية للورك الركبة والكاحل خلال خطوة العدو إذ حسبت من فيلم وبيانات برنامج القوة .

عندما يكون منحنى عزم دوران المفصل الناتج والسرعة الزاوية على نفس الجانب من خط الصفر سيكون عزم الدوران مركزياً مع عزم دوران يكون لا مركزياً عندما يكون المعكوس حقيقياً يمكن أن يلاحظ من الشكل (٣-٧٠) أن 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 ارتفاع المقعد طول ذراع التدوير والمسافة من محور دوران الدواسة حتى مفصل الكاحل أن معدل عزوم دوران الركبة والورك سباق الدراجات تحت ظروف التجوال سجلت لتكون في أدناها بما يقارب ١٠٥ دورة لكل دقيقة . وشكل (٣-٧٠) يوضح التغيرات في معدل عزم الدوران الناتج في مفصل الورك و الركبة ومفصل الكاحل مع تغيرات في معدل استعمال الدواسة في طاقة ثابتة.



شكل (٣-٧١) عزوم دوران مفصل الورك الركبة الكاحل مقابل معدل استعمال الدواسة خلال دوران العجلة.

من المفترض ان تزداد متطلبات القوة العضلية ومن ثم عزم دوران المفصل وفي حالة ازدياد المقاومة ويصح ذلك طالما بقيت المقادير الحركية ثابتة فعلى سبيل المثال اتضح انه خلال تمرين القرفصاء فان التغيرات الدقيقة في متغيرات الحركة مثل زاوية الجذع القائمة وثنى الركبة والكاحل وعند تعكس بشكل كبير عزوم دوران متغيرة او مختلفة في الورك والركبة يزداد حمل القرفصاء حمل القرفصاء من (٦٠%) الى (٨٠%) 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 ولكن تعمل كذلك على زيادة احتمالية ارتكاب التكنيك الخاطئ وبالنسبة 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 أكثر فعالية وأكثر سلامة في أداء التمارين بشكل بطيء سرعات الحركة مسيطر عليها عندما تعمل العضلات على زيادة الشد فان سحب العظام الى الأعلى لإسناد أو نقل المقاومة المتولدة عن طريق وزن أقسام الجسم ويمكن ان يكون عن طريق وزن الحمل الإضافي فان العضلة والعظم سيعملان ميكانيكيا كعتلات على العتلة (Lever) والعتلة هي العمود الصلب 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 .

الدفع وكمية الحركة

سبق وان عرفنا ان كمية حركة الجسم عبارة عن حاصل ضرب كتلته في سرعته... ويمكن ان نقول ان كمية الحركة التي تمتلكها مطرقة كتلتها ٢٠ كغم وبسرعة ١٠ م/ثا هي نصف كمية حركة المطرقة نفسها فيما اذا تحركت بسرعة ٢٠ م/ثا وانطلاقا من قانون نيوتن الثاني فان التغيير في كمية حركة الجسم تحدث بفعل تأثير القوة (قانون نيوتن الثاني) ... ومن الطبيعي ان تأثير القوة يحدث في فترة زمنية معينة . فلو اثرتنا في جسم بقوة مقدارها ١٠٠ نيوتن وكان زمن فعل التأثير ٢ ثانية ، فان الجسم سيتحرك بكمية حركية معينة (زخم معين) . ولو اردنا ان تكسب الجسم نفسه كمية الحركة الاولى نفسها ولكن بزمن فعل قدره ثانية واحدة ، فعندئذ يجب ان نضاعف مقدار القوة او العكس اذا اردنا ان نستخدم قوة تأثيرية مقدارها ٥٠ نيوتن ففي هذه الحالة ينبغي ان يطول زمن تأثير القوة ليصل الى ٤ ثواني ... ومن هذا المنطلق نجد ان القوة التي تؤثر في فترة زمنية يطلق عليها ميكانيكا مصطلح الدفع او دفع القوة (Impulse) .

ان الدفع يساوي المساحة تحت المنحنى وبوحدة مختلفة ، فهما يعبران عن الحالة نفسها وبما ان المساحة تحت المنحنى عبارة عن مقادير قوى لحظية فيتم جمعها وايجاد معدلها ثم ضربها في الزمن الكلي فان الدفع يساوي معدل القوة في الزمن.

$$\text{الدفع} = \text{ق} \times \text{ن}$$

$$\text{القوة} = \text{ك} \times \text{ج}$$

أي ان :

$$\text{الدفع} = (\text{ك} \times \text{ج}) \times \text{ن}$$

السرعة

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

الزمن

اذن

س

$$\text{الدفع} = \text{ك} \times \frac{\text{س}}{\text{ن}} \times \text{ن}$$

بحذف ن

س

$$\text{الدفع} = \text{ك} \times \frac{\text{س}}{\cancel{\text{ن}}} \times \cancel{\text{ن}}$$

$$\text{الدفع} = \text{ك} \times \text{س}$$

اذن

الدفع = كمية الحركة

الشغل Work

عندما يتغلب جسم على مقاومة ويستمر ولمسافة معينة فانه يكون قد بذل شغلا اي لو أثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تأثير القوة فإنه يكون قد انجز شغلا، ويمكن صياغة القانون الرياضي لمتغير الشغل كما يلي :

$$\text{الشغل} = \text{القوة} \times \text{المسافة}$$

$$\text{ش} = \text{ق} \times \text{م}$$

ومن خلال القانون اعلاه يتضح لنا ان الشغل يتناسب تناسبا طرديا مع القوة والمسافة فاذا ما استخدمت قوة على سبيل المثال قدرها (٢٠٠) نت لتحريك عربة مسافة (٤٠)م فمقدار الشغل المنجز لذلك هو :

$$\text{ش} = ٢٠٠ \times ٤٠$$

$$= ٨٠٠٠ \text{ نيوتن } \times \text{م او جول}$$

وحدات الشغل متعددة وأي وحدات للقوة يمكن ان تجمع مع أي وحدة لمسافة لتشكيل وحدة الشغل . وفي النظام المتري (جول) تعتبر الوحدة الشائعة المستخدمة ... الجول

تقاس المسافة في اتجاه القوة العاملة بغض النظر عن المسار الذي يسلكه الجسم المقاوم والمتغلب عليه ... فعلى سبيل المثال عند يرفع رباع وزن قدره ١١٠٠ نيوتن من الارض ووضعه فوق الرأس بارتفاع ٢م فالشغل المنجز هو ٢٢٠٠ جول . الشغل المنجز في نفس اتجاه الجسم المتحرك يسمى بالشغل الموجب اما اذا انجز الشغل في اتجاه معاكس فيسمى بالشغل السالب ، فلو سلط الرياضي قوة مقدارها ١٠٠٠ نيوتن في البينج بريس لرفع ثقل الى الاعلى مسافة (٠.٣م) كان الشغل المنجز هو ٣٠٠ جول ، ويطلق عليه بالشغل الايجابي لان اتجاه القوة المسلطة على الثقل تكون باتجاه حركة الثقل . اما اذا سلط نفس الرياضي قوة مقدارها ١٠٠٠ نيوتن لخفض الثقل الى الاسفل مسافة ٠.٣م ، فالشغل المنجز هو ٣٠٠ جول ويطلق عليه بالشغل السلبي لان اتجاه القوة المسلطة كان باتجاه معاكس لحركة الثقل . من الضروري ان نعرف بان مصطلح المسافة هو الاستخدام بدلا من مصطلح الازاحة.

مثال :

ما هو مقدار الشغل الحادث نتيجة تأثير قوة مقدارها ١٠٠ نيوتن ادت الى تحريك جسم مسافة ١٠م عن موضعه الأصلي ، وما هو مقدار الشغل ، اذا كانت المسافة التي تحركها الجسم هي ٢٥م ؟

$$\text{الشغل} = \text{ق} \times \text{م}$$

$$= 100 \text{ نت} \times 10 \text{ م}$$

$$= 1000 \text{ جول في الحالة الاولى}$$

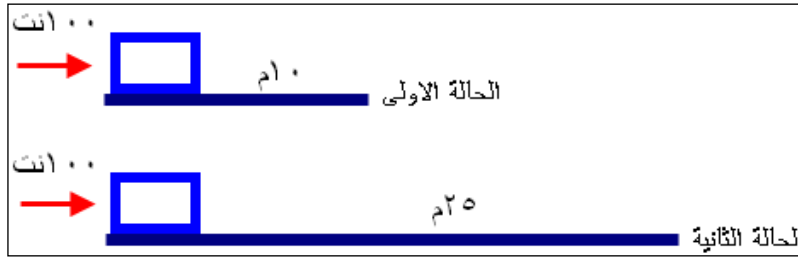
$$\text{الشغل} = \text{ق} \times \text{م}$$

$$= 100 \text{ نت} \times 25 \text{ م}$$

$$= 2500 \text{ جول في الحالة الثانية}$$

ويكون الشغل المنجز في الحالة الثانية اكبر منه في الحالة الاولى لأن المسافة في الحالة الثانية

اكبر.



الشكل (٣-٧٢) : يوضح مدى اعتماد الشغل على المسافة

مثال:

يتطلب من عداء ١٠٠ متر ان يصدر قوة مقدارها ضعف كتلته ويستمر حتى نهاية السباق علما ان كتلته ٨٢ كغم وانجازه ١٠.١٤ ثانية ، وعداء ٢٠٠ متر يصدر قوة مقدارها ٧٦٥ نت وينتهي السباق بزمن قدره ٢٢.٤٨ ثانية ، المطلوب حساب فيما ادناه لكل عداء

١- كمية الحركة

٢- الشغل

$$\text{كمية الحركة} = \text{الكتلة} \times \text{السرعة}$$

$$\text{كمية الحركة} = \frac{100}{10.14} \times 82$$

$$\text{كمية الحركة} = \frac{765}{22.48} \times 200$$

الشغل = القوة × المسافة

$$\text{الشغل} \dots = ٨٢ \times ٢ \times ٩.٨١ \times ١٠٠$$

$$\text{الشغل} \dots = ٧٦٥ \times ٢٠$$

القدرة Power

ان الشغل المنجز سواء انجز في ثانية او في دقيقة او في ساعة هو نفس الشغل من حيث كمية الشغل ، ولكن الذي يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار وفي كثير من الفعاليات في مجالنا الرياضي هو ليس التفاضل بين مقدار الشغل المنجز ، ولكن بالزمن الذي انجز فيه هذا الشغل ، فالذي ينجز الشغل بفترة زمنية اقل افضل من الذي ينجز الشغل نفسه ولكن بفترة زمنية اطول حيث يطلق على العلاقة بين الشغل والزمن بالقدرة ، وعليه فيمكننا تعريف القدرة ميكانيكيا بانها القابلية على انجاز شغل خلال زمن معين .. أي ان :

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{نيوتن} \times \text{متر (جول)}}{\text{ثانية}}$$

او

$$\text{القدرة} = \frac{\text{القوة} \times \text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

او

$$\text{القدرة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} \times \text{القوة}$$

او

$$\text{القدرة} = \text{القوة} \times \text{السرعة}$$

او

$$\text{القدرة} = \text{الكتلة} \times \text{التعجيل} \times \text{السرعة}$$

ان الشخص الذي باستطاعته انجاز شغل اكبر في الوحدة الزمنية القليلة هو الاكثر قدرة . فالمعدل الزمني لانجاز الشغل مهم جدا لأنه عن طريق الزمن يمكن معرفة القدرة . والقانون يؤكد العلاقة بين القوة والقدرة ، ان الانجاز الجيد يعتمد على القدرة التي تعني (معدل الشغل المنجز خلال فترة زمنية معينة) كما

وتعني قابلية الرياضي على استخدام قوته بوقت ومسافة محددين (وقت قصير - مسافة كبيرة) فالقدرة هنا تكون اعظم اذا ما استخدمت القوة لمسافة طويلة ولفترة زمنية قصيرة او كليهما .

وبالرغم من ان عاملي القوة والسرعة يلعبان دورا كبيرا في تحديد قيمة القدرة الا ان هنالك نسب مختلفة تحتاجها في تحديد القدرة للفعاليات المختلفة كما تؤكد بان الاداء الذي يتطلب القدرة ويتم ضد مقاومة كبيرة يعتمد على القوة اكثر من الاداء الذي يتم ضد مقاومة صغيرة والذي يعتمد على السرعة بشكل اكبر على انه لا يمكن الفصل بين هذين الحركتين عند دراسة القدرة وعلى هذا الاساس وبسبب كون الرمح خفيف بالمقياس بالثقل فانه يركز على السرعة اكثر من القوة في رميه في حين يركز على القوة في رمي الثقل .
ان وحدة القياس في النظام المتري هو (الواط) وتساوي القدرة على انجاز شغل مقداره جول واحد في ثانية واحدة ، ولو رجعنا الى المعادلة الجبرية للقدرة لوجدنا ان هناك علاقة حيوية بين القدرة والسرعة ، ومثلما واضح من كم الاشتقاقات الممكنة في المعادلات اعلاه.

مثال:

ما هي القدرة للرياضي الذي ينجز شغلا مقداره (٦٠٠ جول) في رفع ثقل فوق رأسه بزمان قدره (١.٥ ثانية) .

$$\frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}} = \text{القدرة}$$

$$\frac{600}{1.5} = \text{القدرة}$$

$$\text{القدرة} = 400 \text{ واط قدرة الرياضي}$$

مثال:

عداء ١٠٠ متر وزنه ٨٢٠ نيوتن ينهي السباق في زمن قدره ١٠.١٤ ثانية ، لو انهى العداء نفسه سباق ٢٠٠ متر بزمان قدره ٢٢.٤٨ ثانية ، في أي السباقين يبذل زحما اكبر ؟ وفي ايهما يبذل شغلا اكبر ؟ ولماذا؟.

$$\text{كمية الحركة} = \text{الكتلة} \times \text{السرعة}$$

$$\frac{100}{10.14} \times \frac{820}{9.81} = \text{كمية الحركة } ١..$$

$$9.86 \times 83.59 = \text{كمية الحركة } ١..$$

$$\text{كمية الحركة } ١.. = 20,824 \text{ كغم.م.ا.ثا}$$

$$\frac{200}{22.48} \times \frac{820}{9.81} = \text{كمية الحركة } ٢..$$

$$8.90 \times 83.59 = \text{كمية الحركة } ٢..$$

$$\text{كمية الحركة } ٢.. = 743.95 \text{ كغم.م.ا.ثا}$$

$$\text{الشغل} = \text{القوة} \times \text{المسافة}$$

$$100 \times 820 = \text{الشغل } ١..$$

$$82000 = \text{الشغل } ١..$$

$$200 \times 820 = \text{الشغل } ٢..$$

$$\text{الشغل } ٢.. = 164000 \text{ جول}$$

$$\text{الشغل}$$

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{الزمن}$$

$$82000$$

$$\text{القدرة } ١.. = \frac{\text{الزمن}}{\text{الزمن}}$$

$$10.14$$

$$\text{القدرة...} = ٨٠٨٦.٧٨ \text{ واط}$$

$$١٦٤٠٠٠$$

$$\text{القدرة...} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$٢٢.٤٨$$

$$\text{القدرة...} = ٧٢٩٥.٣٧ \text{ واط}$$

الطاقة

وتعني (قدرة الجسم على انجاز شغل ما) . والطاقة لا تخلق من العدم ولا تفنى ويمكن تحويل الطاقة من شكل الى اخر ، وهناك اشكال متعددة للطاقة والذي يهمنا في هذا المجال هو الطاقة الميكانيكية ... فعند اداء الرياضي لحركة معينة فإنه يمتلك طاقة ميكانيكية ولكن تختلف انواع هذه الطاقة التي يمتلكها باختلاف وضعه اثناء الحركة فعندما يكون الجسم في حالة حركة فانه يمتلك طاقة تدعى بالطاقة الحركية ويختلف مقدار هذه الطاقة تبعا لاختلاف كتلة الجسم المتحرك وسرعته اثناء الاداء ، حيث ان مفهوم الطاقة الحركية بشكل عام يعني حاصل ضرب نصف الكتلة الجسم في مربع سرعته ، وان الطاقة الحركية للجسم اثناء حركته الخطية تختلف عن طاقة الجسم اثناء الحركة الدائرية . فعلى سبيل المثال اذا كانت كتلة عداء ١٠٠ كغم يركض بسرعة ٦ م انا يمتلك طاقة حركية اقل مما لو كانت سرعته ٨ م انا ، من هنا يمكننا ان نعبر عن مقدار الطاقة الحركية بالمعادلة التالية :

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{1}{2} \times \text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2$$

او

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2}{2}$$

وتقاس الطاقة بوحدات كتلة (كيلو غرام) ووحدات سرعة (متر اثنائية) وتسمى بـ(ال جول) أي وحدة قياس الشغل نفسها.

$$\text{ط ح} = \frac{1}{2} \times \text{ك} \times \text{س}^2$$

كما ويمكن توضيح درجة الاختلاف في مقدار الطاقة التي يمتلكها الجسم في الحركات الخطية كما هو عليه في الحركات الدائرية من خلال المثال التالي : فالراكض اثناء الحركة الخطية نجد ان سرعة كل جزء من اجزاء جسمه يتحرك بسرعة اجزاء الجسم الاخرى ، واذا رمزنا لكل جزء برقم ما ، فان الطاقة الحركية لكل جزء يحمل رقما معيناً وهي الطاقة (١) ، والطاقة (٢) والطاقة (٣) ... وهكذا وحيث ان الطاقة الحركية للجسم ككل تعادل مجموع الطاقة الحركية لاجزائه ، لذلك يمكننا الحصول على الطاقة الحركية الكلية وفقاً للعلاقة التالية :

$$\text{الطاقة الحركية الكلية} = \text{طح}_1 + \text{طح}_2 + \text{طح}_3$$

ولو لاحظنا الطاقة الحركية في الحركات الدائرية نجدها تختلف في سرعتها فيما بينها وذلك لاختلاف بعد كل منها عن محور الدوران ، لهذا نجد على سبيل المثال عندما يقوم اللاعب بالدوران حول محور ما فان سرعة أجزائه تختلف عن بعضها ، حيث ان سرعة دوران الجزء البعيد اكبر من سرعة دوران الجزء القريب من المحور وذلك بسبب اختلاف في أطوال (أنصاف القطر) الأجزاء ، وان الطاقة الحركية الدورانية يمكننا الحصول عليها طبقاً للعلاقة التالية :

$$\text{الطاقة الحركية الدورانية} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{نصف القطر})^2 \times (\text{السرعة الزاوية})^2}{2}$$

$$\text{طح الدورانية} = \frac{\text{ك} \times \text{نق}^2 \times \text{سر}^2}{2}$$

وبلاحظ بان

$$\text{عزم القصور الذاتي} = \text{الكتلة} \times (\text{نصف القطر})^2$$

مثال تطبيقي :

لوخط ان عداء يركض احدى اجزاء السباق بسرعة قدرها ١٠ م/ثا ، علما ان كتلته ٨٦ كغم ، احسب طاقة حركته.

$$\begin{aligned} \text{الطاقة الحركية} &= \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2}{2} \\ &= \frac{86 \times (10)^2}{2} \end{aligned}$$

$$\frac{8600}{2} = \text{الطاقة الحركية}$$

$$\text{الطاقة الحركية} = 4300 \text{ جول}$$

مثال :

لوحظ ان عداء يبذل طاقة مقدارها 4300 جول خلال ركضه احدى اجزاء السباق ، علما ان كتلته 86 كغم ، احسب سرعته.

$$\frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرع}^2)}{2} = \text{الطاقة الحركية}$$

بضرب الوسطين في الطرفين

$$\text{الطاقة الحركية} \times 2 = \text{الكتلة} \times (\text{السرع}^2)$$

$$\frac{\text{الطاقة الحركية} \times 2}{\text{الكتلة}} = (\text{السرع}^2)$$

$$\sqrt{\frac{\text{الطاقة الحركية} \times 2}{\text{الكتلة}}} = \text{السرع}$$

$$\sqrt{\frac{2 \times 4300}{86}} = \text{السرع}$$

$$\sqrt{\frac{8600}{86}} = \text{السرعة}$$

$$\sqrt{100} = \text{السرعة}$$

$$\text{السرعة} = 10 \text{ م/ثا}$$

وهناك نوع آخر من الطاقة الميكانيكية هو ما يسمى بالطاقة الكامنة او طاقة الوضع ويقصد بها الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثناء الثبات ففي حالة رمي الثقل الى الاعلى فانه يتحرك بطاقة حركية ولكن سرعته تناقص اثناء الصعود تدريجيا وعليه تقل طاقته الحركية تدريجيا وتتحول الى شكل اخر يخزن في الجسم تسمى بالطاقة الكامنة عندما يتوقف الجسم في اعلى نقطة ممكنة الوصول اليها عندئذ تصبح الطاقة الحركية صفرا أي تتحول بكاملها الى طاقة مخزونة في الجسم على ذلك الارتفاع .

وكذلك يمكن ملاحظة ما ذكر في اعلاه في المثال التالي ايضا. في الحالة التي يحاول فيها لاعب الكرة الطائرة بكبس الكرة فانه يتحرك حركة عمودية الى الاعلى بطاقة حركية الا ان سرعته تبدأ بالتناقص التدريجي حيث تقل طاقته الحركية تدريجيا وتصل الى درجة الصفر في اعلى نقطة يصلها جسمه وبعدها تتحول الطاقة الحركية الى طاقة مخزونة في الجسم في تلك النقطة فيستطيع استخدامه في اداء حركة الكبس. ويمكن استخراج قيمة الطاقة الكامنة من خلال العلاقة التالية :-

$$\text{الطاقة الكامنة} = \text{وزن الجسم} \times \text{الارتفاع عن سطح الارض}$$

$$ط_ك = و \times ع$$

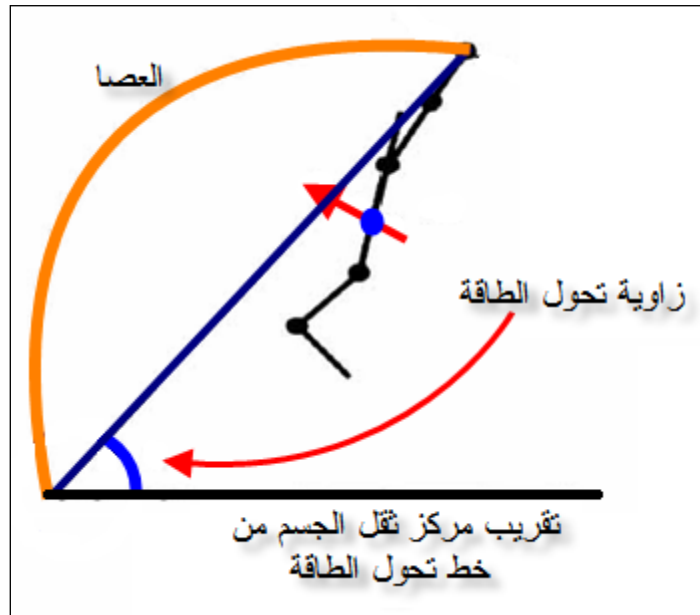
واخيرا من الجدير بالذكر ان هناك اشكالا من الطاقة الكامنة فهناك الطاقة الكامنة المطاطية والطاقة الكامنة للجاذبية الارضية . فعلى سبيل المثال ان نزول لاعب الجمناستيك على (الترامبولين) يؤدي الى تقعره نتيجة المطاطية التي تمتلكها المادة ويؤدي ذلك الى اتساع مساحة رقعة الترامبولين . ان هذا التقعر ما هو الا عملية خزن للطاقة اي تحويل الطاقة الحركية الى طاقة كامنة ، وعندما يبدأ اللاعب بالصعود الى الاعلى فان الطاقة التي تم تخزينها في الترامبولين تتحرر الى شكل طاقة حركية تساعد على قفز اللاعب عاليا بشكل اقوى .

ان مقدار الطاقة الكامنة التي يمتلكها الجسم وهو على ارتفاع معين عن سطح الارض يتناسب تناسبا طرديا مع ذلك الارتفاع لأن العوامل المؤثرة في مقدار تلك القوة هي وزن الجسم وارتفاعه كما في المعادلة الرياضية المشار اليها سابقا .

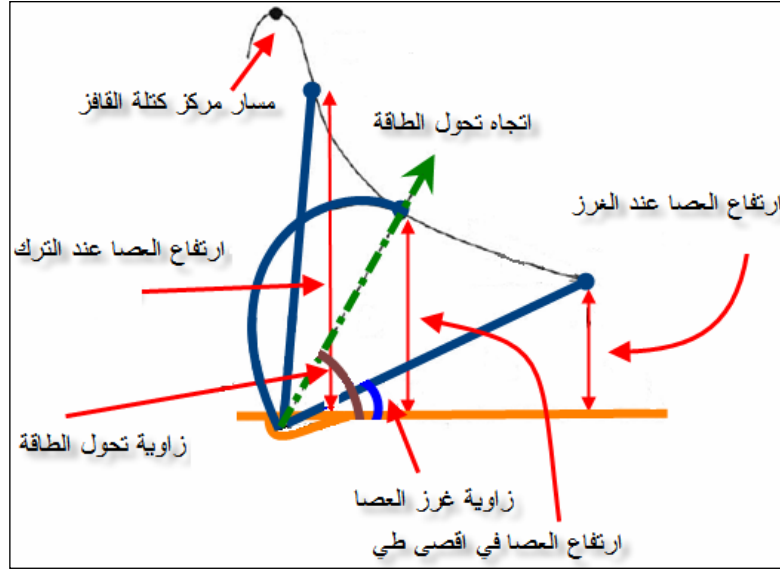
ان المثال الشائع في المجال الرياضي هو الاستفادة من الطاقة المخزونة في عصا الزانة ليستفاد منها اللاعب في ارتفاعه.



الشكل (٣-٧٣) : يوضح عصا الزانا كمثال للطاقة الكامنة



الشكل (٣-٧٤) : يوضح بعض المتغيرات في فعالية القفز بعصا الزانا



الشكل (٣-٧٥) : يوضح تحول مسار مفصل الورك وفقا لتحول الطاقة في عصا الزانا

التصادم والارتداد:

ان كثيرا من الحركات في المجال الرياضي تخضع الى اسس التصادم والارتداد سواء كان بجسم اللاعب نفسه او باجزاء منه او بالادوات التي يستخدمها اثناء ادائه للفعالية او للمهارة الرياضية . وعلى هذا الاساس يمكننا تقسيم التصادم الى :

(١) التصادم المباشر .

(٢) التصادم غير المباشر .

وهناك تقسيم اخر من حيث مطاطية الاجسام كالآتي :

(أ) التصادم الصلب .

(ب) التصادم المطاطي الجزئي .

(ج) التصادم المطاطي التام .

التصادم المباشر وغير المباشر :

يحدث اثناء التصادم المباشر ان خط عمل تصادم الجسمين يكون متعامدا بينهما وخلال مركزي ثقلهما بذلك فان قوة التصادم بين جسمين ينتج عنها حركة خطية فقط ، اما التصادم غير المباشر فيتم من خلال اصطدام جسمين ولكن خط عمل اصطدامها يكون بزاوية غير قائمة كما هو الحال في التصادم المباشر ، ولهذا يسمى التصادم غير المباشر بالتصادم المائل وينتج عن قوة التصادم هذه حركة دائرية .

ان امثلة التصادم والارتداد كثيرة في المجال الرياضي ... ففي كرة السلة مثلا تعد المناولة المرتدة احد اشكال التصادم بين الكرة والارض وارتدادها ثانية باتجاه الزميل ان قوة التصادم هي عبارة عن القوة

التي ترتطم بها الكرة بالارض اما القوة التي تعيد الكرة الى وضعها الاصلي بعد حدوث التغيير في شكلها نتيجة التصادم فانها تدعى قوة الارتداد .. ويمكننا توضيح ذلك من خلال التصادم بين المضرب والكرة فان قوة المضرب على الكرة تكون بمثابة قوة الفعل اما عملية استعادة الكرة الى وضعها تكون بمثابة قوة رد الفعل التي ترد فيه الكرة على المضرب .

وان العوامل التي تؤثر في مقدار قوة الاصطدام عندما يصطدم جسم باخر هي:-

(١) الطاقة الحركية الكلية لجسمين متصادمين وزمن الاصطدام .

(٢) المسافة التي تؤثر فيها هذه القوة .

فلو اخذنا على سبيل المثال التصادم الحادث بين مضرب التنس والكرة فمن المعروف ان كلا من المضرب والكرة يمتلكان كمية حركية معينة هي عبارة عن كتليتهما في سرعتيهما فلو فرضنا ان كتلة المضرب (ك١) وسرعته قبل التصادم (س١) وكتلة الكرة قبل التصادم (ك٢) وسرعته (س٢) فان مجموع كمية حركتيهما = ك١س١ + ك٢س٢ . ولكن الذي يحدث بعد التصادم هو تغير سرعة المضرب والكرة حيث تكون سرعة المضرب (س٣) وسرعة الكرة (س٤) فان مجموع كمية حركتيهما = ك١س٣ + ك٢س٤ ... ما يجب الانتباه اليه هو ان مقدار ما يفقده المضرب من سرعة اثناء اصطدامه بالكرة تكسبه الكرة أي ان الزيادة الحاصلة في سرعتها وعلى هذا الاساس يمكننا ان نذكر :-

كمية الحركة قبل التصادم = كمية الحركة بعد التصادم

$$ك١س١ + ك٢س٢ = ك١س٣ + ك٢س٤$$



الشكل (٣-٧٦) : يوضح تحول كمية الحركة من جسم الى اخر

وكذلك يمكننا توضيح مسألة مهمة وهي ان للمساحة التي تؤثر فيها القوة دور كبير في مقدار قوة

التصادم وبتعريف الضغط ميكانيكيا ومن خلال المعادلة التالية :-

$$\text{الضغط} = \frac{\text{قوة}}{\text{المساحة}}$$

مما تقدم نستنتج ان القوة عندما تؤثر في جسم ما وعلى مساحة كبيرة يقل تأثيرها وعلى العكس مما لو كانت تتركز في نقطة صغيرة على الجسم عندئذ يكون تأثيرها اكبر والاحساس بها اكثر .

اما فيما يتعلق بقوة الارتداد يمكننا توضيحها من خلال المثال التالي : عند اداء المناولة المرتدة في كرة السلة فمن الناحية النظرية يمكن القول ان الطاقة الحركية اثناء التصادم تساوي تقريبا الطاقة الحركية اثناء الارتداد . اما في حركات الانسان فان الامر يختلف حيث ان الطاقة اثناء الارتداد اقل منها اثناء الاصطدام وذلك بسبب تحول الطاقة من شكل الى اخر فقسم منها يتحول الى طاقة حرارية والقسم الاخر على شكل طاقة ميكانيكية عند انجاز شغل معين .

وبناء على ما ذكر ان قوة الارتداد تعتمد على ما يسمى بمعامل الارتداد وعلى مقدار الطاقة الحركية التي يمتلكها الجسم اثناء التصادم .

ويقصد بمعامل الارتداد "النسبة بين سرعة الجسمين بعد التصادم الى سرعتيهما قبل التصادم" .

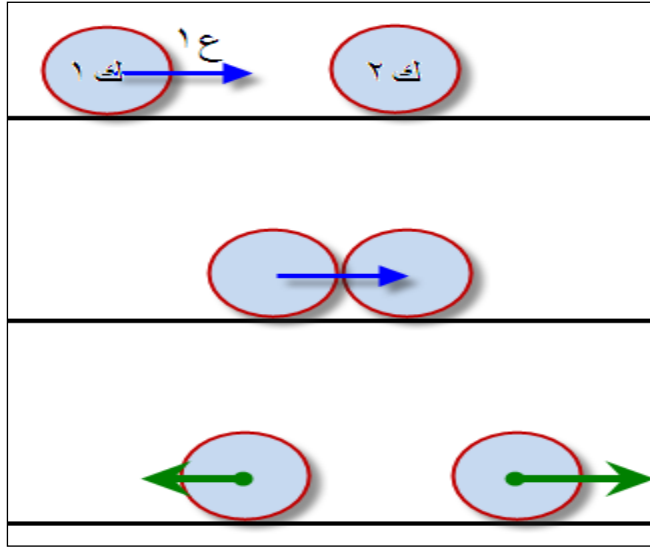
$$\text{معامل الارتداد} = \frac{\text{السرعة بعد التصادم}}{\text{السرعة قبل التصادم}}$$

ويمكن صياغة المعادلة بالنسبة للارتفاعات القبلية والبعدية بما يلي :-

$$\text{معامل الارتداد} = \frac{\text{ارتفاع ارتداد الجسم بعد التصادم}}{\text{الارتفاع الذي سقط به الجسم قبل التصادم}}$$

عندما تتحرك كتلة صغيرة بمقدار من القوة تساوي وزن الاداة وتصطدم بكتلة كبيرة وزن كبير يحدث ان تنتقل كمية الحركة الى الكتلة الكبيرة وتكون غير كافية لتحريكها وتحدث الكتلة الكبيرة ردا لهذه الكمية المكتسبة الى الكتلة الصغيرة بالمقدار نفسه وبالاتجاه المعاكس فتستقر الكتلة الصغيرة او تتحرك بمقدار ضئيل الى عكس الاتجاه ، وعندما تتحرك كتلة كبيرة بمقدار من القوة تساوي وزن الاداة وتصطدم بكتلة صغيرة وزن صغير يحدث ان تنتقل كمية الحركة الى الكتلة الصغيرة وتكون كافية وزائدة لتحريك الكتلة

الصغيرة اما الكتلة الصغيرة فتحدث ردا لهذه الكمية المكتسبة الى الكتلة الكبيرة بالمقدار نفسه وبالاتجاه المعاكس فلا تكفي لايقافها فتستمر الكتلتان بالحركة مع اتجاه الكتلة الكبيرة.



الشكل (٣-٧٧) : يوضح بعض حالات الاصطدام والارتداد

إذا اصطدم جسم كتلته K_1 يتحرك بسرعة v_1 بجسم آخر ساكن كتلته K_2 فإن :
سرعة الجسم الأول بعد التصادم تعطى بالعلاقة :

$$K_2 - K_1$$

$$\text{سرعة الجسم الأول بعد التصادم} = \frac{K_2 - K_1}{K_1 + K_2} \times v_1$$

سرعة الجسم الثاني بعد التصادم تعطى بالعلاقة :

$$2 \times K_1$$

$$\text{سرعة الجسم الثاني بعد التصادم} = \frac{2 \times K_1}{K_1 + K_2} \times v_1$$

وبما ان التصادم مرن (أي العوامل الخارجية قد تم اهمال تأثيرها)

$$v_1 - v_2$$

$$\text{سرعة الجسم المتحرك بعد التصادم} = \frac{v_1 - v_2}{3} \times 1$$

$$= - 0.33 \text{ أي ان الجسم المتحرك سيرتد بسرعة مقدارها } 0.33 \text{ م/ثا}$$

$$1 \times 2$$

$$\text{سرعة الجسم الثابت بعد التصادم} = \frac{1 \times 2}{3}$$

$$= 0.66 \text{ أي ان الجسم الثابت سيكتسب سرعة مقدارها } 0.66 \text{ م/ثا}$$

التغذية الراجعة البيوميكانيكية الراجعة لنتيجة الأداء

متطلبات الخوض في هذا الموضوع

- الخبرة المتراكمة من المصادر العلمية والمعلومات النظرية المتوفرة عن ونوع المتغيرات وقيمتها.
- توفر بعض الأجهزة والأدوات التي تساعد في إنجاز الموضوع ومنها أجهزة قياس القوى والحاسوب والتصوير السينمائي أو الفديوي بالسرعات العالية ٦٤ صورة في الثانية فما فوق.
- توفر عينة ممكن أن تكون قد استثمرت متطلبات الحركة الأخرى بنجاح مثل المسافة المتبقية من المسابقة.
- توفر البرمجيات المناسبة لتحليل المتغيرات واستنتاج المعارف

معنى التغذية الراجعة:

لقد أكد العديد من الخبراء وجود بعض المتغيرات التي تؤثر بشكل مباشر في العملية التعليمية ومنها التغذية الراجعة باعتبارها احد الشروط الهامة والأساسية لإحداث عملية التعليم. فقد دلت الكثير من نتائج الدراسات على أن معرفة المتعلم بنتائج تعليمه تساعده على تحسين إنتاجه، فيما يكون عدم معرفة المتعلم بنتائجه قد يعيق تعلمه وفي ذلك يشير الخبراء إلى أن معرفة النتائج تعد من أنواع التغذية الراجعة التي تجعل بالامكان الحصول على التطور المعرفي والمهاري. وتشير نتائج بعض الدراسات إلى أن تقديم التغذية الراجعة إلى المتعلمين تؤدي إلى حدوث تأثير فعال وإيجابي لديهم، إذ تزداد أهمية ذلك بالنسبة للمتعلم المبتدئ وتساعد في سرعة تعلم المهارة الحركية والاستمرار في التدريب من اجل الحصول على النتائج المطلوبة.

اتفقت المصادر على أن المعلومات عن نتائج الحركة (Knowledge of Results) عبارة عن معارف تتضمن النتائج المستخلصة بعد إنجاز الحركة وهي تختلف عن (Knowledge of performance) والتي بمعنى معلومات عن الأداء حيث تختص هذه بطبيعة ومواصفات الأداء الحركي هناك دراسات سابقة منها دراسة Lyle. K. Sanderson et al.

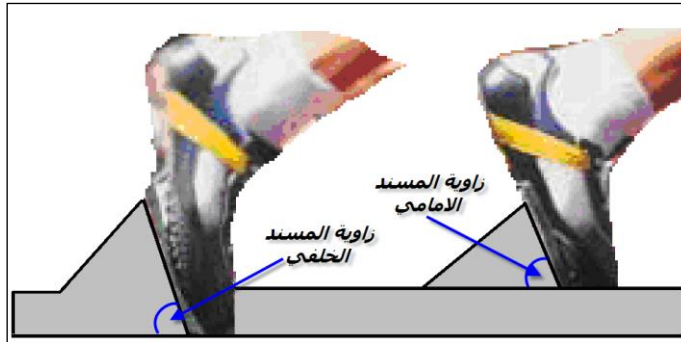
بعنوان:

(Development of apparatus to provide immediate accurate feedback to sprinters in the) normal training environment)

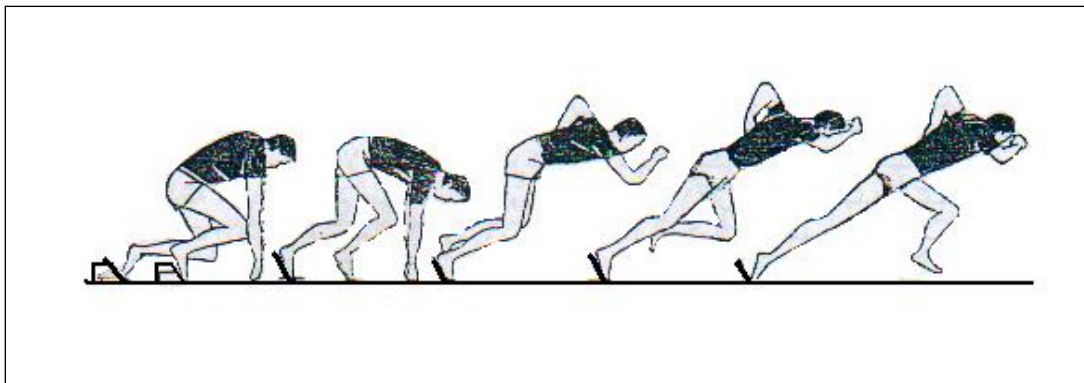
هذه الدراسة عبارة عن مشروع لتطوير جهاز البدء بالركض، وقد تناولت الدراسة بناء جهاز سمي بـ(ساسكاجوان) وهو مشروع تعاوني بين مجموعة من الباحثين في جامعة ساسكاجوان وشركة الالكترونيات

في كندا، كان الهدف من بناء الجهاز هو تأمين التغذية الراجعة الكينماتيكية والكيناتيكية للاعب والمدرب في ميدان التدريب.

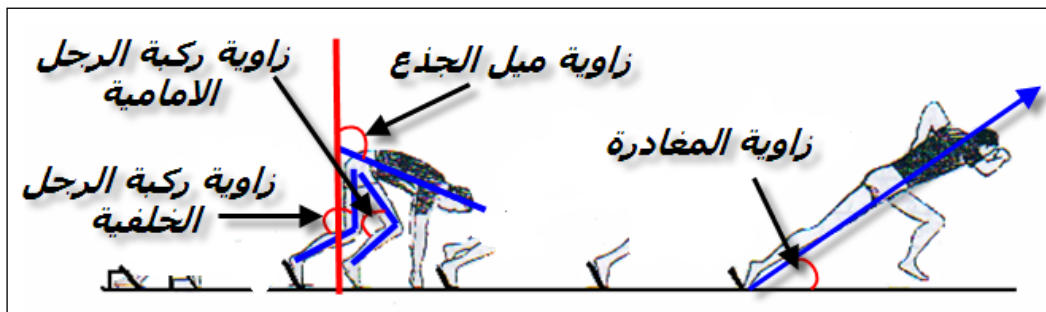
الجهاز عبارة عن صحن راداري مثبت خلف البدء على بعد مناسب وموجه مباشرة إلى اللاعب، وترتبط مساند البدء والصحن الراداري بكومبيوتر، ولتحفيز جهاز قياس القوتين العمودية والأفقية بمسدس اطلاقه البدء، حيث يتم تكوين معلومات نظرية على شكل منحنيات بيانية لدالة القوة-الزمن مع تحليلها و تخزينها، ويؤمن الصحن الراداري دراسة لعوامل التعجيل وتغيرها مع كل خطوة ويمكن ملاحظة هذه التغيرات في منحنيات بيانية أخرى.



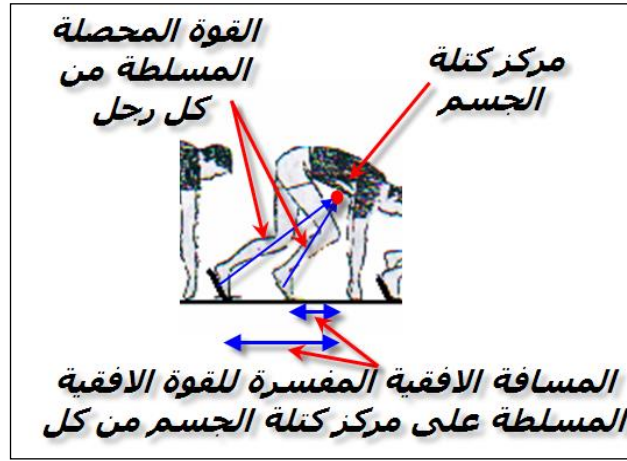
الشكل (٣-٧٨) : يوضح مسندي البدء



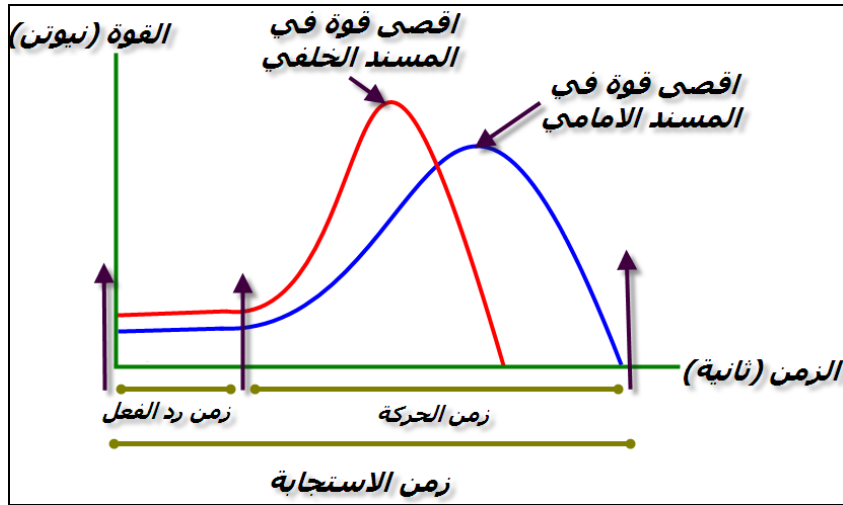
الشكل (٣-٧٩) : يوضح حركة الركض السريع من البداية المنخفضة



الشكل (٣-٨٠) : يوضح بعض المتغيرات الكينماتيكية التي يمكن اعتمادها في التغذية الراجعة



الشكل (٣-٨١) : يوضح بعض المتغيرات الكيناتيكية التي يمكن اعتمادها في التغذية الراجعة



الشكل (٣-٨٢) : يوضح بعض المتغيرات الكيناتيكية ودالة القوة-الزمن (الدفع)

منصة قياس القوى:

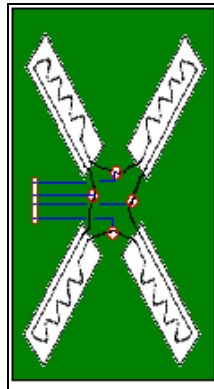
ان منصات قياس القوة عبارة عن اجهزة لتسجيل مقادير القوة الداخلية المتولدة باثر من الانقباضات العضلية عند الحركة وعند الاستقرار أي ان لهذه المنصات القابلية على قياس القوة الثابتة مثل جهاز الداينوموتر الرقمي ، وتعمل هذه المنصات بأسلوب الضغط المسلط على موضع معين وتتواجد في هذه المواضع متحسسات (Strain gauges) او (Load Cell) وهي اجهزة لها القابلية على التحسس باختلاف مقادير القوى المسلطة على المواضع المثبتة عليها.



الشكل (٣-٨٣) : يوضح جهاز منصة القوة مع الاجهزة الملحقة

تم تثبيت المتحسسات (Strain gauges) في مساند البدء وبواقع (٤ متحسسات) لكل مسند، ووضعت على شكل قنطرة لتحسس توازن القوة العمودية (ناقلتين لكل جهة من جهتي المسند)، إذ ارتبط كل مسند بوساطة موصلات سلكية بجهاز مفسر الجهد (التناظري) الحادث في ناقلات التحسس في المسندين لنقلها بعد تكبير الإشارات وتحويلها إلى الحالة الرقمية إذ تنقل الأخيرة إلى الحاسوب على شكل معلومات إلى مدخل في الحاسوب (قناتين) لتخزن في الذاكرة (RAM) على مواقع تسمى عناوين في شكل بيانات بهيئة أرقام (ستة عشرة) تعمل في مدى (FF-٠٠) تطابق الأرقام العشرية (٢٥٥-٠) لا يمكن تجاوزه في هذه الحاسبات وبذلك فإن أقصى جهد مسلط يتحملة الجهاز يكون مساويا إلى (٩.٨١ × ٢٥٥) نيوتن . تعتمد على القيم المخزونة في هيئة أرقام (ستة عشرة) بعد تحويلها إلى الأرقام العشرية كمقادير للقوة. ويوضح الشكل السابق انسياب المعلومات للأجهزة الثلاثة (جهاز التحسس بالاطلاقة، منصة القوى و الحاسوب). تبلغ الفترة الزمنية لنقل معلومة جهد مسلط على المسند (تحسس بالقوة أو القراءة) من المسند إلى العناوين في الحاسوب زمنا قدره (٠.٠٠١٣ ثانية)

إن القياسات الوزنية الموضوعة على المسند وزيادات متدرجة من (٥ كغم إلى ٥٠ كغم) تعطي قيما رقمية على شاشة الحاسوب ويمكن تنظيمها لكي تمثل كل قيمة وزنية قياسية رقما مماثل، وتعطي مقارنة نتائج القياسات الحقيقية بنتائج القيم الرقمية على شاشة الحاسوب دلالة على خطية الجهاز، وتمت معايرة الجهاز للتوصل إلى قيم رقمية صحيحة بقدر الامكان بعد تحويلها إلى أوزان بوحدات القوة (نيوتن).



الشكل (٣-٨٤) : يوضح مشهد من خلف مسند البدء مع المتحسسات الاربعة

يكون جهاز منصة القوة في حالة عمل دائم (انتقال مستمر للمعلومات من ناقلات التحسس إلى الحاسوب) ولا يتم تكوين البيانات في ذاكرة الحاسوب إلا بعمل جهاز التحسس بصوت الاطلاقة حيث يعمل هذا الأخير مع الاطلاقة للسماح بتراكم متتال للبيانات في عناوين ذاكرة الحاسوب بين معلومات المسندين.

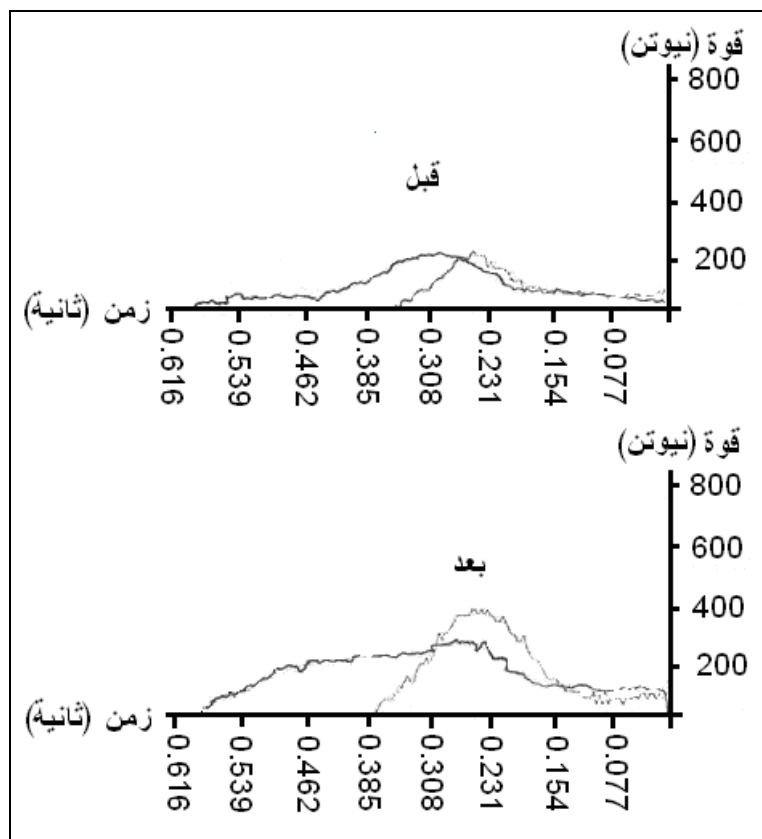
التزامن بين منصة قياس القوى وآلة التصوير السينمائي:

نستطيع وضع تعريف بسيط للتزامن بأنه اشتراك جهازين مختلفين كل له هدف مختلف عن الآخر ولكنهما ينقلان حقيقة حدوث الظاهرة نفسها (مثل آلة التصوير ومنصة قياس القوى) فآلة التصوير تخصص لإيجاد الزوايا والمسافات ويمكن كذلك الزمن وما يشق منها مثل السرعة والسرعة الزاوية والتعجيل وجميع

المصطلحات التي لتشارك فيها مصطلح القوة، أما جهاز قياس القوى فيخصص لإيجاد مقادير القوى الأفقية والعمودية والمحصلة واتجاهاتها وتأثيرها . ويعني التزامن هنا إيجاد التداخل الزمني الحادث بين الجهازين فآلة التصوير تنقل الصور إلى الكاميرا بمقدار ٦٤ صورة في الثانية أما جهاز قياس القوى فتنتقل المعلومة من المنصة الواحدة إلى الحاسوب في زمن مقداره ٠.٠٠١٣ ثانية بين معلومة وأخرى. والزمن بينا أي صورتين سيكون ٠.٠٠١٥٦٢٥.

ومعنى ذلك تطابق زمن كل (١٢ قراءة) في جهاز منصة القوة زمن صورة واحدة في جهاز التصوير السينمائي والبالغ (٠.٠١٥٦ ثانية).

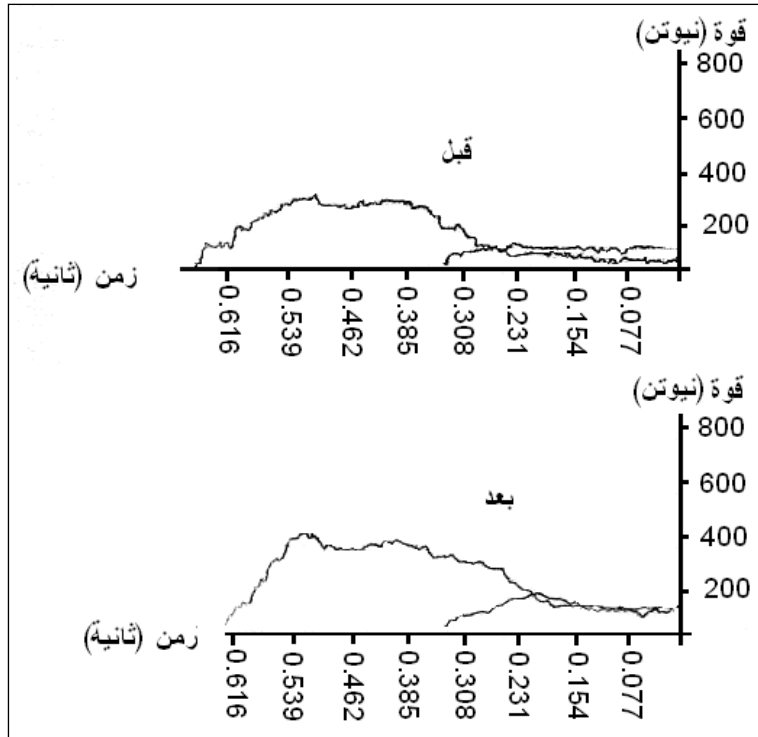
أما من أين نبدأ بالتزامن أو ننتهي فيكون باختيار نقطة واضحة بين الجهازين فمن الممكن مراقبة المسند الأمامي إذ عندما يترك اللاعب هذا المسند في الصور السينمائية يسجل خط القوة صفرا أو اختيار البدء من خلال دخان الطلقة أو صوته إذ أن المنصة مرتبطة بالمسدس لتسجيل أول معلومة.



الشكل (٨٥-٣) : يوضح متغيرات اللاعب الاول قبل التغذية البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

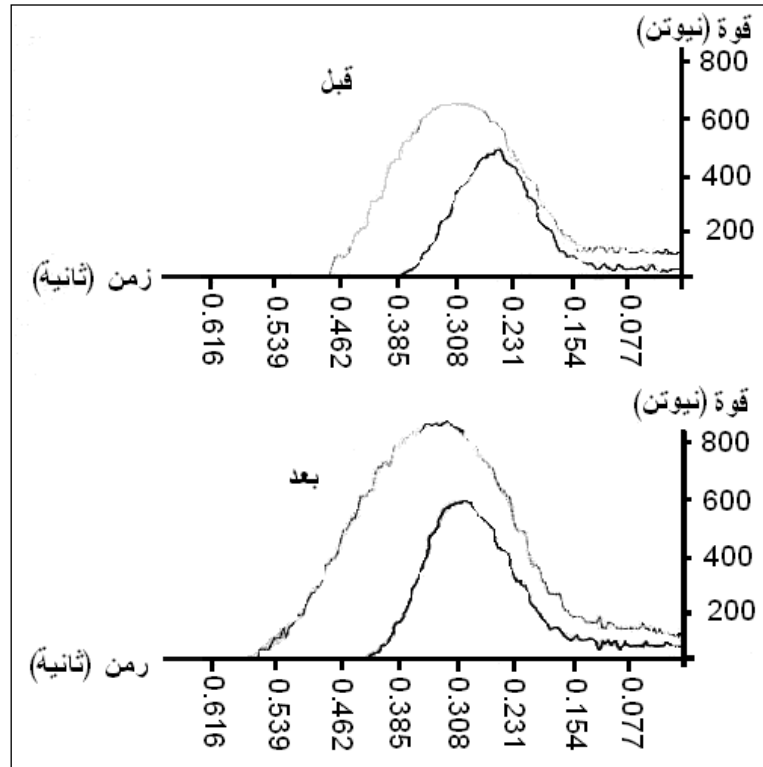
يلاحظ في الشكل أعلاه إن اللاعب يستخدم قوتان متساويتين في المسندين، ويصح أن تظهر القوة الكبيرة في المسند الخلفي (اول مسند يترك) ، ويرجع سبب ذلك إلى الزاوية الكبيرة في مفصل الركبة - امتداد -

حيث (يجب أن تتراوح هذه الزاوية بين ١١٠-١٢٠ درجة ، وتساهم زاوية الركبة في المسند الخلفي إظهار القوة القصوى العمودية في المسند الأمامي)



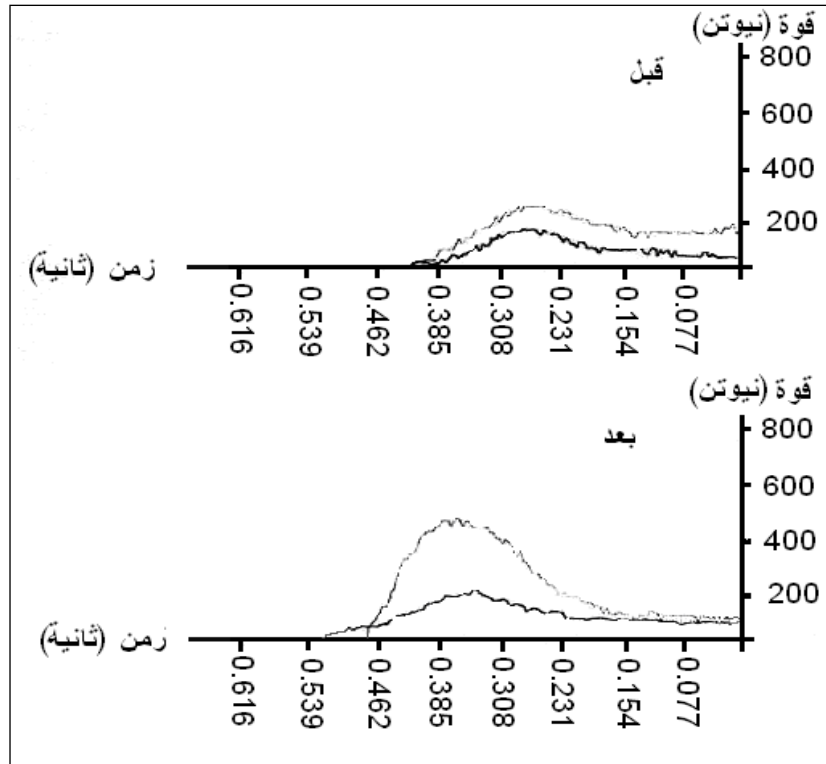
الشكل (٣-٨٦) : يوضح متغيرات اللاعب الثاني قبل التغذية البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

يلاحظ في الشكل أعلاه أن اللاعب يرفع رجله عن المسند، ويصح دفع المسند كما يظهر أن زمن رد الفعل وزمن الاستجابة كبيرين مقارنة بالأشكال الأخرى، ويحدث ذلك بسبب (تقارب أو زيادة ارتفاع الكتف عن الورك -زاوية الجذع- مما يسبب استقرار لمركز ثقل الجسم مما يحتاج اللاعب إلى إزاحة زاوية كبيرة لإخراجه من حدود قاعدة الارتكاز ويحدث الجذع مع الأفق زاوية في متوسطها ٢٣ درجة)



الشكل (٣-٨٧) : يوضح متغيرات اللاعب الثالث قبل التغذية البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

يلاحظ من الشكل أعلاه انه لاعب جيد ويتمتع بقوة في المسندين متناسبة لأدائه، ويحدث أن عدم تزامن قمم القوتين في المسندين يفيد اللاعب في تتابع دفعات القوة لتحريك الجسم، إذ يبدأ الجسم بالامتداد عندما يظهر العمل الديناميكي للفخذ الأمامية).



الشكل (٣-٨٨) : يوضح متغيرات اللاعب الثالث قبل التغذية البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

يلاحظ من الشكل أعلاه أن اللاعب يؤدي قفزة في ترك المسندين وهذا يتضح من تقارب زمن الاستجابة - نهاية المنحني البياني في المسندين حيث يحدث (التغيير الفعلي في زاوية الركبة الأمامية حينما تتعدى ركبة القدم الخلفية الرجل الأمامية). كما يتضح من نفس الشكل أن الانخفاض الانسيابي للمنحنى يدل على بطء في عملية دفع المسند، ويصح عند وصول المنحنى لقمته أن يحدث انخفاض على شكل قطع مباشر نحو الأسفل بقدر الامكان ويدل هذا الأداء على سرعة سحب الرجل إلى الأمام.

متطلبات التحليل الحركي

يمكننا إيجاز هذه المتطلبات الى عدة نقاط وهي:

- ١- معرفة الهدف من دراسة المهارة او الفعالية قيد الدراسة .
- ٢- التعرف على المراحل الفنية للمهارة او الفعالية المطلوبة.
- ٣- مراجعة في المصادر والدراسات السابقة لتحديد المتغيرات البايو ميكانيكية.
- ٤- تصميم الميدان التجريبي وفقا للمتغيرات المطلوب تحليلها.
- ٥- توفير الأدوات والبرمجيات اللازمة لتحديد المتغيرات البايو ميكانيكية.
- ٦- الرجوع الى القوانين الميكانيكية والعلوم الاخرى لتفسير النتائج.

تحديد الهدف من الدراسة وفقا للمهارة او الفعالية المطلوبة:

قبل البدء بأي إجراء يتطلب من الباحث تحديد هدف البحث بعد ملاحظة المشكلة والتأكد من توقع أولي لحل المشكلة بدراسة متغيرات بايوميكانيكية.

التعرف على المراحل الفنية للمهارة او الفعالية المطلوبة:

لكل مهارة او فعالية مراحل فنية تصف الحركة من بدايتها حتى نهايتها وعلى الباحث ذكر المراحل بغض النظر عن خضوع جميع هذه المراحل للدراسة ، ثم عليه توضيح المرحلة المطلوبة.

مراجعة في المصادر والدراسات السابقة لتحديد المتغيرات البايوميكانيكية:

على الباحث ان ينطلق من المصادر والدراسات السابقة والمشابهاة لوضع عدد من المتغيرات المهمة التي تتحكم بالحركة المطلوبة ، رغم انه قد اطلع على المراحل الفنية في فقرات سابقة إلا ان المطلوب في هذه المرحلة ان يتقصى عن المتغيرات التي تؤثر فعلا في الحركة.

تصميم الميدان التجريبي وفقا للمتغيرات المطلوب تحليلها:

وفقا للمتغيرات المطلوبة يمكن تحديد ميدان للتجربة من حيث كادر العمل والأدوات اللازمة مثل آلة التصوير وعددها وتحديد مواقع هذه الآلات وفقا للأبعاد الهندسية المطلوبة العمل وفقا للبعد الثنائي او البعد الثلاثي.

توفير الأدوات والبرمجيات اللازمة لتحديد المتغيرات البايوميكانيكية:

بعد الحصول على المعطيات من عينة البحث يجب ان تخضع هذه المعطيات التي تم الاحتفاظ بها في أقراص او كاسيتات للبرامج ربما تكون اغلبها في الحاسوب لغرض تحويلها إلى قيم رقمية صالحة للمعالجة والتفسير

الرجوع الى القوانين والعلوم لتفسير النتائج:

لحل المشكلة وبناءا على الافتراضات والإطار النظري المسبق يجب الاعتماد على النظريات والقوانين لتفسير النتائج ومن هذه العلوم ، الفيزياء ، الرياضيات ، التشريح وغيرها .

مثال:

لحل مشكلة تدني مستوى الانجاز الرقمي في فعالية الوثب الطويل لدى (فئة معينة جلبت اهتمام الباحث) ، نتبع الخطوات الآتية.

١- ان الهدف من هذه الدراسة هو تقديم النصائح الممكنة لتطوير الانجاز الرقمي من خلال إيجاد مكانم الضعف بمعالجة بايوميكانيكية لتصحيحها ومكان القوة لتعزيزها

٢- ان المراحل الفنية لهذه الفعالية وفقا للمصادر تتكون من (سرعة الاقتراب ، الارتقاء ، الطيران ، الهبوط)

٣- أبدت الدراسات السابقة اهتماما كبيرا بسرعة الركضة التقريبية فلقد أوضحت بعضها ان السرعة المثالية في هذه المرحلة تراوحت (٨) متر لكل ثانية تم دراستها وفقا للمسافة المقطوعة في وحدة الزمن ، كما ذكرت مصادر أخرى ان قياس السرعة في هذه المرحلة بنيت على طول وتردد الخطوات ، كما تبين ان الخطوات الثلاث قبل الارتقاء لم تكن متساوية اذ كانت الخطوة قبل الارتقاء اقصر من سابقتها وذلك لإعطاء مركز كتلة الجسم ارتفاعا عموديا مناسباً (مركبة عمودية) فضلا عن المركبة الأفقية ولقد ذكرت المصادر بعض المصطلحات مثل (ابتعاد مركز كتلة الجسم عن نقطة استناد قدم الارتقاء لحظة التماس) وكذلك زاوية الهبوط ، وعندما ينتقل اللاعب إلى الاستناد الخلفي يحسب له أيضا الإزاحة الأفقية وكذلك زاوية النهوض وسرعة الانطلاق والأزمنة والعديد من المصطلحات. فيحدد الباحث جميع هذه المصطلحات ويعد قائمة بها لغرض اعتمادها في التحليل. كما عليه ان يطلع على الدراسات المشابهة كفعالية الوثبة الثلاثية .

٤- تبين ان هذه المتغيرات يمكن إيجادها باعتماد آلة تصوير واحدة توضع من الجانب القريب لرجل الارتقاء وعمديا عليها أي الاكتفاء بالبعد الثنائي ، وربما دعت الحاجة إلى استخدام آلة أخرى لضبط سرعة الاقتراب ، ويجب ألان إجراء تجربة استطلاعية بسيطة لضبط موقع التجربة من حيث عدد الآلات المطلوبة ومقياس الرسم ان دعت الحاجة إليها وكذلك النقطة النسبية او نقطة ثابتة ، وإذا تطلب الأمر إجراء تداخل بين التي التصوير في حالة استخدام أكثر من آلة.

٥- بعد تصوير الفعالية او مرحلة من مراحلها يمكن نقل الفلم إلى الحاسوب وفقا لإمكانيات آلة التصوير اذ ان البرامج الملحقة والتي تباع مع آلة التصوير كفيلة بنقلها إلى الحاسوب من خلال مخارج (AV) او (Studio) او (USB) اذ يتم تحويلها إلى الحاسوب ، ان نقل الفلم من آلة التصوير إلى الحاسوب يتم بإحدى الطريقتين الأولى عن طريق كارت (بطاقة) خاصة تنصب داخل الحاسوب ويتم التعرف عليها كمكون مادي ومعها البرنامج الخاص بنقل الفلم الى الحاسوب اما الطريقة الثانية فهي مباشرة من خلال منافذ متاحة مثل (USB) مع البرنامج الخاص الملحق مع آلة التصوير اذ يتم التعرف عليها أيضا كمكون مادي. ولايكتفي الباحث بذلك بل يجب توفر برامج أخرى خاصة بتقطيع الفلم إلى صور متسلسلة وبرامج أخرى لغرض إيجاد الزوايا والأبعاد والأزمنة وبرامج أخرى لمعالجة النتائج ميكانيكيا او هي برامج يمكن ان تكتب قوانين خاصة على شكل معادلات لغرض معالجة القيم الرقمية المستنتجة ، وبرامج أخرى للإخراج الفني كالصور المتسلسلة والمنحنيات وبرامج أخرى للمعالجة الإحصائية وبرامج الطباعة.

٦- ان الاعتماد على النظريات هو الحل الأمثل للتفسير اذ قد تكون النتائج الإحصائية غير كفيلة بتفسير النتائج فيلجأ الباحث الى القوانين مثل قوانين نيوتن في الحركة والعوامل المؤثرة فيها وقوانين المثلاث والعتلات والوضع التشريحي الأمثل للعضلات والمفاصل . ان الإحصاء يقدم الحلول الصحيحة فقط عند السيطرة على العوامل الدخيلة .

ملاحظات مهمة:

لقد تمكنت بعض الدول العربية من امتلاك معامل للتحليل الحركي ونسعى حاليا الى امتلاك مثل هذه المعامل التي تحتوي على تقنيات عالية مزدوجة الاستخدام أي إن العلوم الأخرى كالتطب والهندسة يستفاد منها ولقد خصصت برمجيات متنوعة او مختلفة في هذا الاتجاه من معالجات البعد الثنائي الى معالجات البعد الثلاثي مثل برامج (DARTFISH) و (APAS) وان هذا الأخير قد تميز عن البرامج السابقة بمميزات كثيرة يطول شرحها حاليا ولكن ببساطة يتم إيجاد بعض المتغيرات بل اغلبها دون تدخل الباحث. ولقد وضعت في مكتبي الالكترونية بعض الإيضاحات.

قبل التصوير:

- ١- طبعا أنت بحاجة إلى آلة تصويريفضل ان تكون عالية السرعة مع برنامج للتحليل الحركي .
- ٢- والى ميدان للتصوير عينة للتصوير
- ٣- والى متطلبات أخرى تحتاجها في ميدان التصوير مثل الخلفية والعلامات اللاصقة ومقياس الرسم ولوحات ترقيم وأدوات أخرى بحسب متطلبات الفعالية او الحركة او المهارة

بعد التصوير:

- ١- أنت بحاجة إلى حاسوب
- ٢- أنت بحاجة إلى بطاقة معروفة كمكون مادي في الحاسوب لغرض إنزال الفلم إلى الحاسوب
- ٣- او مكون مادي آخر معرف من خيارات آلة التصوير

البايوميكانيك والتدريب الرياضي:

تعد الشدة من مكونات حمل التدريب وتتنوع أدوات قياسها أو تقنيها فيما تقاس بالزمن أو بالوزن أو بالمسافة ، ففي ركض ١٠٠ متر تقاس الشدة بالزمن كإنجاز قصوي ويتم تحديد الشدة المطلوبة بطريقة التناسب العكسي ، فمثلا إنجاز لاعب ١٠٠ متر كان (١٠ ثانية) لتكرار هذا الإنجاز بشدة أقل من القصوي ولنفترض (٩٥%) يتم إتباع الطريقة العكسية في التناسب وذلك لأن الزمن يتناسب عكسيا مع الشدة أي كلما قلت الشدة زاد الزمن

الانجاز (ثانية)	الشدة %
١٠	١٠٠
س	٩٥

$$100 \times 10$$

$$\frac{\quad}{95} = \text{س}$$

$$\text{س} = 10.53 \text{ ثانية الزمن المطلوب انجازه وتكراره بشدة } 95\%$$

في الفعاليات التي تتطلب قياس الشدة فيها بالوزن أو المسافة أو السرعة فإن الطريقة المتبعة هي طريقة التناسب الطردي ، ويمكن تقنين الشدة من خلال قانون معدل السرعة

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

أن معدل سرعة اللاعب أعلاه سيكون ١٠ م/ثا ويمكن تقنين الشدة وفقا للسرعة بطريقة التناسب الطردي (ضرب الطرفين في الوسطين) وذلك لأن السرعة تتناسب طرديا مع الشدة أي كلما قلت الشدة قلت السرعة والعكس صحيح

السرعة (متر/ثانية)	الشدة %
١٠	١٠٠
س	٩٥

$$95 \times 10$$

$$\frac{\quad}{\quad} = \text{س}$$

س=٩٠.٥٠ مائتا السرعة المطلوبة انجازها بشدة ٩٥%

كما يمكن حساب معدل السرعة وفقا لمصطلح الخطوة

معدل السرعة = معدل طول الخطوة × ترددها

ولتطبيق ذلك يتم قياس عدد الخطوات وإيجاد معدل طول الخطوة بقسمة عددها على المسافة ولنفرض ان عداء استطاع إنهاء السباق بعدد (٤٥ خطوة) وعند قسمة المسافة (١٠٠ متر) على عدد الخطوات نحصل على (٢.٢٢ متر/خطوة) معدل طول الخطوة ، ويلاحظ ان وحدة قياس معدل طول الخطوة هي (متر/خطوة)

$$\begin{array}{rcl} \text{المسافة} & & \\ \text{_____} & = & \text{معدل طول الخطوة} \\ \text{عدد الخطوات} & & \\ 100 & & \\ \text{_____} & = & \text{معدل طول الخطوة} \\ 45 & & \end{array}$$

معدل طول الخطوة = ٢.٢٢ متر/خطوة

أما تردد الخطوات فهي عدد الخطوات في وحدة الزمن أي نقسم عدد الخطوات على الزمن النهائي (الانجاز) والنتاج هو (٤.٥٠ عدد/ثانية) أي ان اللاعب يقطع (٤) خطوات ونصف الخطوة في كل ثانية

$$\begin{array}{rcl} \text{عدد الخطوات} & & \\ \text{_____} & = & \text{تردد الخطوة} \\ \text{الزمن} & & \\ 45 & & \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{_____} & = & \text{تردد الخطوة} \\ 10 & & \end{array}$$

تردد الخطوة = ٤.٥ خطوة/ثانية

أما معدل السرعة فيتم حسابها على الشكل الآتي:

$$\text{معدل السرعة} = \frac{2.22}{\text{خطوة}} \times \frac{\text{خطوة}}{4.50} \times \frac{\text{متر}}{\text{ثانية}}$$

معدل السرعة = ٩.٩٩ م/ثا (الاختلاف البسيط جدا يعود الى التجزئة في بعض الأرقام)

ويحسب زمن الخطوة من لحظة الارتكاز إلى لحظة قبل التماس للخطوة القادمة (زمن الارتكاز + زمن الطيران) أما طول الخطوة فيمكن حسابه من مشط قدم اليمين إلى مشط القدم اليسار (لحسابات زمن التماس والطيران من مشط القدم اليمين الى كعب القدم اليسار) ، وفي حسابات الطول والتردد يحدث في الميدان عند خطة النهاية ان لا تكتمل خطوة أي ان الخطوة تكتمل بعد خط النهاية فيترك معالجة ذلك إلى المحلل مع الأخذ بنظر الاعتبار المسافة بعد خط النهاية وزمن الانجاز.

ان قياس السرعة تم على اعتبار ان الحركة منتظمة (أي ان المسافة الكلية تمت قسمتها على الزمن الكلي) وان القياس الصحيح هو تجزئة المسابقة إلى مسافات كون ان مراحل عدو ١٠٠ متر تبدأ برد الفعل ثم تزايد السرعة ثم السرعة القصوى ثم مطاولة السرعة وتغيير السرعة وفقا لهذه الأجزاء ومن عداء الى اخر وحينذاك تكون الحركة غير منتظمة ويكون حساب السرعة صحيحا .

وعندما نطلب من العداء في تقنين شدته إلى ٩٥% فانه (وبنسبة إدراك معينة منه) سيجري بعض التعديلات على أطوال الخطوات وتردداتها لكي ينهي سباقه بزمن أكبر من زمنه السابق أو بسرعة أقل من سرعته السابقة لإغراض التكرار، فهل يمكن تدريب العداء وفقا لطول وتردد الخطوات ؟ نعم هناك مجموعة من الدراسات اهتمت بإطالة الخطوة أو زيادة ترددها وكان الغرض منها هو تطوير السرعة كما استخدمت العديد من الدراسات المرتفعات صعودا ونزولا لغرض تطوير وكسر حاجز السرعة.

يقع على العداء واجب التوافق بين طول الخطوة وترددتها إذ تكون الخطوات الأولى قصيرة وتتغلب زمن الارتكاز على زمن الطيران وما يلبث ان يتغير هذا التوقيت فتطول الخطوات ويقل زمن الارتكاز وتعتمد ذلك في بعض المسابقات على اعتدال الجذع ويلاحظ ان السرعة القصوى يمكن اكتشافها من خلال تساوي أطوال الخطوات كل هذه الأمور يجب الأخذ بها وتوقيتها وفقا للعمل العصبي العضلي.

وطالما ان معدل السرعة يقيس عاملين بينهما علامة الضرب إذن يمكن ان يزيد احد العاملين مع نقصان العامل الآخر للحصول على السرعة نفسها وهذا يعود إلى الفروق الفردية في عاملي الطول والقوة المبذولة بين العدائين.

الكتلة كنظام لتقنين الشدة:

كمية الحركة في حساب الزمن

ان الغرض من إدراج كمية الحركة كنظام بايوميكانيكي لتقنين الشدة هو وضع كتلة اللاعب ضمن النظام ، فهل يمكن استخدام كمية الحركة في حساب الزمن كنظام لتقنين الشدة (ورغم إننا سنراعي الكتلة ونخطأ في حسابات السرعة لأننا سنفترض ان السرعة منتظمة وهي بغير ذلك) فإننا نحصل على الزمن نفسه عند عكس المعادلة ، مما يدل على عدم جدوى استخدام كمية الحركة للاستفادة من كتلة اللاعب في تقنين الشدة فضلا عن سرعته.

$$\text{كمية الحركة} = \text{الكتلة} \times \text{السرعة}$$

لو افترضنا ان كتلة عداء ١٠٠ متر هو ٧٠ كغم وان معدل سرعته ١٠ م/ثا (وفقا لجهاز Sport Radar) فان ما يمتلكه من الزخم تساوي (٧٠٠ كغم.م/ثا) وإذا كانت السرعة تساوي المسافة على الزمن فعكس المعادلة هو جعل الزمن مجهولا



Sports Radar Gun

الشكل (٣-٨٩) : يوضح مسدس رادار السرعة

$$\begin{aligned} & \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} \times \text{الكتلة} = \text{كمية الحركة} \\ & \frac{\text{الكتلة} \times \text{المسافة}}{\text{كمية الحركة}} = \text{الزمن} \end{aligned}$$

$$\frac{100 \times 70}{700} = \text{الزمن}$$

الزمن = ١٠ ثانية

الطاقة الحركية في تقنين الشدة:

كما يمكن احتساب الطاقة الحركية كأنظمة لتقنين الشدة فمن الممكن ان يحصل عدائين على الزمن نفسه رغم امتلاكهما كتل وسرع مختلفة كما حدث في كمية الحركة إلا ان الطاقة الحركية تعظم السرعة وتتصف الكتلة وهذه الحسابات ستؤدي إلى بعض الأخطاء في حساب الزمن الحقيقي وربما بالتجارب تكون هذه الحسابات هي الصحيحة تدعم نظرية الطاقة الحركية علم التدريب الرياضي من خلال القانون البايوميكانيكي الآتي:

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{1}{2} \times \text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2$$

الطاقة الحركية لعدائنا السابق الذي يمتلك ١٠ ثانية في مسافة ١٠٠ مثلا وكتلته ٧٠ كغم هي :

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2}{2}$$

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{70 \times (10)^2}{2}$$

الطاقة الحركية = ٣٥٠٠ جول الطاقة الحركية عند شدة ١٠٠ %

فلو أريد لهذا العداء ان يتدرب بـ (٩٥%) من طاقته الحركية:

$$٩٥\% \text{ من طاقته الحركية} = ٣٥٠٠ \times ٠.٩٥$$

$$= 340.5 \text{ جول تمثل شدة } 95\% \text{ من طاقته الحركية الكلية}$$

ويمكننا عكس المعادلة للتأكد من تطابق الزمن الناتج مع الزمن السابق المحسوب بطريقة التناسب العكسي أو الطردي :

$$\frac{\text{الطاقة الحركية}}{\text{الزمن}^2} = \frac{\text{الطاقة الحركية}}{\text{الزمن}^2} \times \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة}} \times \frac{\text{المسافة}^2}{\text{المسافة}^2}$$

$$340.5 = \frac{(100)^2}{\text{الزمن}^2} \times 70 \times \frac{1}{2}$$

$$\frac{(100)^2 \times 35}{\text{الزمن}^2} = 340.5$$

$$\frac{(100)^2 \times 35}{340.5} = \text{الزمن}^2$$

$$\frac{350000}{340.5} = \text{الزمن}^2$$

ن = 10.14 ثا الشدة المطلوبة للتدريب بنسبة 95% ، وهذا الزمن يختلف عن الزمن الذي تم إيجاده بطريقة التناسب العكسي والذي بلغ (10.53 ثا) وان السبب في هذا التغير هو نصف كتلة اللاعب وضعف سرعته.

كيف حدث ذلك ولماذا لم يختلف الزمن في قانون كمية الحركة رغم استخدامنا لمصطلحي السرعة والكتلة ؟
الجواب بسيط وتفسرها النظرية النسبية (الخاصة) اذ أنه كلما زادت سرعة الجسم فان كتلته تزيد وتشاهد هذه

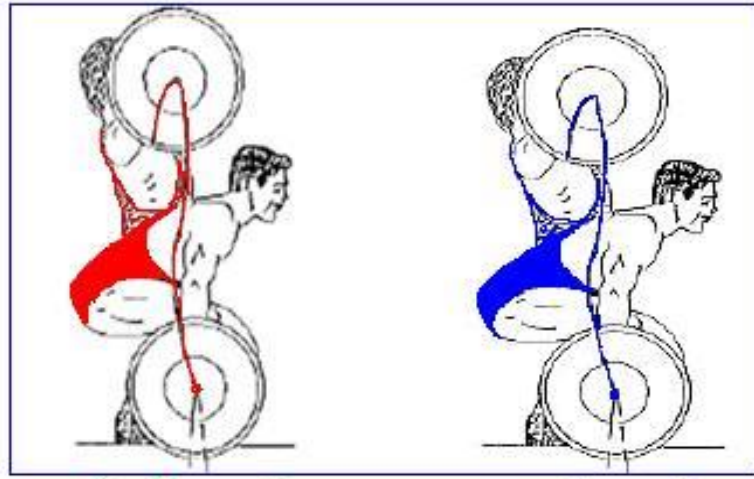
الظاهرة عمليا في معجلات الجسيمات حيث صنعت اجهزة تعطي الجسيمات الأولية كالنيوترونات والبروتونات سرعات عالية كالتي تستخدم في التجارب النووية وهذه الجسيمات والتي هي متناهية في الصغر في كتلتها تزداد كتلتها بالتدريج كلما زادت سرعتها، حتى يصل الأمر إلى استحالة زيادة سرعتها عمليا بعد حد معين من الاقتراب لسرعة الضوء. ولكن ما مدى تطبيق ذلك في المجال الرياضي ؟ باعتقادي غير مجدية.

كما يمكن حساب الطاقة الحركية الزاوية وتقنين الشدة وفقا للتثقل على الذراع مثلما يحدث في السرعة الحركية للذراعين أثناء السباق ويجب معرفة موقع الثقل الموضوع على الذراع هل هو على العضد أم الساعد؟ أم تقسيم مقدار الثقل على الجزئين؟ لان الطاقة الحركية الزاوية تعتمد على عزم القصور الذاتي أي تهتم بأنصاف الأقطار.

قوة المثير وفترة دوامه:

يمكن توظيف القوانين البايوميكانيكية في تقنين الشدة في أمثلة أخرى فمثلا في رفع الأثقال يكون التقنين بمقدار الثقل المطلوب رفعه أو التدريب عليه كرفعة ، ومن المعلومات السابقة فان الشغل والقدرة هي مواضيع يمكن ان تخدم الجانب أعلاه.

ولنفترض ان رباع يستطيع خطف ١٠٠ كغم وهذا يشكل انجازه القصوي (١٠٠%) وان التدريب بأقل من هذه الشدة ولنفترض (٩٥%) يعني ان الثقل المطلوب رفعه هو ٩٥ كغم ، هل يمكننا باستخدام قانون الشغل بتقنين الشدة ؟ الجواب نعم فيما ان الشغل يعتمد على مصطلحي القوة والمسافة (طول الرفعة محسوبا من الطلبة إلى أقصى ارتفاع للثقل فوق الرأس في القرفصاء ثم إلى فوق الرأس عند الوقوف) فلو اختلف رباعين في الطول مع حصول الاثنين على الانجاز نفسه فهل ان تقنين الشدة هي نفسها للرباعين ؟ الجواب كلا ولكن الإجابة ليست بالعملية السهلة فان تقنين الشدة هنا تنصب على سرعة الانجاز إذ ان رفع الثقل بأسرع ما يمكن هو المطلوب لان التغلب على القصور الذاتي للثقل يتطلب قدرة انفجارية. وكما واضح من الشكل ادناه ففي كل مرحلة ستختلف الشدة بين الطويل والقصير باستخدام الوزن نفسه والسرعة نفسها وتكون هذه الشدة متعلقة بالزمن أيضا وأشارت بعض المصادر الى ان سحب الثقل الى الأعلى تشكل نسبة لا تقل عن ٦٥% من طول الرباع.



لاعب طويل

لاعب قصير

الشكل (٣-٩٠) : يوضح مقارنة بين لاعبين مختلفين في الطول عند رفع الثقل

ان قانون القدرة هو أفضل مصطلح لتقنين الشدة لأنه يتعامل مع مصطلح القوة (والتي تتمثل هنا بالوزن المرفوع) والسرعة (والتي تتمثل بسرعة أداء الحركة)

$$\text{القدرة الانفجارية} = \text{القوة} \times \text{السرعة}$$

وتتعاظم القدرة بأحد المكونتين إما بزيادة القوة مع ثبات السرعة أو بالعكس أو بالتناسب النسبي

ان تقنين الشدة لا يعتمد على مقدار الثقل فقط وإنما على انتقاله أيضا ؟ ولكن ما هي السرعة المطلوبة ؟ ربما يمتلك الربّاع الطويل سرعة اكبر لطول المسافة أي إذ كان المطلوب من القصير هو التغلب على مسافة المتر خلال ثانية فان الطويل يجب ان يتغلب على اكثر من ذلك في الزمن نفسه إذا جاز التعبير ، في مثالنا الحالي فان القوة اذا كانت ثابتة للرباعين يبقى الاختلاف على التدريب بالسرعة على القوة المطلوبة ، ان قانون القدرة هو الأفضل في هذه الناحية نظريا ولكن هل يصح ذلك عمليا ؟ على الأغلب سيكون الاعتماد على قانون القدرة هي الأصح ويمكن اشتقاقه من قانون الشغل وكما موضح أدناه:

$$\text{الشغل} = \text{القوة} \times \text{المسافة}$$

الشغل

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$$

الزمن

المسافة

$$\text{القدرة} = \text{القوة} \times \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

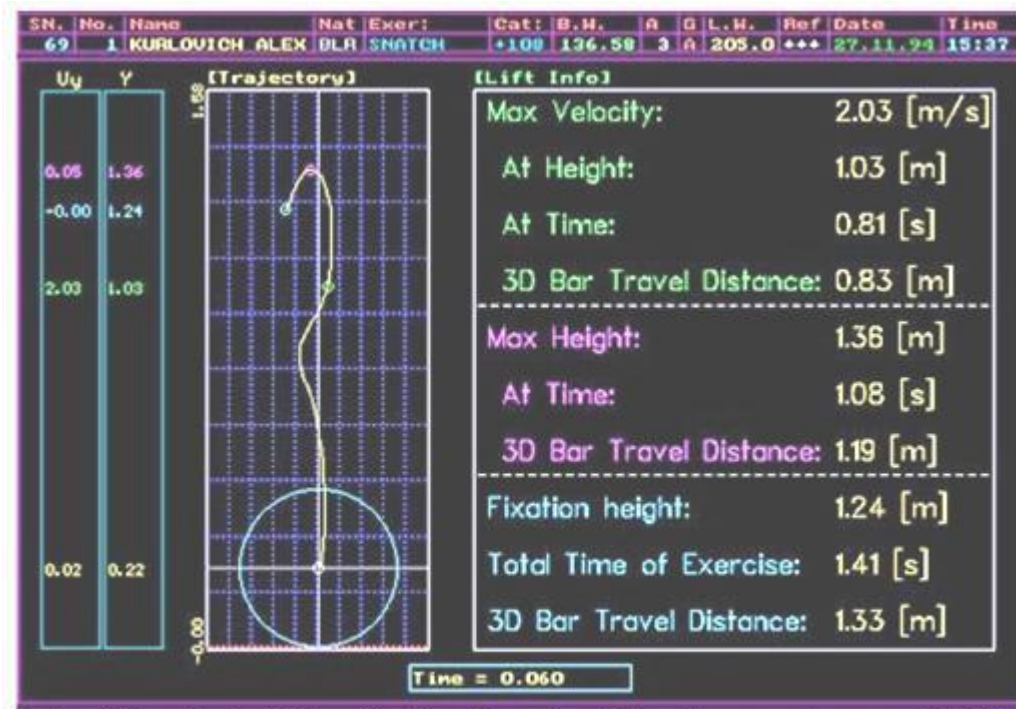
الزمن

$$\text{القدرة} = \text{القوة} \times \text{السرعة}$$

وبلاحظ من المعادلة ان المسافة ستضل ثابتة للاعب نفسه (وفي المرحلة نفسها) اذن يتم التقنين وفقا لمقدار القوة والزمن ، وتؤخذ النسبة من القدرة وتعكس واليك المثالين ادناه.

مثال

من معطيات جهاز (V-Scope VS-120 provides) تبين ان الرباع يرفع ثقل مقداره (٢٠٥ كغم) وان المسافة المطلوبة للوصول الى القرفصاء بلغت (١.٢٤ متر) وتنتهي المرحلة من لحظة انتزاع الثقل الى اقصى ارتفاع في القرفصاء بزمن قدره (١.٤١ ثا)



The barbell weight is 205 kg, lifted by Alexander Kurlovich a super heavy weight lifter from Belarus on the 1994 World Weightlifting Championships in Istanbul Turkey. This lift gave Alexander 1st place and gold medal in snatch competition

الشكل (٩١-٣) : يوضح واجهة البرنامج (V-Scope VS-120 provides)

$$\frac{1.24}{1.41} \times 9.81 \times 205 = \text{القدرة}$$

القدرة = ١٧٦٩ واط

مثال

لو افترضنا ان الكتلة المطلوب رفعها تقدر بـ(١٠٠ كغم) وان المسافة المطلوبة للمرحلة الاولى (القفصاء) لدى اللاعب القصير تقدر بـ(٠.٩٠ متر) وتنتهي المرحلة من لحظة انتزاع الثقل الى اقصى ارتفاع في القفصاء بزمن قدره (٠.٩٢٠ ثا)

$$\frac{0.90}{0.92} \times 9.81 \times 100 = \text{القدرة}$$

$$\text{القدرة} = 960 \text{ واط}$$

ولإيجاد الزمن المطلوب لشدة ٩٥% للقدرة البالغة ٩٦٠ واط هناك طريقتان

الاولى نسبة الى القدرة أي (٩٦٠ × ٠.٩٥ = ٩١٢ واط) وفي هذه الحالة تبقى القوة ثابتة

$$\frac{0.90}{\text{الزمن}} \times 9.81 \times 100 = 912$$

الزمن = ٠.٩٦٨ ثا أي حدث تقليل في الثقل (اذ بلغ ٩٥ كغم) وزيادة في الزمن بمقدار (٠.٠٤٨ ثانية)

الثانية نسبة الى القوة المطلوب رفعها أي (٩.٨١ × ١٠٠ × ٠.٩٥ = ٩٣٢ نيوتن) وفي هذه الحالة تبقى القدرة ثابتة

$$\frac{0.90}{\text{الزمن}} \times 932 = 960$$

الزمن = ٠.٨٧٣ أي حدث تقليل في الثقل (اذ بلغ ٩٥ كغم) وتقليل في الزمن بمقدار (٠.٠٤٨ ثانية)

ونستنتج مما سبق انه يمكن تحقيق مبدئين يستخدمان في التدريب وهما

- تقليل القوة مع تقليل الزمن (زيادة في قوة المثير وزيادة في فترة دوامها)
- تقليل القوة مع زيادة الزمن (زيادة في قوة المثير ونقصان في فترة دوامها)

ولو كان ارتفاع الثقل في وضع القرفصاء للاعب طويل مقداره ١.٠٢ متر ويوصل الثقل بنفس الزمن السابق فاننا نحصل على الزمن نفسه

$$\frac{1.02}{0.92} \times 9.81 \times 100 = \text{القدرة}$$

$$\text{القدرة} = 1088 \text{ واط}$$

ولإيجاد الزمن المطلوب لشدة ٩٥% للقدرة البالغة ١٠٨٨ واط أي (١٠٨٨ × ٠.٩٥ = ١٠٣٤ واط)

$$\frac{1.02}{\text{الزمن}} \times 9.81 = 1034$$

الزمن = ٠.٩٦٨ ثا أي حدث تقليل في الثقل وزيادة في الزمن وهو نفس زمن الرباع القصير

اما اذا بلغ زمن الاداء ٠.٩٨ ثانية وهذا متوقع للطويل فان الزمن يتغير وذلك بسبب تغير عاملين هما الطول والزمن

$$\frac{1.02}{0.98} \times 9.81 \times 100 = \text{القدرة}$$

$$\text{القدرة} = 1021$$

ولإيجاد الزمن المطلوب لشدة ٩٥% للقدرة البالغة ١٠٢١ واط أي (١٠٢١ × ٠.٩٥ = ٩٧٠ واط)

$$\frac{1.02}{\text{الزمن}} \times 9.81 = 970$$

الزمن = ١.٠٣ ثا أي حدث تقليل في الثقل وزيادة في الزمن

ولإيجاد الزمن المطلوب لشدة ٩٥% للقوة البالغة ١٠٠ كغم أي (١٠٠ × ٩.٨١ × ٠.٩٥ = ٩٣٢ نيوتن

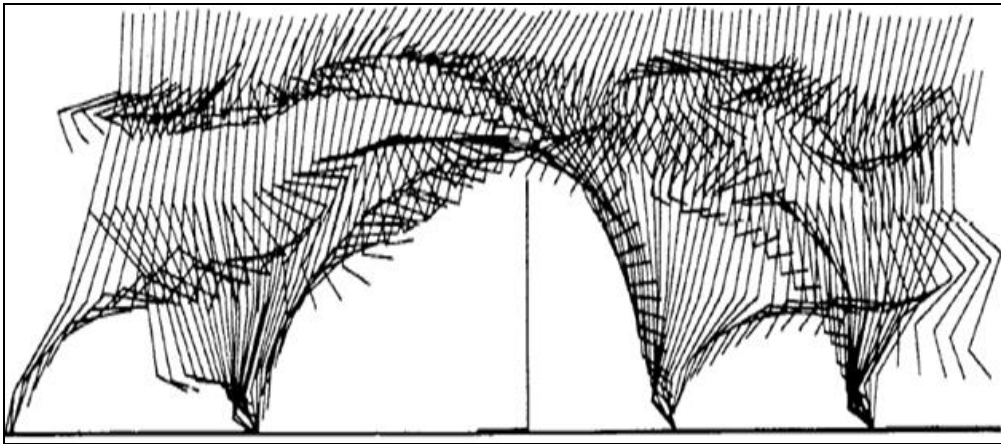
$$\frac{1.02}{\text{الزمن}} \times 932 = 1.021$$

الزمن = ٠.٩٣١ ثا أي حدث تقليل في الثقل وتقليل في الزمن

نستنتج مما سبق ان فترة دوام المثير لدى الطويل والقصير تبقى مثلما هي في حالة ثبات زمن الاداء ولو تغير زمن الاداء للطويل وهذا متوقع جدا فيتغير فترة دوام المثير ، مما يعني ان القدرة تتأثر بزمن الاداء بشكل اكبر من تأثرها بمسافة الاداء . كما تبين ان تقنين الشدة بتغيير عاملين ممكن باستخدام قانون القدرة.

الأسس الفنية والميكانيكية لركض ٤٠٠ متر حواجز:

تتميز فعالية ٤٠٠ مترا حواجز لوجود مراحل فنية خاصة بها (وكما تمت الإشارة لها في المخطط السابق) حيث أن تنفيذ هذه المراحل يجب أن يكون منسجماً مع المظاهر الكينماتيكية للأداء والهدف منها وهذه الظاهرة لايمكن أن تتحقق دون امتلاك العداء الصفات البدنية والفلسجية ولهذا فأن التدريب يجب أن ينصب في تطوير هذا العداء بشكل مشترك ، ويرى الباحث أن هذه الأسس مشتركة بين ما يجب تطبيقه من أسس فنية وما يمكن تحقيقه من شروط ميكانيكية مصاحبة لهذه الأسس يمكن توضيحها من خلال النقاط التالية :



الشكل (٣-٩٢) : يوضح تحليل حركة خطوة الحاجز

ان أسرع طريقة لاجتياز الحاجز هي الطريقة التي يرتفع بها مركز الثقل أقل ما يمكن فوق الحاجز وهذا يتطلب السيطرة على زوايا الجسم المختلفة عند الاجتياز لتقليل عزوما قصورها والتي لايمكن تطبيقها دون ترابط في قوى العضلات العاملة على هذه المفاصل.

- إن راکض الحواجز الجيد يتصف بميلان الجذع الملحوظ نحو الأمام لحظة النهوض والعبور فوق الحاجز بالتوقيت الصحيح لحركات الذراعين والرجلين بحيث يكون مركز ثقله فوق الحاجز بقليل أثناء اجتيازه ثم يهبط بعد اجتياز الحاجز راکضا ومحافظا على سرعته العالية هذه العملية في شأنها أن تقلل عزم الوزن لمقاومة لحظة النهوض والعبور والهبوط.
- إن هناك تأثيرا للقياسات الجسمية في ترابط الجانب الفني والميكانيكي للرياضي طويل القامة وبخاصة الذي يتصف برجلين طويلتين سوف يستطيع اجتياز الحاجز بوقت أقصر لأنه سوف لا يضطر الى رفع مركز ثقله بقدر المسافة التي يرفع فيها الرياضي القصير مركز ثقله .
- كلما كانت سرعة الاقتراب عالية كلما كان اجتياز الحاجز اقتصاديا مع توافر الجوانب الميكانيكية الخاصة بانطلاق الجسم كمقذوف .
- كلما كانت سرعة حركة الرجل القائدة لحظة النهوض عالية كلما كان رد فعل الجذع والذراعين سريعا أيضا في نفس اللحظة ويتمكن العداء من اجتياز الحاجز بزمن أقل حيث ان ذلك يمكن من جعل النقطة العالية لمركز ثقله أثناء الطيران اقرب ما يمكن.
- إن ضبط المسافة بين الحاجز ونقطة النهوض أمام الحاجز تؤثر على الوقت الذي يقضيه العداء فوق الحاجز ويجعل مسار مركز ثقل الجسم للعداء مناسبا وانسيابيا عند اجتياز الحاجز .
- يجب ان تتحرك الرجلين بسرعة وباستمرارية أثناء اجتياز الحاجز ويجب ان يكون توقيت حركة الرجلين متقنا بحيث تلامس قدم الساق القائدة الأرض أمام مركز ثقل الجسم بقليل وفوقه وفي نفس الوقت يتم سحب رجل التغطية لأخذ خطوة الركض .
- إن فعالية ركض الحواجز كمعظم الفعاليات في الساحة والميدان تتطلب جهدا عضليا كبيرا بالإضافة الى المرونة العالية والتوافق العضلي العصبي .

التحليل الكينماتيكي لركض ٤٠٠ متر حواجز:

إن صعوبة ركض مسافة ٤٠٠ مترا حواجز تكمن في ركض هذه المسافة بسرعة عالية وكذلك في اجتياز عشرة حواجز ارتفاع كل منها ٩١.١٤ سم وتبلغ المسافة بين حاجز وآخر ٣٥ متر فمهارة أداء هذه الفعالية يشبه أداء ركض ١١٠ متر حواجز إلا أن الفارق الرئيسي يظهر في انخفاض الحاجز عما عليه في فعالية ١١٠ حواجز فالعداء بحاجة الى قوة دفع وجهد أقل إلا أن مسافة السباق أطول مما يتطلب من العداء الى مطاولة مميزة بالسرعة العالية. من أجل التعرف على المراحل الخاصة بالجانب الميكانيكي والتي يمكن الحصول عليها من خلال التحليل الحركي الدقيق لهذه الفعالية يمكن أن تكون فيها المراحل التالية :

مرحلة سرعة الاستجابة والانطلاق :

وهي مرحلة البدء وتكون من وضع الجلوس وعادة ما يتم الانطلاق من مكعبات البداية مما يسهل على العداء الحصول على أفضل وضعية للانطلاق من لحظة سماع صوت الانطلاق والاستجابة لها بسرعة ثم دفع المسند وعادة توضع القدم الساحية (قدم الارتقاء) في المكعب الأمامي والهدف من وضع البداية في الجلوس هو وضع مركز ثقل الجسم بأفضل ما يمكن من خلال تقليل عزوم وقصور أجزاء الجسم وتحقيق الزوايا المناسبة خصوصاً في مفاصل الرجلين من أجل تحقيق الدفع المناسب لحظة الانطلاق .

مرحلة التعجيل الى الحاجز الأول:

في هذه المرحلة يتم التدرج بالسرعة من لحظة الانطلاق إذ يتطلب من العداء زيادة كل من طول الخطوة وترددتها حتى يصل الى أقصى سرعة ممكنة وهذه تختلف من عداء الى آخر ويكون طول هذه المرحلة ٤٥ متراً من البداية ولغاية الحاجز الأول فبعض العدائين يستخدم من ١٩ - ٢٣ خطوة للوصول الى الحاجز الأول وعند تحقيق هذا المعدل في عدد الخطوات فإن معدل أطوال الخطوات تتراوح (١.٩٥ - ٢.٣٦) يمكن أن يحققها الرياضي في هذه المسافة.

إن الهدف الأساسي من الركض من خط البداية الى غاية نقطة النهوض قبل الحاجز الأول وهي جعل مركز ثقل اللاعب بمستوى مناسب عند الركض التهيؤ الصحيح ولعبور الحاجز فضلاً عن ذلك فإن تحقيق مسافة النهوض الجيدة أمام الحاجز يعتمد على:

١. طول الرياضي (طول ساقيه) .

٢. سرعته.

٣. الأداء الفني المستخدم .

٤. مرونة مفصل الورك وارتفاع الحاجز .

وبعد الوصول الى الخطوات المناسبة من أكبر المشاكل لعدائي ركض ٤٠٠ متراً حواجز حيث يتطلب من العداء الوصول الى الحاجز الأول بشكل طبيعي مادام يركض في المنحني في بداية الانطلاق مما يتطلب منه اجتياز الحاجز بشكل مسطح مع ميلان جانبي نحو اليسار للإقلال من قوة الجذب المركزية الطاردة عند الاجتياز ، حيث يجب أن تكون هي الصفة المميزة لعدائي هذه المسابقة والتي تكمن في إجبار العداء على استخدام الرجل اليسرى القائدة والرجل اليمنى للارتقاء من أجل تسهيل على هذه القوة المعيقة عند ركض المنحني .

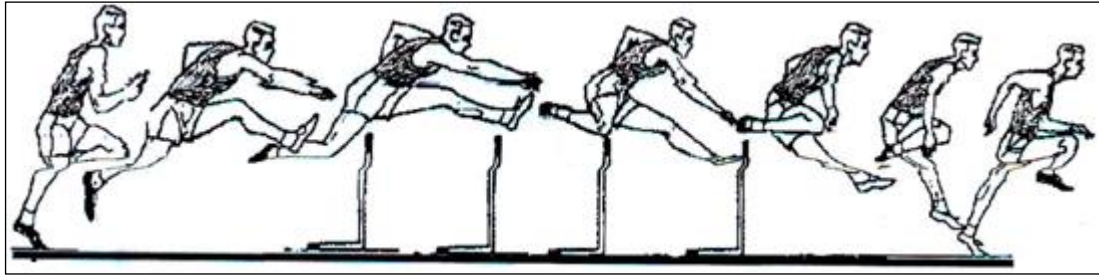
مرحلة اجتياز الحاجز:

يفقد العداء جزءاً من سرعته لحظة النهوض واجتياز الحاجز والهبوط بكل حاجز وتتناثر عملية اجتياز

الحاجز بعدة عوامل منها:

١- ارتفاع الحاجز.

- ٢- أطوال أجزاء الجسم (الرجلين).
 - ٣- زاوية النهوض (الزاوية المحصورة بين الخط المسار من م.ث. الجسم ونقطة ارتكاز القدم) مع الخط الأفقي المار بنقطة الارتكاز والتي تحدد وضع الجسم أثناء الدفع.
 - ٤- سرعة طيران العداء (تظهر سرعة الطيران من جراء تناسب مركبتي الدفع العمودية والأفقية ومقدار قوة الدفع).
 - ٥- دفع القوة لحظة النهوض والذي يجب أن يكون ايجابيا في الحصول على أقل معدل سلبي في تناقص الزخم الحركي لمركز ثقل الجسم .
- كما يتطلب الانتباه على زمن الطيران وهذا يعني:
- أ. الحصول على المسافة المناسبة قبل الارتقاء واجتياز الحاجز.
 - ب. انتخاب زاوية الدفع وزاوية الطيران المثلى قدر الإمكان .
 - ج . اتخاذ الأوضاع المناسبة للتقليل من عزم قصور الجسم في مرحلة الطيران .
 - د. انتخاب مسافة الدفع قبل الحاجز بصورة جيدة



الشكل (٣-٩٣) : يوضح خطوة الحاجز

ويطلق مصطلح خطوة الحاجز على عملية اجتياز الحاجز حيث تشير المصادر الى تقسيم خطوة الحاجز الى ثلاث مراحل :

- ١- مرحلة ما قبل الحاجز: وتبدأ من مرحلة الارتكاز الخلفي.
- ٢- مرحلة عبور الحاجز: وهي مرحلة الطيران.
- ٣- مرحلة مابعد الحاجز : وهي مرحلة الهبوط والارتكاز الأمامي.

فالمسافة القريبة بين نقطة الدفع للنهوض والحاجز تؤدي الى القفز وأن يكون مسار "م.ث.ج" عالياً وأشبه بعملية القفز من فوق الحاجز والمسافة البعيدة لحظة الدفع تؤدي الى ملامسة الحاجز أو دفعه وإسقاطه فضلاً عن فقدان السرعة وعند الانطلاق وبدء مرحلة الطيران وعند عبور الحاجز تمتد ركبة الرجل القائدة أماماً لترتفع الى مستوى مافوق الحاجز بقليل لتجنب مس الحاجز بها وهذه الحالة تحدث على العداء أن يكون مكان الارتقاء بعيد نسبياً وبشكل لايسبب إقلال السرعة لحظة النهوض الحاجز والذي يجب أن يكون بمسافة مناسبة لطول الرجل عند امتدادها.

إن المسافة الكلية التي بين نقطة النهوض ومكان الحاجز فتكون

مسافة الارتكاز الخلفي + طول الرجل + المسافة اللازمة لمد الركبة

فالمسافة اللازمة للدفع المناسب قبل الحاجز لتحقيق مسار مناسب لمركز ثقل الجسم لحظة الدفع تتعلق بالنقاط التالية:

- ١- قابلية سرعة اجتياز الحاجز حيث تختلف من عداء الى آخر .
- ٢- درجة مستوى فن الأداء الفني الحركي الفردي الخاص بكل عداء.
- ٣- طول الرجل والعلاقة بين طول الساق والفخذ (قصور أجزاء هذه الأقسام) .
- ٤- تقصير الزمن لحظة الدفع والذي يؤدي الى تحقيق مسار الطيران بأقل وقت ممكن (الهبوط المبكر بعد الحاجز) .

أما مرحلة عبور الحاجز تكون الرجل الحرة قد بدأ مرورها فوق الحاجز وهي شبه ممدودة كاملاً للأمام ، وثم الإعداد له قبل ان تصل إليها بمد مفصل الركبة أماماً وما صاحبها من ميل الجذع الى الأمام وامتداد الذراع المقابلة للرجل القائدة ويصل التوافق بين الذراع والجذع بين الرجل الأمامية غالباً عندما يصبح مركز الجذب الأرضي لكتلة الجسم فوق الحاجز حتى يصل الفخذ أقرب ما يكون الى الصدر تقريباً وتصل الذراع المقابلة أقرب ما تكون الى القدم أو الساق للرجل المقابلة. إن السبب في اتخاذ هذه الزوايا هي الإقلال عزوم الدوران المعيقة حول مركز ثقل الجسم أي جعل عزوم دوران هذه الأجزاء قدر الإمكان حول م.ث.ج تساوي صفراً لغرض تحقيق الاتزان الحركي المناسب والمطلوب لإحداث حالة التوافق لحظة الاجتياز (ك × نق ٢) أما خطوة الحاجز الذي قد يصل طولها الى ٣.٢٠ متراً منها (٢-٢.٥ متر) بداية الارتقاء حتى الوصول للحاجز و (١.٢٠ - ١.٥٠) متراً تقريباً عند الهبوط خلف الحاجز .

مرحلة تحمل السرعة:

تبدأ أهمية هذه المرحلة تقريباً من ٨٠ - ١٠٠ متراً الأخيرة من مسافة السباق أي منتصف المرحلة الثانية من مسافة السباق حيث يحاول العداء أن يزيد من سرعته بزيادة طول الخطوة الى أقصى ما يمكن الى خط النهاية إذ يتحدد مستوى اللاعب وكفاءته وقدرته الفردية في الأداء مقاوماً التعب وفي هذه المرحلة تظهر أهمية المطاولة الخاصة حيث تعد من أهم العناصر الأساسية المطلوبة في تدريب ٤٠٠ متراً حواجز وذلك من أجل المحافظة على نوعية الشدة المطلوبة في السباق .

الخطوات بين الحواجز:

عند أداء مرحلة اجتياز الحاجز خصوصاً في مرحلة الطيران لا يتعرض العداء الى الفعل القوي فوق الحاجز إلا أن المشكلة الرئيسية التي تواجه العداء تكمن في عدد الخطوات التي بين الحواجز وهي "أ. طبيعة تكرار خطوات العداء نسبة الى طولها.

- ب. التوقيت الجيد للخطوات .
- ج . مسافة الدفع قبل الحاجز.
- د. تناقص طول الخطوة يتقدم السباق بسبب ظهور التعب (زيادة في عدد الخطوات)
- هـ . قابلية تحمل السرعة والقوة والتي تؤثر بشكل رئيسي في المحافظة على إيقاع الخطوات وعددها في هذه المسافات .

جدول (٤-٣) يبين عدد الخطوات التي يحققها عدائي ٤٠٠ متراً حواجز على اختلاف مستوياتهم ومعدل طول الخطوة والمقترح وفقاً لعدد الخطوات

عدد الخطوات بين الحواجز	معدل طول الخطوة
١٣	٢.٤٢ سم
١٤	٢.٢٥ سم
١٥	٢.١٠ سم
١٦	١.٩٦ سم
١٧	١.٨٥ سم

ويظهر في ركض ٤٠٠ متراً حواجز ضبط الخطوات بصورة دقيقة حيث تطول المسافة البينية الى (٣١ متراً - ٣١.٥ متراً) والتي يلزم لها على المستوى الجيد ١٥ خطوه وقد تكون أكثر من ذلك مع العدائين الأقل مستوى أو ١٣ خطوه بالنسبة للعدائين العالميين مع توافر الصفات البدنية الخاصة بأعلى مستوى .

طول الخطوة وترددها:

ان الهدف الميكانيكي - والفني والقانوني في فعاليات الأركاض في العاب القوى هو قطع المسافات بأقل زمن ممكن ويتوقف ذلك لزمن السباق على سرعة العداء ، التي ترتبط بكل من "

١- طول الخطوة : أي المسافة المقطوعة في كل خطوة

٢- تردد الخطوة: أي عدد الخطوات المنفذة في الثانية

ولزيادة سرعة الركض فان زيادة احد هذه العوامل (طول الخطوة أو ترددها) طول الخطوة يعتمد على طول الرجل وسرعتها والذي له علاقة مباشرة سرعة تردد الانقباض والانبساط للعضلات العامة الانقباضات والارتخاء بتوافق وتنسيق عال أثناء أداء حركات الركض وميكانيكية الركض تختلف من لاعب الى آخر حيث أن التغير في السرعة يعتمد على:

١- مقدار نوع اتصال القدم بالأرض

٢- مرونة ونوع اتصال القدم بالأرض

٣- ميلان الجسم

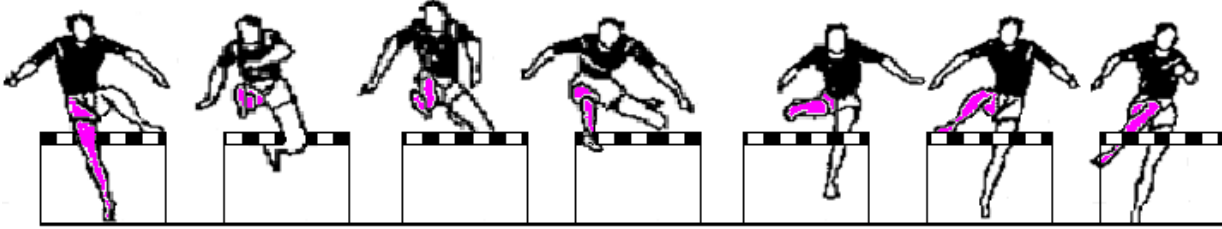
ويستطيع العداء الوصول الى طول خطوه نموذجي من خلال ضبط الأداء الفني ولان سباقات الأركاض تبدأ من الثبات أي (سرعته الابتدائية = صفر) فإن العداء يبدأ بالزيادة التدريجية طول الخطوة من لحظة الانطلاق أي (يبدأ بالزيادة التدريجية في طول الخطوة وتردها الى ان تصل الى السرعة القصوى المنتظمة التي يكون فيها طول الخطوة وتردها ثابتا تقريبا) . وهناك خصوصية في طول الخطوة لدى كل عداء بما يمتلك من قياسات انثروبومترية ولياقة بدنية لاسيما القوة والتحمل الخاص والمرونة ، فالقوة بوصفها إحداها عناصر اللياقة البدنية فان زيادتها تؤدي الى زيادة القوة المسلطة على الأرض مع كل خطوة ان زمن اتصال قليل مع الأرض مع زيادة نسبية مع زمن الطيران حيث أشارت بعض الدراسات ان نسبة زمن الاتصال الى زمن الطيران عند بداية الانطلاق تكون (١: ١.٥) وتتغير هذه النسبة بعد الوصول الى سرعة منتظمة ويكون (١.٢٠-١.٥٠) أي ان زمن الطيران في المراحل اللاحقة تكون اكبر من زمن الدفع بما يجعل العداء يخطو بشكل ابعد مع كل خطوة ، أما المرونة فإنها تمنح مدى حركيا واسعا لطول الخطوة في أثناء الركض ، وعلى العكس إذا انخفضت المرونة فأن الخطوة ستصغر :

لقد اتفق العاملون في مجال التدريب الرياضي البايوميكانيكي على انه كلما كانت العلاقة بين طول وتردد الخطوة نموذجية ازداد تحسين السرعة القصوى في أعلى قيمه لها وهذا ماأكده (vinery) على ان الموازنة المثالية بين طول الخطوة وتردها يساهم مساهمة فعالة في تحسين السرعة القصوى . كما ان تحسين وتطوير إنجاز الركض في المسافات القصيرة وركض الحواجز يكون من الممكن تحقيقه عندما يكون في الإمكان زيادة طول الخطوة أو تردد الخطوة أو زيادتها معا خلال التدريب والمنافسات.

وبذلك يجب ان يكون التركيز في أثناء التدريب على طول الخطوة ونسبه محدودة دون ان يؤثر ذلك على معدل تردد الخطوة بغية الوصول الى سرعة عالية وهذا يعني بأن يكون هناك انسجام بين زيادة كل من طول الخطوة وتردها في اثناء الوحدة التدريبية ويتطلب من عداء الحواجز ان يمتلك قدرة عضلية على الإحساس الحركي فيما يتعلق بالتحكم بطول الخطوة على مدى مراحل السباق المختلفة وخصوصا في سباق ٤٠٠ مترا حواجز.

الأداء الفني والميكانيكي في ركض القوس

يعد الأداء الفني الصحيح في فعاليات الأركاض بشكل عام وفعالية ركض ٤٠٠ م حواجز وبشكل خاص من العوامل المهمة التي تحقق الإنجاز العالي فيها.



الشكل (٣-٩٤) : يوضح وضعية جسم العداء فوق الحاجز في منحنى السباق

وركض مسافة ٤٠٠ متراً حواجز تستعمل البداية من الجلوس ولأن وضع البداية بالمنحنى لذا يوضع مسند البداية أقرب إلى الجهة اليمنى الخارجية للمجال متجه إلى الجهة اليسرى (الداخلية) للمجال على نحوها..

يبدأ العداء خطواته الأولى كما يبدأها عداء الـ ١٠٠ م أي أن الخطوتين الأولى تكونان بخط مستقيم وينطلق عداء الـ ٤٠٠ متراً حواجز بأقصى قوة وسرعة مندفعاً إلى الأمام قريباً من الحافة الداخلية للمجال (اليسرى) وتكون أطوال الخطوات الأولى قصيرة وترددها عال ، ويكون الجسم مائلاً إلى الأمام والركض على أمشاط القدمين ، قريباً من المسقط الوهمي مركز ثقل الجسم على الأرض وتدرجياً مع التقدم بالمسافة ويزداد طول الخطوة ، ويرتفع جذع العداء مع كل خطوة بعد الانطلاق إلى أن يصل إلى الوضع الطبيعي للركض داخل المنحنى ، ويجب أن يكون الركض بانسيابية واسترخاء .

ومن الناحية الميكانيكية تؤثر على جسم العداء في ركض المنحنى إلى قوتين هما القوة الطاردة التي تحاول إبعاد م.ت.ح العداء إلى خارج المنحنى والأخرى تبذل من العداء جذب "م.ث.ج" نحو الداخل ويجب أن تكون القوتان الطاردة المركزية والجاذبية المركزية متعادلتين كما أن " كلما زادت القوة الطاردة ازداد ميل الجسم للداخل والذي يؤدي إلى تقليل القوة الطاردة والمحافظة على السرعة " حيث أن القوة الطاردة المركزية يتناسب تناسباً طردياً مع كل من كتلة الرياضي وسرعته وعكسياً من نصف القطر حسب العلاقة التالية:

وتتناسب زاوية ميلان العداء تناسباً طردياً مع السرعة وعكسياً مع نق وحسب القانون التالي:-

$$(\text{السرعة})^2$$

$$\text{ظل زاوية الميلان} = \frac{\text{التعجيل الأرضي} \times \text{نصف القطر}}{\text{السرعة}^2}$$

التعجيل الأرضي × نصف القطر

ومن المعروف أنه في ركض المنحنى تختلف حركات أجزاء جسم العداء اليمنى عن اليسرى خلافاً لما يحدث في ركض المستقيم والذي تكون حركات أجزاء الجسم فيه متماثلة. إذ أن الاختلاف بين حركات

أجزاء الجسم اليمنى عن اليسرى في ركض القوس يكون سبب الاختلاف في تنفيذ الخطوات كما ان قدم الرجل الخارجية تظهر وكأن الجزء الأكبر من اتصالها مع الأرض يقع في الجانب الإنسي للقدم اليمنى أما الرجل الداخلية اليسرى فيكون اتصالها اكبر على الجانب الوحشي " وفي الركض داخل المنحنى تتحرف مقدمة الرجل اليسرى الى الاتجاه الداخلي للمنحنى وترتكز على الجهة الوحشية الأمشاط ويرجع هذا الى طبيعة وقوة الدفع والميل الى الداخل، ويتم الدفع بحافتها الخارجية للوصول الى مرحلة الطيران ، وفي حالة ارتكاز القدم اليمنى (الخارجية بالنسبة للمركز) فإنها ترتكز على حافتها الداخلية والسبب يعود الى سقوط مركز ثقل الجسم على الحافة القريبة من المركز للقدم اليسرى من تتم بسهولة الحركة بسهولة وانسيابية وتطبيق النواحي الميكانيكية للركض في المنحنى.

وتكون مرجحة الذراع على شكل حركة بندولية .. أن تحريك الذراع الخارجية اليمنى يكون أسرع وبمدى أكبر من حركة الذراع الداخلية اليسرى القريبة من مركز الدائرة. وذلك نتيجة للميلان الحاصل في الجسم باتجاه المركز ولكي يبقى الجسم داخل محيط الدائرة (ضمن المجال) يجب ان لا تساوي حركة الذراع اليمنى مع حركة الذراع اليسرى، فكف الذراع اليمنى تكون متجهة في المرجحة الأمامية الى داخل الجسم باتجاه المركز ويرتفع الكف الى أعلى من مستوى ارتفاع كف الذراع اليسرى التي تكون باتجاه خارج الجسم نحو المركز وكلما كانت حركة الذراعين أسرع كانت حركة الرجلين أسرع أيضا ، وذلك للعلاقة القوية بين تبادل حركات الذراع اليمنى مع الرجل اليسرى والذراع اليسرى مع الرجل اليمنى في اثناء الركض كل هذه الحركات هدفها اتخاذ الأوضاع الميكانيكية الصحيحة للتغلب على قوه الطرد المركزية ولمحاولة إبقاء الجسم في حالة اتزان حركي عال دون الإقلال بسرعته.

أن لاعبي ٤٠٠ متراً حواجز يؤدون مجموعة من الحركات المتتالية والمتكررة وتشمل على تعجيل تزايد وتثم اجتياز الحواجز وبسرعة بعدها يأتي مطاولة السرعة الحركية بين الحواجز والذي لا يوجد فيه أي عائق يمنع اللاعب من أخذ أطول مسافة في خطوات ما بين الحواجز فالمسافات بين الحواجز (٣٥ متراً) تقترض على اللاعبين حدوداً ثابتة نوعاً ما لطول الخطوة وترددها مع الأخذ بنظر الاعتبار بعد المسافة بين قدم الارتقاء والحاجز ومكان الهبوط.

الفصل الرابع

المبادئ البايوميكانيكية ومدى الاستفادة منها في التطبيقات البايوميكانيكية للمهارات

الرياضية

ارتباط المبادئ الوظيفية والتركيبية بالمبادئ الميكانيكية

الاداء الحركي المهاري

الاداء الحركي المهاري المتميز

الدقة

التحكم

طرائق بناء الموديل الرياضي

المفاهيم العامة للنماذج في المجال الرياضي

فوائد النماذج الرياضية

خطوات بناء النماذج

أنواع النماذج

التحليل الحركي (البايوكمينماتيكي) وأهمية في المجال الرياضي

المبادئ البايوميكانيكية ومدى الاستفادة منها في التطبيقات البايوميكانيكية للمهارات الرياضية

ان المبادئ البايوميكانيكية ومدى الاستفادة منها في التطبيقات البايوميكانيكية للمهارات الرياضية بشكل عام:

١. البحث في الحركات التمهيدية او القسم التحضيرى للمهارات الرياضية والهدف من ذلك الأداء ويمكن وعلى سبيل المثال وليس الحصر الركضة التقريبية في فعالية الوثب الطويل كحركة تمهيدية وأهميتها لتحقيق الشروط الميكانيكية لتحقيق الفائدة الميكانيكية ولكي يستطيع من يقوم بشرح وتطبيق طريقة التدريس المختلفة وهذا يتطلب الخوض في قوانين نيوتن للحركة وتغيير الزخم ودفع القوة .

٢. يمكن ان يكون اتجاه الدراسة عن مسافة التعجيل عند أداء مهارة ما لاكتساب اللاعب التعجيل المناسب للأداء الجيد للمهارة مثل التهديف بكرة القدم ويتأثر مسار الكرة بعمل العضلات وشغلها الميكانيكي والذي له علاقة بتحقيق تعجيل عالي للقدم الراكلة ويسبب في جعل مسار الكرة خطيا وبأعلى زخم . وإعطاء حلول ميكانيكية من اجل تبسيط الأداء المهاري وتعزيز الجوانب البدنية التي تساهم في تطوير الأداء .

٣. قوانين نيوتن وتطبيقاتها في الحركات الخطية والزاوية (الدورانية) للمهارات الرياضية المختلفة وعلاقة هذه القوانين بالوسائل التدريبية المستخدمة واشتقاق القوانين الميكانيكية التي لها علاقة بالتدريب الرياضي مع الأخذ بنظر الاعتبار ان القوة هي المسبب الأساسي للحركة وتأثيرها الداخلي والخارجي .

٤. الاعتماد على مبدأ نقل الزخم والأثر المترتب عليه من فهم تأثير القوة التي تشترك في الأداء لمختلف أجزاء الجسم والتي تسبب التعجيل الزاوي والخطي بشكل توافقي لهذه الأجزاء في لحظة واحدة والتأكيد على الترابط بين الظواهر الخاصة بالبايوميكانيك والتعلم الحركي وما يترتب عليها من متغيرات بدنية كالقوة والسرعة والكتلة والتي تختلف من شخص إلى آخر ومن فعالية إلى أخرى ويمكن الاستدلال على المظاهر الحركية (مثل النقل والإيقاع الحركي والانسيابية) من خلال المؤشرات الميكانيكية

٥. مبدأ نظرية العزوم كنظرية تدريبية لها علاقة بتدريبات القوة العضلية (القوة الداخلية) وتصميم برامج التأهيل ما بعد الإصابة ودور نظرية العزوم في تطوير السرعة الحركية الزاوية والقوة الخاصة لمختلف الفعاليات الرياضية باعتبار ان جميع الحركات لأجزاء جسم الإنسان هي حركات دورانية (زاوية) تتعلق بعزم العضلات التي تسبب الحركة .

٦. علاقة البايوميكانيك والشعور العضلي بالحركة ودور التغذية الراجعة وعلاقتها بالأداء من الناحية الميكانيكية وتأثير الحواس والتي تعد من أهم الأعضاء المسؤولة عن مدخلات المعلومات الخاصة بالأداء الحركي كمعلومات ميكانيكية والتي تظهر فاعليتها عند تعلم وإتقان الحركات المختلفة للمهارات الرياضية .

٧. دور الجاذبية الأرضية كقوة خارجية مقاومة للحركة في تطوير الصفات القوة المميزة بالسرعة وتحمل السرعة وهي ذات تأثير ثابت على جميع الأجسام ويمكن استغلال هذه القوة في تدريب وتطوير بعض الصفات البدنية الخاصة عن طريق ابتكار وسائل تدريبية وفق القوانين الميكانيكية مثل القدرة والشغل والمقذوفات .

٨. اختيار الأدوات والوسائل المساعدة في التدريب على ضوء القوانين البايوميكانيكية واستخدام الهواء أو الماء كمقاومة خارجية وتأثيرها على تطوير الأداء باستخدامها كمقاومات خارجية .

٩. علاقة التعجيل بقوى الاحتكاك والاستفادة منها في تقليل وزيادة هذه القوى حسب متطلبات الأداء .

ارتباط المبادئ الوظيفية والتركيبية بالمبادئ الميكانيكية:

ان هناك بعدين رئيسيين يجب الالمام بهما البعد الاول المبادئ الميكانيكية المفسرة للأداء المهاري ، والبعد الثاني هو المبادئ والاسس الوظيفية والتركيبية وكلا البعدين يرتبط ببناء الجسم البشري وحركاته فالبعد الاول يرتبط بإتقان الاداء وتوصيف المهارة والهدف منها بالشكل الذي يساعد على استيعاب المتعلم للإطار العام للفكرة من الاداء والبعد الثاني يساعد على فهم طبيعة عمل العضلات المسؤولة عن تطبيق هذه الحركات .

الاداء الحركي المهاري

ان جميع الحركات الرياضية لها ارتباط بالمبادئ التشريرية وذلك لارتباط هذه المبادئ بالخصائص الدقيقة للأداء من جهة وارتباطها بالأسس والمبادئ الميكانيكية التي تحكم الحركة من جهة اخرى، وكما يلي:

• يتحدد المدى الحركي لأي مفصل بمرونة الاربطة والانسجة المحيطة ومطاطية العضلات العاملة عليه ولذا فان زيادة مدى المفصل يرتبط بإطالة هذه الاربطة والعضلات.

• ان اطالة هذه الاربطة يجب ان يتم بأسلوب متدرج.

• يجب ان لا تزيد مديات المفاصل عن قدرة العضلات المسؤولة عن المحافظة على الاوضاع الصحيحة.

اما المبادئ المرتبطة بالتركيب العضلي ووظائف الجهاز العصبي هي :

• ان انقباض العضلات يكون بفاعلية اكبر اذا ما وضعت هذه العضلات بحالة اطالة قبل بدء الانقباض (مع الاخذ بنظر الاعتبار ان لا تزيد الاطالة عن (١٢٠ %) من الطول الحقيقي للعضلة) وهذا المبدأ يفسر اهمية الوضع التمهيدي كمرحلة اساسية في العديد من المهارات الرياضية (رمية جانبية بكرة القدم، رمي الرمح، الركلة ،الضرب الساحق...الخ).

• ان القوة العضلية تنمو بزيادة الحمل المستخدم عند التدريب ويعرف ذلك بمبدأ التحميل . وهو يعني ان العضلة يجب ان تحمل احمال تكون اقرب ما يكون الى ما اعتادت عليه اذا كان الهدف تنمية القوة العضلية فالقوة العضلية لا يمكن ان تنمي من خلال تكرار العمل ضد مقاومات متواضعة تؤدي الحركات الاضافية الى تشنج الاداء وعدم توافر الانسيابية والتوافق وظهور التعب المبكر لذا يجب عزل هذه العضلات اثناء الاداء ويتم ذلك بالتكرار المستمر وتنمية الادراك الحس حركي ان الاداء المهاري المتميز والفعال لمهارة حركية ما يمكن تطويره وتحسينه من خلال التدريب المنتظم مع توفر الضبط المطلوب لميكانيكية العمل العضلي العصبي وتأکید التوافق الجيد في الاداء.

ان اكثر انواع الحركات فاعلية هي الحركات السريعة كما في مهارات الرمي والضرب لذا يجب ان يغلب هذا الطابع على انواع التمارين المستخدمة في التدريب حتى في مراحل التعليم الاولى وهذا يعني انه في بداية التدريب على اي مهارة من هذه المهارات يجب التأكيد على ذلك اولاً ثم يأتي بعد ذلك التأكيد على دقة الاداء في مرحلة تالية من التدريب.

ان الادراك الحس حركي يعد عاملاً رئيسياً في تعليم المهارات لدى المبتدئين وإذا ما لم يدرك المبتدئ الاداء المهاري من خلال المستقبلات الحسية الخاصة فلن يؤدي المهارة باي حال من الاحوال ان اختيار العتلة المشاركة في الاداء يتطلب الالمام التام بخصائص ومميزات وعيوب العتلات بشكل عام كاستخدام العتلات ذات اذرع المقاومة الكبيرة لزيادة المدى الحركي او السرعة واستخدام العتلات ذات اذرع القوة الكبيرة لأداء الحركات التي تتطلب قوة .

الاداء الحركي المهاري المتميز:

ان فهم المعلومات المرتبطة بالحركات الرياضية بشكل خاص سواء كانت من الناحية التشريحية او البايوميكانيكية او الفسيولوجية او البايولوجية تعد من المقومات الاساسية في نجاح وتنمية وتطوير هذه

الحركات ولهذا فان دراسة هذه المعلومات يمكن ان يعطي مردودات ايجابية في العملية التعليمية والتدريبية وطرق تدريس المهارات والحركات الرياضية. وهذا يعتمد على قدرات وخبرات واتجاهات من يتعاملون مع هذه المعلومات والاستراتيجية التي يتبعونها عند التعامل معها. ان من الامور الهامة التي يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار عند التعامل مع الاداء الرياضي هو فهم نظام عمل الجسم البشري عند ادائه الحركات الرياضية ومنها فهم البيئة الميكانيكية وطبيعة تكوين الجسم البشري اذ ان الجسم البشري عبارة عن اله متباينة التركيب ومختلفة الخصائص يتكون من عظام ومفاصل وعضلات وجهاز عصبي معقد تمثل مصدر الحركة الاساسية وأجهزة مساعدة تمد العضلات بالطاقة اللازمة للعمل، كل ذلك يتم في حدود معينة للحركة ، ولهذا امكن تصنيف الحركات الرياضية الى عدة انواع ليسهل دراسة خصائصها وبناء البرامج لتطويرها وتنميتها. ان قدرة الانسان على اتقان اداء هذه الانواع المختلفة من الحركات بمستوى عالٍ من الاتقان هو ما نسميه بالمهارة الحركية بمعناها المطلق وتوفر حد ادنى من هذه المهارة يعد شرط اساسي لنجاح الانسان حركيا في حياته العامة والرياضية.

ان الاداء المهاري المثالي يعتمد على تحقيق الاسس الاتية:

الفاعلية هي احد خصائص الاداء المهاري والتي تعني العلاقة بين ناتج الشغل والطاقة المبذولة او بمعنى اخر هي العلاقة بين المدخلات والمخرجات وبشكل اكثر تخصصا هي النسبة بين مقدار ما يبذله الجسم من شغل وما ينتجه من طاقه اثناء الاداء الحركي .قوة الاحتكاك تمثل عامل رئيسي في فاعلية الاداء الحركي اذ يعد هذا المتغير ذا تأثير ملموس في فاعلية العمل العضلي اثناء تطبيق الحركات الرياضية اذ يدخل الاحتكاك كقوة بين المفاصل وخصوصا المفاصل ذات الاصابات المتكررة اذ يحدث فيها ما يسمى قوة القص (القوة الافقية ÷ مساحة السطح) وهي قوة تؤدي الى اصابة حتمية وتؤثر على فاعلية الاداء. ان عدم مشاركة العضلات غير المعنية بالعمل وارتخائها سيعمل على ان تكون انسيابية الاداء جيدة فضلا عن اقتصادية الاداء وتأخير ظهور التعب اذ يشير بعض العلماء الى ان الحركة الاكثر مهارة هي الحركة الاقل بذلا في الجهد.

يمكن الاستدلال على ان فاعلية الاداء جيدة من عدم جودتها باستخدام دلائل علمية ميكانيكية لذلك وهذه الدلائل تتلخص بما يأتي:

تناقص او تزايد السرعة الخطية لمراحل الاداء بثبات الكتلة!

$$\text{كتلة} \times \text{سرعة خطية}$$

تناقص او تزايد السرعة الزاوية لا جزاء الجسم بثبات عزم القصور!

$$\text{عزم القصور} \times \text{سرعة زاوية}$$

الدقة :

ان من احدى الخصائص الهامة للأداء المهاري المتميز هو توافر الدقة في الاداء اذ يمكن ان يؤدي اللاعب الحركة بمستوى عالي من التوافق والانسيابية ولكنه يخفق في تحقيق الهدف من هذه الحركة (مثال انسيابية وتوافق عالي في التصويب بالسلة ولكن اخفاق في تحقيق النقاط) وفي هذه الحالة لا يمكن ان يوصف الاداء بالمهارة لغياب الدقة وهناك عدة متغيرات تؤثر في دقة الاداء ،اهمها الاحساس بالاتجاه والمسافة والتوقيت ومقدار القوة المطلوبة والقدرة على التحكم في العمل العضلي والسيطرة عليه.

من الاسس العلمية المرتبطة بالدقة هي:

زمن الانتقال - تقيم مكان دخول الكرة وصعوبتها
الدقة = درجة التقيم ÷ الزمن

التحكم :

يعد أيضا احد العوامل الهامة في الأداء المهاري المتميز والمرتبط بالدقة، اذ ان التحكم يعني استراتيجية الأداء المهاري ، ويقصد بها دراسة الموقف الحركي بكافة إبعاده قبل الحكم على نوع الاداء المطلوب للموقف المعين وكيفية الاختيار من بين البدائل المهارية الأخرى. ويعتمد نجاح الاداء الى حد كبير على ذكاء اللاعب في اختياره لنوع الاداء من بين الاحتمالات التي تمثل خزينه الحركي.

و يمكن تلخيص الخصائص العامة للأداء المهاري المتميز في الفاعلية والدقة والقدرة على التحكم في كل من: القوة والقدرة والسرعة وفقا للهدف الحركي والتحكم فضلا عن الجانب النفسي.

طرائق بناء الموديل الرياضي

يكتسب موضوع معرفة الطريقة الفضلى للأداء المهاري المتميز والسبيل الأمثل للوصول الى تحقيق الانجاز أهمية قصوى لأجل توجيه وتخصيص عمليات التدريب وبالتالي تقنين الجهد والوقت وسلوك اقصر الطرق لتحقيق الهدف من هنا يمكن تحديد العوامل التي تؤثر في الانجاز الرياضي، وهي تختلف في حجم تأثيرها حيث إن طرائق التدريب والمتغيرات الوظيفية والنفسية فضلاً عن المتغيرات البايوميكانيكية جميعها لها حصه في التأثير بمستويات الانجاز ويبقى السؤال الذي يراود جميع العاملين في مجال التدريب والرياضي والبحث العلمي في علوم الرياضة هو (كيف نبني الموديل الرياضي الأمثل، وما هي أهم العوامل المؤثرة في تحقيق الانجاز الافضل وبأقصر الطرق؟؟؟).. ومن الممكن الاجابة على هذا السؤال من خلال النقاط الآتية :

١. تحديد هدف الانجاز :

إن طبيعة الهدف (الانجاز) هو الذي يحدد كل العوامل ومستويات تأثيرها، حيث إن ذلك يختلف من فعالية الى أخرى فمن الممكن ان يكون الهدف او الانجاز متعلق بزمان الاداء او يكون بعدد الاهداف المسجلة او بمقدار المسافة التي تصل اليها الاداة او بجمالية الاداء مثل الجمباز والغطس الى الماء وهكذا لبقية الفعاليات الرياضية. إن كل ما ذكر يحدد العوامل والمتغيرات البايوميكانيكية وغيرها ومقدار او حصة تأثيرها في مستوى الانجاز.

٢. العوامل العامة التي تحدد مستوى الانجاز:

هنا نقصد كل العوامل التي تسهم في تحديد مستويات الانجاز من طرائق التدريب ونوعية الاحمال المستخدمة ومديات انعكاساتها على الاجهزة الداخلية للاعب ومستويات اللاعبين والاهم من كل ذلك طبيعة الاداء في الفعالية المعنية حيث أن الفعالية الفردية تختلف عن الفعالية الفرقية كذلك وجود خصم او منافس من عدم وجوده ودرجة تعقيد المهارة ضمن الفعالية الواحدة أي المهارة من مجموع المهارات المكونة للاداء الفني الكامل للفعالية، كذلك فإن كون المهارات مغلقة او مفتوحة، كل ذلك هي عوامل عامة تدخل كمحددات لشكل الموديل الرياضي.

٣. البحث عن النموذج او الاداء المثالي:

من الممكن اللجوء الى التحليل الحركي لبطل ما في اي فعالية ويمثل ذلك الانجاز الاعلى (بطل اولمبي) في تلك الفعالية حيث أن كل المتغيرات التي يتم الحصول على قيمها من الممكن ان يكون المسار الحركي الذي تكونه هو النموذج او المسار الافضل لشكل الاداء الحركي او ما نسميه بالموديل مع الاخذ بنظر الاعتبار العوامل الاخرى.

٤. تحديد العوامل البايوميكانيكية التي تسهم في تحقيق الانجاز الافضل:

يجب أن نقسم المتغيرات الى جانبين اساسيين هما الجانب الوصفي (الكينماتيكي) والجانب السببي (الكينتيكي) وهنا يجب أن نفهم أن الحركة هي ناتج التأثير المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية من حيث قوة العضلات وتأثير الجاذبية الارضية ومقاومة المحيط (الماء، الهواء) وقوى الاحتكاك والتي بمجملها لها تأثير سلبي من جانب وإيجابي في جوانب أخرى وذا ما يجب الانتباه اليه عند تحديد المتغيرات الخاصة بالأداء المهاري الامثل.

٥. تحديد المسار الحركي الافضل او كيفية تنفيذ الاداء المهاري وفقاً للمتغيرات البايوميكانيكية ومن الجانبين (الكينماتيكي الكينتيكي) أي تكون شاملة لكل الجوانب وكما ورد في النقطة الرابعة.

٦. الربط بين عوامل وأشكال التدريب والمتغيرات البايوميكانيكية التي تحدد المسار الحركي مع الاخذ بنظر الاعتبار خصوصية الفعالية ومتطلبات الانجاز حيث من الممكن ان نعمل على تصميم التمارين التدريبية وفقا للمتغيرات البايوميكانيكية التي تحكم مسارات الاداء.

المفاهيم العامة للنماذج في المجال الرياضي:

النموذج الرياضي: هو التعبير الرياضي عن مشكلة واقعية بعد تبسيط التعقيد والتشابك في المتغيرات المؤثرة في المشكلة . كذلك يعرف على أنه مجموعة من الخطوات العلمية تهدف الى تقليص معالم المتغيرات الكثيرة في الاداء الرياضي وأبراز منها ما يمكن التعامل به بأبسط الاشياء للوصول الى الهدف الاساس.

إذ يتم التركيز على المتغيرات المؤثرة والمتأثرة في المشكلة ثم يتم التركيز على المتغيرات الرئيسية. وقد تكون النماذج المبنية على أسس الرياضيات عبارة عن معادلات أو مصفوفات أو أشكال هندسية أو رسوم بيانية ويعرف النموذج الرياضي " بأنه الصورة الذهنية التي تتكون لدى الفرد نتيجة تعميم صفات وخصائص استنتجت من أشياء متشابهة هي أمثلة ذلك المفهوم وتعريف آخر فالنموذج هو عبارة عن "تصورات للعمليات المختلفة (الظروف والعوامل المحيطة بالظاهرة المدروسة) في شكل معادلات ومتباينات تمكن من إيجاد حل للمشكلة بالطرق الرياضية". ويرى الجراح أن النموذج يتأسس على استخدام العلاقات والمفاهيم الرياضية في بنيتها، لتصف مشكلات بدلالة متغيراتها ومدخلاتها المختلفة والعلاقات السببية بينها ويعبر عنها بطرق رياضية يمثل كل رمز رياضي إلى أحد المتغيرات وغالباً ما يأخذ النموذج الرياضي شكل المعادلة أو المصفوفة.

فوائد النماذج الرياضية:

أن استخدام النماذج الرياضية في مجال التربية الرياضية على وجه التحديد أصبح أكثر انتشاراً وتداولاً في البحوث والدراسات الحالية وذلك لأهميتها الكبيرة وهذا بسبب تعقيد الظواهر الحركية لحركة الجسم الرياضي وهو ما نلاحظه من خلال الأداء الفني للحركات الرياضية أن تحليل العلاقات بين مجموعة من المتغيرات بشكل علمي و منطقي يؤدي إلى توضيح مضمونها وفهم ظواهرها وإمكانية التنبؤ والتحكم فيها، ويرى (ثائر مطلق) أن أهمية استخدام النماذج في دراسة وحل المشكلات المختلفة على النحو التالي:

١. يمكن أن تمثل النماذج الواقع بدقة وكما وضعت بشكل صحيح كانت واقعية أكثر.

٢. يمكنها احتواء التعقيدات إذ تُسهل على متخذي القرار عملية دراسة وتحليل المشاكل المعقدة عن طريق التركيز على المتغيرات الرئيسية والملائمة فقط.

٣. يمكن أن توفر النماذج الوقت والجهد والمال لصناعة القرار و التوصل إلى حل المشاكل

٤. تتطلب علاقات واضحة تسهل الاتصال لمعرفة جديدة لم تكن معروفة في الطرق البديهية.

٥. تسهيل التعامل مع البيانات الكثيرة من حيث إدخالها ومعالجتها والوصول إلى مخرجاتها عن طريق استخدام الحواسيب .

٦. يشكل النموذج الطريقة الوحيدة لحل بعض المشاكل الكبيرة والمعقدة في الوقت المناسب.

٧. كشف عن التوقعات المستقبلية للظاهرة وتحديد درجة واتجاه تطورها فالنماذج تمثل الواقع.

خطوات بناء النماذج:.

تعد عملية بناء النموذج وتطبيقه على مشكلة في الواقع ليست بالعملية السهلة لأنها تحتاج لمتابعة وصولاً الى الصورة النهائية للنموذج المطلوب وقد حدى ذلك بالعديد من المهتمين ان تكون عملية بناء النماذج المتكررة والتي يتم من خلالها تحسين هيكل النموذج بصورة ادق ومع ذلك فإن بناء نموذج يمثل الواقع بكل تفصيلاته وتشعباته امراً يصعب تحقيقه عملياً لصعوبة تخيل وفهم الواقع بشكل دقيق يرى كل من (ليش ودوير) ان خطوات تنفيذ النماذج الرياضية تتمثل في التالي:

١. تحديد المشكلة المراد دراستها في المواقف الواقعية ،ثم التعرف على العوامل والمتغيرات المؤثرة بها.

٢. تحديد العلاقة بين المتغيرات ثم صياغتها في صورة رياضية .

٣. اختبار صدق المحتوى ويتم ذلك عن طريق الاطمئنان على مضمون الصياغة الرياضية وأنه يتناسب مع الهدف من النموذج.

٤. اختبار محاكات النموذج للواقع باختبار مدى قدرة النموذج على تمثيل الواقع اي اختبار قدرة النموذج على التنبؤ بما يحدث مستقبلاً وذلك بإعطاء بعض المتغيرات قيماً أخرى واقعية ومقارنة النتائج المشاهدة بالنتائج من النموذج .

٥. ضرورة تطوير نموذج قد يؤدي استخدامه الى القاء الضوء على المزيد من المتغيرات الاقل أهمية بهدف دمجها في النموذج الاصلي للحصول على نموذج مُعدّل يعطي نتائج أفضل . ومن خلال ما تم عرضه للتعريفات السابقة والخطوات التي يتبناها تصميم النموذج لابد من الاشارة الى أن فعالية الوثبة الثلاثية تعتمد في ادائها على الكثير من المتغيرات الكينماتيكية المتداخلة والمتراصة اثناء الاداء ويكون من الصعب بل

المستحيل للمدرب او الرياضي معرفة هذه المتغيرات من ناحية المساهمة الفعلية في تطوير مستوى الانجاز في حين لو يكشف لنا الانموذج المتغيرات ذات التأثير الاكثر فعالية ليصبح الاداء اكثر سهولة من الناحية التطبيقية ويشير(عصام الجبهة) على ان هنالك من الامور المهمة التي لابد من توفرها في بناء النماذج هي:

١. وجود عدد محدد من المتغيرات.

٢. تعريف هذه المتغيرات بشكل واضح ودقيق.

٣. قياس هذه المتغيرات او ملاحظتها بدقة.

٤. تكوين علاقة رياضية تضم هذه المتغيرات .

٥. ان تكون العلاقة السببية بين الظواهر واضحة.

أنواع النماذج

يوجد العديد من التصنيفات للنماذج والتي تختلف باختلاف الزاوية التي ينظر منها الى النموذج وذلك لأن كل نموذج يبين الغرض لتحقيق هدف معين وعليه فان انواع النماذج كثيرة جداً إلا ان التمييز الاساسي بين النماذج يعتمد أولاً على أساس التصنيف تبعاً للهيكل العام للنموذج والذي يقسم الى قسمين رئيسيين هما :

أ. النماذج الطبيعية (الفيزيائية) Physical Models .

ب. النماذج النظرية (المجردة) Abstract Models .

أ. النماذج الطبيعية (الفيزيائية) Physical Models :

وهي نماذج تبنى بمواد حسية ملموسة لتحاكي الواقع الحقيقي بهدف دراسته واختباره من خلال اختبار النموذج نستخدم النماذج الطبيعية في المجال الرياضي في حالة عدم مقدرتنا على دراسة الحالة الحقيقية للموقف او الظاهرة حيث قد يتعذر في بعض الاحيان دراسة الحالة الحقيقية لتعقيدها هذا فضلاً عن صعوبة معرفة وقت حدوثها او إمكانية حصرها مثل الإصابات مثلاً ، فيتم تصميم نموذج طبيعي ثلاثي الابعاد فيه أهم الخصائص المطلوبة بحيث يكون محاكياً للواقع ومن ثم إجراء التجارب التي يتعذر إجراؤها على ارض الواقع مع الاخذ بنظر الحسبان وجوب التبسيط قدر الامكان لان "النموذج البسيط يكون قادراً على تحقيق

الفهم الدقيق لجوهر الظاهرة التي تجري دراستها وتجدر الإشارة الى ان حجم النموذج ليس مطابقاً للواقع اذ غالبا ما يكون اصغر ولكن يجب ان يحمل الخصائص الحقيقية للظاهرة المدروسة .

ب. النماذج النظرية (المجردة) Abstract Models :

سيعتمد الباحث على النماذج النظرية المجردة اذ تعرف النماذج النظرية على انها " تحليل سلوكي للحالة الطبيعية والتي من الممكن ان تكون تصور عقلائي او توصيف مكتوب إن هيكل النموذج النظري يكون على شكل مجموعة من الفرضيات المتعلقة بالسلوك او الظاهرة اذ تكون معبرة عنها وغالبا ما تكون على شكل علاقات رياضية او منطقية او رمزية بين المتغيرات المختارة فهي ليست اشكال مجسمة بثلاثة ابعاد بل هي محاكاة للواقع باستخدام خصائص مناظرة للخصائص الطبيعية للظاهرة او السلوك قد تكون رموزاً او رسوماً او اشكالا او علاقات رياضية لمحاكاة الواقع الحقيقي . ان هيكله النماذج النظرية تجعلها اكثر دقة ومرونة من النماذج الطبيعية فهي تتميز بسهولة المعالجة والقدرة على اختصار الوقت والسيطرة التامة على المتغيرات فضلا عن قدرتها على خلق احتمالات جديدة غير موجودة .

تقسم النماذج النظرية (المجردة) الى قسمين:

١. النماذج المناظرة (الشكلية) Analog Models :

عبارة عن تحليل سلوكي للظاهرة باستخدام الرموز لتمثيل الواقع الحقيقي او توصيف للظاهرة باستخدام الحروف والكلمات والرسوم والاشكال والالوان كالخرائط ، وتمتاز بالسهولة والعمومية.

٢. النماذج الرياضية Mathematical Models :

هي مجموعة من العلاقات الرياضية والمنطقية تمثل اوجه الحالة قيد الدراسة تصف العلاقات الهامة بين المتغيرات وهي النماذج التي تناسب المجال الرياضي وسيعتمدها الباحث في تقييم انجاز الواثبين .

بناء نماذج الرياضيات Models Mathematical :

ان عملية بناء النماذج الرياضيات هي مجموعة من العلاقات الرياضية والمنطقية تمثل اوجه الحالة قيد الدراسة تصف العلاقات الهامة بين المتغيرات ونظراً لكونها تتألف من متغيرات واضحة تعتمد على العلاقات الرياضية في التحليل السلوكي فان نتائجها تمتاز بالدقة فهي تبتعد عن المؤثرات الاحتمالية الدخيلة لأنها محكمة بالقوانين الرياضية فضلا عن قدرتها العالية على وصف العلاقات الوظيفية الخاصة بسلوك ما وتفسير العديد من جوانب الظاهرة بشكل سليم و منطقي يبتعد عن العشوائية ويشترط عند بناء النماذج ان

يكون قابل للتطبيق في النظام قيد الدراسة، وأن يتناول بعض المتغيرات المدروسة أو جميعها وأن تكون المعادلات المستخدمة متفقة مع الواقع وقابل للفهم والاستخدام للذين يتعاملون به (بينما يرى هـدسون وآخرون) " أن من أهم خصائص النموذج الرياضي أن تكون جميع متغيراته معروفة لذلك عند بنائه يكون واضحاً بشكل تام، وإلى ماذا يرمز كل رمز وهذا مصدر قوة يعتبر للنموذج في معرفة اجزاء كل متغير يؤخذ بالحسبان وأياهما يترك جانبا خطوات بناء نماذج الرياضية:

تحديد وصياغة المشكلة صياغة فروض المشكلة...صياغة المشكلة...وضع النموذج الرياضي.... تفسير النتائج...تأكيد صحة النموذج

التحليل الحركي(البايوميكانيكي) وأهمية في المجال الرياضي:

من خلال التحليل الحركي نستطيع الإجابة عن الكثير من الأسئلة المتعلقة بالأداء الرياضي فمثلاً" كيف تتم الحركة وكيف نحقق الهدف المرسوم وما شكل الحركة وما هي الصفات الميكانيكية والفلسجية والتشريحية للحركة أن هذه الأسئلة هي نماذج لكثير من الأسئلة التي يمكن الإجابة عنها في التحليل الحركي لتحقيق الانجاز العالي كانت عملية التحليل الحركي عملية صعبة بالنسبة للباحثين وذلك بسبب عدم توفر الأجهزة والأدوات المناسبة لإظهار نتائج دقيقة ، وقد مر التحليل الحركي كغيره من العلوم المرتبطة بالحركة الرياضية بمراحل متعددة من التطور وذلك نتيجة لتطور الأجهزة العلمية الذي يعتمد عليها.

وبعد ظهور الحاسوب وظهور العديد من البرامج الخدمية والهندسية والتي هي بالحقيقة لم تكن الغاية من إنشائها لأجل التحليل الحركي ، ولكن الباحثين في المجال الرياضي عملوا على توظيف هذه البرامج للاستفادة منها في عملية التحليل الحركي مثل برنامج المونتاج (Adobe Primer) والبرامج الهندسية مثل برنامج (autocad) وغيرها من البرامج. والتحليل الميكانيكي هو كيفية استخدام القوانين والاسس البايوميكانيكية التي تساعد على توضيح الأداء الأمثل والأفضل للمهارات الحركية وكذلك في التعرف على الأسباب الميكانيكية التي تؤدي الى النجاح والفشل في اداء الحركة. ويشير وجيه محجوب إلى ان التحليل هو الأداة الفعالة لاستقصاء الحقائق اذ تساعد على تصور الحركة ومعرفة ادائها الفني للوصول الى الحركة النموذجية من اجل اختيار الوسائل والطرائق التدريبية الخاصة لإيصالها الى المتعلم مع تجنب الأخطاء الحركية وتجاوزها كما يساعد التحليل العاملين في المجال الرياضي في اختبار الحركات الجيدة والصحيحة والملائمة للاعبين كما يعطي لهم حقائق ثابتة ومنطقية لدعم قراراتهم والتحليل البايوميكانيكي هو عملية فرز وتبويب المعلومات الكبيرة لعناصرها الرئيسة ومن ثم معالجتها منطقياً او إحصائياً للعمل على تلخيصها في نتائج رقمية محددة قابلة للتفسير عند مقارنتها مع معيار مناسب ومحدد لتحويلها من صيغتها الكمية الصماء الى أخرى ذات معاني ودلالات مفيدة

ان التحليل الحركي هو وسيلة معرفية يمكننا من خلالها دراسة أجزاء الحركة بدقائقها ومكوناتها واكتشاف أماكن الخطأ والصواب في الاداء ومن ثم تصحيح الخطأ للوصول الى التكنيك الأمثل للمهارة والتحليل بشكل

عام لا يقصد به احد الوسائل او الطرائق المنهجية لفهم وإدراك الحركة الرياضية فحسب بل دراسة هذه الحركة كوحدة كلية متكاملة .

ويرى الخبراء والعلماء المهتمون بعلم الميكانيكا الحيوية بأنه يجب ان لا نعتمد على التقدير الذاتي في تقويم الحركات بل يجب ان يكون التقويم موضوعي مبني على أسس موضوعية وهو التحليل عن طريق الأجهزة إذ يمكن أن نستدل على العديد من المتغيرات من خلال التحليل مثل (المسافة، الزمن، السرعة، القوة) وغيرها من المتغيرات وعلى هذا الأساس فان دراسة الجوانب الميكانيكية للحركة تعد ضرورية من الناحية العملية ومعرفة مسببات الحركة وتشخيص النواحي المهمة من الحركة وحسب القوى الداخلية والخارجية . هو تطبيق القوانين والاسس الميكانيكية والتشريحية للحركة المراد تحليلها وذلك عن طريق تجزئتها الى اجزاء اصغر لغرض التعرف عليها ومعرفة المسببات لها من اجل الوصول بالحركة الى الاداء الحركي الامثل والافضل .

المصادر العربية

١. إياد عبد الرحمن الشمري : التحليل الكينماتيكي للركلات الحرة المباشرة (القوسية) بكرة القدم ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة بغداد ، كلية التربية الرياضية ، ١٩٩٨ .
٢. إياد عبد الرحمن الشمري:تأثير منهج تدريبي مقترح لتطوير اهم القدرات البدنية الخاصة على بعض المتغيرات الكينماتيكية في انجاز فعالية ٤٠٠م حواجز ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة بغداد ، كلية التربية الرياضية ، ٢٠٠٥ م .
٣. جبرد هوخموث: الميكانيكا الحيوية (ترجمة) كمال عبد الحميد ، القاهرة ، دار المعارف ، ١٩٩٩ .
٤. حسين مردان عمر : دراسة تحليلية لبعض المتغيرات الديناميكية من البدء الى اجتياز المانع الاول ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة البصرة ، كلية التربية الرياضية ، ١٩٩٦ .
٥. سمير مسلط الهاشمي : البايوميكانيك الرياضي ، ط٣ ، بغداد ، مطبعة النبراس للطباعة والتصميم ، ٢٠١٠ .
٦. سوسن عبد المنعم وآخرون : البايوميكانيك في المجال الرياضي ، القاهرة ، دار المعارف ، ١٩٧٧ .
٧. صريح عبد الكريم الفضلي:موسوعة التطبيق العملي للقوانين الميكانيكية في علوم الرياضة ط١. القاهرة .مركز الكتاب للنشر ، ٢٠٢٠ .
٨. صريح عبد الكريم الفضلي: تطبيقات البيوميكانيك في التدريب الرياضي والأداء الحركي .ط٢ ، بغداد دار الكتب والوثائق ، ٢٠١٠ .
٩. طلحة حسام الدين : الأسس الحركية والوظيفية للتدريب الرياضي ، القاهرة ، دار الفكر العربي ، ١٩٩٤ .
١٠. طلحة حسام الدين : الميكانيكا الحيوية (الأسس النظرية والتطبيقية) ، دار الفكر العربي ، القاهرة ، ط١ ، ١٩٩٣ .
١١. طلحة حسام الدين:علم الحركة التطبيقي ج١ القاهرة ،مركز الكتاب للنشر ط١ ١٩٩٨ .
١٢. عادل عبد البصير : المدخل لتحليل ثلاثي الأبعاد ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر والتوزيع ، ١٩٩٨ .
١٣. عادل عبد البصير : الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق في المجال الرياضي ، القاهرة ، دار الكتب للنشر ، ١٩٩٨ .
١٤. علي سلوم جواد :البايوميكانيك :الأسس النظرية والتطبيقية في المجال الرياضي ،العراق، ٢٠٠٧ .
١٥. غفار سعد عيسى : لتحليل الكينماتيكي لبعض المتغيرات في مغادرة مسند البدء بزوايا مختلفة إلى الخارج وأثرها في ركض مسافات قصيرة ، رساله ماجستير ، جامعة القادسية ، ٢٠٠٣

١٦. غفار سعد عيسى : أهم المتغيرات البايوكينماتيكية وخصائص منحني (القوة - الزمن) وعلاقتهما بتحديد الارتفاع المناسب والمسافة المفقودة لفعالية الوثب العالي (فوسبوري) ، أطروحة دكتوراه ، جامعة القادسية ، ٢٠١٠
١٧. قاسم حسن حسين ، إيمان شاكر : مبادئ الأسس الميكانيكية للحركات الرياضية ، عمان ، دار الفكر للطباعة والنشر ، ط ١ ، ١٩٩٨.
١٨. قاسم حسن حسين وآخرون : تحليل الميكانيكا الحيوية في فعاليات الساحة والميدان ، ط ١ ، دار الحكمة للطباعة والنشر ، البصرة ، ١٩٩١.
١٩. كمال عبد الحميد ، سليمان علي : الميكانيكا الحيوية وطرق البحث العلمي للحركات الرياضية ، ط ٢ ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر ، ١٩٩٩.
٢٠. لؤي الصميدعي : البايوميكانيك والرياضة ، الموصل ، دار الكتب للطباعة والنشر ، ١٩٨٧.
٢١. نجاح مهدي شلش : مبادئ الميكانيكا الحيوية في تحليل الحركات الرياضية ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، ١٩٨٧.
٢٢. نجاح مهدي شلش ، حسين مردان عمر ، إيمان صبيح : تأثير التغذية الراجعة بأستخدام المنحنيات البايوميكانيكية لنتيجة الاداء في الانطلاق من مسندي البدء ، مجلة دراسات وبحوث التربية الرياضية ، العدد التاسع ، جمهورية العراق ، جامعة البصرة ، كلية التربية الرياضية ، ١٩٩٩.
٢٣. وجيه محجوب : التحليل الحركي الفيزيائي الفلسجي للحركات الرياضية ، بغداد ، مطابع التعلم العالي ، ١٩٩٠.
٢٤. يوسف الشيخ : الميكانيكا الحيوية وتطبيقاتها ، القاهرة ، دار المعارف ، ١٩٨٢.

المصادر الأجنبية

1. CLAYNE .R . Jensen : Applied Kinesiology and Biomechanics New york 3 ed edition , 1983
2. Doris I Miller , Richard C Nelson : Biomechanics of Sport – LEA and FEBIGER – Philadelphia 1973.
3. Dyson Geoffrey , The Mechanics of Athletics, London university of London. Press ItD1977
4. Ecker, T, Basic track and field Biomechanics, Losatostaf New press.1985
5. Ellen kreighbaum ,Katharine M. Barthels: Biomechanics,USA 1996
6. James G Hay : Biomechanics of sport techniques, (second edition N Y 1985)
7. Jams Hay; the Bio mechanics of sport techniques third edition,N.Y.1988
8. Simon Coleman ; kinematics Analysis of the volley Ball jump. serve, university of Scotland 2001
9. Simon Coleman : Kinematics Analysis of the Volley Ball Jump Serve character of character of Solano 2001.
10. Susan J .Hull; basic biomechanics, 2nd edition U.S.A McCrae- Hill companies ,1995
11. Vihori ,g, sprinting has round table, New studies in athletics 1995
12. Watson S.W; Physical fitness and A athletics performance (London, Long Man) 1993
13. . Schultz, A. B., et al. (1982). Loads on the lumbar spine: Validation of a biomechanical analysis by measurements of intradiscal pressures and myoelectric signals. The Journal of Bone & Joint Surgery, 64-A:713-720.
14. Shah, J. S. (1976). Structure, morphology, and mechanics of the lumbar spine. In M. Jayson (Ed.). The Lumbar Spine and Back Pain. Kent: Pitman Medical Publishing Company Ltd, 339-405.
15. Shapiro, I., Frankel, V. H. (1989). Biomechanics of the cervical spine. In M. Nordin, V. H. Frankel (Eds.). Basic
16. Biomechanics of the Musculoskeletal System. Philadelphia, PA: Lea & Febiger.
17. Snijders, C. J., et al. (1995). Oblique abdominal muscl activity in standing and in sitting on hard and soft surfaces. Clinical Biomechanics, 10:73-78.
18. Snijders, C. J., et al. (2004). The influence of slouching and lumbar support on iliolumbar ligaments, intervertebral discs and sacroiliac joints. Clinical Biomechanics, 19:323-329.

19. Soderberg, G. L. (1986). *Kinesiology: Application to Pathological Motion*. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.
86. Stephenson, J., Swank, A. M. (2004). Core training:
20. Designing a program for anyone. *Strength & Conditioning Journal*, 26:34-.
21. Swartz, E. E., et al. (2005). Cervical spine functional anatom and the biomechanics of injury due to compressive loading. *Journal of Athletic Training*,:155-161.
22. Takala, E., et al. (1987). Electromyographic activity of hip extensor and trunk muscles during stooping and lifting. In B. Jonsson (Ed.). *Biomechanics X-A*. Champaign, IL: Human Kinetics.
23. Thorstensson, A., Carlson, H. (1987). Fiber types in human lumbar back muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 131:195-202.
24. Thorstensson, A., et al. (1982). Lumbar back muscle activity in relation to trunk movements during locomotion in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 116:13-20.
25. Thorstensson, A., et al. (1984). Trunk movements in human locomotion. *Acta Physiologica Scandinavica*, 121:9-22.
26. Valencia, F. P., Munro, R. R. (1985). An electromyographic study of the lumbar multifidus in man. *Electromyography and*
27. *Clinical Neurophysiology*, 25:205-221.
28. Van Herp, G., et al. (2000). Three-dimensional lumbar spinal kinematics: a study of range of movement in 100 healthy subjects aged 20 to 60+ years. *Rheumatology*, 39:1337-1340.
29. Vera-Garcia, F. J. (2006). Effects of different levels of torso activation on trunk muscular and kinematic responses to posteriorly applied sudden loads. *Clinical Biomechanics*, 21:443-455.
30. Vernon-Roberts, B. (1976). The pathology and interrelation of intervertebral disc lesions, osteoarthritis of the apophyseal joints, lumbar spondylosis and low-back pain. In M. Jayson
31. (Ed.). *The Lumbar Spine and Back Pain*. Kent: Pitman Medical Publishing Company Ltd, 83-113.
32. Weiker, G. G. (1989). Evaluation and treatment of common spine and trunk problems. *Clinics in Sports Medicine*, 8: 399-417.
33. White, A. A., Panjabi, M. M. (1978). The basic kinematics of the spine. *Spine*, 3:12-20.
34. Wyke, B. (1976). The neurology of lower back pain. In M. Jayson (Ed.). *The Lumbar Spine and Back Pain*. Kent: Pitman Medical Publishing Company Ltd, 266-315.
35. Yates, J. W., et al. (1980). Static lifting strength and maximal isometric voluntary contractions of back, arm, and shoulder muscles. *Ergonomics*, 23:37-

ملحق (١): تعريفات وقوانين ميكانيكية

- البايوميكانيك (biomechanics): وعلم البايوميكانيك علم يبحث في حركة جسم الانسان او الحيوان او بعض أجزائه بطريقة موضوعية ملموسة سواء على سطح الارض ، او في الماء ، او في الفضاء ، بهدف تحديد التكنيك المثالي للحركة.
- ديناميكية الحركة (dynamic movement): وهو تآثر الحركة بالقوى الداخلية او الخارجية فعندما تتأثر الحركات بقوى الجاذبية ووضع مركز ثقل الجسم والقوة الناتجة من الانقباض العضلي ترتبط بأسس الميكانيكا وقوانينها.
- الاستاتيكا ("static"): وهو علم السكون الذي يبحث في حالة استقرار وشروط واتزان الاجسام تحت تأثير القوى الدافعة بمستوى واحد والتي تتلاقى في نقطة ولما كان الجسم البشري جسم حي وعندما تطبق هذا العلم على الجسم الحي.
- الكينماتيك (kinematics): فرع من فروع الديناميك ،يدرس الحركة ويصفها وصفا مجردا دون البحث في مسبباتها وهو يصف حركة الاجسام من جوانب الزمن والازاحة والانطلاق ويطبق على الحركات الخطية والدائرية .
- ألكينيتيك (kinetic) : وهو العلم الذي يدرس القوى التي تسبب الحركة وأنه يصف حركة الاجسام من جوانب الوزن والكتلة والزخم والقوة والشغل والطاقة .
- التحليل الحركي (movement analysis): هو تناول الظاهرة الحركية المراد دراستها بعد تجزئتها الى عناصرها الأولية الاساسية المؤلفة لها وقد يكون التحليل تشريحي ، فسيولوجيا ، كيميائيا ، نفسيا ، تربويا ، ميكانيكيا .
- التحليل النوعي (quality analysis): الرقابة المنتظمة تستند على الخبرة الذاتية عن نوعية حركة الانسان لغرض توفير الحلول المناسبة لتحسين الاداء وتصحيحه.
- التحليل الكمي (quantity analysis): هو التحليل الذي يعتمد على الحكم من خلال القيم الرقمية المؤثرة فيها ومدى الترابط بين هذه القيم وتشمل قيم الزوايا والأزمنة والمسافات والمصطلحات التي تشتق منها.
- الحركة (movement): وتعني هي انتقال الجسم او أي جزء منه من مكان الى مكان اخر وباتجاه معين.
- الحركة المنتظمة (uniform motion): وهي الحركة التي يتحرك فيها الجسم بشكل منتظم أي يقطع نفس الوحدات المكانية في نفس الوحدات الزمانية ، أي يتحرك بمعدل سرعة متساو بحيث لا يحدث تغير في سرعته .
- الحركة غير المنتظمة : وهي الحركة التي يقطع فيها الجسم مسافات غير متساوية في نفس الوحدات الزمانية ، وتقسم الى :

- حركة بتعجيل ثابت (تزايدى او تناقصى) .
- حركة بتعجيل متغير (تزايدى او تناقصى) .
- الحركة الخطية (linear motion): وفيها يتم انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزائه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية متوازنة خلال انتقالها وان سرعة هذه الاجزاء متساوية وتحدث في خط مستقيم .
- الحركة الدائرية (rotation motion): وهي الحركة التي يسير بها الجسم بشكل دائري حول محور داخل الجسم او محور خارجة بحيث يرسم الجسم ككل او مراكز ثقله او اجزائه في حركته مسارات وخطوط دائرية ذات أنصاف أقطار غير متساوية وان اجزاء الجسم تنتقل هنا بسرعات مختلفة تبعا لاختلاف بعدها عن محور الدوران .
- السرعة (speed): هي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن .
- السرعة المتجهة (velocity): هي الازاحة المقطوعة في وحدة الزمن .
- السرعة اللحظية (الآنية) : اقل مسافة ممكنة في اقل زمن ممكن .
- محصلات السرعة: (net speed)
- المحصلة: هو مقدار القيمة الناتجة من جمع او طرح متجهات للسرعة او القوة سواء كانت على خط مسار واحد او متعامدة وتشكل زاويا بينها
- التعجيل (acceleration): هو التزايد او التناقص في السرعة ، وقد يكون التعجيل موجب (تصاعدي) او سالب (تناقصي) ، وقد يكون منتظم او غير منتظم .
- السرعة الزاوية (angular velocity): هي معدل الانتقال الزاوي للجسم .
- السرعة المحيطية : هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط دائرة الى الزمن المستغرق .
- الزاوية نصف القطرية : هي الزاوية المقابلة لقوس الدائرة الذي قطعه الجسم في حركته والذي يساوي طوله نصف قطر الدائرة .
- التعجيل القطري (العمودي) : هي مركبة التعجيل التي تتأثر بنصف القطر .
- المقذوف :جسم حر الحركة في الهواء انطلق بتأثير قوة .
- (١) المقذوفات الرأسية (vertical projection): هي الاجسام التي تأخذ المسار العمودي (راسي) .
- (٢) المقذوفات الأفقية (horsetail projection): هي تلك الاجسام التي تحدث مسارا أفقيا .
- العتلات (levers): وهي سلسلة عمل تحتوي على ثلاث نقاط هي نقطة الارتكاز ، نقطة تأثير القوة ، نقطة تأثير المقاومة ، ولكي تبقى العتلة في حالة توازن يجب ان يكون ذراع القوة مساويا الى ذراع المقاومة وعلى أساس المعادلة التالية :
- القوة (force): وتعني الفعل الميكانيكي الذي يغير او يحاول ان يغير من شكل الجسم او حالته الحركية مقدارا او اتجاها .

- القوة المركزية (central force): وهي الفعل الميكانيكي التي تحاول الحد من تأثير القوى اللامركزية (الطاردة) ، أي التي تسحب الجسم الى مركز الدوران .
- القوة الطاردة (centrifugal force): وهي الفعل الميكانيكي الناتج من حركة الجسم بشكل دائري والتي تعمل على سحب الجسم الى الخارج بعيدا عن المركز .
- النيوتن: هو مقدار القوة اذا أثرت على جسم كتلته ١ كيلوغرام اكسبته تعجيلا مقداره ١م/ثا^٢.
- الداين : هو مقدار القوة اذا أثرت على جسم كتلته ١ غرام اكسبته تعجيلا مقداره ١سم/ثا^٢.
- الشغل (work): لو أثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تأثير القوة فأنها تكون قد انحزت شغلا . ويقاس بالجول
- القدرة (power): وهي الشغل المنجز في وحدة الزمن . وتقاس بوحدة الواط .
- الطاقة (energy): هي قابلية الجسم على انجاز شغل . وينص القانون العام للطاقة بأنه :الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تتحول من شكل الى اخر .
- الطاقة الحركية (motion energy) : وهي الطاقة المسببة للحركة في الجسم . ويعبر عنها في
- الطاقة الكامنة (energy latent) : وهي الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثناء الثبات (طاقة ميكانيكية) ويعبر عنها :
- قوة الاحتكاك (force friction) : وهي القوة الناشئة بين الجسم المتحرك والسطح الذي تتم عليه الحركة وتساوي هذه القوة ، القوة الدافعة للجسم بالمقدار وتعاكسها في الاتجاه
- معامل الاحتكاك : هي ناتج قسمة قوة الاحتكاك على مقدار الضغط الذي يسلطه الجسم على السطح . وان معامل الاحتكاك يختلف اذا كانت الجسم ساكناً او متحركا ، فاذا كان الجسم في حالة الثبات عندئذ يكون معامل الاحتكاك اكبر مما لو كان الجسم في حالة حركة .
- عزم القصور الذاتي (moment of inertia) : يفهم من القصور الذاتي هو مقدار المقاومة التي يمتلكها الجسم للحفاظ على السكون او الحركة ضد التغيير . اما عزمه فهو عبارة عن مجموع اجزاءه وهذا يتوقف على مقدار كتلة الجسم ويكون عزم القصور الذاتي كما يلي :
- التصادم (impact): أي جسم في حالة حركة عند ملامسة لجسم اخر سواء كان كامنا او متحركا تطلق عليه التصادم .
- الزخم (moment): عبارة عن كمية الحركة التي يمتلكها الجسم اثناء حركته .
- عزم الدوران : ان العزم هو حاصل ضرب القوة في المسافة العمودية بين خط عملها ومركز دوران الجسم . ويعرف هذا الناتج في الاستاتيكا عزم القوة او عزم الانحناء . وينشأ عزم الدوران عند تأثير قوة على جسم حر الحركة ويكون خط تأثيرها بمسافة عمودية عن مركز ثقل الجسم .
- دفع القوة : هي مقدار القوة التي تؤثر في فترة زمنية معينة

- زاوية السقوط : وهي الزاوية التي تتكون من البعد العمودي لمركز ثقل الجسم عن سطح الارتكاز ومن البعد الافقي له عندما يكون وافقا فوق حافة السقوط ، وان لكل جسم زاوية سقوط ويمكن تحديدها بمعرفة ظلها .
- قانون الجاذبية الارضية : كل كتلة في الكون تجذب أي كتلة اخرى بقوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسيا مع مربع البعد بين مركزيهما.
- التوازن والسكون : ان التوازن والسكون في الحركات الرياضية المختلفة ، يمكن معرفة عن طريق العلاقة بين الجاذبية وموضع مركز الثقل : ان التوازن يتم عندما تكون محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الجسم تساوي صفرا .
- قانون الطفو "أرخميدس : اذا اغمر جسم في سائل فانه يفقد من وزنه بقدر وزن السائل المزاح.
- الوزن النوعي : من حيث العلاقة بين وزن الجسم ومقدار ما يزيحه من الماء نتيجة انغماره .
- الضغط : اذا أثرت قوة في جسم وكانت نقطة تأثيرها أي المساحة التي يقع عليها التأثير الفعلي للقوة صغيرة فإن الضغط المتولد نتيجة القوة يكون كبيرا ويفهم من هذا "ان النسبة بين القوة المؤثرة والمساحة التي تؤثر فيها القوة من وجهة النظر الميكانيكية تسمى الضغط" .

ملحق (٢) : جدول بالجيب وجيوب التمام والظل

الدرجة	جيب sin	جيب تمام cos	ظل tan	الدرجة	جيب sin	جيب تمام cos	ظل tan	الدرجة	جيب sin	جيب تمام cos	ظل tan
٠	٠	١.٠٠	٠	٣٠	٠.٥٠	٠.٨٦	٠.٥٧	٦٠	٠.٨٦	٠.٥٠	١.٧٣
١	٠.٠٢	٠.٩٩	٠.٠٢	٣١	٠.٥٦	٠.٨٥	٠.٦٠	٦١	٠.٨٧	٠.٤٨	١.٨٠
٢	٠.٠٣	٠.٩٩	٠.٠٣	٣٢	٠.٥٢	٠.٨٤	٠.٦٣	٦٢	٠.٨٨	٠.٤٦	١.٨٨
٣	٠.٠٥	٠.٩٩	٠.٠٥	٣٣	٠.٥٤	٠.٨٣	٠.٦٤	٦٣	٠.٨٩	٠.٤٥	١.٩٦
٤	٠.٠٧	٠.٩٩	٠.٠٦	٣٤	٠.٥٥	٠.٨٢	٠.٦٧	٦٤	٠.٨٩	٠.٤٣	٢.٠٥
٥	٠.٠٩	٠.٩٩	٠.٠٨	٣٥	٠.٥٧	٠.٨١	٠.٧٠	٦٥	٠.٩٠	٠.٤٢	٢.١٤
٦	٠.١٠	٠.٩٩	٠.١٠	٣٦	٠.٥٨	٠.٨٠	٧٣.٠	٦٦	٠.٩١	٠.٤٠	٢.٢٤
٧	٠.١٢	٠.٩٩	٠.١٢	٣٧	٠.٦٠	٠.٧٩	٠.٧٥	٦٧	٠.٩٢	٠.٣٩	٢.٣٥
٨	٠.١٢	٠.٩٩	٠.١٤	٣٨	٠.٦١	٠.٧٨	٠.٧٨	٦٨	٠.٩٢	٠.٣٧	٢.٤٧
٩	٠.١٥	٠.٩٨	٠.١٥	٣٩	٠.٦٢	٠.٧٧	٠.٨٠	٦٩	٠.٩٣	٠.٣٥	٢.٦٠
١٠	٠.١٧	٠.٩٨	٠.١٧	٤٠	٠.٦٤	٠.٧٦	٠.٨٣	٧٠	٠.٩٣	٠.٣٤	٢.٧٤
١١	٠.١٩	٠.٩٨	٠.١٩	٤١	٠.٦٥	٠.٧٥	٠.٨٦	٧١	٠.٩٤	٠.٣٢	٢.٩٠
١٢	٠.٢٠	٠.٩٧	٠.٢١	٤٢	٠.٦٦	٠.٧٤	٠.٩٠	٧٢	٠.٩٥	٠.٣٠	٣.٠٧
١٣	٠.٢٢	٠.٩٧	٠.٢٣	٤٣	٠.٦٨	٠.٧٣	٠.٩٣	٧٣	٠.٩٥	٠.٢٩	٣.٣٠
١٤	٠.٢٤	٠.٩٧	٠.٢٤	٤٤	٠.٦٩	٠.٧١	٠.٩٦	٧٤	٠.٩٦	٠.٢٧	٣.٤٠
١٥	٠.٢٥	٠.٩٦	٠.٢٦	٤٥	٠.٧٠	٠.٧٠	١.٠٠	٧٥	٠.٩٦	٠.٢٥	٣.٧٠
١٦	٠.٢٧	٠.٩٦	٠.٢٨	٤٦	٠.٧١	٠.٦٩	١.٠٣	٧٦	٠.٩٧	٠.٢٤	٤.٠١
١٧	٠.٢٩	٠.٩٥	٠.٣٠	٤٧	٠.٧٣	٠.٦٨	١.٠٧	٧٧	٠.٩٧	٠.٢٢	٤.٢٣
١٨	٠.٣٠	٠.٩٥	٠.٣٢	٤٨	٠.٧٤	٠.٦٦	١.١١	٧٨	٠.٩٧	٠.٢٠	٤.٧٠
١٩	٠.٣٣	٠.٩٤	٠.٣٤	٤٩	٠.٧٥	٠.٦٥	١.١٥	٧٩	٠.٩٨	٠.١٩	٥.٦٤
٢٠	٠.٣٤	٠.٩٣	٠.٣٦	٥٠	٠.٧٦	٠.٦٤	١٩.١	٨٠	٠.٩٨	٠.١٧	٥.٦٧
٢١	٠.٣٥	٠.٩٣	٠.٣٨	٥١	٠.٧٧	٠.٦٣	١.٢٣	٨١	٠.٩٨	٠.١٥	٦.٣١
٢٢	٠.٣٧	٠.٩٢	٠.٤٠	٥٢	٠.٧٨	٠.٦١	١.٢٧	٨٢	٠.٩٩	٠.١٣	٧.١١
٢٣	٠.٣٩	٠.٩٢	٠.٤٢	٥٣	٠.٧٩	٠.٦٠	١.٣٣	٨٣	٠.٩٩	٠.١٢	٨.١٤
٢٤	٠.٤٠	٠.٩١	٠.٤٤	٥٤	٠.٨٠	٠.٥٨	١.٣٠	٨٤	٠.٩٩	٠.١٠	٩.٥١
٢٥	٠.٤٢	٠.٩٠	٤٦.٠	٥٥	٠.٨١	٠.٥٧	١.٤٢	٨٥	٠.٩٩	٠.٠٨	١١.٤٣
٢٦	٠.٤٣	٠.٨٩	٠.٤٨	٥٦	٠.٨٢	٠.٥٥	١.٤٨	٨٦	٠.٩٩	٠.٠٦	١٤.٢٠
٢٧	٠.٤٥	٠.٨٩	٠.٥٠	٥٧	٠.٨٣	٠.٥٤	١.٥٣	٨٧	٠.٩٩	٠.٠٥	١٩.٠٨
٢٨	٠.٤٦	٠.٨٨	٠.٥٣	٥٨	٠.٨٤	٠.٥٢	١.٦٠	٨٨	٠.٩٩	٠.٠٢	٢٨.٦٤
٢٩	٠.٤٨	٠.٨٧	٠.٥٥	٥٩	٠.٨٥	٠.٥١	١.٦٦	٨٩	١.٠٠	٠.١٠	٥٧.٢٩
								٩٠	١.٠٠	٠.٠٠	

