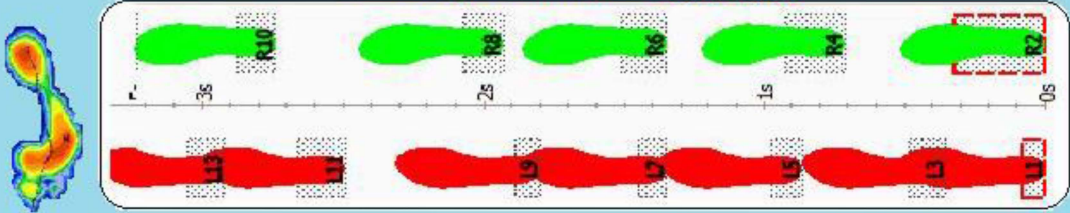
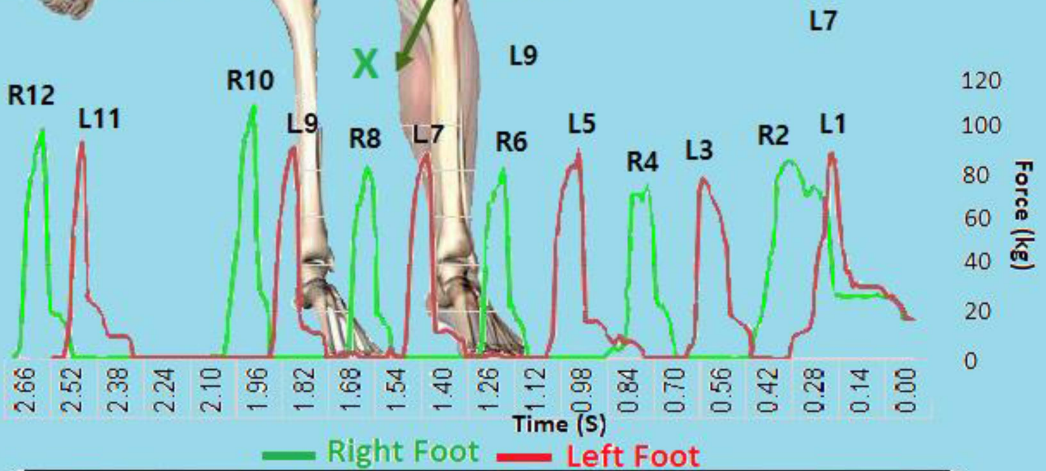


البيوميكانيك والرياضة

الطبعة الأولى 2023

تأليف
الأستاذ الدكتور
حسين مردان عمر



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعات العراقية
كليات واقسام التربية البدنية وعلوم الرياضة

البيوميكانيك

والرياضة

الطبعة الأولى

تأليف
الأستاذ الدكتور
حسين مردان عمر

2023

المطبعة المركزية / جامعة ديالى

العراق - ديالى طريق بغداد / بعقوبة القديم



اسم الكتاب: البايوميكانيك والرياضة

تأليف: أ.د. حسين مردان عمر

سنة الطبع: ١٤٤٤ هـ - ٢٠٢٣ م

الايمل: center.printer2009@gmail.com

جميع حقوق الملكية الأدبية والفنية محفوظة للمؤلف ويحظر طبع أو تصوير أو ترجمة أو إعادة تنضيد الكتاب كاملاً أو مجزئاً أو تسجيله على أشرطة كاسيت أو إدخاله على الحاسوب أو برمجته على اسطوانات ضوئية إلا بموافقة المؤلف خطياً

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق الوطنية ببغداد (١١٥٦) لسنة (٢٠٢٣م)

ISBN: 978-9922-8568-3-4

شكر وعرفان

**أتقدم بالشكر والعرفان للأساتذة الذين قاموا بتدريسي
هذه المادة ابتداءً من جامعة الموصل الى جامعة بغداد الى
جامعة البصرة**

شكر وتقدير

أتقدم بوافر الشكر والتقدير للأساتذة المدرجة أسماؤهم في ادناه لمراجعتهم الكتاب

ت	الاسم	الجامعة والكلية
1	أ.د. يعرب عبد الباقي داخ	جامعة البصرة – كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
2	أ.د. ياسر نجاح حسين	جامعة بغداد – كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
3	أ.د. وليد غانم ذنون	جامعة الموصل – كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
4	أ.د. فردوس مجيد امين	جامعة ديالى – كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
5	أ.د. ناظم جبار جلال	جامعة السليمانية – كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
6	أ.م.د. محمد مطلق بدر	جامعة المستنصرية – كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

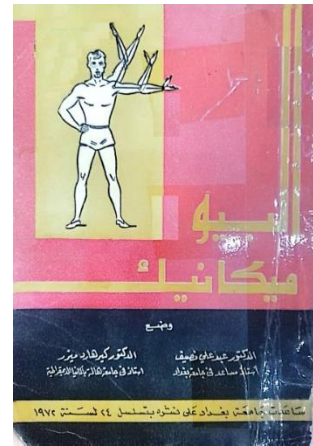
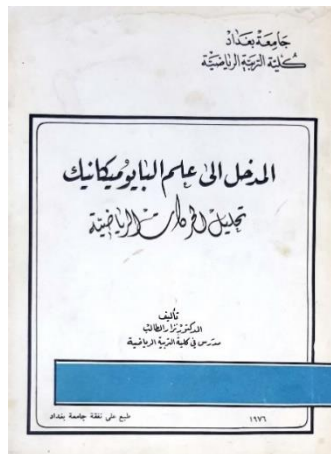
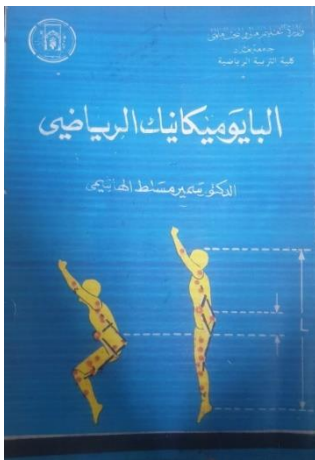
الأستاذ الدكتور
حسين مردان عمر
2023/05/01

القدمة

تأسست كلية التربية الرياضية - جامعة بغداد في سنة (1967) وكان كتاب (البيوميكانيك) لمؤلفه المرحوم الدكتور (عبد علي نصيف) و (كيرهارد ميزر) سنة (1972) هو الكتاب المنهجي المعتمد ، وتأسست كلية التربية الرياضية - جامعة الموصل في سنة (1977) وكان كتاب (المدخل الى علم البيوميكانيك) لمؤلفه الدكتور (نزار مجيد الطالب) سنة (1976) هو الكتاب المنهجي ، واعتبارا من تاريخ (1988) تم اعتماد كتاب (البيوميكانيك الرياضي) لمؤلفة الدكتور (سمير مسلط الهاشمي) في كليات التربية الرياضية للجامعات العراقية.

توخيت في هذا الكتاب الالتزام بالمنهجية الدراسية للدراسات الأولية مع تحديث واسع لما سبق من المصادر وارجو ان يساهم الكتاب في تعريف الطلاب بهذا العلم بعد تحديثه عالميا ومحليا.

تم ترتيب تسلسل فصول الكتاب بناءاً على رؤيتي لفهم الطلاب مختلفي الاتجاهات العلمية والأدبية والمهنية لهذه المادة اذ بدأت بتعريف الطلاب المبادئ الأولية والاساسية ثم تم الانتقال الى المواضيع المهمة.



المحتويات

الصفحات	المواضيع
1	الباب الأول
1	الفصل الأول (مبادئ أساسية)
1	المبحث الأول (تاريخ البايوميكانيك والتحليل الحركي)
5	المبحث الثاني (الرسم التخطيطي ومركز كتلة الجسم)
7	المبحث الثالث (مركز كتلة الجسم ومركز ثقل الجسم)
11	الابعاد والاوزان النسبية لاتزان اجزاء الجسم
17	المبحث الرابع (الزوايا النسبية والزوايا المطلقة)
19	المبحث الخامس (الرياضيات والمثلثات)
19	اولاً) الرياضيات
22	ثانياً) المثلثات (الجيب والجيب تمام والظل والجداول)
23	المبحث السادس (الحركات الأساسية في جسم الانسان)
27	المبحث السابع (المحاور والمسطحات)
27	اولاً) المحاور التي تدور حولها الحركة
28	ثانياً) المستويات او المسطحات التي تدور حولها الحركة
31	المبحث الثامن (الحركة - أشكال الحركات)
31	اولاً) أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي
31	(1) الحركة بالمسار المستقيم
32	(2) الحركة بالمسار المنحني
32	(3) الحركة بالمسار الدائري
33	(4) الحركة بالمسار المتعدد (المركب)
33	ثانياً) أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني
33	(1) الحركة المنتظمة
33	(2) الحركة غير المنتظمة
35	المبحث التاسع (نسبية الحركة وابعاد الحركة-النظام الاحداثي)
35	أولاً) نسبة الحركة
36	ثانياً) ابعاد الحركة (النظام الاحداثي)

المحتويات

الصفحات	المواضيع
39	المبحث العاشر (الكميات القياسية والكميات المتجهة)
39	أولاً) الكميات القياسية
39	ثانياً) الكميات المتجهة
40	تحليل وتركيب الكميات المتجهة في الابعاد الثلاثة
49	المبحث الحادي عشر (القوى المقاومة للحركة)
51	تأثير ماجنوس
53	الفصل الثاني (العتلات والعضلات)
53	المبحث الأول (العتلات او الروافع)
59	المبحث الثاني (العضلات)
62	التأثير الميكانيكي للعضلات
64	تطبيقات الروافع (العتلات) على جسم الانسان
67	الباب الثاني (علم البايوميكانيك)
69	الفصل الأول (الكينماتيك)
69	المبحث الأول (الكينماتيك الخطي)
69	اولاً) المسافة والازاحة
72	ثانياً) السرعة
74	التمثيل البياني للسرعة
75	طول وتردد الخطوة او الضربة
79	ثالثاً) التعجيل
81	المبحث الثاني (الكينماتيك الزاوي)
81	اولاً) الازاحة الزاوية
82	ثانياً) السرعة الزاوية
85	الزاوية نصف القطرية
86	السرعة المحيطية (المماسية)
91	ثالثاً) التعجيل الزاوي و المماسي والقطري
92	التعجيل الزاوي
93	التعجيل المماسي
93	التعجيل القطري (العمودي)

المحتويات

الصفحات	المواضيع
97	المبحث الثالث (المقذوفات في المجال الرياضي)
99	أولاً) المقذوفات العمودية
100	ثانياً) المقذوفات بزوايا
105	الفصل الثاني (الكيناتييك)
105	المبحث الأول (القوة)
105	أولاً) تأثير القوة
106	ثانياً) مواصفات القوة
107	ثالثاً) تركيب القوى (محصلة القوى)
111	رابعاً) تحليل القوى (المركبات)
113	خامساً) قوانين نيوتن في الحركات الخطية
113	القانون الاول (قانون القصور الذاتي)
115	القانون الثاني (قانون التعجيل)
117	القانون الثالث (الفعل ورد الفعل)
118	سادساً) تطبيقات قوانين نيوتن في الحركات الدائرية
118	عزم القصور الذاتي
118	العوامل المؤثرة في عزم القصور الذاتي
119	علاقة السرعة الزاوية بعزم القصور الذاتي
120	كمية الحركة الدورانية
120	علاقة كمية الحركة الدورانية بالسرعة الزاوية
120	علاقة كمية الحركة الدورانية بالسرعة المحيطية
120	سابعاً) القوى الخارجية والداخلية في الحركات الرياضية
121	القوة الطاردة والقوة المركزية
124	قوة الاحتكاك
129	المبحث الثاني (الدفع)
132	المساحة تحت المنحنى
133	المبحث الثالث (الضغط)
135	المبحث الرابع (الشغل)
139	المبحث الخامس (القدرة)

المحتويات

الصفحات	المواضيع
145	المبحث السادس (الطاقة)
151	المبحث السابع (التصادم والارتداد)
159	أولاً) حساب متوسط قوة التصادم
161	ثانياً) زاوية التصادم وزاوية الارتداد
163	ثالثاً) أهمية دراسة القوة والدقة والارتداد
165	المبحث الثامن (الاتزان والتوازن)
166	أولاً) زاوية السقوط
167	ثانياً) العوامل المؤثرة في الاتزان
167	ثالثاً) أنواع الاتزان وفقاً لموضع مركز ثقل الجسم
168	رابعاً) قياس درجات ثبات الأجسام
169	الباب الثالث (التحليل البايوميكانيكي)
169	الفصل الأول
169	المبحث الأول (ادوات واجهزة البايوميكانيك والتحليل الحركي)
170	أولاً) اللواصق الفسفورية
170	ثانياً) الكاميرات
171	ثالثاً) مقاييس الرسم
171	رابعاً) الأجهزة والتقنيات الحديثة
171	خامساً) جهاز قياس القوة (منصة قياس القوة)
172	سادساً) جهاز قياس الضغط تحت القدمين
172	سابعاً) أجهزة قياس التوازن
173	ثامناً) أجهزة قياس النشاط الكهربائي للعضلات
173	تاسعاً) أجهزة قياس السرعة
174	عاشراً) أجهزة قياس حركات الجسم بتقنية ثلاثي الأبعاد
174	حادي عشر) أجهزة قذف الكرات
175	المبحث الثاني (برامج التحليل الحركي)
179	الفصل الثاني (التحليل البايوميكانيكي لبعض الفعاليات الرياضية)
179	المبحث الأول (التحليل البايوميكانيكي للانطلاق من مسندي البداية)
185	المبحث الثاني (تحليل اختبار الوثب العمودي من الثبات)

المحتويات

الصفحات	المواضيع
191	المصادر والمراجع
197	الملاحق
197	ملحق (1) : جدول النسب المثلثية (الجيب ، الجيب التمام ، الظل)
199	ملحق (2) : جدول التخطيط الأسبوعي لتوزيع مفردات المادة
201	ملحق (3) : بيانات لبعض الأدوات والأشخاص
201	ملحق (4) : الوحدات والتحويلات
202	ملحق (5) : تعريفات وقوانين ميكانيكية

الباب الاول

الفصل الأول

مبادئ أساسية

المبحث الأول

تاريخ البايوميكانيك والتحليل الحركي

ان علم البايوميكانيك يتكون من مقطعين وهما (بايو Bio) بمعنى (الحياة) و (ميكانيك Mechanic) بمعنى (ميكانيك) ويتم تعريب المصطلح تحت عنوان (الميكانيكا الحيوية) ويمتزج في هذا العلم كل من علوم التشريح والميكانيك والفيزياء والرياضيات فضلا عن علوم أخرى مثل صناعة الأجهزة والأدوات وغيرها ، ويهتم بحركات الانسان والحيوان والنبات ، وكان (ارسطو) اول المهتمين بهذا العلم في عام (323-284 ق.م) اذ تطرق في مؤلفاته الى مركز الثقل وقوانين الروافع (العتلات) واثرها في حركة الاجسام كما وصف حركة المشي- وسرعة العدو عند العدائين ، وكان العالم والرسام الإيطالي (ليونارد دافنشي-) في عام (1452-1519م) من المهتمين بدراسة الوضع التشريحي لجسم الانسان واكد على ان جسم الانسان يخضع للقوانين الميكانيكية ، وفي عام (1642-1728م) وضع (اسحاق نيوتن) قوانينه في الحركات التي لاتزال معروفه باسمه.

في عام (1877 م) تم اختراع آلة التصوير السينمائي والذي ساعد الباحثين في تحليل حركات الانسان وكان العالمان الالمانيان (برونه و فيشر) رائدين بأبحاثهما حول حركات الانسان واستنتجا طريقة جديدة لتحديد مركز الثقل كما حددا المسار وفقا للزمن أي مسار السرعة ومسار التعجيل ، ظهرت فيما بعد عدة طرائق في التصوير منها التصوير المتتابع دائرياً ، وعمل العالم السوفيتي (أبلاكوف) على تطوير مجموعة من أجهزة تسجيل القوى تستخدم في المجال الرياضي . ازداد الاهتمام بتحسين الأداء الرياضي بعد ظهور الألعاب الاولمبية فقد عقدت اول دورة أقيمت فيها محاضرات

(2)

عن (البايوميكانيك للحركات الرياضية) في معهد (لينين غراد للتربية البدنية) لأول مرة (1931 م) ، وتم عقد أول مؤتمر علمي للبايوميكانيك الرياضي في مدينة (لايزك) في (المانيا) في سنة (1960 م).

تطور علم البايوميكانيك والتحليل الحركي في جمهورية العراق بعد استخدام تقنيات العرض البطيء للحركات الرياضية باستخدام كاميرات سينمائية بسرعة (64 صورة/ثانية) كان التحكم بسرعتها ميكانيكية عن طريق (زبرك أي نصب) وكان (عبدالجليل إبراهيم) التدريسي- من المعهد الفني قسم السمعية والبصرية سنة (1985) تقريبا هو المصور المعتمد ، وتم تخصيص مختبر البايوميكانيك بإشراف المرحوم الدكتور (صائب عطية العبيدي) سنة (1986) لغرض تدريب طلبة الماجستير بتحليل الحركات الرياضية من الأفلام السينمائية ، واحتوى المختبر على جهاز (لارجر) مكبر للصور السينمائية يتم اسقاط الصورة وهي مكبرة على لوحة خشبية بيانية ، وكانت أولى الدراسات هو رسالة الماجستير للطلاب (جاسم محمد نايف الرومي) وإشراف (الأستاذ الدكتور عبد علي نصيف) سنة (1986) في جامعة بغداد بعد ان تم تحليل مسار الحركات فوق الحواجز كجزء من برنامج للتعلم الحركي ، كما تم تحليل مسار مهارة قفزة اليدين الامامية على حضان القفز للطلاب (عبدالواحد لازم) ، وبتاريخ (1988) تم تحليل حركة لاعبي المنتخب الوطني العراقي في ركض (110 متر حواجز) للطلاب (حسين مردان عمر) وإشراف (الاستاذ الدكتور قاسم حسن حسين) وتم استعمال تقنية العرض البطيء للأفلام السينمائية والتحليل على جهاز (الميفيولا) للإنتاج السينمائي واستخدام الحاسوب لأول مرة في تحليل الحركات وإيجاد القيم الكينماتيكية للاعبين اثناء اجتيازهم للحواجز ، وقد كان البرنامج المصمم يعرض على شاشة الحاسوب أجزاء الجسم ومفاصله على شكل عصيات (شكل تخطيطي) ويحسب مساره وسرعته وتعجيله وزوايا أجزاء الجسم وسرعته الزاوية ثم يطبعه على ورقة باستخدام طابعة الراسم ، وكان البرنامج يحتوي على محاكاة الزوايا بلغة البيسك.

وفي سنة (1998) تم لأول مرة تحليل التصوير (الفيديوي) ببرنامج تخصصي في قسم الحاسبات لكلية العلوم في جامعة الموصل بعد تحويل فلم فيديوي لرباعي

(3)

الانتقال الى القرص الصلب للحاسوب لطالب الدكتوراه (سعد نافع الدليمي) وإشراف (الأستاذ الدكتور وديع ياسين التكريتي) ، اذ تم تقطيع الفيديو الى صور متسلسلة يدويا ، وحدثت نقلة نوعية من خلال استخدام برنامج (الاولتوكاد اصدار 14) لإيجاد الزوايا والازاحات للحركات الرياضية في سنة (1999) من قبل الدكتور (ياسر نجاح) وبمساعدة الدكتور (عبدالجليل جبار) في جامعة بغداد بعد تحويل التصوير الفيديوي بسرعة (25 صورة/ثانية) الى صور متسلسلة من خلال برنامج تقطيع الفيديو ومن ثم تحليل الصور من خلال البرنامج المثبت على الحاسوب.

أدرجت مادة (التحليل الحركي) ضمن مناهج الدراسات الأولية في سنة (2010) في جامعة القادسية ، ولم يتوفر منهج مستقل معتمد لان المادة لم تعتمد في جميع الكليات وتم تدريسها بمفردات مستقلة (ملزمات) ليصبح هو العلم الاخر المعتمد في كليات التربية الرياضية.

ظهرت بوادر الاهتمام بهذا العلم في (جمهورية العراق) في اول مؤتمر دولي تخصصي- القيت فيه أبحاث على مستوى عالي من الأهمية تعالج جميع الفعاليات والقيت فيه محاضرات علمية ساهمت جامعات عراقية وعربية فيها وكان ذلك بتاريخ (2009/03/26) في (كلية التربية الرياضية) في (جامعة القادسية) وكان مؤتمرا ناجحا وعرضت فيه مجموعة من الأجهزة والبرمجيات التي تعالج الوضع الحركي للرياضيين.

(4)

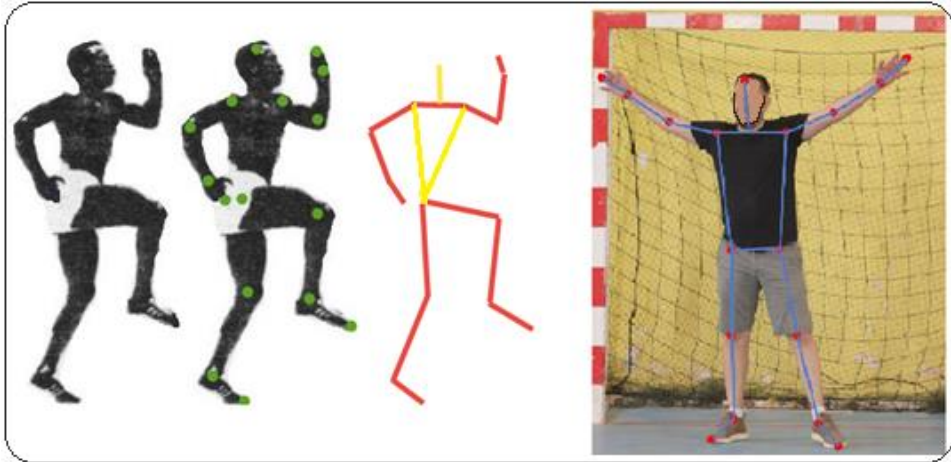
(5)

المبحث الثاني

الرسم التخطيطي ومركز كتلة الجسم

يتكون جسم الانسان من مجموعة من المفاصل لها تسمياتها وكل جزء من جسم الانسان يتكون من مفصلين له طول وكتلة ومركز للكتلة ، ولرسم الجسم على شكل تخطيطي بسيط يتم توصيل هذه المفاصل بعضها البعض بالبحسب وتسلسل أجزاء الجسم مثل الطرف العلوي والسفلي ، وبعض الأجزاء ليست مفاصل مثل الرأس فمن الممكن وضع نقطة في اعلى الرأس وكذلك الكف اذ يتم وضع نقطة على أطول اصبع والقدم على ابعد اصبع ، وعند حساب عدد النقاط سنجد ان الجسم متكون من (نقطة للرأس و (4 نقاط لجهة اليمين للطرف العلوي وهي الكتف المرفق الرسغ الكف ، و (4 نقاط على التسلسل نفسه في جهة اليسار ، اما الطرف السفلي فيتكون من (4 نقاط لجهة اليمين وهي الورك والركبة ورسغ القدم وامشاط القدم ويتكون الطرف السفلي من (4 نقاط على التسلسل نفسه في جهة اليسار) ، وبذلك تصبح مجموع عدد النقاط (17) نقطة قابلة للزيادة.

ومن الممكن زيادة هذه النقاط بحسب الدراسة المطلوبة فيمكن وضع نقاط في مراكز ثقل الأجزاء ، كما يمكن تحديد الأدوات بنقاط أخرى مثل نقطة في منتصف كرة القدم وغيرها من الأدوات.



شكل (1-1) يوضح نقاط المفاصل والرسم التخطيطي للجسم

(6)

المبحث الثالث

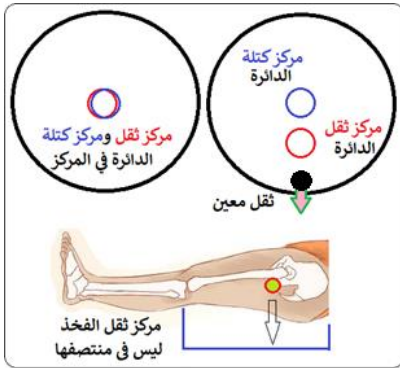
مركز كتلة الجسم ومركز ثقل الجسم

كل جسم فيه نقطة تترن جميع الأعضاء عليها ، أي ان هذه النقطة هي مركز الاتزان ، فالمسطرة التي طولها (30سم) يكون مركز الكتلة في منتصفها أي في المسافة (15سم) وبما ان المسطرة مستطيلة الشكل فان تقاطع قطري المستطيل عند منتصفها هي مركز اتزان المسطرة ، ولو استلقى شخص على مصطبة مستطيلة طويلة وتم اتزانه على محور فان جسمه سيتزن عند نقطة معينة بحيث ان وزن الاجزاء الموجودة في اليمين ستساوي وزن الأجزاء الموجودة على اليسار ومن هنا تتجلى أهمية معرفتنا لمركز كتلة او ثقل الجسم وهي خاصية مهمة للاتزان ، ومركز الكتلة هي **(نقطة افتراضية)** يمكن إيجادها في الاجزاء المنتظمة (الهندسية) مثل المربع والمستطيل والمثلث والدائرة بطرائق الرسم اما الجسم البشري والدراجة والحصان فإنها اجسام غير منتظمة لذا فان لكل جزء مركز اتزانه يتم جمعها بطريقة معروفة ، ونطلق تسمية مركز كتلة الجسم على الاجسام التي لانحسب اوزانها ، وكمثال فان مركز كتلة الدائرة في مركزها والمستطيل والمربع عند تقاطع قطريهما.

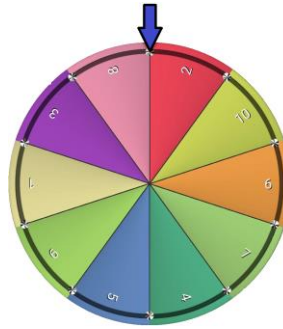
اذا ادركنا عجلة (قرص الروليت العمودي) المنتظمة فإنها في كل مرة ستقف عند رقم مختلف ويبقى مركز دورانها ثابتة اما اذا علقنا ثقلاً بسيطاً في احد ارقامها فان العجلة ستتوقف عند نفس الرقم أي ان الجزء الاثقل سيكون قريباً من الأرض دائماً وسيكون مركز ثقلها في جهة الثقل ، ولذلك نرى ان الاجسام تتعامل مع مراكز اثقالها اكثر من تعاملها مع مراكز كتلتها ، **(ومركز ثقل الفخذ يكون في الطرف الأكثر عضلات ويكون اقرب الى الورك من قربها الى الركبة)** ، تم معرفة الاوزان النسبية لأجزاء الجسم بعد وضعها على موازين خاصة من خلال تشريح الجثث ، وعند تحليل الحركات يتم في بعض الأحيان الاستعاضة عن مركز ثقل الجسم بنقطة على الورك فنسميها مركز كتلة الجسم اذ لا يوجد فرق كبير بين مركز كتلة الجسم ومركز ثقله اذا كان الجسم في حقل جاذبية موحد ، مركز الثقل مصطلح يتعامل مع الجذب الأرضي اذا كان في الأرض ، ولا يتعامل مركز الكتلة بالجذب الأرضي.

(8)

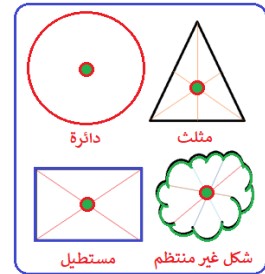
يعبر عن موقع مركز الكتلة بالمتوسط المرجح للكتلة في الجسم والذي يجب ان يكون صفرا ، وهذا يعني ان مجموع مسافات ابتعاد النقاط عن المركز سلبا وايجابا ستساوي صفرا ، ويعبر عن موقع مركز الثقل بعزم الدوران والذي يجب ان يساوي صفراً ، أي ان موقع مركز الثقل يحدده العزم (ابتعاد الثقل) ، ومثال ذلك فإننا لو وضعنا اصبعنا تحت المنطقة (15سم) في المسطرة البالغة (30سم) فان مركز الكتلة هي المنتصف لأننا لو طرحنا المسافة من اليمين عن المسافة من اليسار فالنتيجة هي صفر **وهذه هي مركز الكتلة** لان جميع أجزاء المسطرة مصنوعة من المادة نفسها ، اما لو وضعنا وزنا خفيفا على احد جانبي المسطرة فإننا يجب ان نقرب اصبعنا من موقع الوزن الموضوع (تقليل الابتعاد) لكي تترن المسطرة أي نمنع المسطرة من الدوران والسقوط فتتساوى العزوم (القوة في ابتعادها على جهة ستساوي القوة في ابتعادها في الجهة الأخرى) **وهذه هي مركز الثقل** أي لا يشترط ان يكون مركز الثقل في المنتصف. مركز الكتلة لا يتغير عند تغير الجاذبية ولكن مركز الثقل يتغير عند تغير الجاذبية ، فالكتلة تبقى ثابتة على الأرض والقمر لأنها مقدار ما يحتويه الجسم من مادة ، ولكن مركز الثقل سيتغير وفقا لتغير الجاذبية على القمر .



شكل (1-4) يوضح الفرق بين مركز الثقل ومركز الكتلة



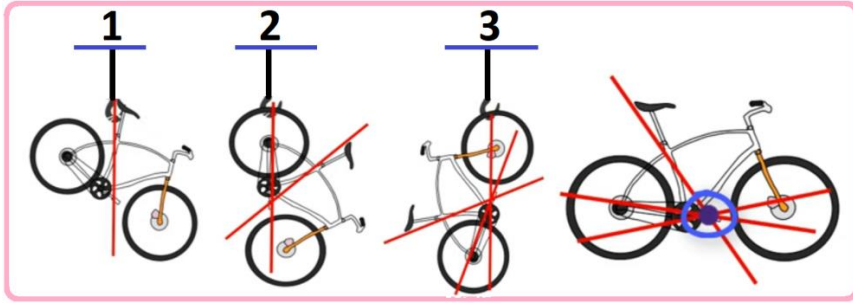
شكل (1-3) يوضح قرص الروليت العمودي



شكل (1-2) يوضح مركز كتلة بعض الاجسام المنتظمة وغير المنتظمة

(9)

ولغرض إيجاد مركز ثقل او كتلة أي جسم غير منتظم فيجب تعليقه على الأقل من ثلاث مناطق عشوائية ورسم خطوط عمودية من منطقة التعليق في كل مرة وتقاطع هذه الخطوط هي مركز الكتلة والثقل.



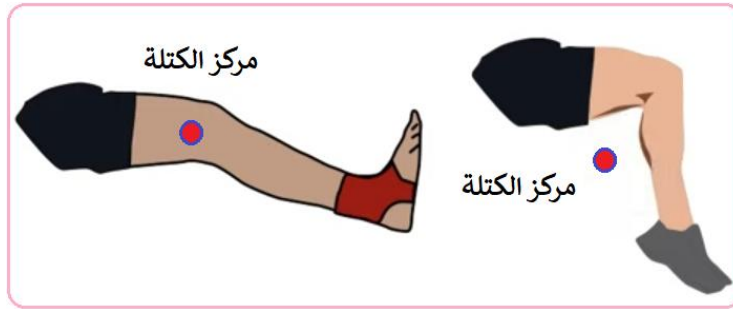
شكل (1-5) يوضح طريقة إيجاد مركز الثقل والكتلة للأجسام غير المنتظمة بطريقة التعليق



شكل (1-6) تغير موقع مركز كتلة الجسم بعد وضع الطرف التعويضي

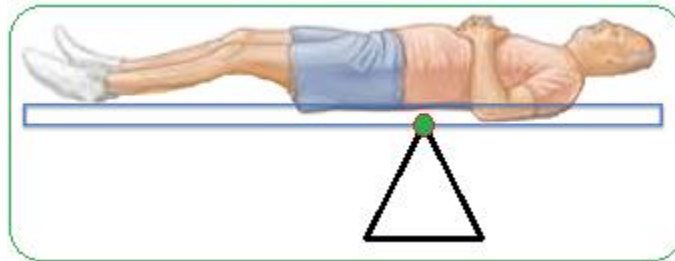
ويتضح من الشكل بان العداء أصبح أفضل بعد وضع الطرف التعويضي اذ انخفض مركز كتلة جسمه مما يعني ان الدفع سيكون بالاتجاه الافقي أكبر من الاتجاه العمودي وهذا يتطابق مع الفعالية اذ من المطلوب في مرحلة الانطلاق الحفاظ على ميلان الجسم الى الامام لعدة خطوات.

(10)



شكل (7-1) يوضح تغير موقع مركز الكتلة استنادا الى وضع الجسم

من المهم جدا ان نفرق بين مصطلح الكتلة ومصطلح الوزن فوحدة الكتلة هي (كغم) اما وحدة الوزن فهي (نيوتن) وان (1 نيوتن = 1 كغم.م/ثا²) وهي نفس وحدة القوة ، وكتل الاجسام تقع تحت تأثير الجذب الأرضي البالغ (9.81 كغم.م/ثا²) وهذا يعني ان (الوزن = الكتلة $\times$ 9.81).



شكل (8-1) يوضح مركز ثقل الجسم

الابعاد والاوزان 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 علما ان الكتلة الافتراضية في الجدول هو (100كغم) والنسب من أصل (100سم).

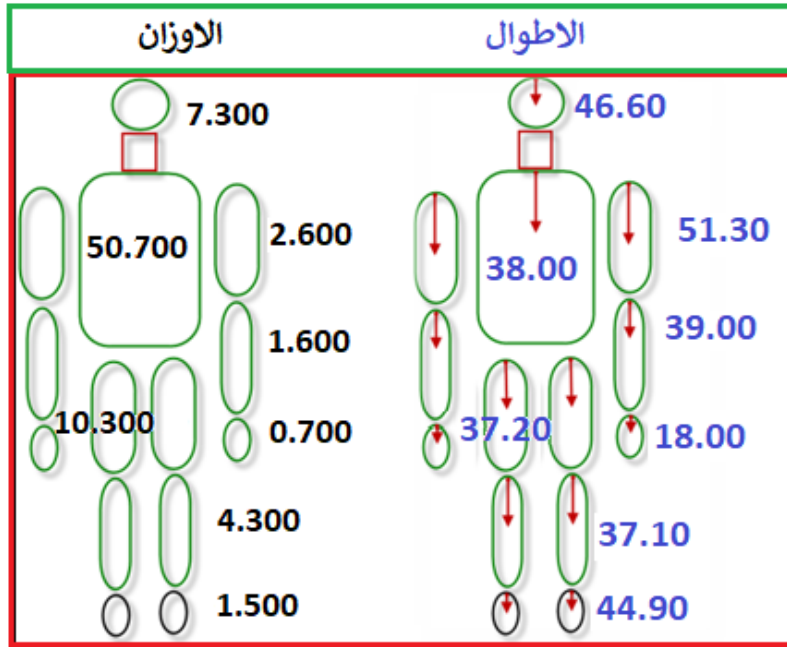
جدول (1-1) الكتلة النسبية والبعد النسبي لإيجاد مركز كتل الاجزاء والجسم (*)

التسلسل	الجزء	الكتلة النسبية (كغم)	البعد النسبي (سم) بالنسبة المئوية	الطول (سم) بالنسبة المئوية
1	الرأس والرقبة	7.300	46.60	0.182
2	الجذع	50.700	38.00	0.390
3	عضد أيمن	2.600	51.30	0.186
4	عضد أيسر	2.600	51.30	0.186
5	ساعد أيمن	1.600	39.00	0.146
6	ساعد أيسر	1.600	39.00	0.146
7	يد يمينى	0.700	18.00	0.108
8	يد يسرى	0.700	18.00	0.108
9	فخذ أيمن	10.300	37.20	0.245
10	فخذ أيسر	10.300	37.20	0.245
11	ساق أيمن	4.300	37.10	0.246
12	ساق أيسر	4.300	37.10	0.246
13	قدم يمينى	1.500	44.90	0.152
14	قدم يسرى	1.500	44.90	0.152

اذ نجد في هذا الجدول ان الكتلة الحقيقية محسوبة من (100كغم) وان البعد النسبي يفترض ان طول كل جزء هو (100سم)

(*) توجد العديد من الدراسات حول اوزان الجسم ومواقع مراكز الثقل ويمكن اعتماد نتائج اية دراسة ، والقيم في الجدول هي معدلة من دراسات سابقة

(12)



شكل (9-1) الأوزان النسبية ومراكز كتلة أجزاء الجسم

مثال: جد كتلة وموقع اتزان فخذ لاعب كتلته (75 كغم) وطول فخذه (44 سم) بما ان القيم المعروضة في جدول الكتل النسبية من أصل (100 كغم) فان قانون النسبة والتناسب يؤدي الغرض المطلوب ووفقا لما يأتي:

كتلة الشخص	الكتلة النسبية للفخذ
100	10.300
75	س

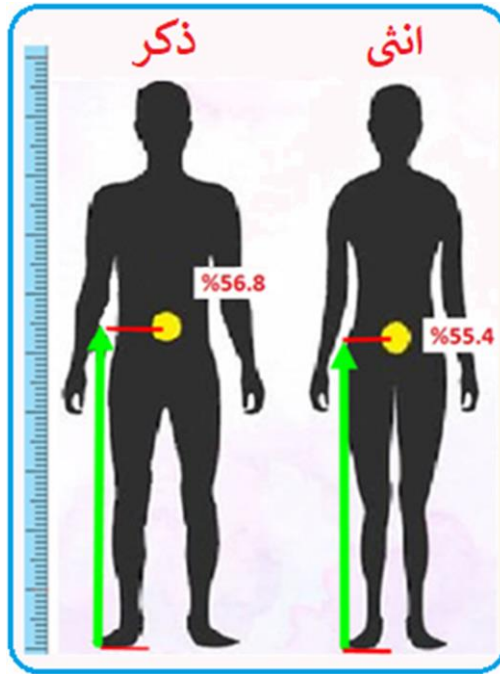
$$\text{كتلة الفخذ} = \frac{10.300 \times 75}{100} = 7.725 \text{ سبعة كيلوغرامات وسبعمائة وخمسة وعشرون غراما}$$

وبما ان الابعاد النسبية المعروضة في الجدول هي مثال لأجزاء طولها (100 سم) فان النسبة والتناسب يؤدي الغرض المطلوب ووفقا لما يأتي:

$$\text{موقع اتزان الفخذ} = \frac{37.20 \times 44}{100} = 16.4 \text{ سم تبعد عن المفصل العلوي من أصل طول الفخذ البالغ (44 سم)}$$

(13)

ومن الامثلة السابقة يمكن ايجاد مركز كتلة الانسان وقد تبين من الدراسات السابقة ان متوسط ارتفاع مركز كتلة الرجل في الوضع التشريحي هو (56.8%) من طوله الطبيعي و (55.44%) من الطول الطبيعي للنساء ، مقاسة من أسفل القدم ويلاحظ بان مركز ثقل النساء أدنى من الرجال بسبب الوضع التشريحي المتمثل بكبر الحوض لغرض الحمل.



شكل (10-1) يوضح موقع مركز الثقل بين المرأة والرجل

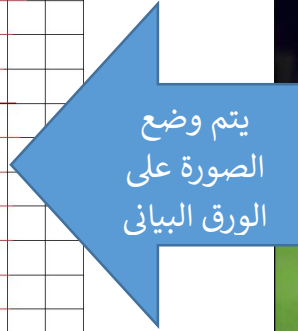
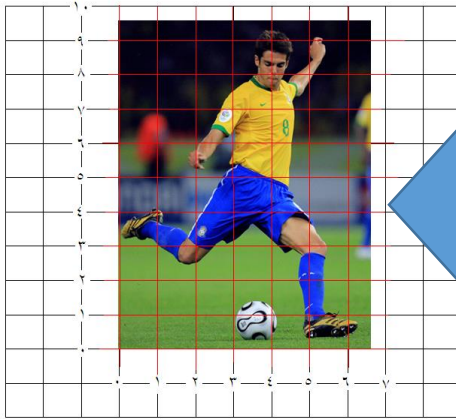
مثال: شخص طوله 170 سم جد طول ساقه

$$\text{طول الساق} = 0.246 \times 170$$

$$= 41.82 \text{ سم}$$

(14)

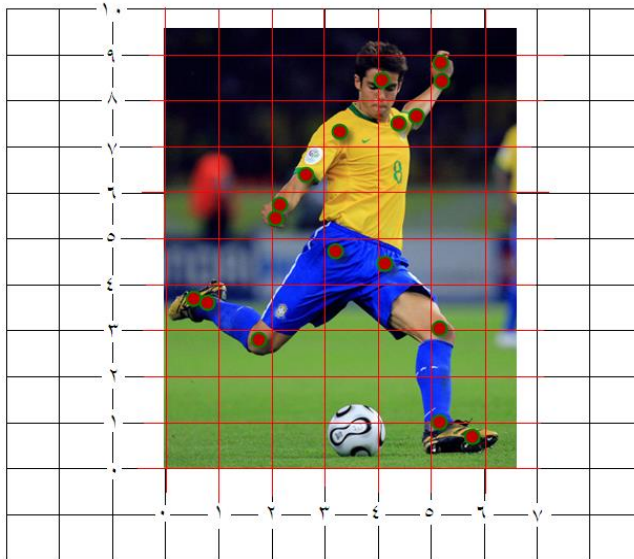
مثال: عين مركز كتلة الجسم في الشكل ادناه:



الصورة على الورق البياني

صورة طبيعية لاحد لاعبي كرة القدم

شكل (11-1) صورة احد لاعبي كرة القدم



شكل (12=1) وضع النقاط على مفاصل الجسم

ويلاحظ من الاشكال بان النقاط على الجسم تعد بمثابة مفاصل لأغراض 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

(15)

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

جدول (1-2) الكتلة والبعد النسبي والحقيقي لإيجاد مركز الكتلة

ت	الجزء	الكتلة النسبية (كغم) من الجداول	الكتلة الحقيقية (كغم) من اللاعب	البعد النسبي (سم) من الجداول	البعد الافقي (سم) من الورق البياني	البعد العمودي (سم) من الورق البياني	الكتلة الحقيقية (كغم×سم) × البعد العمودي	الكتلة الحقيقية (كغم×سم) × البعد الافقي
1	الرأس والرقبة	7.3	6.21	46.6	4	8.5	52.74	24.82
2	الذراع	50.7	43.1	38	3.8	6.5	280.12	163.76
3	عضد أيمن	2.6	2.21	51.3	3	6.6	14.59	6.63
4	عضد أيسر	2.6	2.21	51.3	4.5	7.5	16.58	9.95
5	ساعد أيمن	1.6	1.36	39	2.4	5.9	8.02	3.26
6	ساعد أيسر	1.6	1.36	39	5	8	10.88	6.8
7	يد يمينى	0.7	0.6	18	2.1	5.5	3.27	1.25
8	يد يسرى	0.7	0.6	18	5.1	8.8	5.24	3.03
9	فخذ أيمن	10.3	8.76	37.2	2.5	4	35.02	21.89
10	فخذ أيسر	10.3	8.76	37.2	4.5	3.8	33.27	39.4
11	ساق أيمن	4.3	3.66	37.1	1.4	3.4	12.43	5.12
12	ساق أيسر	4.3	3.66	37.1	5.1	2	7.31	18.64
13	قدم يمينى	1.5	1.28	44.9	0.5	3.6	4.59	0.64
14	قدم يسرى	1.5	1.28	44.9	5.6	0.7	0.89	7.14
المجموع								312.32
المجموع بعد قسمتها على 100								4.85

* إيجاد مجموع (الوزن الحقيقي × البعد الافقي) = 312.32

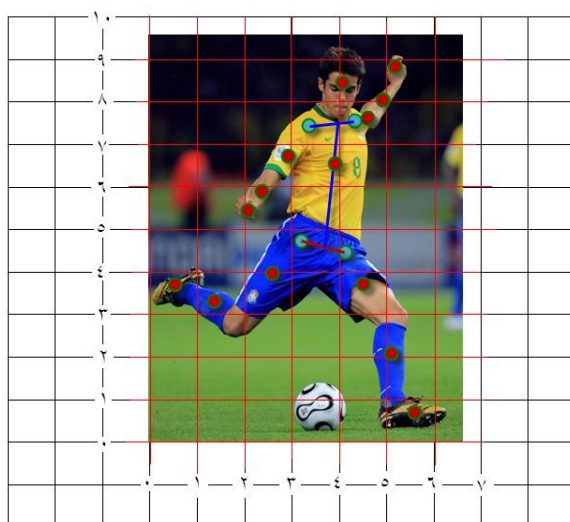
* استخراج نقطة البعد الافقي = $312.32 \div 100 = 3.12$ تقريباً

* إيجاد مجموع (الوزن الحقيقي × البعد العمودي) = 484.94

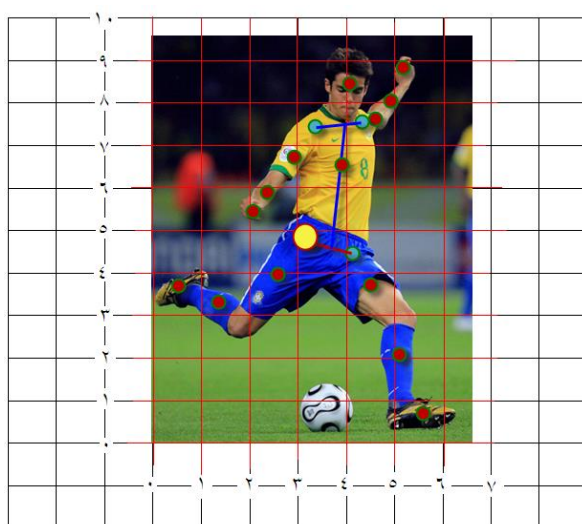
* استخراج نقطة البعد العمودي = $484.94 \div 100 = 4.85$ تقريباً

* نقطة التقاء البعدين الافقي والعمودي يمثل مركز ثقل كتلة الجسم .

(16)



شكل (13-1) النقاط على مراكز كتل الأجزاء



شكل (14-1) مراكز كتل الاجزاء ومركز كتلة الجسم

المبحث الرابع

الزوايا النسبية والزوايا المطلقة

يتكون جسم الانسان من أجزاء موزعة الى الطرفين العلوي والسفلي ومن امثلة هذه الأجزاء (العضد او الساعد او الفخذ او الساق.....وهكذا) كمل يتكون من مجموعة من المفاصل مثل (مفصل الركبة ومفصل المرفق ومفصل الكتف.....وهكذا) وتشكل الأجزاء او المفاصل زوايا يمكننا من خلال قيمها تقييم حالة الأداء بالدرجات ويمكننا استخدامه لاحقاً لتقرير حالة الأداء الجيد او حالة الأداء الغير السوي كأمراض محدودة حركة مفاصل الجسم.

الزاوية يتم تحديدها من خلال ضلعين فاذا كانت ضلعي الزاوية من أجزاء الجسم سميت بالزوايا النسبية أي ان **الزوايا النسبية** هي تلك الزوايا التي تتشكل بوجود جزئين متقاربين من أجزاء الجسم ومثال ذلك (زاوية مفصل المرفق وهي الزاوية المحصورة بين جزء الساعد وجزء العضد.....وهكذا لزاوية الركبة فإنها تتشكل بين جزئين وهما الفخذ والساق) ، اما **الزوايا المطلقة** فهي على ثلاثة وهي:

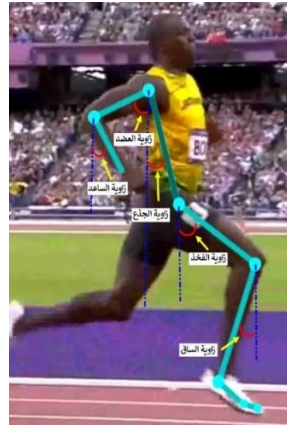
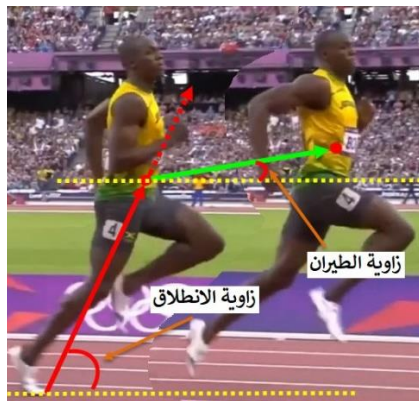
1- جزء الجسم : وهي تلك الزوايا التي تتشكل بين ضلعين أحدهما المحور الطولي لجزء الجسم والآخر محور عمودي او افقي وهي قائم على المفصل العلوي من الجزء ومثال ذلك (زاوية العضد فالمحور الطولي للعضد يشكل الضلع الأول والخط العمودي الوهمي القائم على مفصل الكتف يمثل الضلع الآخر) ، وهي زوايا تشريحية وطبية وقد تقرأ بالسالب والموجب.

2- نقطة الجسم : وهي الزوايا التي تشكلها نقطة معينة من الجسم او نقطة في مركز أداة مثل كرة القدم او القرص او مركز ثقل الجسم في موقعين مختلفين من الحركة ومن امثلتها زاوية انطلاق الكرة فاحد اضلاع الزاوية الخط الواصل بين موقع الكرة قبل كسر اتصالها مع القدم والموقع الآخر بعد تركها للقدم او الأرض لمسافة محددة يتم إيصال خط بينهما (تسمى الازاحة) والضلع الآخر هو المحور العمودي او الافقي الوهمي القائم على النقطة الأولى ، ويمكن ان تمثل النقطتان الازاحة الزاوية لذلك المفصل (الفرق في الزاوية قبل وبعد).

(18)



3- استناد الجسم : وتتشكل هذه الزاوية من ضلعين أحدهما هو الخط الواصل بين نقطة معينة في الجسم (مثل مركز ثقل الجسم) مع نقطة معينة على الأرض (استناد القدم على الأرض) او على جهاز (استناد اليدين على حصان القفز) والضلع الآخر هو الخط العمودي او الافقي الوهمي القائم على نقطة الاستناد.



نقطة الجسم و استناد الجسم

جزء الجسم

الزوايا النسبية

شكل (15-1) يوضح الزوايا المطلقة

المبحث الخامس

الرياضيات والمثلثات

يتعلق قوانين البايوميكانيك والتحليل الحركي بالرياضيات والمثلثات بشكل كبير وعمليات التعويض والتناقل بين البسط والمقام والجيوب وهذه مواد مهمة يجب المراجعة عليها

أولاً الرياضيات

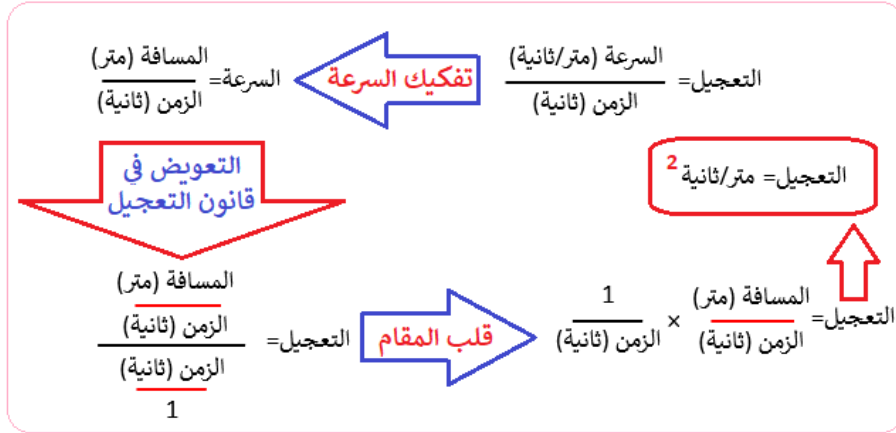
فالأسبقيات في الرياضيات هي (تربيع القيم ثم حل الاقواس ثم عمليتي الضرب او القسمة بحسب ظهورها في المعادلة ثم عمليتي الجمع والطرح حسب أولوية ظهورهما ثم رفع الجذر إذا تواجد) وهناك إجراءات أخرى ولكننا لا نحتاج الى أكثر من ذلك ، اما عمليتي النقل من المقام الى البسط فتخضع الى قلب المقام عند رفعها الى البسط او بالعكس والتأكد من الوحدة النهائية ، وكما واضح من بعض الصور.

جدول (3-1) يبين امثلة لاستخدام الاسبقيات عند حل المسائل

$2 \times 2^2 - 2 \times (2+3) = \text{س}$	$2 \times 6 - 3 \times (2+3) = \text{س}$	$2 - 3 \times 12 + 2 \div 6 = \text{س}$	$2 - 3 \div 12 + 2 \times 6 = \text{س}$
$2 \times 4 - 2 \times (2+3) = \text{س}$	$2 \times 6 - 3 \times (5) = \text{س}$	$2 - 3 \times 12 + 3 = \text{س}$	$2 - 3 \div 12 + 12 = \text{س}$
$2 \times 4 - 2 \times 5 = \text{س}$	$2 \times 6 - 15 = \text{س}$	$2 - 36 + 3 = \text{س}$	$2 - 4 + 12 = \text{س}$
$2 \times 4 - 10 = \text{س}$	$12 - 15 = \text{س}$	$2 - 39 = \text{س}$	$2 - 16 = \text{س}$
$8 - 10 = \text{س}$	$3 = \text{س}$	$37 = \text{س}$	$14 = \text{س}$
$2 = \text{س}$			

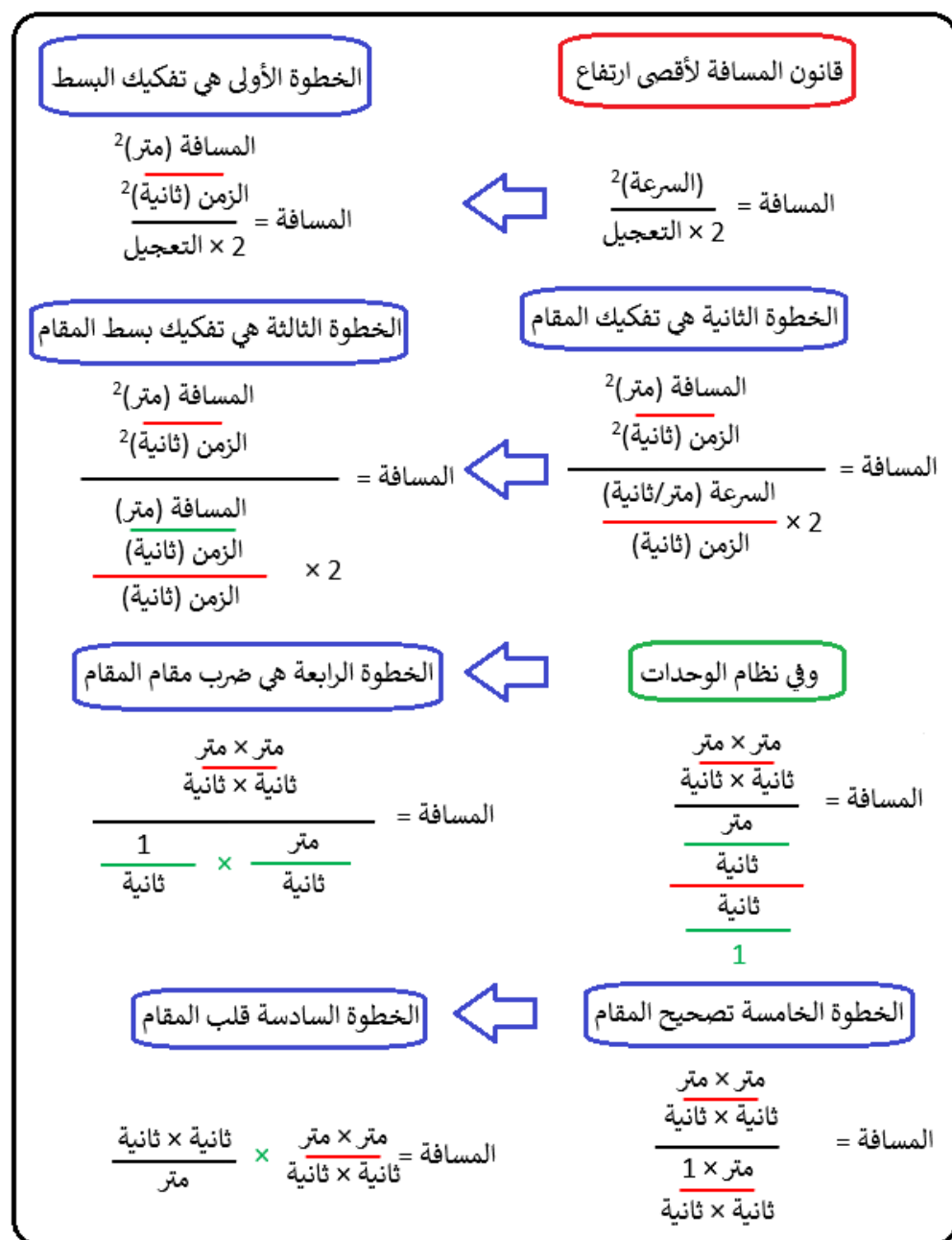
(20)

اما عمليات النقل من المقام الى البسط فنعطي الأمثلة الآتية:
فإذا كانت السرعة تساوي المسافة على الزمن والتعجيل يساوي السرعة على الزمن وإذا علمنا ان وحدة التعجيل هي م/ثا²



شكل (17-1) نظام التعويض والتناقل بين البسط والمقام

ومن خلال الشكل فإننا نلاحظ في الخطوة الأولى تم تفكيك البسط وان المقام كان متكون من مصطلح واحد مما يعني ان مقامه واحد صحيح ليس له وحدة وفي الخطوة الثانية تم نقل المقام الى البسط ولاحظ انه عند النقل تم قلب البسط والمقام ، وللتأكد من النتيجة النهائية فان وحدة التعجيل هي (متر/ثانية²).



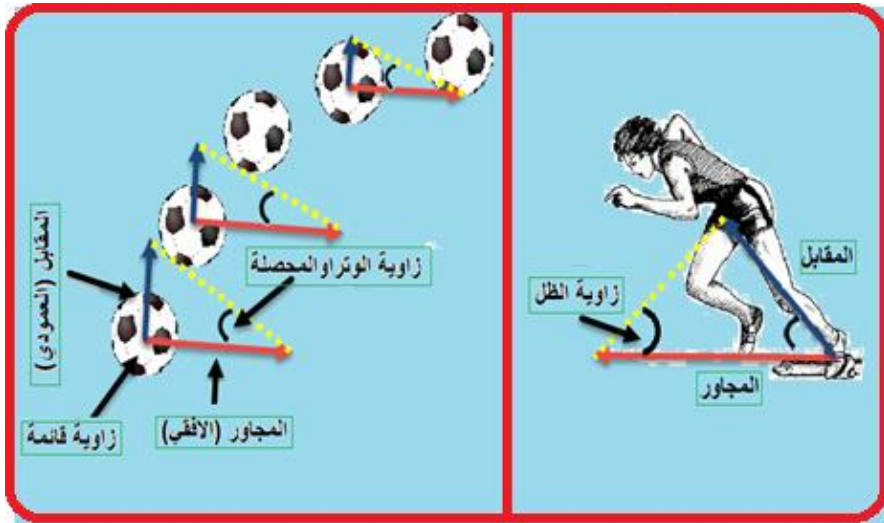
شكل (1-18) يوضح وجود أكثر من عمليات في التفكيك وقلب المقام

يتم اختصار الزمن مع الزمن والمسافة مع المسافة فتبقى الوحدة (متر) وهي وحدة المسافة

ثانياً) المثلثات (الجيب والجيب تمام والظل والجداول)

لو افترضنا ان لاعب كرة القدم في ضربة الجزاء ركل الكرة الى الزاوية العليا اليمنى لحارس المرمى ، مما يعني ان الكرة طيلة فترة انتقالها تسير الى الامام والاعلى وتستمر بهذا المنوال مما يعني انها ترسم في كل مرة سهمين احدهما افقي والاخر عمودي او قطري ، وفي كل الاحوال يمكن رسم مثلث بحيث نحدد زاوية وهذه الزاوية تكون امامها ضلع نسميه المقابل وبجانبتها ضلع نسميه المجاور ، واذا كانت هناك زاوية قائمة فالضلع القطري هو المحصلة او الوتر ، وقد لا تكون اية زاوية قائمة في المثلث ، فهناك ثلاثة قوانين في هذه المثلثات نستطيع بموجبها معرفة القيم الرقمية لهذه الأسهم او الزوايا ، فكل من قانون الجيب (جا) وقانون الجيب تمام (جتا) يتعامل مع المثلثات التي فيها زاوية قائمة اما قانون الظل (ظا) فانه يتعامل مع المثلثات التي ليست فيها زاوية قائمة ، ولهذه القوانين جداول نرجع اليها لغرض إيجاد قيمة الزاوية.

$$\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \theta \text{ ظا} \quad \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \theta \text{ جتا} \quad \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} = \theta \text{ جا}$$



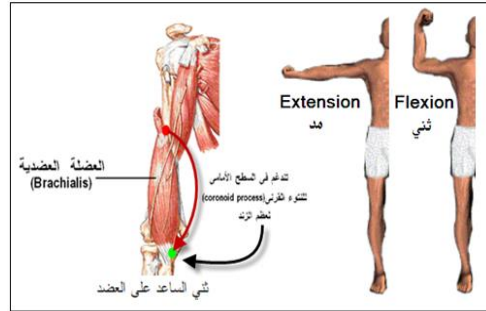
شكل (19-1) المقابل والمجاور والافقي والعمودي في الصور الرياضية

المبحث السادس

الحركات الأساسية في جسم الانسان

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

1- الثني : تقريب العظمين المتفصلين الى بعضهما بحيث تصغر الزاوية بينهما. وتقوم العضلة العضدية (Brachialis) بثني الساعد على العضد.



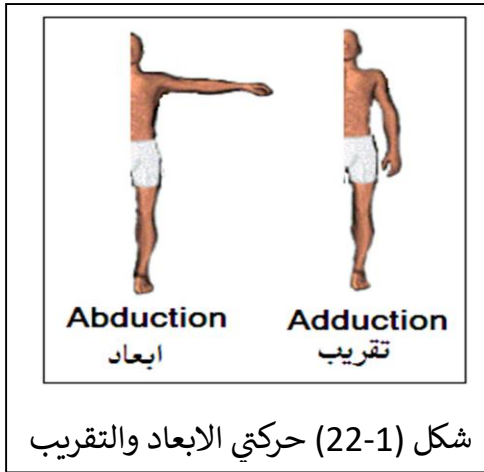
شكل (1-20) العضلات العاملة عند حركتي المد والثني (فعالية القفز بالعصا)



شكل (1-21) العضلة ذات الرأس الثلاثة العضدية

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

(24)



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

4- الأبعاد : أبعاد أجزاء الجسم بالاتجاه البعيد عن محوره الشاقولي او العمودي (وهو المحور الذي يخترق الجسم من الأعلى الى الأسفل اثناء الوقوف

5- الرفع : وهو رفع أجزاء الجسم الى الأعلى ، مثل حركة حزام الكتف أي رفع الكتفين الى الأعلى مع ثبات الرأس



6- الخفض : وهو خفض أجزاء الجسم الى الأسفل اذ تقوم العضلة المنحرفة المربعة (Trapezius) بمجموعة من الحركات الاساسية وتتواجد خلف العنق وفي أعلى الجذع.

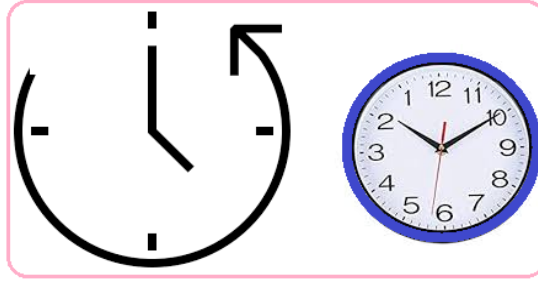
7- التدوير: تتم الحركة حول المحور الطولي للعظم ويكون التدوير الى الداخل والى الخارج.

(25)

8- الكب: ويقصد بها تدوير اليد والساعد من مفصل المرفق الى الداخل (بعكس عقرب الساعة) وحول المحور الطولي للساعد بحيث تواجه باطن اليد الأرض.

9- البطح: ويقصد بها تدوير اليد والساعد من مفصل المرفق الى الخارج (مع دوران عقرب الساعة) بحيث يواجه ظهر اليد الأرض .

10- الدوران: ويقصد بها ان الجزء المتحرك يرسم أثناء حركته دائرة وتشمل هذه الحركة مجموعة حركات الثني ، التباعد ، المد والتقريب ، الرفع والخفض مثل حركات الدورات في رقص الباليه او الرقص الايقاعي على الجليد.



شكل (1-24) الدوران بعكس عقرب الساعة

المبحث السابع

المحاور والمسطحات

تسبق دراسة المهارات الرياضية جملة من الأمور يجب ان يكون يأخذ القائم بتحليلها بنظر الاعتبار وهي:

1. الإحساس بالحركة (بعض المهارات الرياضية تتعد في انتقال الجسم من دورانات الى حركات خطية فيدور نصف الجسم لينقل الحركة الى النصف الاخر)
2. تقدير الجانب الكمي والنوعي للحركة (يشعر القائم بتحليل الحركات او الرياضي الذي يؤدي الحركة بزيادة او نقصان في كمية السرعة او القوة او الاطالة او التقصير اثناء الأداء)
3. اتجاه وشكل الحركة (يجب ان نفهم جيدا بان جميع حركاتنا ستخدم المسار الحركي لتسلسل أجزاء الحرة فتارة نوجه الرأس بالثني وأخرى بالمد وتارة نفتح الذراع وتارة نضمها الى وسط الجسم فنغير في محاور الاجسام لغرض التزايد في الاتجاه)

اولاً المحاور التي تدور حولها الحركة

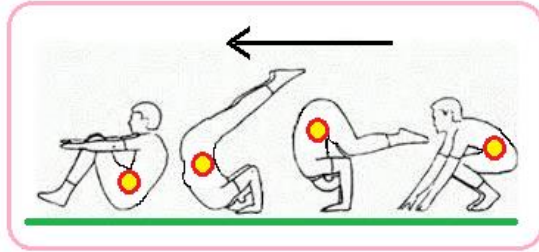
هناك (3) محاور وهمية أساسية تدور حولها الحركات الرياضية وهي:

- 1- المحور الطولي (Longitudinal axis) : وهو المحور الذي يمكن تمثيله بخط عمودي وهمي يخترق الجسم من اعلى الرأس ويستقر على الأرض بين القدمين ، ويدور الجسم حوله ومثال ذلك الدوران حول الجسم في الجمناستك او في فعالية رمي القرص او المطرقة وغيره)
- 2- المحور العرضي (Transverse axis) : وهو المحور الذي يمكن تمثيله بخط افقي وهمي يخترق حزام الورك من الجانب اليمين الى الجانب اليسار ، ويدور الجسم حوله ومثال ذلك الدحرجة الامامية.

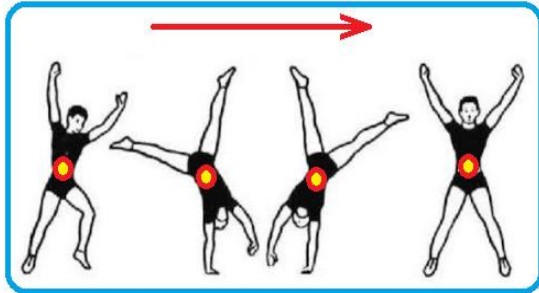
3- المحور العميق (Anteroposterior axis) : وهو المحور الذي يمكن تمثيله بخط افقي وهمي يخترق البطن ويخرج من الظهر أي يخترق الجانب الأمامي ويخرج من الجانب الخلفي ، ويدور الجسم حوله ومثال ذلك العجلة البشرية.



شكل (1-27) دوران حول المحور الطولي



شكل (1-25) المحور العرضي - الدرجة الامامية



شكل (1-26) المحور العميق - العجلة البشرية

ثانياً) المستويات او المسطحات التي تدور حولها الحركة

استنادا الى أبعاد الحركة او محاورها فان الحركة تحدث في ثلاثة

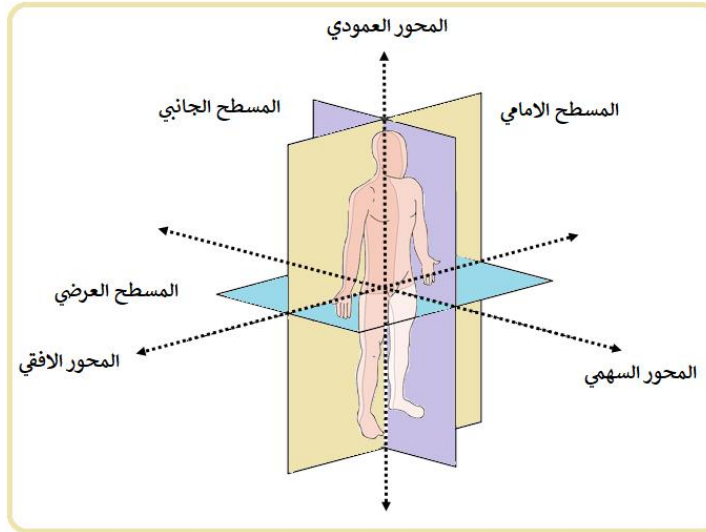
مستويات وهي:

1- المستوى (المسطح) الأمامي (Frontal plane) : هو المستوى الذي يقسم الجسم الى قسمين متساويين أحدهما أمامي والآخر خلفي.

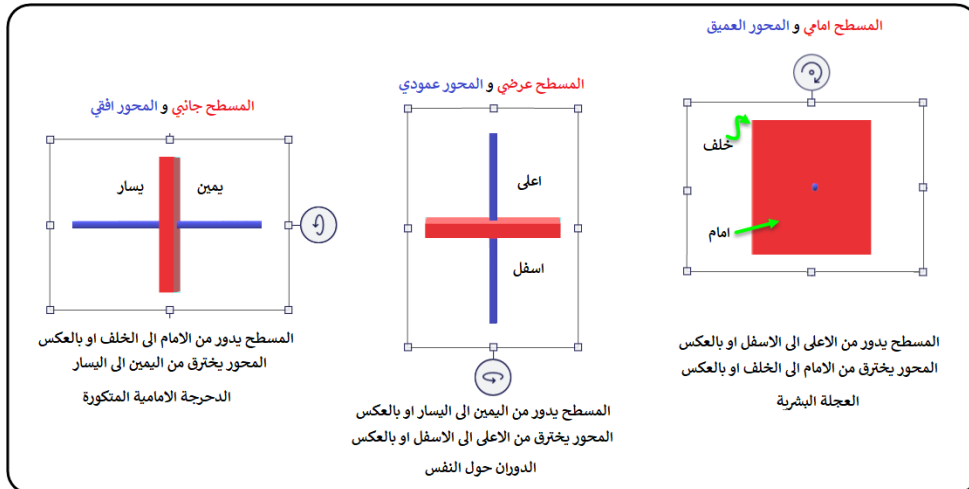
2- المستوى (المسطح) العرضي (Transverse plane) : هو المستوى الذي يقسم الجسم الى قسمين متساويين أحدهما علوي والآخر سفلي.

(29)

3- المستوى (المسطح) الجانبي (Profile plane) : هو المستوى الذي يقسم الجسم الى قسمين متساويين أحدهما في اليمين والآخر في اليسار.



شكل (1-28) المحاور والمسطحات التي تجرى عليها الحركات الرياضية



شكل (1-29) العلاقة بين حركة المحاور والمسطحات

المحاور والمستويات في بعض الحركات

- ثني الرقبة أماماً خلفاً يحدث حول المحور الأفقي ، وفي المستوى الجانبي.
- ثني الرقبة يميناً ويساراً يحدث في حول المحور العميق، وفي المستوى الأمامي.
- دوران الرقبة من اليمين الى اليسار يحدث حول المحور الطولي ، وفي المستوى العرضي.

- الدحرجة الأمامية المتكورة (حول المحور الأفقي وفي المستوى الجانبي)
- العجلة البشرية (حول المحور العميق وفي المسطح الأمامي)
- الدوران حول النفس (المحور عمودي والمسطح عرضي)

		
دوران الرقبة من اليمين الى اليسار المحور الطولي ، المستوى العرضي	ثني الرقبة يميناً ويساراً المحور العميق ، المستوى الأمامي	ثني الرقبة أماماً وخلفاً المحور الأفقي ، المستوى الجانبي

شكل (1-30) حركات الرقبة في المحاور والمستويات

المبحث الثامن

الحركة

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

أشكال الحركات :

توصف الحركة في البايوميكانيك بشكلين مهمين هما:
أولاً) أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي:
ثانياً) أشكال الحركة من ناحية المسار الزمني:

أولاً) أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي:

(1) الحركة بالمسار المستقيم



في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزائه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات خطية خلال

شكل (1-31) يوضح المسار الافقي والعمودي لأجزاء الجسم

انتقالها **وان سرعة هذه الأجزاء تكون متساوية**

وتحدث في خط مستقيم **بالاتجاه الافقي او العمودي**. ومن امثلة ذلك المسار الافقي لمفصل للورك او الكتف في مسابقات الدراجة والمسار العمودي لمفصل الورك او الكتف في الاستحواذ على الكرة او القفز العمودي للتصويب في كرة السلة.

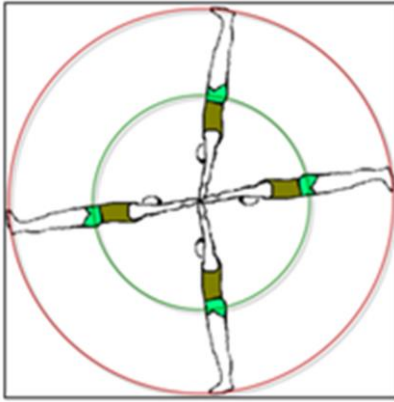


شكل (1-32) المسار المنحني لمفصل الورك

في خط منحي **بالاتجاهين الافقي والعمودي**. ومن امثلة ذلك مسار مفصل الورك في اجتياز الحواجز او الوثب الطويل قد لا تكون متساوية في سرعة المسار لمفصل الكتف.

(2) 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 قد لا تكون متساوية** وتحدث



شكل (1-33) الدورة العظمى في الجمناستك

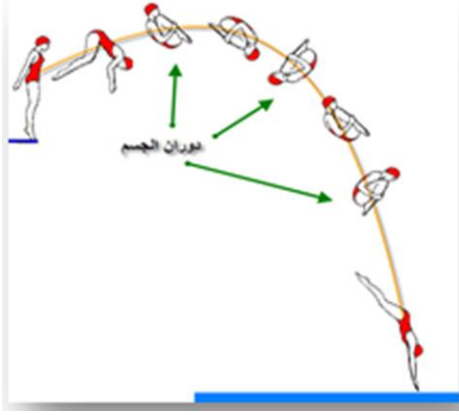
(3) الحركة بالمسار الدائري

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 والورك في مهارة الدورة العظمى في فعاليات الجمناستك

(4) الحركة بالمسار المتعدد (المركب)

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



شكل (1-34) فعالية الغطس الى الماء

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

حصان 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.

ثانيا) أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني:

(1) الحركة المنتظمة

ويقطع فيها الجسم مسافات متساوية في ازمة متساوية ، فمثلا في سباق معين يقطع لاعب (10متر) بزمن (4ثانية) ثم يقطع (10متر) أخرى بنفس الزمن، أي انه يتحرك بسرعة متساوية.

(2) الحركة غير المنتظمة

ويقطع الجسم فيها مسافات غير متساوية في ازمة متساوية او مسافات متساوية في ازمة غير متساوية ، فمثلا عند تساوي

المسافات ففي سباق معين يقطع لاعب (10 متر) بزمن (3 ثانية) ثم يقطع (10 متر) أخرى بزمن (4 ثانية) وهذا يعني انه اصبح بطيئاً، او يقطع (10 متر) الأخرى بزمن (2 ثانية) أي انه اصبح سريعاً ، أي يتحرك بسرعة متغيرة ، اما عند تساوي الأزمنة فيكون المعيار للمقارنة هو الزمن بتغير المسافة اذ يكون اللاعب في الثانية الأولى على بعد 10 متر من البداية وفي الثانية الثانية يكون على بعد 15 متر من اخر قياس وفي الثانية الثالثة على بعد 25 متر من اخر قياس وهكذا.

وتقسم الحركات غير المنتظمة الى:

- حركة بتعجيل تزايدى (السرعة في اللحظة الأخرى تزداد أي الزمن يقل).
- حركة بتعجيل تناقصى (السرعة في اللحظة الأخرى تقل أي الزمن يزداد).

في فعالية عدو 100 متر نجد ان العداء يمر بأربعة مراحل بعد ان يأخذ مكانه على الخط ويبدأ بالانطلاق

- 1- سرعة الاستجابة للإطلاقة ومغادرة المسندين
- 2- التزايد في السرعة (حركة بتعجيل تزايدى)
- 3- السرعة القصوى (حركة منتظمة)
- 4- تباطئ السرعة (قد تسمى بالمحافظة على السرعة القصوى) (حركة بتعجيل تناقصى)

المبحث التاسع

نسبية الحركة وابعاد الحركة (النظام الاحداثي)

أولاً) نسبية الحركة

نسبية الحركة هو مقارنة حركة الرياضيين نسبياً للموجودات حوله من أدوات او لاعبين اخرين ، 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. وكذلك ممكن اكتشاف اللاعب الأول نسبة الى بطيء اللاعب الثاني في الركض ، اذن فالحركة تحدث نسبة الى الموجودات المتحركة او الثابتة.

ان الهدف الأساسي من نسبية الحركات هو:

- 1- تقدير قرب وبعد الأشياء نسبة الى الاجسام الثابتة او المتحركة
- 2- تقدير سرعة وبطيء الأشياء نسبة الى الأشياء المتحركة
- 3- تقدير ابعاد الأشياء نسبة الى مقاييس الاجسام الثابتة او المتحركة (مقياس الرسم)

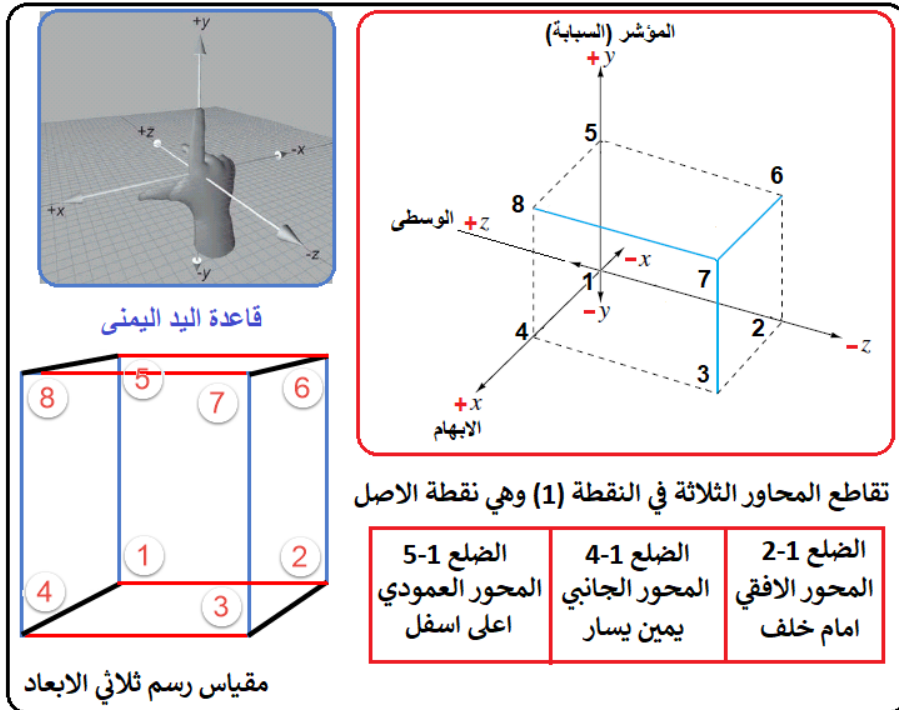


شكل (1-35) نسبية الحركة وفقا للاعب زميل او لنقطة معينة في السباق

ثانياً) ابعاد الحركة (النظام الاحداثي)

تشاهد الحركة في ثلاثة أبعاد او محاور ويمكن الحكم عليها من بعدين إلا ان البعد الثالث وجد لتحليل المشاهد غير القابلة للرؤية ، اما البعد الرابع فيمثل الزمن والأبعاد او المحاور الثلاثة هي:

- 1- (البعد السيني) أي الاحداثي الأفقي الجانبي (X) ، وهو محور يوازي الأفق واتجاهه من اليمين الى اليسار ، ويمثله أصبع الابهام في قاعدة اليد اليمنى.
- 2- (البعد الصادي) أي الاحداث العمودي (Y) ، وهو محور يوازي خط الاتجاه مع الجذب الأرضي ويمثله أصبع السبابة في قاعدة اليد اليمنى.
- 3- (البعد العيني) أي الاحداثي الأفقي الامامي (Z) ، وهو محور يوازي الافق وعمودي على المحورين السابقين واتجاهه من الأمام الى الخلف ويمثله أصبع الوسطى في قاعدة اليد اليمنى.



شكل (36-1) يوضح قاعدة اليد اليمنى وتقاطع محاور الابعاد الثلاثة ومن الأمثلة المهمة على تطبيقات مقياس ثلاثي الابعاد اننا نستطيع ان نعين مكان نقطة الأصل في المكعب (النقطة المرقمة بواحد) بموقع الحكم الثاني في الكرة

(37)

الطائرة فعندما يتقدم اللاعب لضرب الكرة (الضرب الساحق) فهو يتقدم نحو الامام في المحور الافقي (أي يتقدم من النقطة رقم 4 في المكعب الى النقطة رقم 1) وعندما يتحرك جانبا نحو الحكم الأول فهو يتحرك في المحور السهمي او العميق (أي يتحرك من نقطة الأصل الى النقطة رقم 2) وعندما ينهض لصد الكرة فهو يتحرك ضمن المحور العمودي (أي يتحرك نحو النقطة 5) ، كذلك فإننا عندما نتفرج على لاعب الوثب الطويل من المنصة الرئيسية فإننا نراه يتقدم في المحور الافقي وينهض في المحور العمودي ، اما في حالة اننا ننظر اليه من الامام او من الخلف فإننا سنرصد انحرافه ضمن مجال الركضة التقريبية او هبوطه الى جانب الحفرة فيكون الاتجاه الافقي الثاني هو (الجانبي)

المبحث العاشر

الكميات القياسية والكميات المتجهة

نقصد بالكميات بانها المصطلحات التي نتعامل بها في وصف الأشياء مثل المسافة والازاحة والسرعة والقوة ودرجة الحرارة والطول والوزن وغيرها.

أولا) الكميات القياسية:

فهي الكميات التي نكتفي بذكر مقدارها بغض النظر اين اتجهت ، فمثلا نقول ان السرعة في عدو 100 متر هو (10متر/ثانية) ولا نذكر الى اين يتجه ، وان الهدف في كرة القدم يتكون من عمودين يبلغ طول العمود (2.44متر) وان شبكة السلة في لعبة كرة السلة موجودة على ارتفاع (3 أمتار) ، وان افضل زاوية القدم اثناء ضريها للكرة هي (95 درجة) ، ولا يترتب على الكميات القياسية اية معلومات تخص اتجاهها.

ثانيا) الكميات القياسية:

في الكميات المتجهة يجب ذكر اتجاه الحركة فضلا عن مقدارها فلا نكتفي بذكر مقدارها فمثلا رمي ثقل بسرعة (10م/ثا) وبزاوية (45درجة) وهنا تكون الزاوية هي اتجاه أداة الرمي ، أي لانكتفي بذكر المقدار فقط ولكن يجب ان نذكر اتجاه الحركة فمثلا تحرك لاعب كرة القدم بسرعة الى اليمين ثم غير اتجاهه الى اليسار ، والكميات المتجهة عند جمعها او طرحها تخضع الى القانون الجبري و قوانين المثلثات.

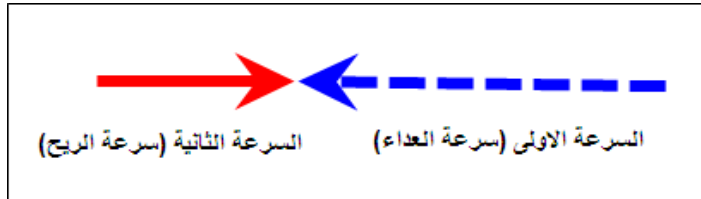
تحليل وتركيب الكميات المتجهة في الابعاد الثلاثة

(أ) تحليل وتركيب الحركات المتجهة في البعد الواحد

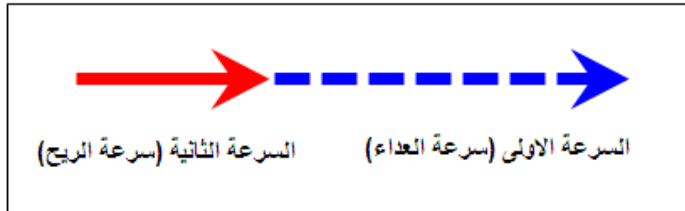
يمكن تمثيل كميات الحركات الخطية المتجهة بسهم يمثل طوله مقدار الكمية ويمثل تأثير السهم اتجاهه.

1- **جمع الحركات الخطية المتجهة** : في حالة وجود كميتين في نفس الاتجاه فمثلا إذا قام أحد الأشخاص بدفع سيارة وساعده شخص اخر فان ما يبذله الشخصان هما كميتان في الاتجاه نفسه والمحصلة هي جمع ما يصدر منهما إذا كانت قوة او سرعة وهكذا والاتجاه نحو اتجاه الدفع.

2- **طرح الحركات الخطية المتجهة** : في لعبة جر الحبل نجد ان أحد الفريقين يسحب الفريق المنافس نحو اليمين فيما يحاول الآخرون في اليسار بسحب الفريق نحو اليسار ، ان المحصلة الناتجة هي طرح السرعتين او القوتين بعضهما من البعض الآخر اما الاتجاه فسيكون نحو القوة او السرعة الأكبر.



طرح المتجهات



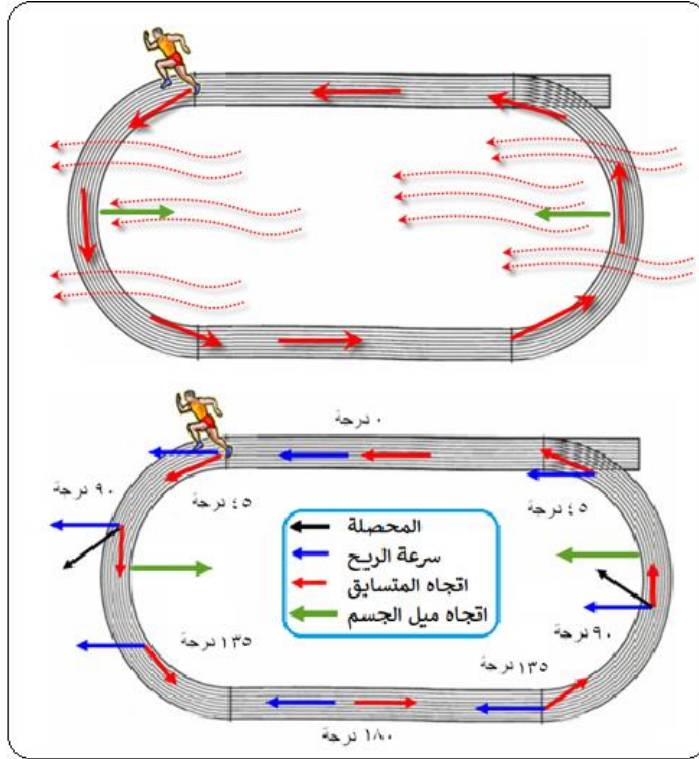
جمع المتجهات

شكل (1-37) جمع وطرح المتجهات

نلاحظ في مجال الاركاض في سباق (400 متر) بان العداء سيمر من منحنيين في كل من المنحنيين سيتعرض الى قوة طاردة من المركز فيحاول ان يميل بجسمه نحو

(41)

مركز المنحنى كرد فعل للقوة الطاردة المتجهة من داخل مركز المنحنى الى الخارج ، وكذلك يفعل في المنحنى الثاني ، وبذلك نرى معاكسة في اتجاه القوة واتجاه ميل الجسم ، اما اذا اضعفنا سرعة الرياح والتي تتجه من اليسار الى اليمين فإننا نحلل موضوعين مختلفين أولهما ان كل من اتجاه العداء واتجاه الرياح ستكون متعاكسة في المنحنى الأول مما تسبب عبثاً اضافياً لمقاومة القوة الطاردة لان اتجاه الرياح تجمع مع اتجاه القوة الطاردة اما في المنحنى الثاني فان اتجاه الرياح ستكون مع اتجاه ميل جسم العداء ومعاكسة لاتجاه القوة الطاردة مما تساعد العداء في مقاومة القوة الطاردة وتخفف عنه وهذا سبب رئيسي— بعدم اعتماد سرعة الرياح في ركض (400 متر) وذلك لتساوي تأثير القوى الخارجية في المنحنيين.



شكل (1-38) يوضح المتجهات في مجال الرياضة

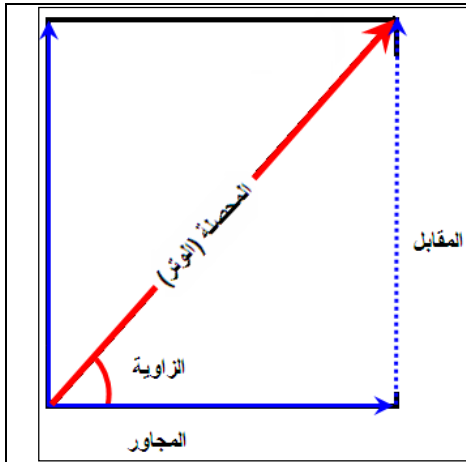
(ب) تحليل وتركيب الحركات المتجهة في بعدين

وهي على ثلاثة أنواع

- 1- كميّتان متعامدتان بينهما زاوية (90 درجة) والمحصلة تكون بقانون (فيثاغورس) والزاوية هي توضيح الاتجاه نحو الكمية الأفقية او العمودية
- 2- كميّتان بينهما زاوية حادة (اقل من 90 درجة) والمحصلة تكون بقانون متوازي المستطيلات.
- 3- كميّتان بينهما زاوية منفرجة (أكبر من 90 درجة) والمحصلة تكون بقانون متوازي المستطيلات.

قانون فيثاغورس (مربع الوتر = مجموع مربعي الضلعين القائمين)

$$\text{مربع الوتر (المحصلة)} = (\text{الضلع الأفقي})^2 + (\text{الضلع العمودي})^2$$



شكل (1-40) يوضح المحصلة عند تعامد المتجهات

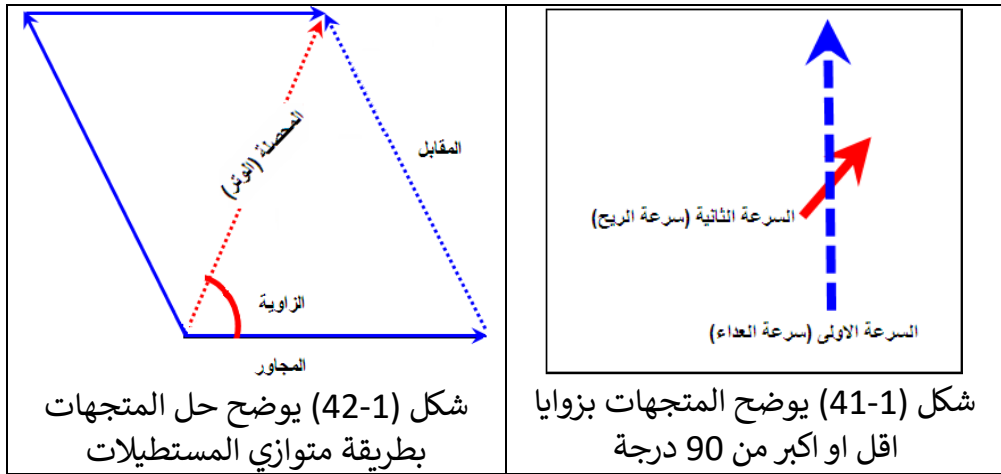


شكل (1-39) يوضح تعامد المتجهات

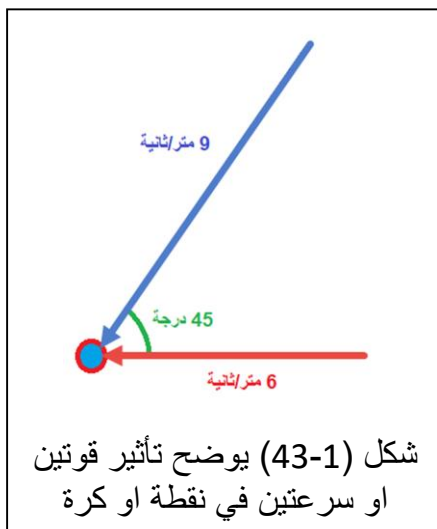
ويمكن حساب الاتجاه من خلال ظل الزاوية او جيبها او جيب تمامها قانون متوازي المستطيلات

$$\text{المحصلة} = (\text{الكمية}_1^2 + \text{الكمية}_2^2) + (\text{الكمية}_1 \times \text{الكمية}_2 \times \text{جتا الزاوية})$$

(43)



اما الاتجاه فنجد من قانون الظل او الجيب او الجيب تمام كما سبق ان جيب تمام الزاوية 90 درجة هي (صفر) وكلما قلت الدرجة عن (90) كانت قيمة الدرجة بالموجب فجيب تمام الزاوية (89 درجة) هي (+ 0.017) وهذا يعني ان المحصلة تتجه نحو الزيادة او نحو الجمع ، اما جيب تمام الزاوية (91 درجة) فهي (- 0.017) وهذا يعني ان المحصلة تتجه نحو القلة او نحو الطرح.

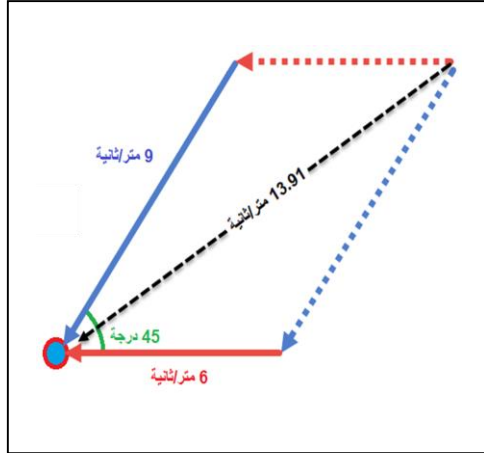


مثال: اثرت سرعتين على جسم فاذا كانت قيمة السرعة الاولى 6 م\ثا والسرعة الثانية 9 م\ثا وكانت الزاوية بينهما (45 درجة) فكم ستكون المحصلة ؟ وكم تكون المحصلة إذا زادت الزاوية الى (135 درجة) ، والى اين تتجه المحصلة.

بالنسبة الى جيب تمام الزاوية (45 درجة) نجده من الجداول او الحاسبة

$$\text{محصلة السرعة} = \sqrt{(6^2 + 9^2) + (2 \times 6 \times 9 \times 0.707+)}$$

(44)



$$(76.356 + 81 + 36) = \text{محصلة السرعة}$$

$$76.356 + 117 = \text{محصلة السرعة}$$

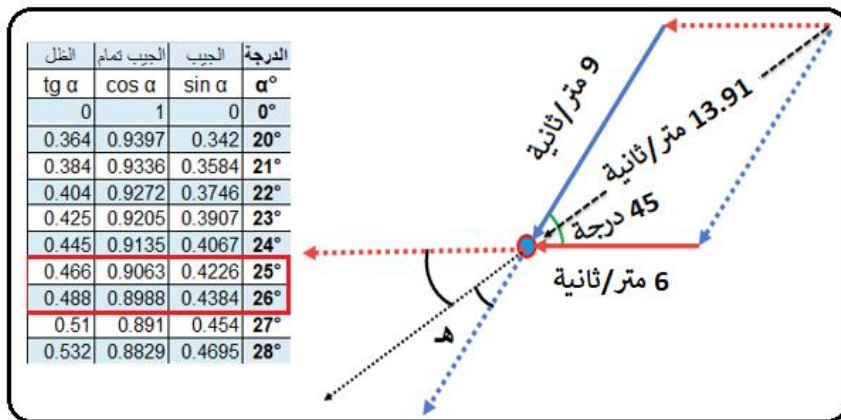
$$193.356 = \text{محصلة السرعة}$$

$$13.91 \text{ م\ثا} = \text{محصلة السرعة}$$

شكل (1-44) تأثير قوتين او سرعتين في نقطة او كرة مع رسم الخطوط الوهمية والمحصلة

اما بالنسبة لاتجاه المحصلة فإننا سنجدها أقرب الى السهم الأطول من خلال صغر الزاوية بينها وبين السهم الأطول او الكمية الأكبر ، ونجد قيمة الزاوية من خلال قانون الظل او الجيب او تمام مع المحصلة بعد ايجادها.

$$\text{جا}\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} = \frac{6}{13.91} = 0.431 \text{ ومن الجداول نجد ان الزاوية هي } 25 \text{ او } 26 \text{ درجة}$$



شكل (1-45) رسم الزوايا وايجادها من الجداول

(45)

اما بالنسبة الى الزاوية 135 درجة فإننا سنجد ان الاشارة لقيمة جيب التمام هي التي تغيرت فقط من الموجب الى السالب لان الزاوية كلما كبرت تميل المحصلة الى الطرح.

بالنسبة الى جيب تمام الزاوية (45 درجة) نجده من الجداول او الحاسبة

$$\sqrt{((0.707-) \times 9 \times 6 \times 2) + (9^2 + 6^2)} = \text{محصلة السرعة}$$

$$\sqrt{(76.356-) + (81 + 36)} = \text{محصلة السرعة}$$

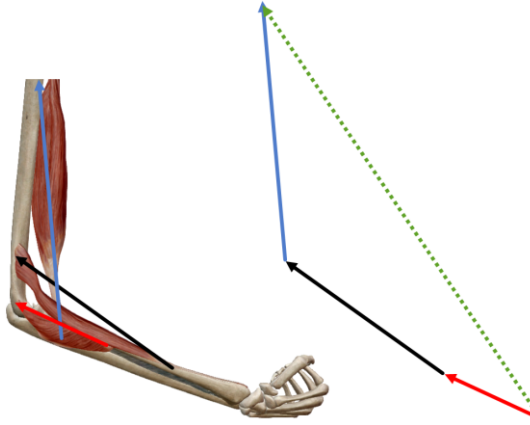
$$\sqrt{76.356 - 117} = \text{محصلة السرعة}$$

$$\sqrt{40.644} = \text{محصلة السرعة}$$

$$\text{محصلة السرعة} = 6.38 \text{ م\ثا}$$

اما الاتجاه فنجد من خلال قانون الجيب وذلك بقسمة المقابل على الوتر ثم البحث عنه في الجداول .

وفي حالة تأثير اكثر من كميتين ولنفترض ثلاث كميات ، فاننا نجد محصلة كميتين ثم يتم إيجاد المحصلة النهائية من خلال المحصلة والكمية الثالثة اما الاتجاه فنجد في العملية الأخيرة ، وهناك طريقة أخرى وهي الحاق المتجهات بعضها ببعض الاخر ، ومثال ذلك هي محصلة ثلاث عضلات تحاول ان تجعل الساعد في حالة السكون وهي (عضلة ذات الرأسين العضدية والعضلة العضدية والعضلة الكعبرية) ولكل عضلة منشأ ومدغم مختلف).



شكل (1-46) اتجاه عمل مجموعة العضلات العاملة على مفصل المرفق

(ج) تحليل وتركيب الحركات المتجهة في ثلاثة ابعاد

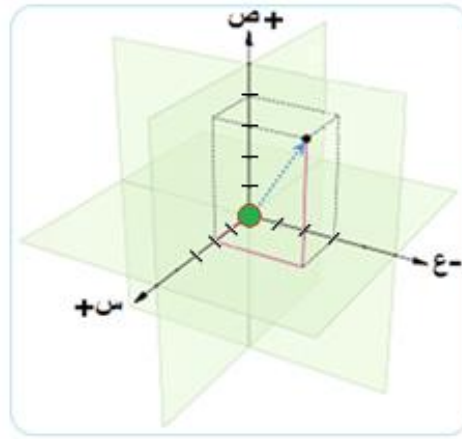
وهي على عدة أنواع

- 1- ثلاث كميات متعامدة على بعضها بينها زاوية (90 درجة) والمحصلة تكون بقانون (فيثاغورس ثلاثي الاضلاع) واتجاه المحصلة يكون نسبية مع كل محور.
- 2- كميتان بينهما زاوية قائمة والثالثة حادة (اقل من 90 درجة) والمحصلة تكون بقانون (فيثاغورس ثنائي الاضلاع) وقانون متوازي المستطيلات ، واتجاه المحصلة يكون نسبية مع كل محور .
- 3- ثلاث كميات بين ضلعين زاوية حادة (اقل من 90 درجة) وبين ضلعين زاوية منفرجة (اكبر من 90 درجة) والمحصلة تكون بقانون متوازي المستطيلات ، واتجاه المحصلة يكون نسبية مع كل محور .
- 4- ثلاث كميات بينها زوايا حادة او بينها زوايا منفرجة ، واتجاه المحصلة يكون نسبية مع كل محور .

$$\text{المحصلة} = \sqrt{(\text{الكمية الأولى})^2 + (\text{الكمية الثانية})^2 + (\text{الكمية الثالثة})^2}$$

$$\text{المحصلة} = \sqrt{(ص_1 - 2ص_2)^2 + (ع_1 - 2ع_2)^2 + (س_1 - 2س_2)^2}$$

(47)



شكل (47-1) يوضح موقع ثلاثي الابعاد لنقطة معينة
ويتضح من الشكل ان هناك ثلاثة أعمدة تسحب الكرة في ثلاثة اتجاهات
مختلفة وكل سهم يمثل كمية رقمية معينة ونقطة تلاقي الأسهم الثلاثة هي نقطة
المحصلة ويمكن رسمها وكذلك يمكن معرفة مقدارها من خلال قانون فيثاغورس ثلاثي
الاضلاع.

مثال : اذا كانت القوة (ع=3) و (س=2) و (ص=4) جد محصلة القوة وحدد الاتجاه

$$\sqrt{(2ص - 1ص)^2 + (2ع - 1ع)^2 + (2س - 1س)^2} = \text{المحصلة}$$

$$\sqrt{2^2(4) + 2^2(2) + 2^2(-3)} = \text{المحصلة}$$

$$\sqrt{16+4+9} = \text{المحصلة}$$

$$\sqrt{29} = 5.4 \text{ نيوتن لاحظ ان أية قيمة بالسالب سوف تفقد اشارتها لأنها تحت الجذر}$$

اما الاتجاه فيمكننا ايجاده من خلال جيوب التمام الزوايا الثلاث ، ولاحظ ان
للمحصلة ثلاثة اتجاهات.

(48)

$$\frac{4}{5.4} = \cos \theta_v \quad \text{المجاور} \quad \frac{\text{الوتر}}{\text{جناح}} = \cos \theta_v$$

جناح $\cos \theta_v = 0.741$ ومن الجداول نجد ان الزاوية هي 42 درجة

$$\frac{2}{5.4} = \cos \theta_v \quad \text{المجاور} \quad \frac{\text{الوتر}}{\text{جناح}} = \cos \theta_v$$

جناح $\cos \theta_v = 0.370$ ومن الجداول نجد ان الزاوية هي 68 درجة

$$\frac{3}{5.4} = \cos \theta_v \quad \text{المجاور} \quad \frac{\text{الوتر}}{\text{جناح}} = \cos \theta_v$$

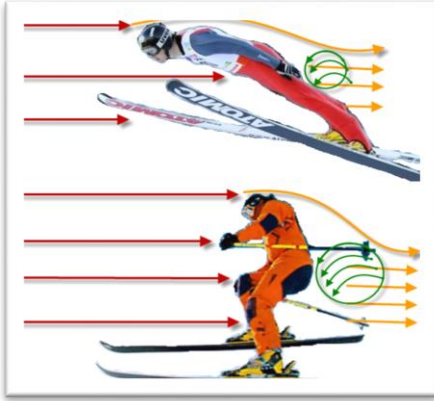
جناح $\cos \theta_v = 0.556$ ومن الجداول نجد ان الزاوية هي 56 درجة

ان المحصلة ستبتعد متجها بشكل قريب على المحور (ص) لان الزاوية قليلة جدا ولان القوة اكبر من القوى الأخرى.

المبحث الحادي عشر

القوى المقاومة للحركة

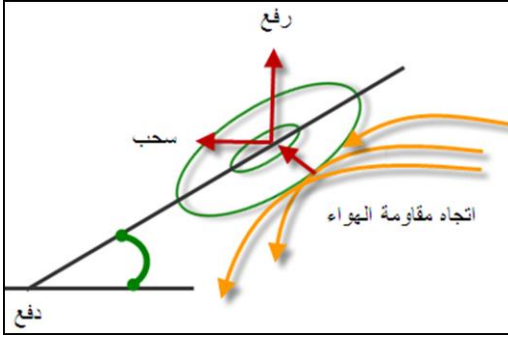
تؤثر القوى الخارجية سلبا وإيجابا في الحركات الرياضية ، ويختلف شكل القوى الخارجية من حيث بيئة العمل او محيط اداء الحركة فمثلا اداء الحركة في الهواء الطلق يختلف عن ادائه في الماء او على الرمال لذلك فان بعض اساليب التدريب تستخدم محيطات مختلفة كجزء من عملية تحسين وتنمية الاداء البدني او الحركي ، ادناه مجموعة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



الشكل (1-48) يوضح مقاومة الهواء عند القفز على الثلج

• القفز على الجليد والغطس بالتكور :

يفضل املالة الجسم الى الامام للتقليل من مقاومة الهواء كما واضح من الشكل ادناه وفي الغطس يفضل ان يكون التكور اقصى — ما يمكن للسبب اعلاه ، ويرجح 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 (1-49) يوضح تأثير الهواء على القرص

• **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.

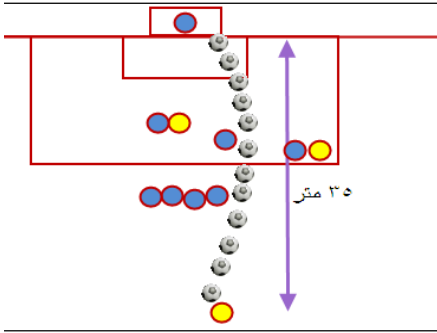
• **السباحة والتجديف** : تتربع مقاومة الماء بزيادة السرعة وعلى السباح معرفة كيفية توزيع الجهد على مسافات السباق فكلما ازدادت سرعة اليد في حركتها ضد الماء كلما ازدادت مقاومة الماء لها ، وعلى رياضي التجديف معرفة الاداء الفني لتعريض مساحة المجذاف على سطح الماء في دخوله وخروجه وهذا ينطبق على ذراع السباح.

• **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.

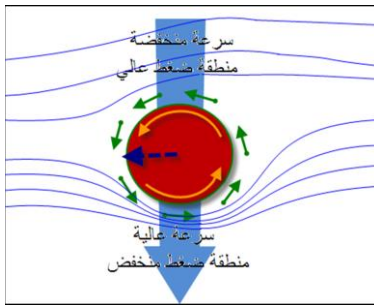
تأثير ماجنوس (Magnus effect)

حدث في الثالث من يونيو 1997 في لعب ودي بين البرازيل وفرنسا وقبل مونديال 1998 ان ضرب روبرتو كارلوس كرة القدم من على بعد تراوح بين (30 - 35 مترا) على جانبها الايمن وبالحافة الخارجية للقدم اليسرى وبقوة شديدة نحو الجانب الايسر للمرمى الفرنسي واصبحت الكرة تدور (من اليمين إلى اليسار بعكس عقرب الساعة) ، وقبل متر واحد من المرمى وبعد ان كان مسار الكرة الى الخارج مبتعدا عن العمود الايسر من المرمى (نسبة الى حارس المرمى) تغير اتجاهها لتضرب القائم وتدخل المرمى في أقصى يسار حارس منتخب فرنسا.



الشكل (1-50) ركل الكرة على يمينها بالحافة الخارجية للقدم اليسرى للاعب روبرتو

تم تفسير الانحناء في مسار الكرة عند انتقالها في الهواء إلى اختلاف سرعة الهواء على جانبيها بحيث يكون الهواء سريعاً على أحد جانبيها وبطيئاً في الجانب الآخر ، واختلاف السرعة ادى حسب مبدأ برنولي الذي ينص (إن زيادة السرعة على طول خط الانسياب للهواء تحدث انخفاضاً في الضغط) إلى نشوء فرق في الضغط على جانبي الكرة فمال مسار الكرة الى الضغط المنخفض الذي يتواجد مع اتجاه الكرة (اذا علمنا ان اتجاه الهواء بعكس اتجاه الكرة) أي نشأت قوة عمودية على مسار الكرة دفعتها للانحناء



شكل (1-51) يوضح تأثير
ماكنوس في ركلة الزاوية

(52)

باتجاه يماثل اتجاه دورانها ، سميت هذه القوة بقوة ماجنوس وسمي تأثيرها بتأثير ماجنوس نسبة الى مفسرها .

لقد درس الفيزيائي الألماني (ماكنوس Magnus) في (1852) القوس الجانبي في تساؤله لماذا يسرع المقذوف بالانحراف (الكرة او الرصاصة) إلى جانب واحد ، ان التفسير المعتمد في هذه الركلة هو ان الكرة التي تسرع حول محورها العمودي تؤدي إلى تدفق الهواء حولها تنحرف يسارا فالضغط الجوي الخارجي يكون أسرع نسبة إلى مركز الكرة حيث أن محيط الكرة يتحرك في نفس اتجاه التيار الهوائي ، هنا الضغط الجوي ينخفض طبقاً لمبدأ (برنولي Bernoulli) ، يحدث التأثير المعاكس على الجانب الآخر للكرة ، حيث يكون الضغط أبطأ نسبة إلى مركز الكرة لذا فان عدم التوازن في القوى تؤدي الى انحراف الكرة . يمكن افتراضا حساب القوى المؤثرة في انحراف الكرة ، فلو كانت سرعة الكرة 25-30 مترا في الثانية وتدور من 8-10 دورات وركلت من بعد 30 مترا فان القوة المؤثرة تحرف الكرة بمقدار 4 أمتار عن الخط الطبيعي لمسار الكرة (الخط المستقيم) وهذا كاف للتغلب على مهارة أي حامي هدف آنذاك.

الفصل الثاني

العتلات والعضلات

المبحث الأول

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.



شكل (1-52) يوضح العتلات في حياتنا اليومية

نقاط العتلات وأذرعها

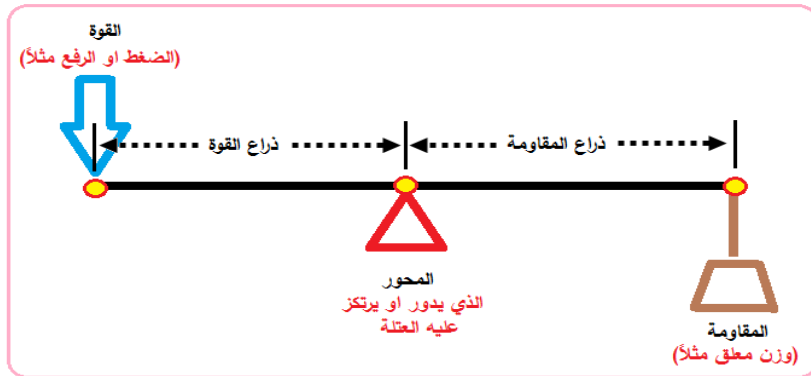
للعلة ثلاثة نقاط:

- 1- المحور او المركز
- 2- القوة
- 3- المقاومة

اذرع العتلات:

للعتلات ذراعين وهما :

- 1- ذراع المقاومة: البعد بين **المحور او المركز** والمقاومة.
- 2- ذراع القوة: البعد بين **المحور او المركز** والقوة.



شكل (1-53) يوضح نقاط العتلات

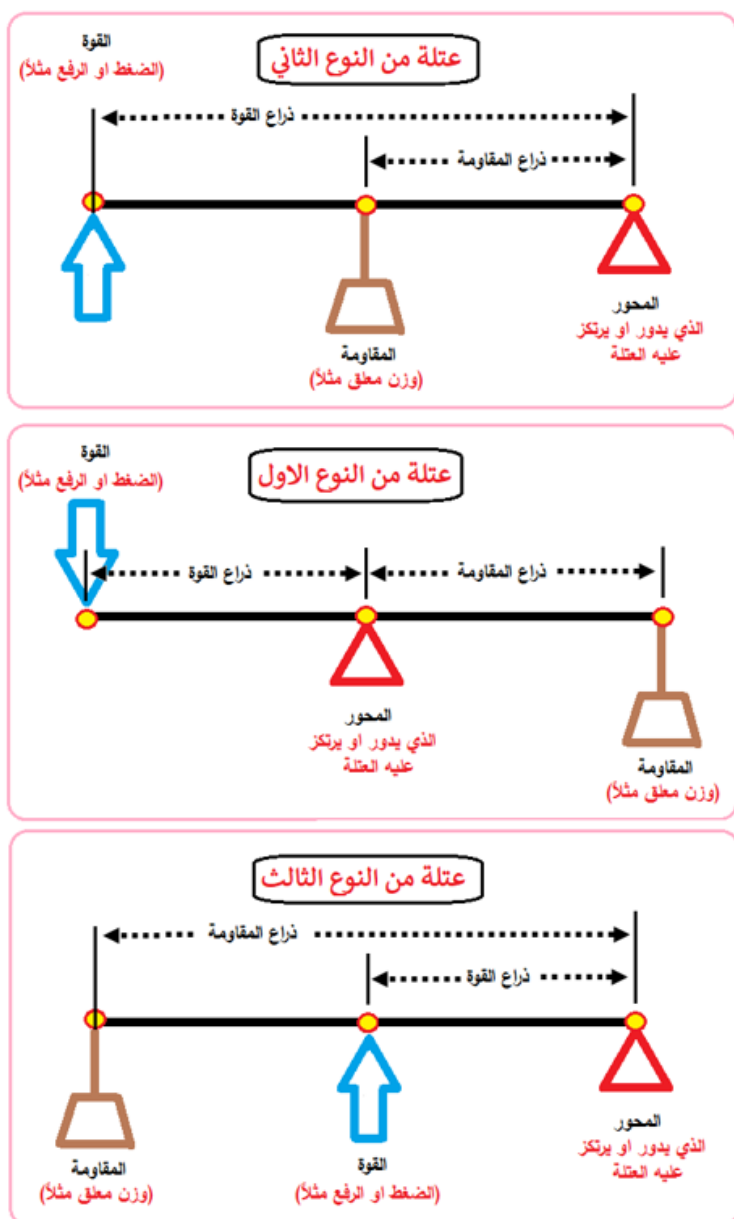
قانون العتلات

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

أنواع العتلات

صنفت العتلات الى ثلاثة انواع وفقا للمكاسب المتحققة منها

- 1- عتلة من النوع الاول (المحور في المنتصف وكل من القوة والمقاومة على طرفي الجسم ولا يهم اي من الطرفين)
- 2- عتلة من النوع الثاني (المقاومة في المنتصف وكل من المحور والقوة على طرفي الجسم ولا يهم اي من الطرفين)
- 3- عتلة من النوع الثالث (القوة في المنتصف وكل من المحور والمقاومة على طرفي الجسم ولا يهم اي من الطرفين)



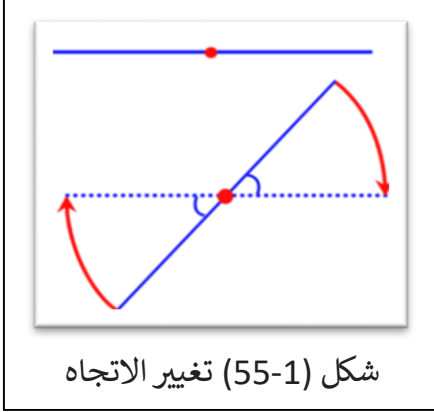
شكل (54-1) أنواع العتلات واذرعها

فوائد العتلات

للعتلات ثلاث فوائد مهمة وهي:

1- تغيير الاتجاه

عندما يتحرك طرف من العتلة من النوع الاول يرافقه حركة معاكسة لاتجاه دوران الحركة في الطرف الاخر.

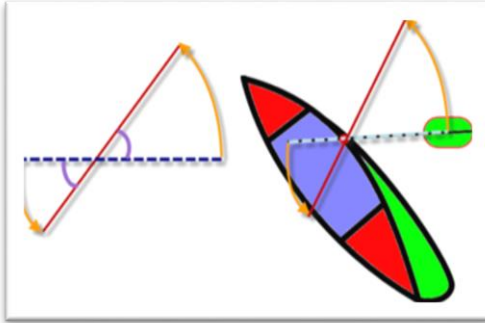


شكل (1-55) تغيير الاتجاه

2- كسب السرعة

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

الاخر وفي الزمن نفسه اذا تساوى طرفي العتلة ، اما اذا اختلف ابتعاد احد الطرفين عن المركز فان مدى او قوس الطرف البعيد من المحور سيكون اكبر فان المدى الأكبر سيمتلك سرعة أكبر (لان السرعة = المسافة ÷ الزمن) ، وهنا يجب ان يكون ذراع القوة اقصر- حتى يكون لذراع المقاومة مدى بعيد.



شكل (1-56) كسب السرعة

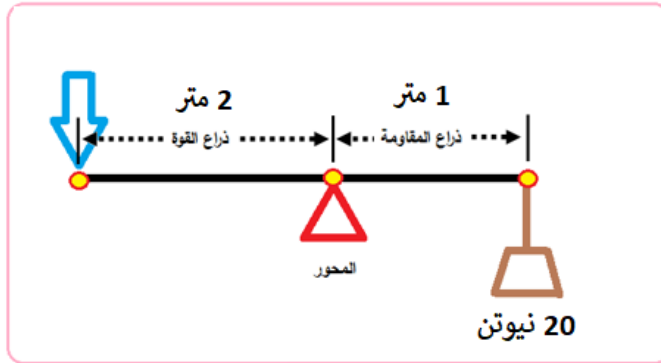
3- كسب القوة

الفائدة الثالثة من العتلات هو كسب القوة أي التغلب على مقاومة كبيرة بقوة اقل ، ويجب ان تكون ذراع القوة أطول من ذراع المقاومة ، ان كسب القوة يؤدي الى خسارة في السرعة والعكس صحيح.

(57)

مثال: السيطرة على مقاومة كبيرة بقوة قليلة

ما مقدار القوة المطلوبة **لاتزان** عتلة من **النوع الاول** اذا علمت ان الوزن الموضع على طرف المقاومة يساوي (20 نيوتن) وابتعد بمقدار (1 متر) وان طرف القوة يبتعد بمقدار (2متر).



القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

$$1 \times 20 = 2 \times \text{القوة}$$

$$\frac{1 \times 20}{2} = \text{القوة}$$

القوة = 10 نيوتن أي استخدمنا 10 نيوتن للتغلب على 20 نيوتن

ملاحظة: (نيوتن وحدة لقياس القوة او الوزن ، والكيلوغرام وحدة لقياس الكتلة ، و10 نيوتن تساوي تقريبا 1 كغم ، أي استخدمنا قوة مقدارها 1 كغم للتغلب على مقاومة مقدارها 2 كغم)

المبحث الثاني

العضلات

تعد العضلات من المواضيع المهمة في دراسة البايوميكانيك لأنها الأساس في الحركة ويعتمد جسم الانسان عليها عند تقلصها وانبساطها لأداء الواجبات المهارية المطلوبة في الفعاليات وهي التي تقرر كيفية الحركة من خلال وضعها التشريحي في الجسم من خلال منشأها ومدغمها ، وتتباين مساهمة هذه العضلات في الحركات الرياضية وقد تساهم بعضها اكثر من غيرها.

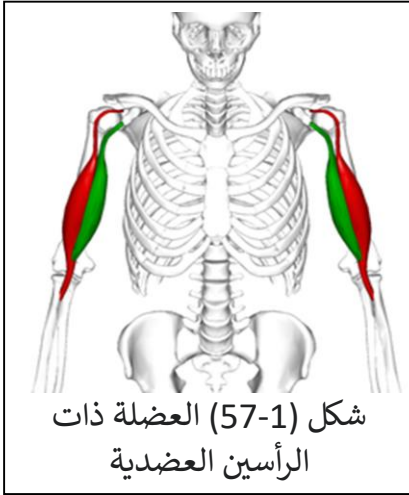
كل العضلات لها نقطتان اساسيتان وهما:

- 1- المنشئ (مكان بدأ العضلة)
- 2- المدغم (مكان انتهاء العضلة)

كل العضلات لها ثلاث وظائف أساسية وهي :

- 1- التقلص (تقريب نهايتي العضلة من بعضهما)
- 2- الانبساط (ارجاع نهايتي العضلة الى وضعهما الطبيعي)
- 3- التدوير (تدوير الذراع مثلاً حول محوره الطولي)

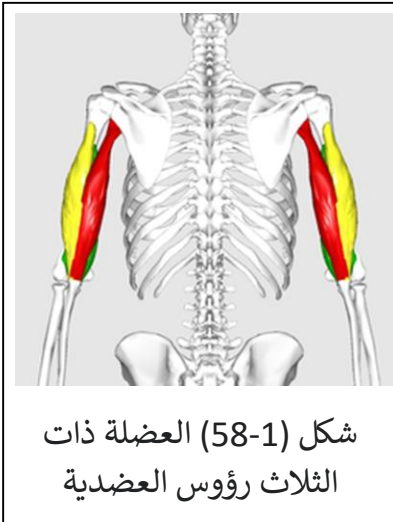
العضلة ذات الرأسين العضدية (biceps brachii) عضلة التقلص



تقع في مقدمة الذراع على العضد وعندما **تتقلص** تسحب الساعد الى العضد (أي تقريب عظمين من بعضهما) أي ثني الساعد على العضد ، **وضيفتها التقلص**.

سميت بالرأسين لأنها تنشأ من منطقتين ، الرأس **القصير** ينشئ من الناقئ الغرابي في عظم لوح الكتف ، أما الرأس **الطويل** فانه يتصل بلوح الكتف عند الحديبة فوق الحقية ويمر عبر كبسولة مفصل الكتف عند رأس عظم الذراع. تمتد العضلة إلى أن تلتصق بعظمة الكعبرة عند المنطقة المسماة الأحدوبة الكعبرية في الساعد.

العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية (triceps brachii) عضلة البسط



تقع خلف الذراع على العضد وعندما **تتقلص** تسحب العضد عن الساعد (أي ابعاد عظمين من بعضهما) أي مد الساعد عن العضد ، **وضيفتها البسط عكس تقلص** العضلة ذات الرأسين العضدية.

وتنشأ بثلاثة رؤوس ، الرأس **الطويل**: ينشأ من الحديبة تحت الحقية لعظم الكتف ، الرأس **الوحشي**: وهو البعيد عن منتصف الجسم (الخط العمودي الوهمي) بالطول وينشأ من الجانب الخلفي لجذع عظم العضد، الرأس **الأنسي**: وهو

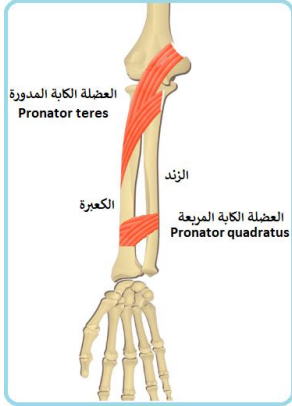
القريب من منتصف الجسم ينشأ من الجانب الخلفي لجذع عظم العضد ، وتدغم الرؤوس الثلاثة بعد تجمعها في وتر واحد في الناقئ الزجي لعظم الزند.

(61)

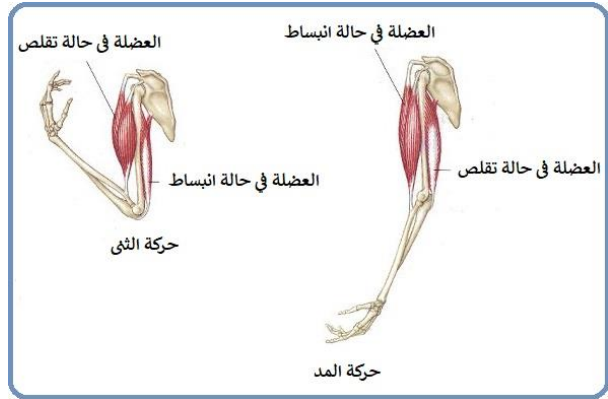
العضلة المدورة للكب (pronator teres) عضلة مدورة

وهي احد عضلات الطرف العلوي، تمتد هذه العضلة من عظمي العضد والزند إلى عظم الكعبرة ، فائدة هذه العضلة هي **تدوير** الساعد حول محوره الطولي الى الجانب الانسي (Pronation) (أي التدوير بحيث يواجه باطن الكف الأرض ، أي بعكس دوران عقرب الساعة) فضلاً عن **ثني** الساعد على العضد ، وتوجد عضلة أخرى قريبة على الكف تقوم بنفس العمل وهي العضلة الكآبة المدورة (**pronator quadratus**)

ينشأ الرأس العضدي من الحافة الوسطية فوق اللقمة العضدية وينشأ الرأس الزندي من الناقئ الإكليلي للزند ، تدغم العضلة في منتصف السطح الجانبي لجسم الكعبرة .



شكل (1-60) منشأ ومدغم العضلة المدورة او الكآبة

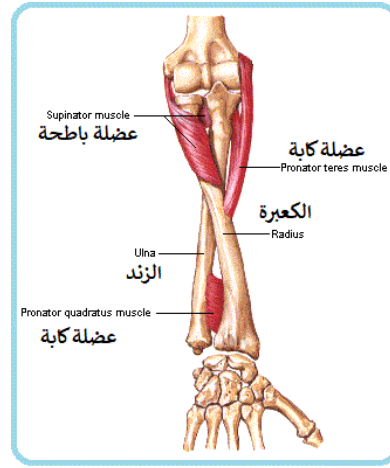


شكل (1-59) تبادل العمل العضلي بين حركتي الثني والمد

(62)

العضلة الباسطة او الباطحة (Supinator muscle)

وتقع خلف الساعد وتعمل على تدوير الكعبرة على الزند لتظهر حركة البطح والذي فيه يواجه ظهر اليد الأرض ، أي تتمثل مهمتها في بطح الساعد. وهذه العضلة تعمل بشكل مضاد للعضلة السابقة.

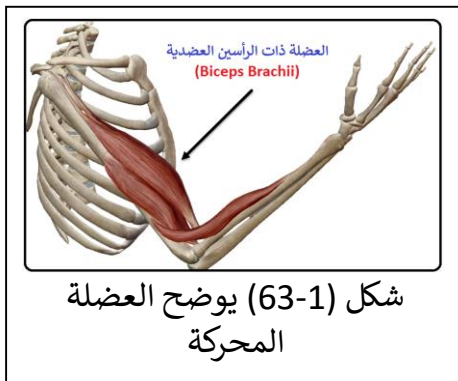


شكل (62-1) يوضح العضلة الباسطة او الباطحة

شكل (61-1) يوضح العضلات العاملة على حركتي الكب والبطح

التأثير الميكانيكي للعضلات

يختلف عمل العضلات المشاركة في الحركات الاساسية من حيث مقدار مساهمتها واتجاهها وفي بعض الاحيان يكون للعضلة اكثر من حركة اساسية ، وصنفت العضلات الى (5) عضلات من حيث التأثير وهي:

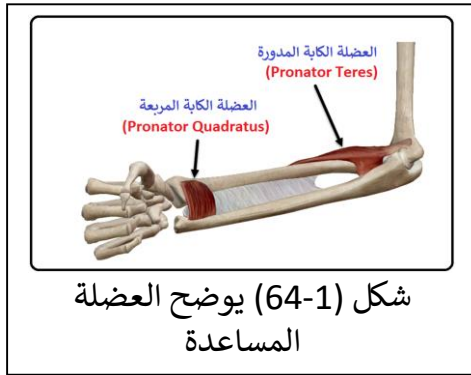


شكل (63-1) يوضح العضلة المحركة

1. العضلات المحركة (Agonists) :
تقوم بالعمل الأساسي مثل العضلة ذات الرأسين العضدية (Biceps Brachii) في ثني الساعد على العضد.

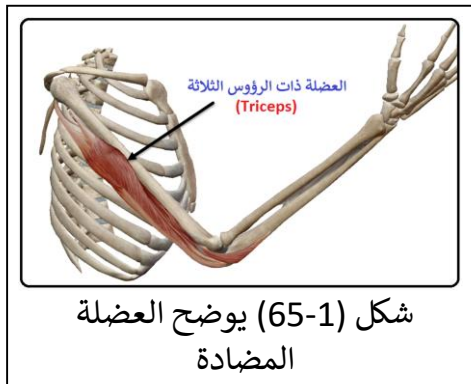
(63)

2. العضلات المساعدة (Synergists) : تقوم بمساعدة العضلة المحركة



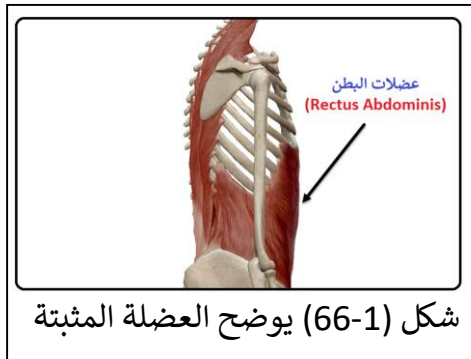
الأساسية مثل الكابة المربعة (Pronator quadratus) تساعد العضلة الكابة الرئيسية لتدوير الكعبرة على الزند.

3. العضلات المضادة او المقابلة (Antagonists) : تعمل بعكس العضلة



الرئيسية مثل العضلة ذات الثلاث الرؤوس العضدية تعمل بعكس العضلة ذات الرأسين العضدية.

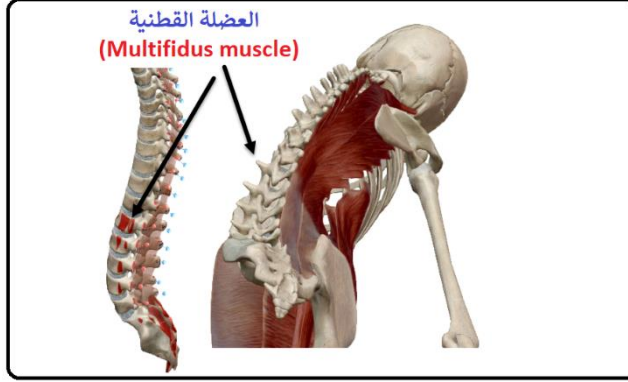
4. العضلات المثبتة (Stabilizers) : غالباً تدعم قوام الجسم مثل عضلات



الظهر والبطن ويكون عملها سابقاً لعمل العضلة المحركة ، كما انها تتواجد على مناشئ العضلات.

(64)

5. العضلات المعادلة او المكافئة (neutralizers) : وظيفتها الأساسية عزل الحركات الغير مرغوب فيها اثناء الحركة ولها الفضل في عدم الإصابات ، مثل عضلة (multifidi) تعمل لتوزيع الحمل على الفقرات القطنية.



شكل (1-67) يوضح العضلة المعادلة

تطبيقات الروافع (العتلات) على جسم الانسان

يمكن تمثيل النقاط الثلاث للعتلات (القوة والمحور والمقاومة) في العضلات والعظام وعلى الشكل الآتي:

- 1- المفاصل في جسم الانسان يقابل نقطة المحور في العتلات
- 2- مدغم العضلات في جسم الانسان يقابل نقطة القوة في العتلات
- 3- مراكز ثقل او الازان او الاثقال على الأطراف تقابل نقطة المقاومة في العتلات

امثلة للعتلات في جسم الانسان

النوع الأول : العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية عتلة من النوع الأول لان مدغم العضلة قبل مفصل المرفق والساعد هو المقاومة.

النوع الثاني : العضلة التوأمية الموجودة خلف الساق (البطة) عند الوقوف على رؤوس الأصابع عتلة من النوع الثاني ، ان نقطة رؤوس الأصابع عند رفع الكعب للأعلى هي المحور ونقطة ادغام العضلة في الثلث الوسطي للسطح الخلفي لعظم العقب اما المقاومة فتكون في منتصف الساق والمقاومة هنا هو مركز ثقل الجسم.

النوع الثالث : العضلة ذات الرأسين العضدية عتلة من النوع الثالث لان مدغم

العضلة بعد مفصل المرفق والساعد هو المقاومة

(65)

مثال : العتلات في جسم الانسان

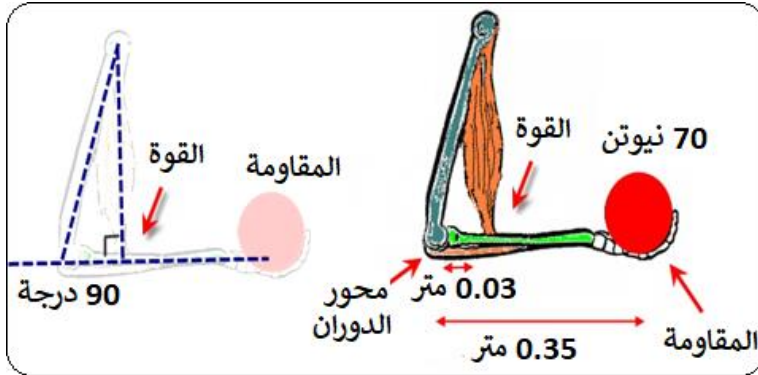
احسب مقدار القوة المطلوبة لثبات عضلة ذات الرأسين العضدية عند مقاومتها لقوة مقدارها (70 نيوتن) تبتعد بمقدار (0.35 متر) عن مفصل المرفق اذا علمت ان مدغم العضلة تبتعد بمقدار (0.03 متر) عن مفصل المرفق وبزاوية قائمة مع عظم الساعد. (اهمل كتلة الذراع) ولاحظ بان العضلة متعامدة.

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

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

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

القوة = 816.7 نيوتن أي اننا سنستخدم (816.7 نيوتن) للمحافظة على بقاء الوزن (70 نيوتن) ثابتاً وهذا يعني خسارة في القوة العضلية ، وسببها قصر ذراع القوة



شكل (1-68) يوضح قياسات الوضع التشريحي للعضلة ذات الرأسين العضدية والثقل المرفوع

الباب الثاني

علم البايوميكانيك

ما هو البايوميكانيك

وهو العلم الذي يهتم بدراسة الحركات كوظيفة والوضع التشريحي كبنية وميكانيكة الاداء ، ويمكن تعريفه بأنه العلم الذي يهتم بدراسة الحركة تحت الشروط التشريحية والميكانيكية للنظام العضلي والهيكل العظمي ، ويتكون مصطلح البايوميكانيك (Biomechanics) من مقطعين يونانيين الأول (Bio) وهو مختصر— (Biology) ويعني الحياة أي الجانب العضوي الذي له التأثير المباشر في الحركة والثاني (Mechanic) أي الجانب الميكانيكي في الاداء، ويصطلح عليه أيضا (الميكانيكا الحيوية).

لعلم البايوميكانيك أهمية كبيرة في مجال علوم الرياضة فقد ساهم في:

1. الارتقاء بمستوى الإنجاز
2. فهم اشكال الحركة من حيث تقسيمها الهندسي والزماني
3. تعريف المدرب بالعضلات المساهمة في الكرة وطريقة تدريبها
4. إعطاء تغذية راجعة (تصحيحية) للاعبين
5. تشخيص أسباب الإصابات وتقديم بعض الوسائل العلاجية المناسبة.

اقسام البايوميكانيك

اولاً) البايوديناميك (Biodynamic): ويهتم بالحركة ويقسم بدوره الى

1- البايوكينماتيك (Biokinematic): ويهتم بوصف الحركة ظاهرياً

مثل (سرعة الجسم وتعجيله وزمنه ومسافته او ازاحته وهكذا)

2- البايوكيناتييك (Biokinetic): ويهتم بوصف الحركة من حيث تأثير

القوة عليها ومنها مثل (الكتلة ، القوة ، الوزن ، القدرة ، الطاقة ،

الدفع ، الشغل وغيرها)

ثانياً) البايوستاتييك (Biostatic): ويهتم بالسكون

الفصل الأول

الكينماتيك (Kinematics)

يهتم هذا العلم بوصف الحركة وصفا مجردا دون البحث في مسبباتها وهو يصف حركة الأجسام من جوانب الزمن والإزاحة والمسافة والزوايا والسرعة والتعجيل ، ويتكون من قسمين :

1- الكينماتيك الخطي

2- الكينماتيك الزاوي

المبحث الأول

الكينماتيك الخطي

وهو القسم الأول من الكينماتيك ويهتم بوصف الحركة المستقيمة والمنحنية وصفا مجردا في وحدة (الزمن) دون البحث في مسبباتها ومن مجالاته (المسافة والإزاحة والسرعة والتعجيل) فضلا عن المقذوفات.

أولاً المسافة والإزاحة

المصطلح الانكليزي للمسافة (Distance) والإزاحة (Displacement) ، وتعرف المسافة بأنها الفراغ المتاح بين نقطتين اما الإزاحة فتعرف بأنها خط مستقيم بين نقطتين ، ونرى بان المسافة والإزاحة متساوية عند ركض مستقيم طوله (100 مترا) والأمر يختلف في ركض 200 متر فاننا نركض 200 متر على مقطعين احدهما منحنى والاخر مستقيم وبذلك فاننا نركض مسافة قدرها 200 متر اما الإزاحة فهو المستقيم الواصل بين خط بدء السباق وخط انتهاء السباق

والإزاحة في ركض 400 متر هي صفر لان العداء يبدأ من نقطة البداية وينتهي اليها.

هناك فرقين مهمين بين المسافة والازاحة :

1- المسافة في اكثر الأحيان أطول من الازاحة وفي بعض الحالات النادرة متساوية

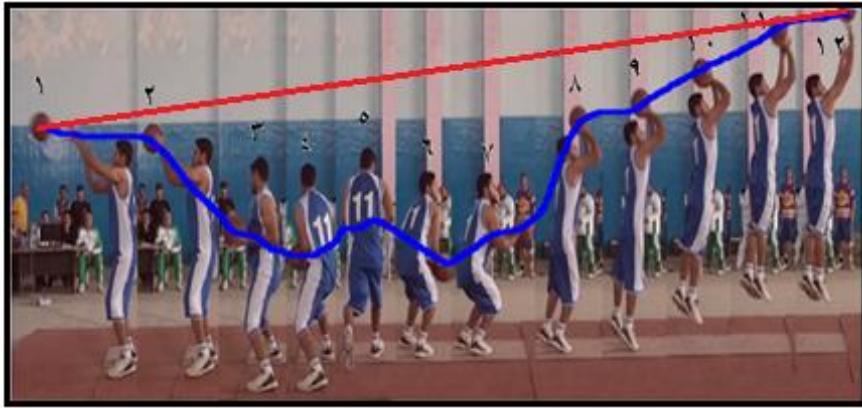
مع الازاحة

2- المسافة **كمية قياسية** (يكفي ذكر مقدارها) اما الازاحة فهي **كمية متجهة**

(لايكفي ذكر مقدارها فقط وانما يجب ذكر الا اتجاه ايضاً ، فقد يكون الاتجاه

نحو الأعلى او الى اليمين او بزاوية معينة او في النظام الاحداثي بالسالب

والموجب).



الشكل (1-2) يوضح مسار كرة السلة (المسافة والازاحة) في صور متسلسلة

للتصويب من الدوران في كرة السلة



الشكل (2-2) يوضح مسار نقطة على السرج في صور متسلسلة

لاجتياز الحاجز الفردي في الفروسية

ونستفاد من الازاحة في:

- 1- تحديد الزوايا (مثل زاوية الانطلاق او زاوية اتجاه المحصلة وغيرهما)
- 2- تحديد قيمة المحصلة الناتجة من المركبات الافقية او العمودية
- 3- إيجاد اقصى ارتفاع او اقصى ابتعاد.
- 4- إيجاد السرعة المتجهة وهي السرعة اللحظية

مثال : جد طول الازاحة واتجاهها لقياسات سباق 200 متر ، اذا علمت ان الملعب مبني على مستطيل طوله (90 متر) وعرضه (70 متر).

وفقا لقانون فيثاغورس وكما يأتي:

المستطيل طوله (90 متر) وعرضه (70 متر) وهنا الوتر هو الازاحة

$$(\text{الوتر})^2 = (\text{الطول})^2 + (\text{العرض})^2$$

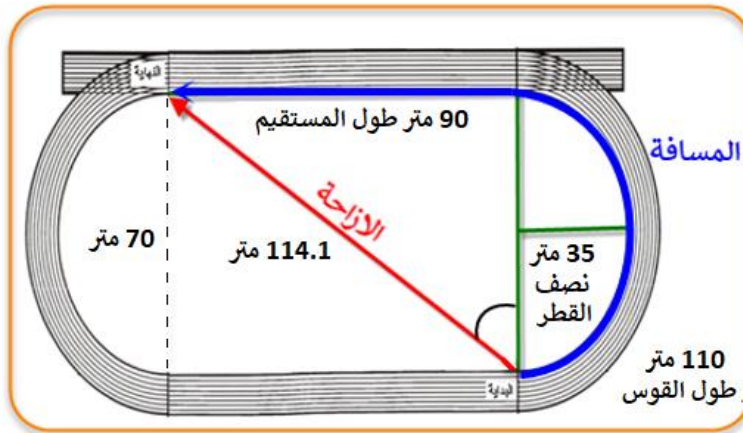
نرفع التربيع عن الازاحة

$$\sqrt{(\text{الطول})^2 + (\text{العرض})^2} = \text{الإزاحة (الوتر)}$$

$$\sqrt{90^2 + 70^2} = \text{الإزاحة}$$

$$\sqrt{4900 + 8100} = \text{الإزاحة}$$

$$114.01 = \text{الإزاحة متر}$$



شكل (2-3) يوضح الازاحة والمسافة في سباق 200 متر

(72)

ويمكن إيجاد الاتجاه بشكل زاوية عند التقاء الضلعين في نقطة بداية السباق الى نقطة انتهاء السباق ، والضلعين هما ضلع العرض وضلع الوتر.

المجاور (70 متر)

$$\text{جتا ه} = \frac{\text{جتا ه}}{\text{الوتر (114.01)}} = 0.612$$

ومن الجداول نجد قيمة جيب التمام هي (52.26 درجة) مع الخط العمودي أي اذا ركض شخص ما من بداية 200 متر الى خطة النهاية بشكل مستقيم فانه سيركض بهذه الزاوية ، وستكون الزاوية (45) درجة اذا كان المستطيل مربعاً.

الفرجة	الجيب	الجيب تمام	الظل	الفرجة	الجيب	الجيب تمام	الظل	الفرجة	الجيب	الجيب تمام	الظل
α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\text{tg } \alpha$	α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\text{tg } \alpha$	α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\text{tg } \alpha$
0°	0.0000	1.0000	0.0000	90°	1.0000	0.7071	0.7071	45°	0.0000	1.0000	0.0000
1°	0.0175	0.9998	0.0175	91°	1.0355	0.6947	0.7193	46°	0.0175	0.9998	0.0175
2°	0.0349	0.9994	0.0349	92°	1.0724	0.6820	0.7314	47°	0.0349	0.9994	0.0349
3°	0.0523	0.9986	0.0523	93°	1.1116	0.6691	0.7431	48°	0.0524	0.9986	0.0523
4°	0.0698	0.9976	0.0698	94°	1.1502	0.6561	0.7547	49°	0.0699	0.9976	0.0698
5°	0.0872	0.9962	0.0872	95°	1.1918	0.6438	0.7660	50°	0.0875	0.9962	0.0872
6°	0.1045	0.9945	0.1045	96°	1.2349	0.6313	0.7771	51°	0.1051	0.9945	0.1045
7°	0.1219	0.9925	0.1219	97°	1.2799	0.6187	0.7880	52°	0.1228	0.9925	0.1219
8°	0.1392	0.9903	0.1392	98°	1.3270	0.6058	0.7988	53°	0.1405	0.9903	0.1392
9°	0.1564	0.9877	0.1564	99°	1.3764	0.5928	0.8090	54°	0.1584	0.9877	0.1564
10°	0.1736	0.9848	0.1736	100°	1.4281	0.5796	0.8192	55°	0.1763	0.9848	0.1736
11°	0.1908	0.9816	0.1908	101°	1.4826	0.5662	0.8290	56°	0.1944	0.9816	0.1908
12°	0.2079	0.9781	0.2079	102°	1.5399	0.5526	0.8387	57°	0.2126	0.9781	0.2079
13°	0.2250	0.9744	0.2250	103°	1.6003	0.5389	0.8480	58°	0.2309	0.9744	0.2250
14°	0.2419	0.9703	0.2419	104°	1.6643	0.5250	0.8572	59°	0.2493	0.9703	0.2419
15°	0.2588	0.9659	0.2588	105°	1.7321	0.5109	0.8660	60°	0.2679	0.9659	0.2588

شكل (2-4) يوضح كيفية إيجاد قيمة الزاوية

ثانياً) السرعة

تعرف السرعة ميكانيكياً بأنها المعدل الزمني للمسافة المقطوعة ، وتقاس بالمتري لكل ثانية ، ويمكن اعتبارها كمية قياسيه اذا كانت مع المسافة (Distance) وتسمى بالسرعة ويجب ذكر مقدارها واتجاهها عندما تكون مع الازاحة (Displacement) وتسمى بالسرعة المتجهة او الانطلاق.

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{الازاحة}}{\text{الزمن}} \quad (\text{السرعة المتجهة}) \text{ او الانطلاق}$$

ان استعمال كلمة السرعة التي نتناولها دائماً في المجال الرياضي هي ترجمة لكلمة (Speed) ويعبر هذا المصطلح عن كمية السرعة اما السرعة المتجهة

(73)

(Velocity) فتمثل السرعة التي يتحرك بها الجسم إضافة الى اتجاهها ، وتعني السرعة المتجهة تغير الإزاحة في وحدة الزمن. وهناك مصطلحات مهمة تستخدم في السرعة مثل السرعة الانية (اللحظية) ومتوسط السرعة (معدل السرعة) والسرعة الابتدائية والسرعة النهائية والسرعة الأولى والسرعة الثانية ، وغيرها.

مثال: في مسابقة (100متر) يقطع عداء (50 متر) الاولى بزمن قدره (6.12 ثانية) و (50 متر) الثانية بزمن قدره (5.18 ثانية) ، احسب معدل سرعته في كل (50متر) ومعدل سرعة ركض (100 متر).

$$\text{السرعة الأولى} = \frac{50}{6.12} \text{ السرعة الأولى} = 8.17 \text{ م\ثا}$$

$$\text{السرعة الثانية} = \frac{50}{5.18} \text{ السرعة الثانية} = 9.65 \text{ م\ثا}$$

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

$$\text{معدل السرعة} = \frac{9.65 + 8.17}{2} \quad \text{معدل السرعة} = \frac{17.82}{2}$$

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

التمثيل البياني للسرعة

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

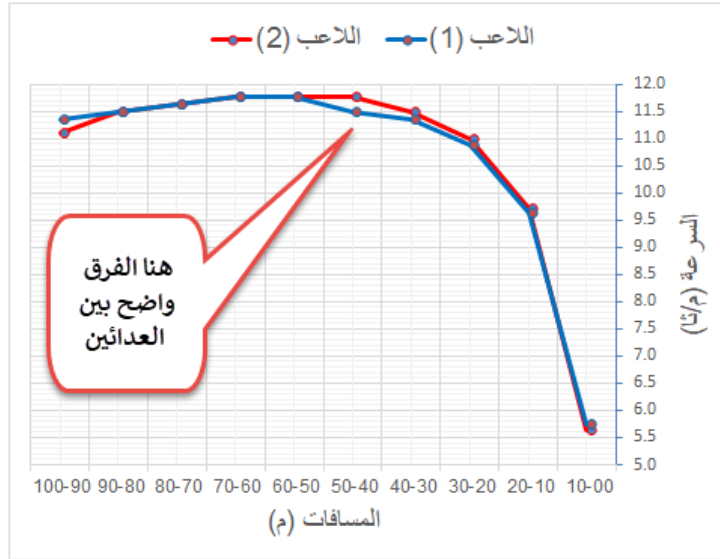
مثال: الجدول ادناه لعدائين في عدو 100 متر ، المطلوب رسم بياني للمقارنة بينهما جدول (1-2) يبين المقارنة في الزمن ومعدل السرعة بين عدائين في عدو 100 متر

السرعة (م/ثا)		الزمن لكل (10متر)				أجزاء المسافة	المسافة
العداء (2)	العداء (1)	العداء (2)		العداء (1)			
		زمن تراكمي	زمن الجزء	زمن تراكمي	زمن الجزء		
5.75	5.75	1.74	1.74	1.74	1.74	10	10-00
9.71	9.62	2.77	1.03	2.78	1.04	10	20-10
10.99	10.87	3.68	0.91	3.70	0.92	10	30-20
11.49	11.36	4.55	0.87	4.58	0.88	10	40-30
11.76	11.49	5.40	0.85	5.45	0.87	10	50-40
11.76	11.76	6.25	0.85	6.30	0.85	10	60-50
11.76	11.76	7.10	0.85	7.15	0.85	10	70-60
11.63	11.63	7.96	0.86	8.01	0.86	10	80-70
11.49	11.49	8.83	0.87	8.88	0.87	10	90-80
11.11	11.36	9.73	0.90	9.76	0.88	10	100-90

يتضح من الجدول بان العدائين يمتلكان السرعة نفسها في اول (10 امتار) من السباق ، اما في (10 أمتار) الثانية (باللون الازرق) فان العداء الثاني يتفوق على الأول بفارق زمني قليل قدره (0.02 ثانية) في المسافة (20-30متر) لذا نجد سرعته افضل ، مرحلة تزايد السرعة للعداء الأول ينتهي في المسافة (60متر) ويحافظ على سرعته هذه حتى المسافة (70متر) (باللون الأخضر) وبعدها تنخفض سرعته ، ان ثبات السرعة القصوى يعني قابلية العداء في الاحتفاظ بسرعته وهي مرحلة مطاولة السرعة القصوى وبعدها تنخفض السرعة وكان العداء الثاني افضل من الأول في هذا العنصر ، كما يلاحظ

(75)

بان العداء الثاني قد وصل الى مسافة (70 متر) بزمن اقل بفارق قدره (7.15-0.05 ثانية) ، وينتهي السباق بتفوق العداء الثاني بزمن اقل من العداء الأول.



شكل (5-2) يوضح التمثيل البياني لسرعة عدائين

طول وتردد الخطوة او الضربة

في مجال الاركاض نحسب عدد الخطوات على طول السباق لايجاد السرعة وكذلك نحسب عدد ضربات الذراع (الدورة الكاملة) في السباحة ، وهنا يظهر لدينا مصطلحين وهما معدل طول الخطوة (او الضربة) او معدل تردد الخطوة (او الضربة) ، ولتوضيح كيفية حساب ، من المعروف ان قانون السرعة هي:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} \quad \text{يكتب هذا القانون} \quad \text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} \times \frac{1}{1}$$

فلو عوضنا بدلاً من الرقم (1) بعدد الخطوات فاننا نصل الى الاتي:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{عدد الخطوات}} \times \frac{\text{عدد الخطوات}}{\text{الزمن}}$$

(76)

المسافة

حيث ان قانون معدل طول الخطوة هو معدل طول الخطوة =
عدد الخطوات

عدد الخطوات

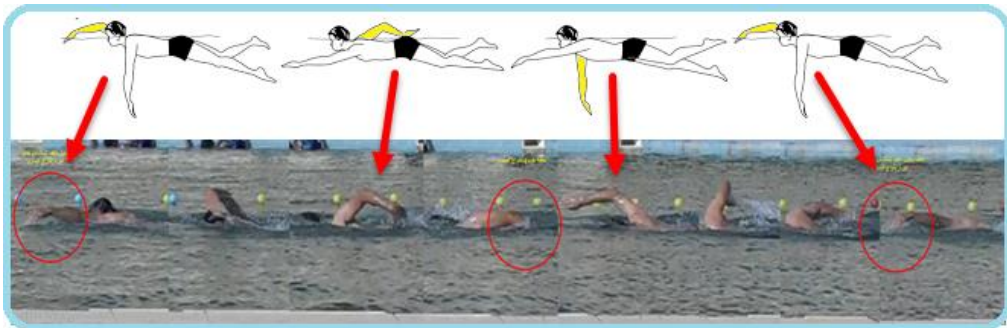
حيث ان قانون معدل تردد الخطوة هو معدل تردد الخطوة =
الزمن

وبذلك فان معدل السرعة يمكن حسابها اذا توفرت كل من معدلي طول وتردد
الخطوات وذلك من خلال:

معدل السرعة = معدل طول الخطوة × معدل تردد الخطوة



شكل (2-6) يوضح الخطوة الواحدة من لحظة ترك قدم اليسار الى لحظة تماس
القدم اليمين

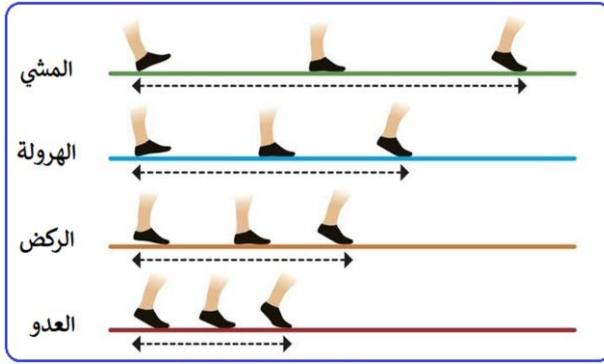


شكل (2-7) يوضح الدورة الواحدة للذراع اليسرى

(77)

في السباحة الحرة يحسبون دورة الذراع الواحدة من لحظة دخول الكف اليمين مثلاً لحين تكملتها دورتها بخروجها ودخولها مرة أخرى.

في الساحة والميدان يحسبون طول الخطوة من لحظة وضع القدم (الكعب أو المشط) اليمين مثلاً إلى لحظة وضع (الكعب أو المشط) اليسار أو بالعكس أي (اليسار إلى اليمين) ، وهذا يعني ان القدم بكاملها موجودة لمرة واحدة في كل خطوة (من الكعب



شكل (2-8) يوضح وضعيات القدم اثناء التحرك بسرعات مختلفة

إلى الكعب) أو (من المشط إلى المشط) ، وضع القدم (اليمين مثلاً) اذا كانت على المشط تعني انتهاء المرحلة السابقة (ويمكننا حساب مرحلة الطيران بلحظ قبل التماس) وبدء مرحلة ثانية لحساب فترة التماس ثم الطيران وهكذا وفي بعض

الفعاليات نضع الكعب أولاً ثم المشط وفي غيرها يكون بالعكس.

$$\begin{array}{lcl} \text{المسافة} & & \\ \text{معدل طول الخطوة} = & \frac{\text{عدد الخطوات}}{\text{معدل طول الخطوة}} = & \frac{100}{45} \end{array}$$

معدل طول الخطوة = 2.22 متر\خطوة أي ان معدل طول الخطوة على طول السباق هو مترين وأثنين وعشرين سنتيمتر

$$\begin{array}{lcl} \text{عدد الخطوات} & & \\ \text{معدل تردد الخطوة} = & \frac{\text{معدل تردد الخطوة}}{\text{الزمن}} = & \frac{45}{10} \end{array}$$

معدل تردد الخطوة = 4.50 خطوة\ثانية أي ان اللاعب يقطع (4) خطوات ونصف الخطوة في كل ثانية.

أما معدل السرعة فيتم حسابه على الشكل الآتي:

$$\text{معدل السرعة} = 2.22 \times \frac{\text{متر}}{\text{خطوة}} \times 4.50 = 10 \text{ م\ثا} \times \frac{\text{خطوة}}{\text{ثانية}}$$

ربما تظهر اختلافات بسيطة جدا تعود الى التجزئة في بعض الارقام ويحسب زمن الخطوة من لحظة الارتكاز إلى لحظة قبل التماس للخطوة القادمة (زمن الارتكاز + زمن الطيران) أما طول الخطوة فيجب ان يتزامن مع إجراءات حساب الزمن فيمكن حسابه من مشط قدم اليمين إلى مشط 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 .

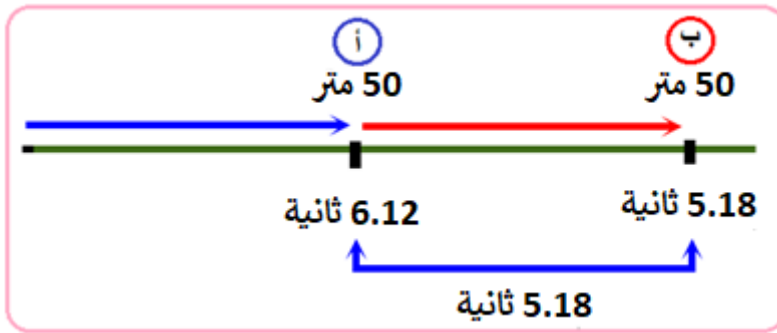
جدول (2-2) يبين انجاز عدو 100 متر إناث بطولة برلين 2009

الانجاز (11.05) Sturup Chandra			الإنجاز (10.73) Fraser Shelly- Ann			المسافات
معدل السرعة	معدل تردد الخطوة (خطوة/ثا)	معدل طول الخطوة (م/خطوة)	معدل السرعة	معدل تردد الخطوة (خطوة/ثا)	معدل طول الخطوة (م/خطوة)	
6.43	4.26	1.51	6.60	4.15	1.59	0-20
10.01	5.03	1.99	10.26	4.91	2.09	20-40
10.19	4.90	2.08	10.56	4.82	2.19	40-60
10.25	4.93	2.08	10.59	4.86	2.18	60-80
9.85	4.54	2.17	10.23	4.65	2.20	80-100

(79)

ثالثاً التعجيل

وهو معدل تغير السرعة بالنسبة الى الزمن ويوضح مقدار التسارع او التباطء في سرعة الحركة وفقاً للزمن
مثال: في مسابقة (100متر) يقطع عداء (50 متر) الاولى بزمن قدره (6.12 ثانية) و (50 متر) الثانية بزمن قدره (5.18 ثانية) ، ولقد حدث هذا التغير في السرعة بزمن قدره (5.18 ثانية) احسب التعجيل.



شكل (2-9) يوضح سرعة مرور العداء من موقعين

مثلما تم حسابه سابقا فان : معدل سرعة مرور العداء من النقطة (أ) هي (8.17 م/ثا)
معدل سرعة مرور العداء من النقطة (ب) هي (9.65 م/ثا)
الزمن الذي حدث فيه التغير في السرعة (5.18 ثانية)

السرعة الثانية – السرعة الأولى

$$\frac{\text{التعجيل} = \text{السرعة الثانية} - \text{السرعة الأولى}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{التعجيل} = \frac{8.17 - 9.65}{5.18} = \frac{1.48}{5.18} = \text{التعجيل} + 0.29 \text{ م/ثا}^2$$

ويلاحظ من علامة الموجب (+) بان اللاعب كان في (50متر) الثانية افضل من (50متر) الأولى أي ان معدل سرعته في تزايد ، اما اذا كانت العلامة بالسالب فهذا يعني ان معدل سرعته في تناقص، ويبين الجدول الاتي ذلك:

(80)

جدول (3-2) يبين مقارنة زمن ومعدل السرعة والتعجيل بين لاعبين في عدو 100 متر

المسافة	أجزاء المسافة	الزمن لكل (10متر)	السرعة (م/ثا)	التعجيل (م/ثا ²)
10-00	10	1.74	5.75	
20-10	10	1.04	9.62	3.72
30-20	10	0.92	10.87	1.36
40-30	10	0.88	11.36	0.56
50-40	10	0.87	11.49	0.15
60-50	10	0.85	11.76	0.32
70-60	10	0.85	11.76	0.00
80-70	10	0.86	11.63	0.15-
90-80	10	0.87	11.49	0.16-
100-90	10	0.88	11.36	0.15-

كيف تم حساب التعجيل ؟

السرعة الثانية للاعب الأول (9.62) – السرعة الأولى لنفس اللاعب (5.75)

التعجيل =

الزمن الثاني (1.04)

التعجيل = 3.72 م/ثا^2

ملاحظات في التعجيل

1. القيم التي مقدارها (بالموجب) تعني ان السرعة الثانية اكبر من السرعة الأولى

(تعجيل تزايدى)

2. القيم التي مقدارها (صفر) تعني ان السرعة الثانية تساوي السرعة الأولى وهذه

خاصية السرعة الثابتة.

3. القيم التي مقدارها (بالسالب) تعني ان السرعة الثانية اقل من السرعة الأولى

(تعجيل تناقصى).

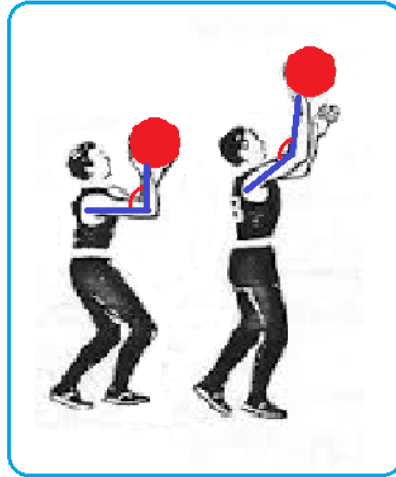
المبحث الثاني

الكينماتيك الزاوي

وهو القسم الثاني من الكينماتيك ويهتم بوصف الحركة الدائرية والزاوية في وحدة (الزمن) وصفا مجردا دون البحث في مسبباتها ومن مجالاته (الازاحة الزاوية والسرعة الزاوية والسرعة المحيطية والتعجيل الزاوي)

اولاً) الازاحة الزاوية

الازاحة الزاوية هي الفرق بين الزاوية نفسها في وضعين مختلفين ، فمثلا اذا كانت زاوية المرفق قبل رمي كرة السلة الى السلة هي (90 درجة) وبعد رمي الكرة أصبحت هذه الزاوية (160 درجة) مما يعني ان الفرق بين الزاويتين هو (70 درجة) يسمى هذا الفرق بالازاحة الزاوية او التغير في قيمة الزاوية ، وبما ان هذا التغير يحدث في وحدة الزمن وفرضا حدث خلال (0.25 ثانية) فبقسمة الفرق على الزمن نحصل على السرعة الزاوية.



شكل (2-10) يوضح التصويب بكرة السلة

ثانياً) السرعة الزاوية

وهي النسبة بين كمية التحرك الزاوي ووحدة الزمن ولها علاقة بالسرعة على محيط الدائرة (السرعة المحيطية) والتي هذه الأخيرة بوحدة (م/ثا) اما وحدة السرعة الزاوية فتعطى بعدة اشكال منها (درجة/ثانية).

الزاوية الثانية – الزاوية الأولى

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{الزمن}}{\text{..... (1)}}$$

$$90 - 160$$

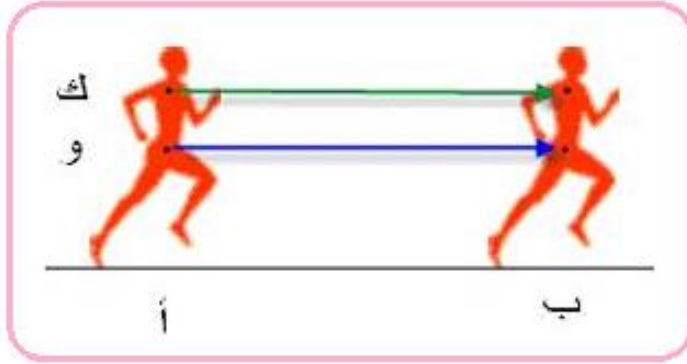
$$\frac{\text{السرعة الزاوية}}{0.45} =$$

السرعة الزاوية = 155.56 درجة/ثانية ، وكلما كانت هذه السرعة كبيرة كلما دلت على ان فتح زاوية المرفق كانت سريعة

جميع الحركات التي تؤدي على محور وهمي أو حقيقي، خارجي أو داخلي فإنها حركات دائرية ، والحركات الدائرية مشتقة من كلمة دائرة فهي اذن تمتلك مصطلحين هما مركز الدائرة ونصف القطر.

إن لأية دائرة بداية ونهاية ، ومن المعروف أن زاوية أية دائرة هي (360 درجة) تبدأ من (الصفر) بعكس عقرب الساعة وتنتهي في (360 درجة).

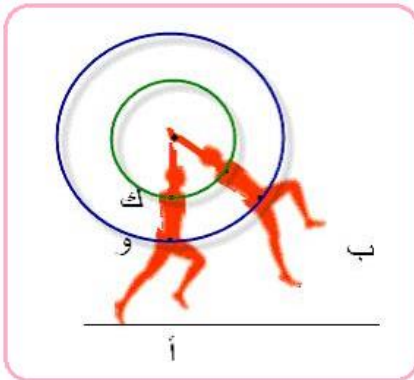
النقطة التي تتحرك على محيط الدائرة تمتلك سرعة تسمى بالسرعة المحيطية أو الدائرية ووحدتها تماثل وحدة السرعة الخطية (متر\ثانية) ، ولغرض توضيح السرعة المحيطية ومقارنتها بالسرعة الخطية.



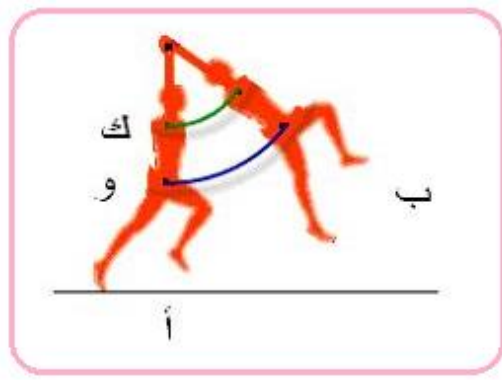
شكل (11-2) يوضح المسار الخطي لمفصل الورك والكتف في الركض

لو تحرك لاعب من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) وراقبنا نقطتين في جسمه وهما نقطة الورك (و) ونقطة الكتف (ك)، فإن المسافة المقطوعة لكلا النقطتين تكون متساوية وبما أن النقطتين تحركتا في الوحدة الزمنية نفسها فإن سرعة النقطتين متساوية، أي إن سرعة نقطة الورك تساوي سرعة نقطة الكتف.

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



شكل (13-2) يوضح الدوائر التي ترسمها نقطة الورك والكتف



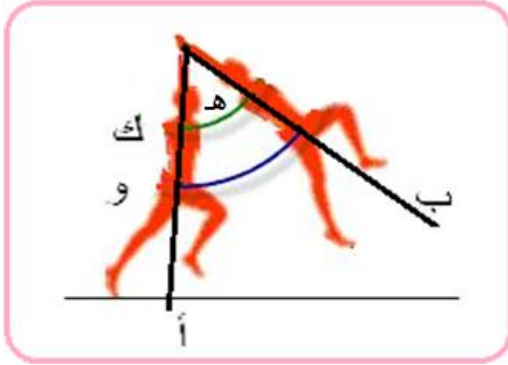
شكل (12-2) يوضح المسار الدائري لمفصل الورك والكتف على العقلة

(84)

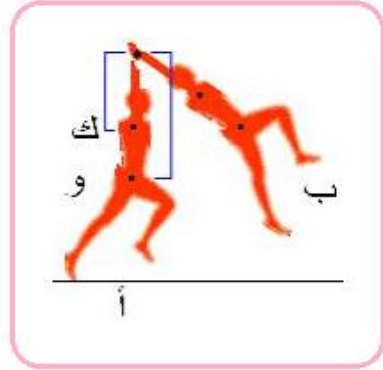
فلو تحركت نقطة (و) من منطقة (أ) ووصلت إلى منطقة (ب) فإنها ستكون قطعت مسافة اكبر من مسافة نقطة (ك)، ورغم أن النقطتين تحركتا في الوحدة الزمنية نفسها إلا أن سرعة النقطة (و) لا تساوي سرعة النقطة (ك)، **وهذا هو الاختلاف الثاني بين الحركات الخطية والحركات الدائرية، فالاختلاف الأول وجود المحور. اما الاختلاف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

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

- 1- مدى حركة (و) اكبر من مدى حركة (ك)
- 2- بعد نقطة (و) اكبر من بعد نقطة (ك)
- 3- سرعة نقطة (و) على المحيط اكبر من سرعة نقطة (ك) على المحيط بسبب طول المسافة



شكل (2-15) يوضح الزاوية للمفصلين الورك والكتف



شكل (2-14) يوضح اختلاف ابتعاد لمفصل الورك والكتف من محور العقلة

وهناك عاملان مشتركين بين النقطتين وهما أنهما تتحركان في الزاوية نفسها (هـ)، وفي الزمن نفسه، ولكنهما مختلفان في نصف القطر لأن نصف قطر الورك أطول من نصف قطر الكتف.

والتساؤل المهم، هل يمكن حساب سرعة هاتين النقطتين؟ الجواب: نعم، ولكن استخدام القانون السابق (السرعة الزاوية) لا يكون صحيحا في إجراء المقارنة بين سرعتي النقطتين لأنهما يحدثان على نفس الزاوية وفي الزمن نفسه أي أن سرعتيهما

(85)

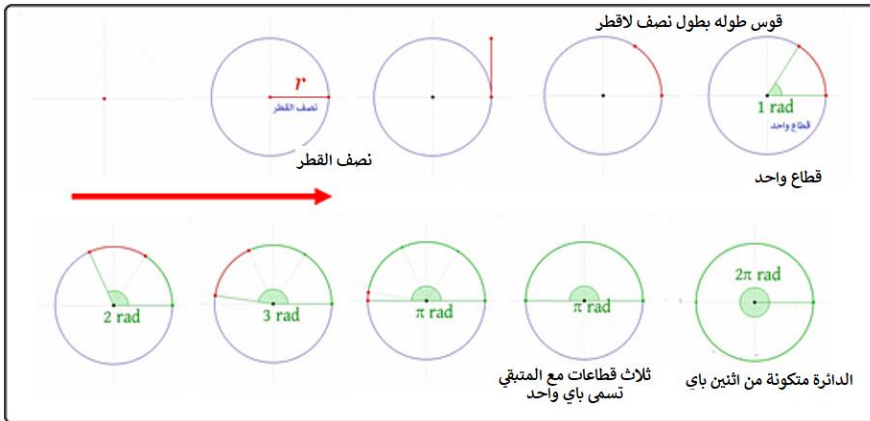
الزاوية هي نفسها وبوحدة (درجة\ثانية) ، فمن الأفضل الاستفادة من الاختلافات بين النقطتين ، أي أن نستخدم (نصف القطر) أي البعد عن المحور (عارضة العقلة). سنأتي لشرح ذلك لاحقاً.

الزاوية نصف القطرية او الراديان او التقدير الدائري (Radian)

تعرف بانها الزاوية المركزية في مركز الدائرة تحدد قوسا طوله يساوي طول نصف القطر الدائرة ، والراديان الواحد تساوي (180 مقسوما على النسبة الثابتة $-\pi$ - والتي تبلغ تقريبا 3.143) ، ان المساحة المحصورة بين ضلعي نصف القطر وطول القوس تسمى بالقطاع ، ونلاحظ وجود عدد (6.28) قطاعا في الدائرة الواحدة، أي إذا اخذنا نصف قطر معين ووضعنا بقدر ذلك مسافات على محيط الدائرة فان عدد المقاطع ستساوي (6) مع بقاء مقطع صغير يتم تقسيمه على المقاطع الاخرى لتصبح (6.28) مقطع او قطاع، وبما ان الدائرة الكاملة عبارة عن (360 درجة) فعند قسمة (360 درجة على 6.28 قطاعاً) وعند قياس الزاوية في كل مقطع سنجد انها تساوي (57.324 درجة) وهي قيمة زاوية القطاع ، وقانونه :

طول القوس

$$\text{الزاوية نصف القطرية} = \frac{\text{.....}}{\text{نصف القطر}} \quad (2)$$



شكل (2-16) يوضح الزاوية نصف القطرية والقطاع والنسبة الثابتة

ويفيدنا القانون السابق في إيجاد قيمة الزاوية المحصورة بين طول قوس ونصف القطر أو إيجاد طول قوس أو نصف قطر عندما يكون احد هذين الأخيرين مجهولا ، كما تفيدنا هذه الزاوية في المقارنة بين سرعة مفصل الكتف وسرعة مفصل الورك ، لأنها تستخدم نصف القطر ومثلما عرفنا سابقاً بأن نصف القطر هو عنصر الاختلاف بين حركة مفاصل أجزاء الجسم أو مراكز ثقلها.

السرعة المحيطية (المماسية)

السرعة المحيطية وهي سرعة جسم معين على محيط دائرة ووحدتها (م/ثا) أو (سم/ثا) وتسمى بالسرعة المماسية لأنها تعتمد على نصف القطر وهي سرعة الأداة باتجاه الدوران أو باتجاه انطلاق الأداة وتكون عمودية على نصف القطر المتجه نحو المركز وبذلك فانها تمثل المركبة الافقية للسرعة ، وقانونه.

$$\text{السرعة المحيطية (المماسية)} = \text{السرعة الزاوية} \times \text{نصف القطر}$$

ومن خلال تحليلنا للقانون نجد ان هناك علاقة طردية بين السرعة المحيطية والسرعة الزاوية وبينها وبين نصف القطر أي كلما زاد نصف القطر زادت السرعة المحيطية ولذلك يفضل ان يكون راعي القرص من اللاعبين ذوي الاذرع الطويلة ، ويجب ان نفهم جيدا بان وحدة السرعة الزاوية الموجودة في القانون المرقم (2) هي (1\ثا) وليست (درجة\ثا) ومن ذلك نستنتج ما يأتي:

1- إن السرعة المحيطية تتناسب طرديا مع نصف القطر بثبات السرعة الزاوية

2- إن السرعة المحيطية تتناسب طرديا مع السرعة الزاوية بثبات نصف القطر

$$\text{السرعة المحيطية} = \frac{\text{الزاوية}}{\text{الزمن}} \times \text{نصف القطر}$$

$$\text{السرعة المحيطية} = \frac{\text{درجة}}{\text{ثانية}} \times \text{متر}$$

بما ان السرعة المحيطية وحدتها خطية أي (م/ثا) اذن يجب التخلص من وحدة الدرجة في القانون وذلك بقسمتها على 57.324 درجة وهي قيمة زاوية القطاع

(87)

$$\begin{aligned} & \frac{\text{الزاوية}}{57.324} = \frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{الزمن}} \times \text{نصف القطر} \\ & \frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{السرعة المحيطية}} = \frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{السرعة المحيطية}} \times \frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{السرعة المحيطية}} \\ & \frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{السرعة المحيطية}} = \frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{السرعة المحيطية}} \times \frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{السرعة المحيطية}} \\ & \frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{السرعة المحيطية}} = \frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{السرعة المحيطية}} \times \frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{السرعة المحيطية}} \end{aligned}$$

بما ان السرعة المحيطية وحدتها خطية أي (م/ثا) اذن يجب التخلص من وحدة الدرجة في القانون وذلك بقسمتها على 57.324 درجة وهي قيمة زاوية القطاع

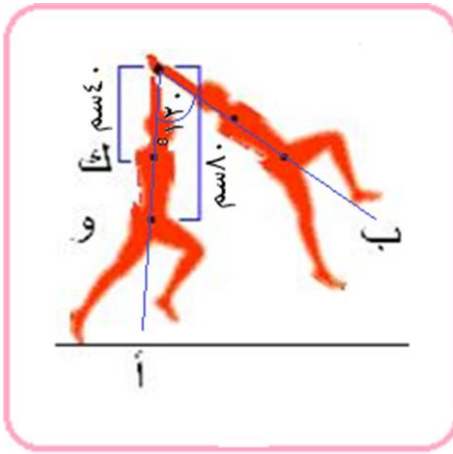
مثال : احسب السرعة المحيطية لكل من نقطة الورك (و) والكتف (ك) اذا علمت ان بعد الورك عن العقلة (مركز الدوران) أي نصف قطر الورك (80سم) و نصف قطر الكتف (40سم) ، وان الجسم انتقل من نقطة الى أخرى بزمن قدره (1 ثا) وكانت الزاوية (120 درجة).

حساب السرعة الزاوية للكتف

$$\frac{120}{1} = \frac{\text{السرعة الزاوية للكتف}}{1}$$

السرعة الزاوية للكتف = 120 د/ثا

ونفس الشيء للورك لانهما نفس الزاوية ونفس الزمن



شكل (2-17) يوضح معطيات إيجاد السرعة المحيطية

حساب السرعة المحيطية (المماسية)

السرعة المحيطية (المماسية) = السرعة الزاوية $\times$ نصف القطر

نتخلص من وحدة الدرجة في السرعة الزاوية

$$120 \text{ د/ثا}$$

$$\text{السرعة الزاوية للكتف} = \frac{\text{د/ثا}}{\text{د}}$$

$$57.324 \text{ د}$$

$$\text{السرعة الزاوية للكتف} = 2.1 \text{ بوحدة } 1/\text{ثا}$$

ونفس الشيء للورك لانهما نفس الزاوية ونفس الزمن

حساب السرعة المحيطية للكتف

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية $\times$ نصف القطر

$$\text{السرعة المحيطية} = 40 \times 2.1$$

$$\text{السرعة المحيطية} = 84 \text{ سم/ثا}$$

حساب السرعة المحيطية للورك

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية $\times$ نصف القطر

$$\text{السرعة المحيطية} = 80 \times 2.1$$

$$\text{السرعة المحيطية} = 168 \text{ سم/ثا}$$

وهذا يعني ان المقارنة بين أجزاء الجسم بقانون السرعة الزاوية سوف لا

تنقل حقيقة سرعة نقاط الجسم بسبب تساوي زاوية تحرك هذه النقاط وان

استخدام قانون السرعة المحيطية يكون افضل وسببه وجود اختلاف انصاف

الأقطار بين هذه الاجزاء

(89)

مثال: تحرك جسم من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) بزمن قدره (0.3 ثا) وقطع زاوية مقدارها (90 درجة) وكان بعد هذا الجسم عن محور الدوران (0.06 متر). احسب المسافة التي قطعها على المحيط (طول القوس) وسرعتها.

طول القوس

الزاوية نصف القطرية =

نصف القطر

مثلاً نعلم بان الزاوية نصف القطرية هي العلاقة بين طول القوس ونصف القطر ، ومن القانون أعلاه نجد ان هناك مجهولين وهما الزاوية نصف القطرية وطول القوس ، ونعلم مسبقاً بان قيمة الزاوية نصف القطرية (زاوية القطاع) هي (57.324 درجة) فيتم تقسيم قيمة الزاوية في السؤال على قيمة زاوية القطاع للتخلص من وحدة الدرجة.

90 (درجة)

قيمة الزاوية (بوحددة القطاع) =

57.324 (درجة)

قيمة الزاوية (بوحددة القطاع) = 1.57 بدون وحدة

طول القوس

1.57 = طول القوس = 0.06 × 1.57 = 0.0942 متر

0.06 متر

ولحساب السرعة

المسافة (طول القوس)

السرعة =

الزمن

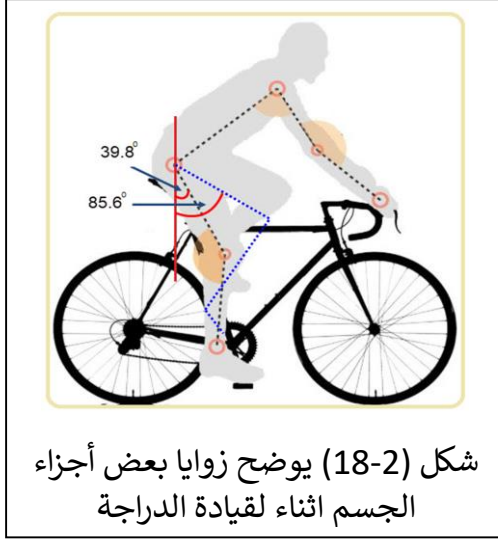
0.0942

السرعة = 0.314 م/ثا السرعة على محيط الدائرة

0.3

(90)

مثال: من الصورة جد السرعة الزاوية للفخذ والسرعة المحيطية للركبة اذا علمت ان طول الفخذ (0.44 متر) وان الزمن الذي استغرقت الحركة هو (0.56 ثانية).



من المهم جدا ان يتم قياس الزاوية المطلقة عند التحويل من السرعة الزاوية الى المحيطية لأننا سنتعامل مع طول الجزء وليس زاويته مع جزء اخر وتقاس هذه الزاوية مع الخط الافقي او العمودي ، ومن الصورة نجد ان اللاعب قد حرك زاوية الفخذ من (39.8 درجة) في الصورة الأولى الى (85.6 درجة) في الصورة الأخيرة.

الازاحة الزاوية للفخذ (الفرق الزاوي) = $39.8 - 85.6$
= 45.8 درجة

$$\frac{45.8}{0.56} = \text{السرعة الزاوية للفخذ}$$

السرعة الزاوية للفخذ = 81.79 (د/ثا) وهي سرعة الحركة الزاوية للفخذ ولايجاد السرعة المحيطية لمفصل الركبة وهو على محيط الدائرة فاننا نلجأ الى ضرب القيمة اعلاها في نصف قطر الفخذ وذلك حسب القانون ونلاحظ بان وحدة البسط ستتحول الى (درجة/ثانية×متر) ، وللتخلص من وحدة الدرجة لكي تبقى السرعة المحيطية بوحدة (م/ثا) فاننا نلجأ الى قسمة البسط على قيمة زاوية القطاع والتحول من مركز الدائرة الى محيطها .

$$\frac{0.44 \times 81.79}{57.324} = \text{السرعة المحيطية للركبة}$$

السرعة المحيطية للركبة = 0.63 (م/ثا) وهي سرعة تحرك مفصل الركبة على محيط دائرة وهمية مركزها مفصل الورك

او نجد طول القوس من خلال الاتي:

$$\text{طول القوس} = \frac{\text{الازاحة الزاوية} \div \text{الزاوية نصف القطرية} \times \text{طول الفخذ}}$$

$$0.44 \times 57.324 \div 45.8 =$$

$$0.35 \text{ متر}$$

وبقسمة المسافة على الزمن

$$\text{السرعة المحيطية للركبة} = 0.56 \div 0.35$$

$$0.63 \text{ م/ثا}$$

ويمكننا إيجاد السرعة المحيطية اللحظية من لعدة أجزاء.

ونجد طول القوس من خلال

$$(\text{طول القوس} = \frac{\text{الازاحة الزاوية} \div \text{الزاوية نصف القطرية} \times \text{طول الفخذ})$$

$$\text{طول القوس} = 0.44 \times 57.324 \div 45.8 =$$

$$\text{طول القوس} = 0.35 \text{ متر}$$

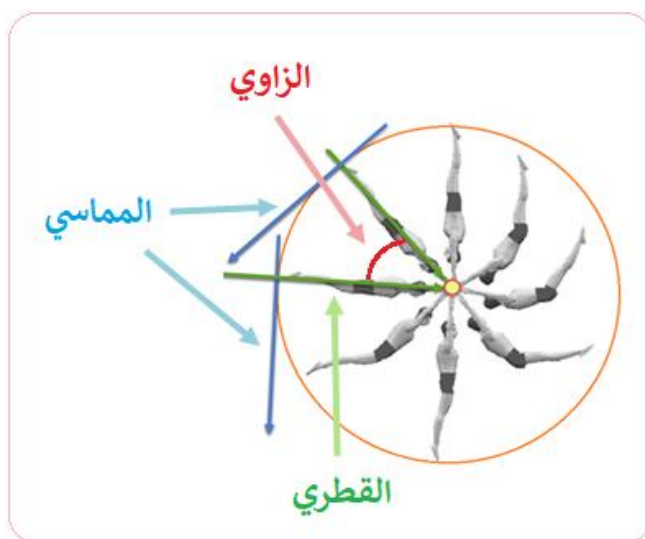
وبقسمة المسافة على الزمن

$$\text{السرعة المحيطية للركبة} = 0.56 \div 0.35$$

$$\text{السرعة المحيطية للركبة} = 0.63 \text{ م/ثا}$$

ثالثا) التعجيل الزاوي والمماسي والقطري

تتحلل السرعة في نقطة معينة على الدائرة الى مركبتين احدهما باتجاه انطلاق او دوران الأداة وتسمى بالسرعة الافقية او المماسية للدائرة ، اما المركبة الثانية فتكون عمودية تتجه نحو مركز الدائرة مع نصف القطر وتسمى بالسرعة العمودية او القطرية وبذلك فهناك قانونين للتعجيل الزاوي احدهما بالاتجاه الافقي تسمى بالتعجيل المماسي والآخر بالاتجاه العمودي وتسمى بالتعجيل العمودي او القطري ، فإيجاد التعجيل في مسابقة (100 متر) هو خطي ونحسبه من قانون تغير السرعة في وحدة الزمن اما إيجاد التعجيل في منحنى ركض (200 متر) سيختلف لان السرعة على محيط الدائرة غير متجهة وتخضع لمصطلحات الدائرة نفسها واهم مصطلحين في الدائرة هما (الزاوية ونصف القطر) وعليه سيتم التوضيح بحسب القانونين.



شكل (2-19) يوضح الدورة العظمى على جهاز العقلة في لعبة الجمناستيك

التعجيل الزاوي : وهو التغير في السرعة الزاوية في وحدة الزمن ولان التعجيل كمية متجهة فان حسابها على الدائرة او الزاوية تتبع طرائق أخرى.

السرعة الزاوية الثانية – السرعة الزاوية الأولى

_____ = التعجيل الزاوي

الزمن

اما في نظام الوحدات فان وحدة التعجيل الخطي هي (م/ثا²) اما وحدة التعجيل الزاوي فتكون (د/ثا²)

$$\frac{\frac{\text{درجة}}{\text{ثانية}} - \frac{\text{درجة}}{\text{ثانية}}}{\frac{\text{ثانية}}{1}} = \text{التعجيل الزاوي}$$

عند وجود علامة الطرح او الجمع نلغي احد الحدين ، وبقلب البسط والمقام

$\frac{\text{درجة}}{\text{ثانية}} \times \frac{\text{أى درجة/ثانية}^2}{\text{ثانية}} = \text{التعجيل الزاوي}$

(93)

مثال: جد التعجيل الزاوي لمفصل الورك اذا علمت ان السرعة الزاوية البالغة (80 د/ثا) قد تغيرت الى (90 د/ثا) خلال زمن قدره (0.30 ثانية).

$$\text{التعجيل الزاوي} = \frac{\text{السرعة الزاوية الثانية} - \text{السرعة الزاوية الأولى}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{التعجيل الزاوي} = \frac{80 - 90}{0.30}$$

$$\text{التعجيل الزاوي} = \frac{10}{0.30}$$

التعجيل الزاوي = 33.33 درجة/ثانية² وهذا التغير يدل على ان التزايد في السرعة الزاوية مستمرة كون علامتها موجبة

التعجيل المماسي : وهو مقدار التغير في مقدار السرعة المحيطية او المماسية بالنسبة الى الزمن ونلاحظ بان هذا التعجيل لا يختلف عن التعجيل الخطي الا في نقطة واحدة وهي ان السرعة تكون على محيط الدائرة ولذلك تكون العلاقة بين التغير في السرعة المحيطية نسبة الى الزمن وهذا التعجيل يمثل مقدار واتجاه السرعة وقانونه:

$$\text{التعجيل المماسي} = \frac{\text{السرعة المماسية الثانية} - \text{السرعة المماسية الأولى}}{\text{الزمن}}$$

التعجيل القطري (العمودي) : وهو مقدار التغير في السرعة على محيط دائرة بالنسبة الى نصف القطر وليس الزمن ويدل من مصطلحه بان فيه وحدة نصف القطر وهي المتر او اجزائه مما يدل على ان وحدة التعجيل القطري هو نفسه وحدة التعجيل الخطي (وهذا الموضوع يشبه علاقة السرعة المحيطية بالسرعة الزاوية) ولكن يتم

(94)

قياسه بوجود نصف القطر ، ويتعامل التعجيل القطري مع الخط العمودي القائم على مركز الدوران والواصل الى محيط الدائرة وكما موضح في الشكل ، ويتم قياس السرعة على محيط الدائرة من خلال المماس وذلك لان الاتجاه دائم التغير على محيط الدائرة وقانونه

$$(السرعة المماسية الثانية)^2 - (السرعة المماسية الاولى)^2$$

$$\frac{\text{التعجيل القطري}}{\text{نصف القطر}} =$$

ولقد تم تربيع المسافة في السرعة لغرض التخلص من تكرار وحدة المتر وكما هو واضح عند تحليل القانون بنظام الوحدات

$$\frac{\text{متر}^2}{\text{ثانية}^2} \div \frac{\text{متر} \times \text{متر}}{\text{ثانية} \times \text{ثانية}} = \text{اي} \frac{\text{متر}}{\text{متر}} = 1$$

وبقلب المقام الى البسط

$$\frac{\text{متر}}{\text{ثانية}^2} = \frac{1}{\text{متر}} \times \frac{\text{متر} \times \text{متر}}{\text{ثانية} \times \text{ثانية}} = \text{التعجيل القطري}$$

(95)

مثال : جد التعجيل (القطري) اذا تغيرت السرعة (المحيطية) للركبة في الدراجة الثابتة كما في الأمثلة السابقة من (0.63م/ثا) الى (0.53م/ثا) وكان طول الفخذ (0.40م).

نجد من المثال اننا حتى اذا اغفلنا ذكر كلمة القطري مع التعجيل فان وجود طول الفخذ يعني اننا نتعامل مع نصف قطر ، كما اننا لا نجد الزمن الذي تغير فيه السرعتين وهذه دلائل على ان التعجيل المطلوب هو القطري.

$$\frac{(السرعة المماسية الثانية)^2 - (السرعة المماسية الاولى)^2}{نصف القطر} = \text{التعجيل القطري}$$

$$\frac{^2(0.63) - ^2(0.53)}{0.40} = \text{التعجيل القطري}$$

$$\frac{0.40 - 0.28}{0.40} = \text{التعجيل القطري}$$

$$\text{التعجيل} = \frac{-0.12}{0.40} = -0.3 \text{ م/ثا}^2 \text{ وتدل القيمة السالبة بان السرعة على محيط الدائرة قد قلت}$$

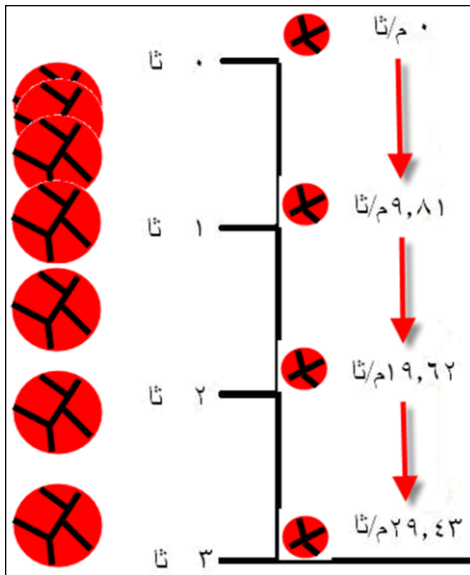
ومن خلال هذا المثال يمكننا رصد تحركات نهايات أجزاء الجسم ومقارنتها مع بعضها لغرض معرفة أي الأجزاء تتطلب سرعة أكثر ، كما يمكننا معرفة تعجيل رأس المطرقة والقرص .

المبحث الثالث

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 بزواوية معينة وهنا نطلق على اللاعب مصطلح مقذوف ، كذلك عند المناولة في كرة السلة او الاعداد في الكرة الطائرة فان الاداة يكسر اتصاله مع يد اللاعب فتسمى الكرة مقذوف ، ولايختلف الموضوع كثيرا عندما يطلق الحكم في بداية الشوط كرة السلة الى الاعلى فان الكرة ستنتقل إلى الأعلى بزواوية قائمة (الطيران الحر) وبسرعة معينة تتباطأ وتتوقف ثم تبدأ بالرجوع بتسارع إلى نقطة انطلاقها او 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 الأداة أو الجسم يسقط في الفراغ بتعجيل ثابت مقداره (9.81) متر في

الثانية لكل ثانية، ومثلما أسلفنا سابقا فان كرة السلة عند سقوطها من السكون فان سرعتها ستبلغ بعد ثانية واحدة (9.81)م\ثا وفي الثانية الثانية تصبح سرعتها (19.62=9.81+9.81) فلو استغرقت الكرة عند سقوطها زمنا قدره (3 ثانية) فانها ستصدم بالأرض بسرعة مقدارها (29.43 م\ثا). وفقا للقانون:



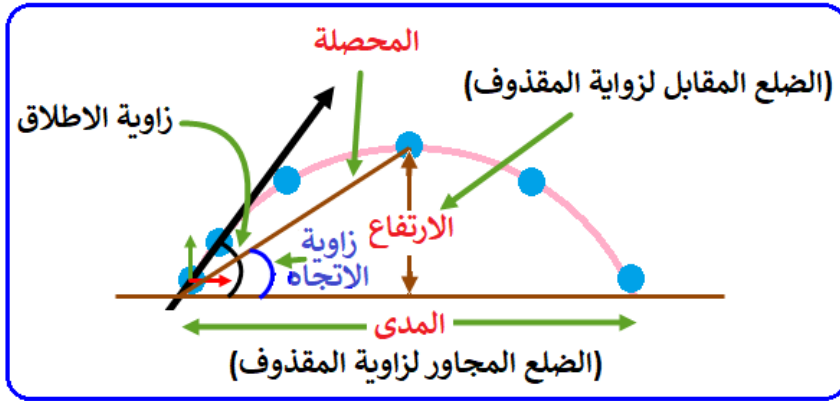
شكل (2-20) يوضح السقوط الحر لكرة السلة العمودي

(98)

$$\frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{الجذب الأرضي}}{1} \quad \text{او} \quad \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}} = \text{الجذب الأرضي}$$

وبضرب الوسطين في الطرفين

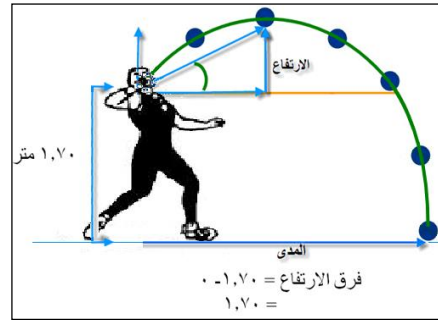
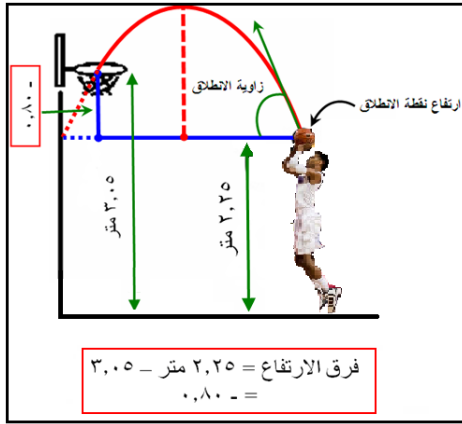
$$\text{السرعة} \times 1 = \text{الجذب} \times \text{الزمن}$$
$$\text{السرعة} = 3 \times 9.81$$
$$\text{السرعة} = 29.43 \text{ م\ثا}$$



شكل (21-2) يوضح المناولة بزاوية مع الخط الافقي

والمقذوفات 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 ادنى 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.

(99)



شكل (22-2) يوضح اطلاق الأداة من
الأسفل الى الأعلى

شكل (23-2) يوضح اطلاق الأداة من
الأسفل الى الأعلى

إن الهدف من حركة الأجسام المقذوفة هو تحقيق ابعاد مسافة أفقية ،
وخلال هذه المسافة يمكن حساب الزمن الذي يستغرقه المقذوف وأقصى ارتفاع
يبلغه.

أولاً المقذوفات العمودية

يتم حساب أقصى ارتفاع يصله المقذوف بدلالة السرعة من خلال القانون الآتي:

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

حيث (السرعة) هي السرعة الابتدائية

يتم حساب أقصى ارتفاع يصله المقذوف بدلالة الزمن من خلال القانون الآتي:

$$\frac{الجذب \times (الزمن)^2}{2} = \text{أقصى ارتفاع}$$

حيث (الزمن) هو زمن الوصول الى أقصى ارتفاع

ثانياً) المقذوفات بزوايا

يتم حساب المسافة الافقية من خلال القانون الاتي:

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

يتم حساب اقصى ارتفاع من خلال القانون الاتي:

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

يتم حساب زمن وصول المقذوف إلى أقصى ارتفاع بزوايا من خلال القانون الأتي:

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

من المتوقع ان أقصى ارتفاع يكون في منتصف المدى على اعتبار ان للمقذوف مسار على شكل قطع مكافئ (قوس متكافئ الطرفين) ، وعليه فأن زمن طيران الأداة يحسب من القانون أعلاه وذلك بضربها في (2) وهو زمن المسافة الأفقية أو الطيران. وعليه فان الزمن يحسب وفقا للقانون التالي:

$$\frac{\text{السرعة} \times \text{جيب الزاوية}}{\text{الجذب}} \times 2 = \text{زمن الطيران او زمن المسافة الافقية}$$

او

$\text{زمن الطيران او زمن المسافة الافقية} = 2 \times \text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع}$
--

عندما تكون زاوية المقذوف (90 درجة) فان قيمة جيب الزاوية هي (1)
وعندما تكون زاوية المقذوف (45 درجة) فان قيمة جيب الزاوية تعود الى (1) عند ضربها في (2) ، وعليه فان افضل زاوية للحصول على افضل مسافة افقية هي (45 درجة) عند تساوي مستوى الانطلاق والهبوط.

(101)

مثال: كرة تنطلق الى الأعلى بسرعة (4 م/ثا) ، احسب اقصى ارتفاع تصل اليه الزمن الذي يستغرقه

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

$$\frac{16}{19.62} = أقصى ارتفاع \quad \frac{2(4)^2}{9.81 \times 2} = أقصى ارتفاع$$

أقصى ارتفاع = 0.82 متر أي 82 سم

ولحساب الزمن نتبع الاتي :

$$\frac{الجذب \times (الزمن)^2}{2} = أقصى ارتفاع$$

يمكن تغير المواقع وفقا لقاعدة ضرب الوسطين في الطرفين

$$\frac{الجذب \times (الزمن)^2}{2} = \frac{أقصى ارتفاع}{1}$$

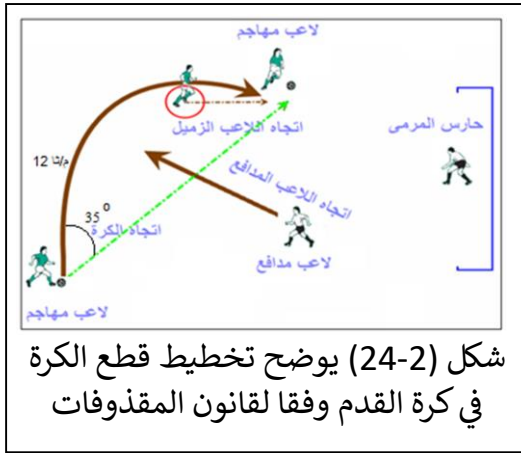
وبضرب الوسطين في الطرفين [الجذب × (الزمن)² × 1 = أقصى ارتفاع × 2] ثم نقل الجذب الأرضي وعليه

$$\frac{أقصى ارتفاع \times 2}{الجذب} = (الزمن)^2$$

$$0.17 = (الزمن)^2 = \frac{1.64}{9.81} = (الزمن)^2 = \frac{2 \times 0.82}{9.81} = (الزمن)^2$$

$$0.41 = \sqrt{0.17} = الزمن$$

(102)



مثال : ضربت كرة القدم بزاوية (35 درجة) فانطلقت بسرعة (12 م\ثا) ، احسب المسافة التي تصلها الكرة واقصى ارتفاع يبلغها والزمن المستغرق لها في الوصول الى اقصى ارتفاع والزمن الكلي في الهواء علما ان جيب الزاوية (35) هي (0.57) و جيب الزاوية (70) هي (0.94)

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

$$\frac{(12)^2 \times \text{جا } (35 \times 2)}{9.81} = \text{المسافة} \quad \frac{144 \times \text{جا } (70)}{9.81} = \text{المسافة}$$

$$\frac{0.94 \times 144}{9.81} = \text{المسافة} \quad \frac{135.36}{9.81} = \text{المسافة} \quad 13.80 \text{ متر تصلها الكرة}$$

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

$$\frac{(12 \times 0.57)^2}{9.81 \times 2} = \text{أقصى ارتفاع} \quad \frac{(12 \times \text{جا } 35)^2}{9.81 \times 2} = \text{أقصى ارتفاع}$$

$$\frac{46.79}{16.92} = \text{أقصى ارتفاع} \quad \frac{(6.84)^2}{16.92} = \text{أقصى ارتفاع}$$

أقصى ارتفاع = 2.77 متر المطلوب من اللاعبين المدافع ان يرتفع اعلى من (2.77 متر) لقطع مسار الكرة

(103)

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

$$\frac{0.57 \times 12}{9.81} = \text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع}$$

زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع = 0.70 ثانية زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع
المطلوب من اللاعب المدافع ان يصل خلال اقل من (0.70 ثانية) لاقصى ارتفاع
للكرة

الزمن الكلي = 1.40 ثانية المطلوب من الزميل ان يصل الى المكان المتوقع لتواجد
الكرة خلال (1.40 ثانية)

$$\frac{13.80 \text{ متر}}{1.40 \text{ ثانية}} = \text{معدل سرعة الكرة}$$

معدل سرعة الكرة = 9.83 م\ثا معدل السرعة المطلوبة للاعب المهاجم
للتحرك الى موقع سقوط الكرة لاستلامها، وهذه سرعة عالية مما يتطلب ان يكون
اللاعب مستعدا ومتقدما لكي يستطيع الوصول الى الموقع المطلوب بأقل سرعة ممكنة
توفيرا للجهد واقتصادا بالقوة والطاقة الحركية

تباين مستويات الانطلاق والهبوط

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

حساب المسافة (*)

$$\text{المسافة الافقية} = \frac{(السرعة)^2}{الجذب} \times \text{ظل الزاوية} \times (جا الزاوية + \frac{2 \times الجذب \times الارتفاع}{(السرعة)^2} \times جا الزاوية)$$

حساب الزمن

$$\text{الزمن} = \frac{(السرعة \times جا الزاوية + \frac{(السرعة \times جا الزاوية)^2 + 2 \times الجذب \times الارتفاع}{الجذب})}{الجذب}$$

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

في تحليل الحركات يفضل ان يتم حساب زاوية الانطلاق بعد اجتياز الكرة لقطرها أي عند تحديد النقطة الثانية وذلك بمد خط بين النقطتين لاعتبارهما ضلعان لتحديد الزاوية ، ويجب الانتباه الى حساب مركز ثقل الجسم فيفضل اجتياز نصف مساحة الورك عند رسم النقطة الثانية الى الاعلى او الاسفل ويمكن استخدام المماس.

(*) توجد اشكال كثيرة لهذا القانون ولكن هذه الصيغة هي الصحيحة

الفصل الثاني

الكيناتيک (Kinetics)

يهتم هذا العلم بوصف الحركة من حيث مسبباتها وهو يصف حركة الأجسام من جوانب الطاقة والقوة والدفع والشغل والقدرة

المبحث الأول

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 لأداء حركة معينة .

أولاً تأثير القوة

يمكننا تقسيم تأثير القوة الى :-

- 1- 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، ومثال ذلك (دفع الأرض لغرض القفز).
- 2- 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 ⁽¹⁾، ومثال ذلك (دفع الحائط).

(1) القصور الذاتي هو الممانعة أي عدم قدرة الجسم على تحريك او إيقاف حركته الا بوجود قوة عضلية او قوة خارجية

ثانيا) مواصفات القوة

للقوة اربعة مواصفات مهمة وهي:

- 1- مقدار القوة: اذا اثرنا في جسم بقوة لتحريكه فلا بد ان يكون هناك وصف كمي لها فنذكر ان مقدار التأثير كان (100 نيوتن).
- 2- خط عمل القوة: 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
- 3- اتجاه القوة: القوة عبارة عن كمية متجهة ، فأذا اردنا القول عند تسليط قوة (100 نيوتن) على جسم فان المفهوم الميكانيكي لا يعبر عن تأثير القوة ما لم يتم ذكر الجهة التي اثرت بالقوة او زاويتها.
- 4- نقطة تأثير القوة: لابد من معرفة موقع تأثير القوة في الجسم المراد تحريكه ، لنأخذ 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 (2-25) يوضح مواصفات القوة

ثالثاً) تركيب القوى (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 .
المحصلة = القوة₁ + القوة₂



شكل (26-2) 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.

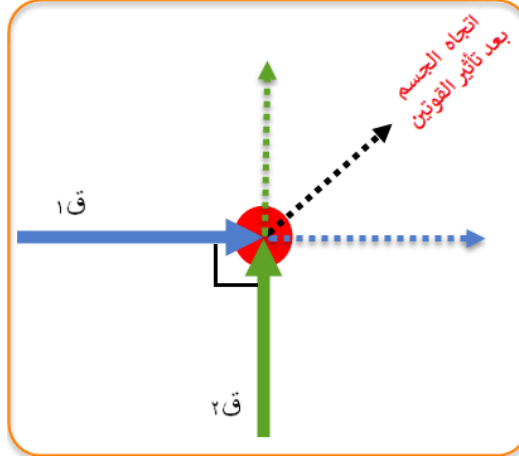
$$\text{المحصلة} = \text{القوة}_1 - \text{القوة}_2$$



شكل (27-2) يوضح طرح القوى

(108)

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



شكل (28-2) يوضح تعامد القوى

$$\text{المحصلة} = \sqrt{ق_1^2 + ق_2^2} \quad (2 ق_1 \times ق_2 \times جتا هـ)$$

حيث ق تعني القوة

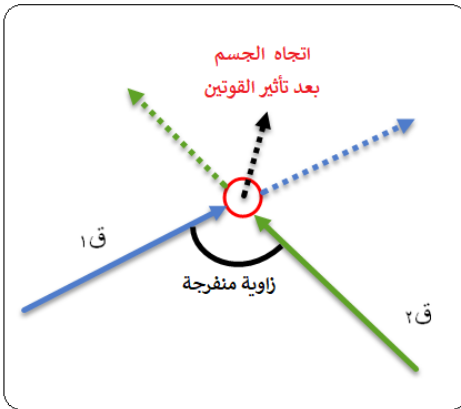
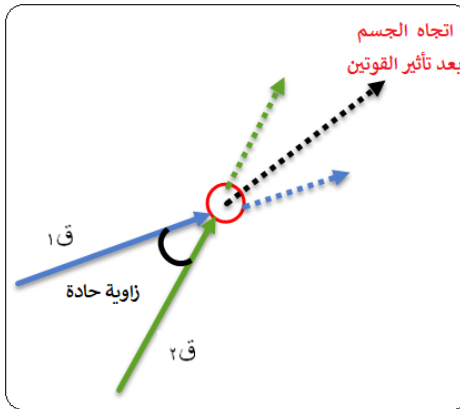
ولان جتا الزاوية 90 = صفرا فلا تبقى اهمية للشطر الثاني بعد علامة الجمع ، لذلك فان القانون يكتب على الشكل الاتي

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

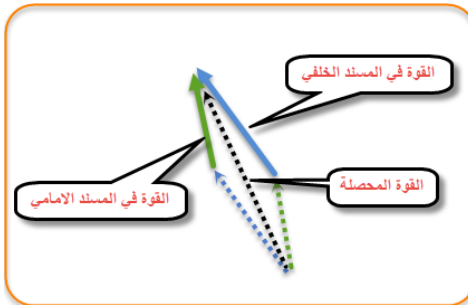
(109)

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

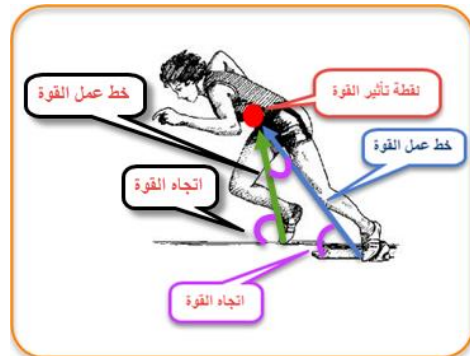
$$\text{المحصلة} = \sqrt{ق_1^2 + ق_2^2 + 2 ق_1 ق_2 \times جتا ه}$$



شكل (4-16) يوضح رسم المحصلة في الزوايا التي تقل او تزيد عن 90 درجة بين القوى



شكل (2-30) يوضح المحصلة من تأثير القوتين في مركز ثقل الجسم

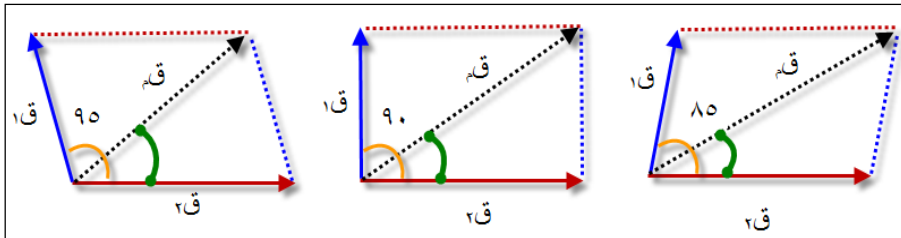


شكل (2-29) يوضح زاوية تأثير كل قوة في مركز ثقل الجسم والزاوية بين القوتين

(110)

مثال : أثرت قوتان (ق1، ق2) مقدارهما (20 نيوتن، 30 نيوتن) في جسم وكانت الزاوية بينهما هي (85 درجة)، ثم أصبحت (90 درجة) ، وبعدها أصبحت (95 درجة) جد محصلة القوتين في الحالات 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 (2-31) يوضح قيمة المحصلة واتجاهها في الزوايا التي تقل عن 90 درجة وتساويها وتزيد عنها

قيمة المحصلة للزاوية 85 درجة

$$\text{المحصلة} = \sqrt{0.087 \times 30 \times 20 \times 2 + (30)^2 + (20)^2}$$

المحصلة = 37.48 نيوتن

قيمة المحصلة للزاوية 90 درجة

$$\text{المحصلة} = \sqrt{0 \times 30 \times 20 \times 2 + (30)^2 + (20)^2}$$

المحصلة = 36.05 نيوتن

قيمة المحصلة للزاوية 95 درجة

$$\text{المحصلة} = \sqrt{(0.087-) \times 30 \times 20 \times 2 + (30)^2 + (20)^2}$$

المحصلة = 34.58 نيوتن

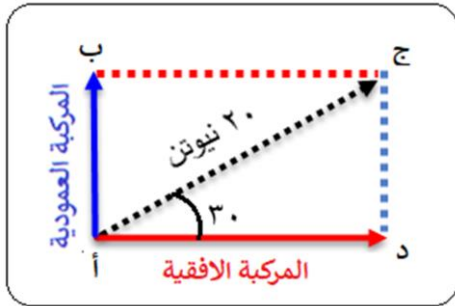
ومن هذا نستنتج ان الزاوية كلما قلت بين القوتين كانت المحصلة اكبر

رابعاً) تحليل القوى (المركبات)

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.

مثال : اثرت قوة مقدارها (20 نيوتن) بزاوية (30 درجة) مع الخط الافقي على جسم ، والمطلوب حساب مركباتها الافقية والعمودية؟

من المثلث (أدج) القائم الزاوية في (د) يعد (أج) هو وتر المثلث (أدج) و (أد)



هو المجاور للزاوية (ج أد) و (ج د) المقابل للزاوية ، فيمكننا استخراج المركبتين الأفقية والعمودية بالاعتماد على قوانين المثلثات كما يلي :

شكل (2-32) يوضح تحليل القوة المحصلة الى مركباتها

$$\text{جيب الزاوية} = \frac{\text{المقابل (المركبة العمودية)}}{\text{الوتر}} \dots\dots (1)$$

$$\text{جيب تمام الزاوية} = \frac{\text{المجاور (المركبة الافقية)}}{\text{الوتر}} \dots\dots (2)$$

وليجاد المركبة العمودية نستخدم المعادلة رقم (1) بعد ضرب الوسطين في الطرفين

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

$$\text{المركبة العمودية} = 20 \times 0.5$$

$$\text{المركبة العمودية} = 10 \text{ نيوتن}$$

(112)

وليجاد المركبة الافقية نستخدم المعادلة رقم (2) بعد ضرب الوسطين في الطرفين

المركبة الافقية = جيب تمام الزاوية $\times$ المحصلة

المركبة الافقية = 20×0.87

المركبة الافقية = 17.4 نيوتن

ويلاحظ بان المركبة الافقية أكبر من المركبة العمودية بسبب الزاوية الحادة

خامسا) 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 ما لم تؤثر فيه قوة اخرى لتغير حالته

ان القصور يعني (العجز) والذات يعني (الشيء نفسه) ويعني ذلك ان الجسم قاصر على تحريك ذاته بذاته الا بوجود قوة كما انه عاجز على ايقاف ذاته بذاته الا بوجود قوة ، ويمكننا تعريف القصور الذاتي **(بانه مقدار ممانعة الجسم عن الحركة او التوقف عن الحركة)** فعاء 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 ، ويمكننا أيضا تعريف القصور الذاتي **بانه مقدار الممانعة التي يمتلكه الجسم.**

العوامل المؤثرة في القصور الذاتي

- 1- كتلة الجسم : كلما كانت الكتلة كبيرة كلما امتلك الجسم قصورا كبيرا مثل رياضة السومو او المصارعة بالاجسام الضخمة.
- 2- 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.
- 3- قاعدة الارتكاز : عندما يراد تحريك جسم ذي كتلة معينة وله قاعدة ارتكاز كبيرة يتطلب ذلك قوة كبيرة للتغلب عليه. بينما تكون القوة المستخدمة

(114)

اقل فيما لو كانت للكتلة نفسها قاعدة صغيرة. ونجد هذا المبدأ في رياضة المصارعة مثلا 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.

4- وضع الجسم : ان مقدار القوة المستخدمة لأكساب جسم سرعة معينة يختلف باختلاف وضع الجسم قبل استخدام القوة ، فاذا كان الجسم المراد التأثير فيه ثابتا وأردنا تحريكه 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 الأولى.



ارتكاز واسع

ارتكاز ضيق

شكل (2-33) يوضح أنواع قاعدة الارتكاز

القانون الثاني (قانون التعجيل Accelerations)

ان تعجيل الجسم يتناسب طرديا مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة

كلما كانت القوة المستخدمة كبيرة كانت الحركة اكبر والعكس صحيح. ويمكن صياغة المعادلة الرئيسية للقانون بما يلي:-

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

$$ق = ك \times ع \dots \dots \text{وقد نكتب في بعض الأحيان (ج) بدلا من (ع)}$$

الكتلة والوزن

تعرف الكتلة بانها (مقدار ما يحتويه الجسم من مادة) اما الوزن فيعرف بانه (مقدار الجذب الأرضي على الكتلة) والكيلوغرام الواحد تساوي (9.81 نيوتن) ، ويوجد فرق بين المصطلحين في الوحدات فوحدة الوزن هي (نيوتن) اما وحدة الكتلة فهي (كيلوغرام) ولتحويل الكتلة الى الوزن يتم ضرب الكتلة في قيمة الجذب الأرضي

مثال: شخص كتلته 60 كغم ما مقدار وزنه

القانون المستخدم هو (القوة = الكتلة × الجذب الأرضي) ويمكن ان نستخدم الوزن

بديلان عن القوة

$$\text{الوزن} = 60 \text{ كغم} \times 9.81 \text{ م/ثا}^2$$

$$\text{الوزن} = 588.6 \text{ نيوتن}$$

ومن القانون يمكننا ان نجد ان التعجيل (التسارع) فهو يتناسب طرديا مع القوة ولذلك نجد ان القوة موجودة في البسط ، وان اتجاه الحركة الذي يكتسبها الجسم بفعل تأثير القوة يكون بنفس اتجاه القوة ويبدأ الجسم بالحركة اذا كانت القوة المؤثرة اكبر من مقاومة الجسم ويكتسب تعجيلا.

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

القوة

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

الكتلة

كما يمكننا صياغة القانون بأنه **(الدفع = التغير في كمية الحركة)**

ان كمية الحركة او الزخم (Momentum) تعني الاستمرارية وقانونه:

كمية الحركة = الكتلة $\times$ التغير في السرعة

كمية الحركة = ك $\times$ (س-2س1)

وقانون الدفع (Impulse) هو

الدفع = القوة $\times$ الزمن

ومن خلال القانون أعلاه نستطيع ان نثبت ان **(الدفع يتناسب طردياً مع كمية الحركة)**

من معلوماتنا السابقة

التغير في السرعة

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

وبما ان (القوة = الكتلة $\times$ التعجيل) فان

$$\frac{\text{الكتلة} \times \text{التغير في السرعة}}{\text{الزمن}} = \text{القوة} \quad \text{او} \quad \frac{\text{التغير في السرعة}}{\text{الزمن}} \times \text{الكتلة} = \text{القوة}$$

ومن القانون أعلاه نثبت ان القوة تتناسب عكسياً مع الزمن (أي كلما قل الزمن

زادت القوة) **ولذلك فان واثب العالي او العريض يحاول ان يقلل فترة تماسه مع الأرض**

عند الارتقاء لان القوة تتناسب عكسياً مع الزمن.

وبضرب الوسطين في الطرفين

القوة $\times$ الزمن = الكتلة $\times$ التغير في السرعة

ومن ملاحظتنا على القانون أعلاه نجد ان الطرف الأيمن هو الدفع واليسر

هو كمية الحركة او الزخم ، ومن المهم ان الجذب الأرضي علامته سالب وقيمته

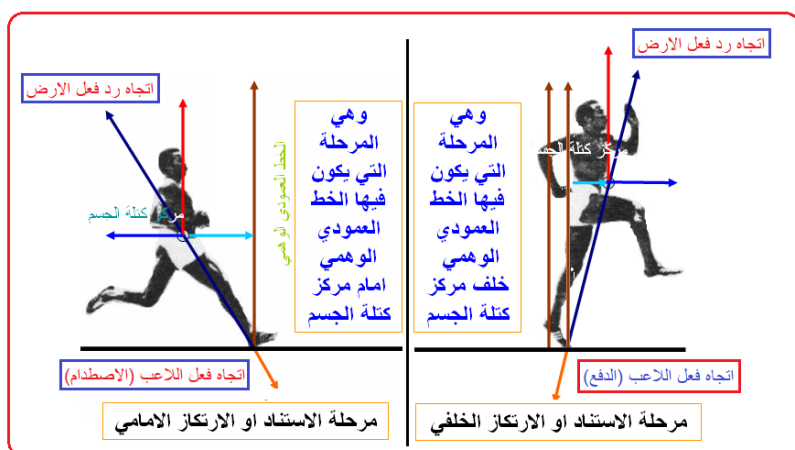
(9.81-م/ثا²) ، ومن خلال هذا القانون نستطيع تحويل وحدة الكيلوغرام الى وحدة

النيوتن بضرب الكتلة في (9.81)

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 هذه القوة بمصطلح الفعل ونتيجة لذلك يحصل على قوة مضادة ومساوية لمقدار الفعل يطلق عليها رد الفعل ، ان الاستفادة من المحيط في تعزيز رد الفعل يتضح كثيرا في المجال الرياضي فقفاز العريض يستخدم الارض لتعزيز ردود افعال التقلص المركزي للعضلات العاملة ونرى ذلك من منصة القفز في السباحة وفي الوقت الذي تعد الارض محيط صلب فان القفاز محيط ارتدادي والترامبولين كذلك وللماء محيط سائل عند السباحة الحرة ، ردود الافعال في المجال الرياضي تختلف وفقاً للمحيط.



شكل (2-34) يوضح رد فعل الأرض في مرحلتي الاصطدام والدفع

اثناء اصطدام قدم اللاعب على الأرض تتولد قوة لرد الفعل باتجاه معاكس لحركته (المحصلة) وهذه القوة تحاول دفع اللاعب نحو الخلف والأعلى ، لذلك نرى سهمين متعاكسين في المركبة الافقية على مركز ثقله مما يعني ان محصلة القوتين ستكون (الطرح) اما بعد اجتياز هذه المرحلة فانه ينتقل الى الارتكاز الخلفي ونرى بان رد الفعل سيكون مع اتجاه الحركة و ستدفع اللاعب نحو الامام ونرى سهمين بنفس الاتجاه في مركز ثقل الجسم في المركبة الافقية مما يعني ان محصلتهما ستكون (الجمع)

سادسا) تطبيقات قوانين نيوتن في الحركات الدائرية

عزم القصور الذاتي في الحركات الدائرية

تم تعريف القصور الذاتي في موضوع سابق في الحركات الخطية (بأنه مقدار ممانعة الجسم عن الحركة او التوقف عن الحركة) ، اما في الحركات الدائرية فسنضيف على هذه الممانعة او المقاومة مصطلح العزم ومصطلح العزم يظهر في الحركات التي يكون فيها محور أي يظهر في الحركات الدائرية ، والعزم يعني نصف القطر ، وكما وجدنا سابقا في موضوع العتلات (عزم القوة) وكان يعني ذراع القوة أي نصف القطر او بعد نقطة القوة عن محور الدوران . و الحركات الدائرية لا تحدث الا بوجود محور (الحركة على محيط الدائرة) مثل الذراع الرامية للادوات او الرجل الضاربة للكرة فيكون (المرفق) هو محور الدوران في الرمي و (الركبة) هي محور الدوران في ركل الكرة ، وهنا فان العوامل المؤثرة لمقاومة الحركة لا يتوقف على الكتلة وانما على بعد الجزء العمودي عن محور الدوران ، فعندما تدور الذراع او الرجل فأن زوايا المفاصل تؤثر في قيم عزم القصور الذاتي.

العوامل المؤثرة في عزم القصور الذاتي باثر من الحركات الدائرية

- 1- كتلة الجسم : كلما كانت الكتلة كبيرة كلما امتلك الجسم قصورا كبيرا مثل رياضة السومو او المصارعة بالاجسام الضخمة.
- 2- 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.
- 3- البعد العمودي عن محور الدوران (نصف القطر)

ويتناسب عزم القصور الذاتي طرديا مع الكتلة ومربع نصف القطر وكما في القانون

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

علاقة السرعة الزاوية بعزم القصور الذاتي

يتناسب عزم القصور الذاتي عكسياً مع (السرعة الزاوية) فعند ما يحاول الرياضي الدوران في الرقص على الجليد حول نفسه بسرعة يقوم بتقريب اجزاء الجسم نحو محور الدوران لتقليل عزم القصور الذاتي أي عند زيادة السرعة الزاوية يقل القصور الذاتي بسبب القصر- وعند إبعاد الاجزاء تقل سرعة الدوران فيزداد القصور الذاتي بسبب الطول . **ان قافز العالي يقوم برفع رجل المرحجة (القائدة) الى الاعلى وهي منثنية وذلك لتقليل القصور الذاتي بتقصير نصف قطر الدوران وزيادة السرعة الزاوية ، ان اقتراب مراكز الاجزاء من محور الدوران الاساسي (المحور العمودي) يؤدي الى سرعة الدوران.**



شكل (2-35) يوضح صور متسلسلة لثني الرجل الحرة (القفز العالي)

في حركات الوثب والقفز تساهم الذراعين من خلال المرحجة في زيادة كمية الحركة الدورانية او نقصانها لحظة النهوض ، فنجد ان واثب الطويل يقوم بحركات بندولية ودورانية للذراعين والرجلين في الطيران مما يؤدي الى ايقاف الدوران حول المحور الجانبي ، ويحاول الواصلب 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 .

كمية الحركة الدورانية

علاقة كمية الحركة الدورانية بالسرعة الزاوية

ان قانون كمية الحركة الخطية هو :

$$\text{كمية الحركة الخطية} = \text{الكتلة} \times \text{التغير بالسرعة}$$

اما في الحركات الدائرية فان القانون سيكون :

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

علاقة كمية الحركة الدورانية بالسرعة المحيطية

$$\text{السرعة المحيطية} = \text{السرعة الزاوية} \times \text{نصف القطر}$$

السرعة المحيطية

$$\frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{نصف القطر}} = \text{السرعة الزاوية}$$

نصف القطر

وبالتعويض

السرعة المحيطية

$$\text{كمية الحركة الدورانية} = \text{الكتلة} \times (\text{نصف القطر})^2 \times \frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{نصف القطر}}$$

نصف القطر

باختصار نصف القطر نحصل على القانون الآتي:

$$\text{كمية الحركة الدورانية} = \text{الكتلة} \times \text{نق} \times \text{السرعة المحيطية}$$

سابعاً) 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 الداخلية : وهي التي تكون داخل الجسم ومن انواعها:

1- قوة العضلات .

2- قوة مقاومة الأجهزة والأعضاء الداخلية (مثل أوتار العضلات والوضع

التشريحي للمفاصل).

(ب) القوى الخارجية : وهي القوى الخارجية التي تؤثر على الجسم وتتمكن من تغيير خط سير مركز ثقل الرياضي ومن أنواعها:

- 1- قوة الجذب الارضي .
- 2- قوة جسم آخر (الزميل ، الخصم ، القفاز) .
- 3- قوة المحيط (مقاومة الماء والهواء ، الاحتكاك).

ان القوى الخارجية تقسم إلى :

- 1- **القوى الخارجية الايجابية** : وهي تلك القوى التي نتمكن من الاستفادة منها في حالات خاصة مثل الحركة بوجود الجاذبية الأرضية للهبوط ، الاستفادة من قوة الخصم واستخدامها ضده كما تحدث في المصارعة ، الاستفادة من قوة مجرى الماء في النهر مع اتجاه المركب ، القوة الطاردة في رمي الأدوات من الدوران ، رد الفعل مع اتجاه الحركة .
- 2- **القوى الخارجية السلبية** : وهي تلك القوى التي تكون سلبية تتطلب بذل قوة للتغلب عليها مثل الحركة بعكس الجذب الأرض كما في حركات الجمناستيك او القفز العالي ، رد الفعل المعاكس لاتجاه الحركة ، القوة الطاردة في ركض المنحنيات ، مقاومة الماء بالسباحة ، مقاومة الريح في الركض.

القوة الطاردة والقوة المركزية

ان القوى المؤثرة في حركة اللاعب اثناء الحركة المستقيمة تختلف مقارنة بتأثير القوى الخارجية فيه اثناء حركة الدوران ، فنتيجة لدوران اللاعب حول محور نجد ان الجسم يقع تحت تأثير قوة تحاول ابعاده من المسار الدائري الى المسار المستقيم ، ولكي يستمر اللاعب في مساره الدائري (وخاصة في ركض المنحنيات) يجب ان يوازن بين قوتي الفعل (المتثلة بالقوة الطاردة المتجهة ضد اللاعب من داخل الملعب) ورد الفعل (المتثلة بدرجة الميلان نحو الداخل كرد فعل لتلك القوة) وهنا يتحقق قانون الفعل ورد الفعل فالقوة الطاردة (Centrifugal) تحاول ابعاد

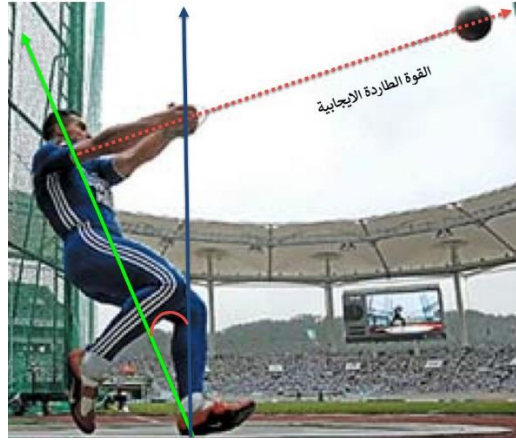
(122)

الجسم اما القوة الرادة لها فتتجه بعكس الاتجاه (نحو المركز كقوة مركزية Centripetal).

ان القوة الطاردة تكون سلبية على العداء في المنحنى وايجابية على رامي القرص والمطرقة ، ويمكن قياس شدة القوة الطاردة على سلك المطرقة.



شكل (2-37) يوضح مدى التأثير السلبي للقوة الطاردة في ركض المنحنيات



شكل (2-36) يوضح مدى استفادة رامي المطرقة من القوة الطاردة

ان أداة المطرقة خلال الدوران المماسي تعمل على سحب الرياضي للخارج و كرد فعل يعمل الرياضي على سحب المطرقة باتجاه محور دورانه (ميلان) ، ففي الحالة الاولى يطلق عليها القوة الطاردة (اللامركزية) ، وفي الحالة الثانية تسمى بالقوة الجاذبة (المركزية) ، وتقاس وفقاً للعلاقة الرياضية التالية :

$$\frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2}{\text{نصف القطر}} = \text{القوة الطاردة} \quad \text{او} \quad \frac{\text{ك} \times \text{س}^2}{\text{نق}} = \text{ق ط}$$

حيث (ق ط) تعني القوة الطاردة

ونرى ان مقدار القوة الطاردة تتناسب عكسياً مع نصف القطر أي كلما قل نصف القطر كلما زادت القوة ويمكننا ملاحظ ذلك على مجالات ركض المنحنيات ، كما يلجأ العدائين (اللاعبين) بتحريك الذراع اليمنى نحو الداخل وبذلك يزداد مداها الحركي مقارنة بالذراع اليسرى وذلك لجمع القوى باتجاه الميل نحو الداخل (باتجاه

(123)

مركز الملعب) ، كما ان القدم اليمنى تدفع الجسم نحو الداخل وتكون مهمة القدم اليسرى الارتكاز.

ووفقاً للقانون نرى ان السرعة مربعة وتتناسب طردياً مع القوة الطاردة أي تتضاعف القوة عن زيادة السرعة فلا ينصح بالاجتياز بزيادة السرعة في المنحنيات ، اما في المطرقة فالقوة 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 نرى ان القوة الطاردة تتناسب تناسباً طردياً مع كتلة الاداة المقذوفة ومربع سرعتها وان القوتين الجاذبة والطاردة تتناسب تناسباً عكسياً مع نصف قطر الدوران ، ذلك لأن تقصير نصف القطر يؤدي الى زيادة في القوة الجاذبة او الطاردة.

ويعد معرفة درجة ميلان الرياضي عند ركضه في الاقواس ضرورية لتقدير مقدار القوة الطاردة المسلطة عليه لكي يتجنب تأثير القوة الطاردة ، ويمكن استخراج درجة ميلان الجسم حسب العلاقة التالية:

$$\frac{\text{ظل زاوية الميلان}}{\text{الجدب} \times \text{نصف القطر}} = \frac{(\text{السرعة})^2}{\text{ظل زاوية الميلان} \times \text{ج} \times \text{نق}^2}$$

مثال: عداء كتلته (60 كغم) يركض بسرعة (10 م\ثا) وكان يركض في المجال الأول بنصف قطر المضمار (35 م) ، ما هو مقدار القوة الطاردة على مساره وما هو مقدار الزاوية التي يجب ان يميل بها نحو الداخل ليحافظ على مساره الدائري؟

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

$$\frac{6000}{35} = \text{قط} \quad \frac{100 \times 60}{35} = \text{قط} \quad \frac{60^2 \times (10)}{35} = \text{قط}$$

قط = 171.43 نيوتن

$$\frac{\text{ظل زاوية الميلان}}{\text{ج} \times \text{نق}} = \frac{\text{س}^2}{\text{ظل زاوية الميلان}} = \frac{100}{343.35} = \frac{(10)^2}{35 \times 9.81}$$

ظل زاوية الميلان = 0.29

ومن خلال الحاسبة او الجداول في الملاحق نجد الزاوية
زاوية الميلان = 16.17 درجة عن الخط العمودي للجسم

قوة الاحتكاك (Fiction Force)

الاحتكاك كقوة ميكانيكية من الكميات المتجهة (الاحداثيات والزوايا) تعمل بعكس اتجاه الحركة ، وتؤثر قوة الاحتكاك تأثيرا ايجابيا او سلبيا على الحركات الرياضية ، والاحتكاك يحدث بين جسمين متصلين مع بعضهما ، وعلى هذا الأساس يمكن القول بان الاحتكاك يحدث عندما يقاوم جسم لحركة جسم آخر ملامس له ، وللاحتكاك اثار سلبية وإيجابية.

ان استخدام الأحذية المطاطية في كرة السلة أو الأحذية ذات المسامير العالية



بالنسبة للاركاض السريعة هو من اجل ضمان السيطرة على الجسم عن طريق **زيادة الاحتكاك** ، وكذلك ان لاعب الجمناستك يستخدم مسحوق المغنسيوم **لتقليل الاحتكاك** لمساعدته في تحسين مسكه عارضة العقلة عند ادائه حركات الدوران حول العقلة وجعله

(125)

باقل ما يمكن من احتكاك بين الجلد والحديد ، كما يستخدم لاعبو كرة اليد المواد اللاصقة على الاصابع وقافزي العصا بألعاب الساحة والميدان ، وحديثا يستخدم الجليد للتدريب على تقصير الخطوات من خلال الاستفادة من قلة الاحتكاك لغرض التدريب على حفظ التوازن ، كما ان حلق الشعر في رياضة السباحة جزء من عمليات التغلب على مقاومة الماء من خلال تقليل الاحتكاك مع الماء وفي رياضة الدرجات يميل اللاعب نحو الامام ويلبسون القبعات لتقليل الاحتكاك مع الهواء ، وكذلك يلجأ اللاعبون بالاستفادة من الاحتكاك لتغيير الاتجاه.

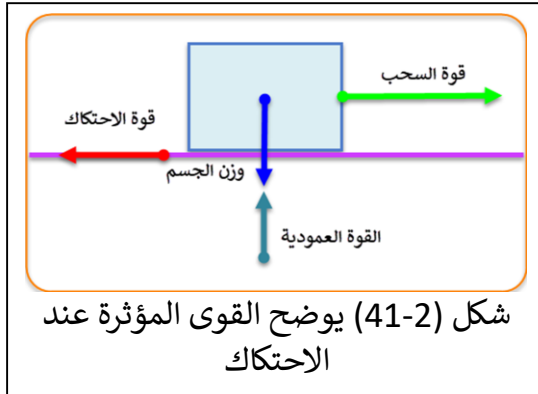


شكل (2-39) يوضح استخدام الصمغ لغرض مسك الأدوات والسيطرة عليها



شكل (2-40) يوضح استخدام المساحيق لتقليل الاحتكاك في فعاليات
الجمناستك ورفع الاثقال

معامل الاحتكاك



معامل الاحتكاك هو نسبة تدل على مقدار الممانعة بين الجسمين المتلاصقين ، ان قيمة معامل الاحتكاك تتراوح بين (0-1) فيكون الجسم متلاصقا كلما كبرت القيمة.

أنواع الاحتكاك

1. الاحتكاك ألسروعي (الاحتكاك الساكن او السكوني) : وهو يعمل عند شروع الجسم الساكن بالحركة (عندما يكون احد الجسمين ثابتا كالارض والآخر ساكنا قابلا للتحرك او هو الجسم الذي يتطلب منه الحركة كاللاعب).
2. الاحتكاك أالانزلاقي و ألتدحرجي (الاحتكاك المتحرك او الحركي) : وهما يتأثيان كمقاومين خلال الحركة (عندما يكون احد الجسمين ثابتا كالارض والآخر متحركا كاللاعب).

قوة الاحتكاك

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

او

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

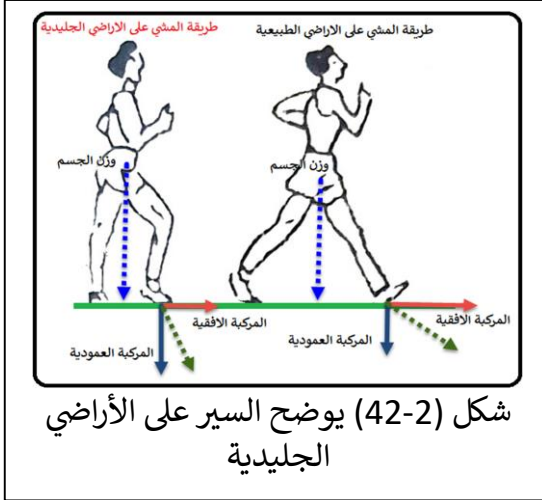
$$\text{ق ح} = \text{مح} \times \text{ق ع}$$

حيث ان مح = معامل الاحتكاك ويعتمد على نوع السطحين المتماستين

$$\text{ق ع} = \text{القوة العمودية.}$$

(127)

نلاحظ عند المشي— على الأراضي المنزلقة او الجليدية ان الشخص يخطو



بخطوات قصيرة وليست واسعة مما يؤدي الى ان تكون القوى العمودية كبيرة قياسا بمركبة القوى الافقية في القدم الامامية مما يسهل عملية نقل القدم المتأخرة وكذلك جعل وزن الجسم دائما على منتصف مساحة ضيقة بين القدمين يساعد على السيطرة على الحركة.

مثال : معامل الاحتكاك بين الجليد وآلة التزلج هي (0.19) عند الشروع بالحركة وان هذا المعامل يقل بالاستمرارية ليصل الى (0.16) وان وزن الرياضي يبلغ (850 نيوتن) ووزن الآلة (25 نيوتن)، احسب القوة اللازمة لتحريك الآلة والقوة اللازمة لاستمرارها في الحركة. **قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك × القوة العمودية (الوزن)**

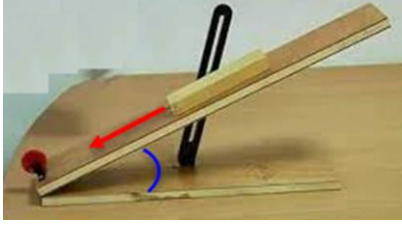
$$\text{القوة المطلوبة لتحريك الآلة} = (25 + 850) \times 0.19$$

$$= 166.25 \text{ نيوتن}$$

$$\text{القوة المطلوبة لاستمرار الآلة} = (25 + 850) \times 0.16$$

$$= 140 \text{ نيوتن}$$

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



شكل (2-43) يوضح كيفية قياس معامل الاحتكاك بين جسمين

كما يمكن ايجاد معامل الاحتكاك من خلال ظل زاوية الميل وهذه طريقة شائعة لتقدير معامل الاحتكاك، اذ يتم وضع جسم على سطح ثم رفع هذا السطح من احد الجوانب لحين بدء الجسم بالتحرك ويتم تحديد الزاوية التي تسببت بالحركة وان ظل الزاوية هي معامل

الاحتكاك السكوني، ولجل ايجاد معامل الاحتكاك المتحرك فاننا نقيس الزاوية عن طريق نقرات مستمرة على السطح الموضوع عليه الجسم ، ويمكن باستمرار انحدار الجسم نقرأ الزاوية للدلالة على الاحتكاك المتحرك.

ظل الزاوية = معامل الاحتكاك السكوني

في تجربة قياس احتكاك جسم على مسطرة تم رفع احد طرفي المسطرة وتحرك الجسم عند الزاوية (30 درجة) فمعامل الاحتكاك السكوني من خلال جداول الظل هو ظل (30 درجة) = 0.58 ، أي ان معامل الاحتكاك بين الجسمين يبلغ (0.58) ، توجد أنواع أخرى من الاحتكاك ومنها (الاحتكاك المائع) وهي عبارة عن مقاومة الماء من خلال حركة السباح هي بمثابة تحرك جسم صلب داخل سائل ولذلك يسمى معامل الاحتكاك هذا بمعامل احتكاك الموائع او المائع.

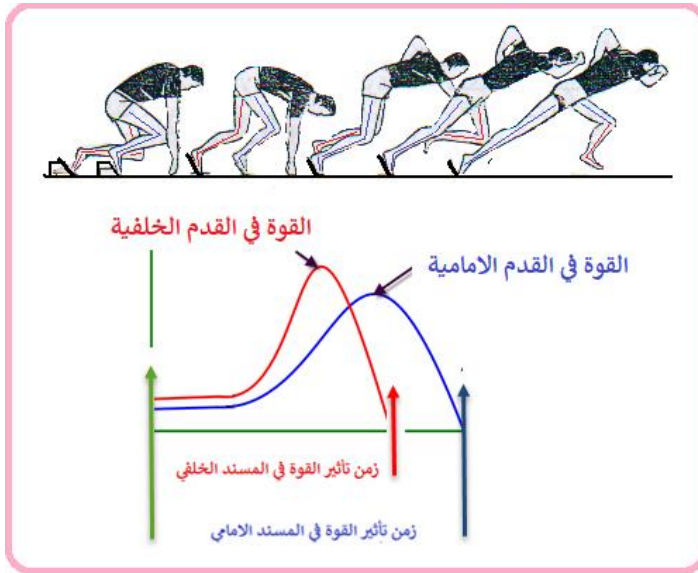
المبحث الثاني

الدفع (Impulse)

وهي القيمة الناتجة من حاصل ضرب القوة في زمن تأثيرها ، اننا نلاحظ للاعب كرة التنس او لاعب الوثب الطويل والفعاليات الأخرى يؤثرن على الأداة او الأرض بزمن مستمر لحين كسر الاتصال بالكرة او الأرض فمن خلال بقاء تأثير الزمن في فترات التماس نستطيع حساب الدفع ، والدفع من الكميات المتجهة ووحدها نفس وحدة كمية الحركة (كغم.م/ثا) ، وحسب القانون الآتي:

$$\text{الدفع} = \text{معدل القوة} \times \text{زمن التأثير}$$

كما يمكننا ملاحظة الفرق في قياسات الدفع اثناء الانطلاق من مساند البدء في الاركاض السريعة حيث نلاحظ فرق في التأخير بين القدمين.



شكل (2-44) يوضح الانطلاق من مسندي البداية

ويلاحظ من الشكل بان زمن تأثير القوة في المسند الامامي اكبر بسبب ان القدم الخلفية هي اول قدم ترفع عن المسند الخلفي بعد اطلاق المسدس

سبق ان اوضحنا علاقة الدفع بكمية الحركة من خلال القانون:

(الدفع = التغير في كمية الحركة)

ان كمية الحركة او الزخم (Momentum) تعني الاستمرارية وقانونه:

كمية الحركة = الكتلة $\times$ التغير في السرعة

كمية الحركة = ك $\times$ (س₂-س₁)

وفي حالة كون السرعة الابتدائية صفرا أي ينطلق الجسم من الثبات فان

(كمية الحركة = ك $\times$ س)

وقانون الدفع (Impulse) هو

الدفع = القوة $\times$ الزمن

ومن خلال القانون أعلاه نستطيع ان نثبت ان

(الدفع يتناسب طرديا مع كمية الحركة)

او ان الدفع يساوي كمية الحركة ، والخطوة الأولى هي تفكيك القوة في قانون الدفع

(الكتلة $\times$ التعجيل) $\times$ الزمن = الكتلة $\times$ السرعة

ومن ثم تفكيك التعجيل

$$\text{الكتلة} \times \frac{\text{السرعة}}{\cancel{\text{الزمن}}} \times \cancel{\text{الزمن}} = \text{الكتلة} \times \text{السرعة}$$

ويثبت القانون أعلاه بان الدفع يساوي التغير في الحركة ومن خلال تساوي وحدات

الطرفين

(131)

مثال: يبين الجدول التالي التسلسل الزمني للانطلاق من مسندي البداية وتبين بعد اطلاقه المسدس ان زمن تماس القدم مع المسند الخلفي قد بلغ (0.40 ثانية) حيث ان القوة قد سجلت قيم صفرية تدل على ترك المسند ، فيما استمرت القدم الامامية في التماس لغاية (0.50 ثانية) جد الدفع في المسندين.

جدول (4-2) يبين التسلسل الزمني للانطلاق من مسندي البداية

عدد	الزمن (ثانية)	القوة (نيوتن)	
		المسند الخلفي	المسند الامامي
0	0.00	0	0
1	0.05	100	100
2	0.10	400	300
3	0.15	600	450
4	0.20	800	650
5	0.25	1200	900
6	0.30	600	900
7	0.35	200	700
8	0.40	100	600
9	0.45	0	300
10	0.50	0	100
11	0.55	0	0
المجموع		4000	5000
المعدل		$500=8\div4000$	$500=10\div5000$

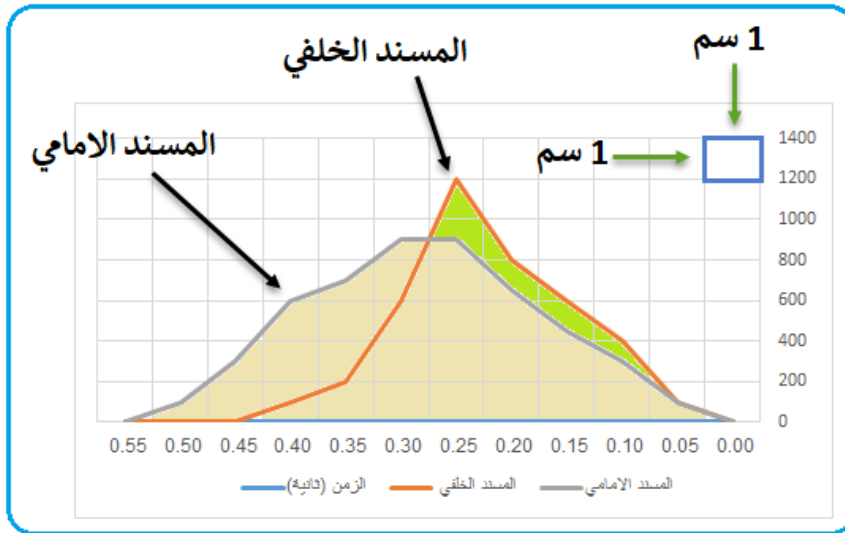
الدفع في المسند الخلفي = $0.40 \times 500 = 200$ نيوتن.ثانية

الدفع في المسند الامامي = $0.50 \times 500 = 250$ نيوتن.ثانية

ويلاحظ من الجدول بان معدل القوة في المسندين هي نفسها وان القوة في المسند الخلفي اكبر ولكن الدفع في المسند الامامي اكبر بسبب زمن التأثير

المساحة تحت المنحنى

ان الدفع يساوي المساحة تحت المنحنى ، اذ من خلال ملاحظتنا للشكل نجد ان هناك دالة او منحنى تتضمن مساحة يمكن قياسها ، وتدل كبر قيمة المساحة او صغرها على مقدار العمل المنجز وقد يكون سبب كبر المساحة هي الوحدات الافقية او الوحدات العمودية في الشكل البياني ، اذ يتم تمثيل الخط الافقي من الشكل البياني بالزمن بمقدار سنتيمتر واحد بين وحدة زمنية وأخرى وكذلك يتم عمل الخط العمودي للقوة وكما موضح ادناه.



شكل (2-45) يوضح المساحة تحت المنحنى

ويلاحظ من الشكل بان المساحة التي تغطيها القدم في المسند الامامي اثناء دفعها للمسند اكبر عددا من المساحة التي تغطيها القدم الامامية اثناء دفعها للمسند وهذا متفق مع حساب الدفع الذي تم سابقا في المثال السابق ، ويعني ان الجهد او العمل الذي تم بذله في المسند الامامي اكبر.

المبحث الثالث

الضغط (Pressure)

يعرف الضغط بأنه كمية القوة العمودية المسلطة على مساحة وهي النسبة بين القوة في البسط والمساحة في المقام ، ويستخدم في كثير من مجالات الفعاليات الرياضية فمثلا ان لاعبي كرة القدم يستخدمون (الكسارات) وهي عبارة عن وسادات وقاية توضع على الرجل (عظم القصبة) وذلك لتوزيع القوة عليها (مساحة الكسارة) اثناء تعرض اللاعب الى ضربة قوية على ساقه ، والضغط يتناسب عكسيا مع المساحة اذ كلما زادت المساحة قل الضغط ، اما في مجال تحليل المشي فان احد متغيرات طبعة القدم هو الضغط المسلط على الأرض ، اذ تساعد بعض الأجهزة واحذية مصممة خاصة على اظهار مقدار الضغط المسلط على الأرض ومن خلاله يمكن معرفة القدم المسطحة (Flatfoot) ، كما يمكن رصد مسار انتقال الضغط على القدم من الكعب الى المشط او بالعكس للدلالة على الاتزان الجيد او عدم وجود إصابة كما تساعد على تشخيص إصابات العرج ودوران الورك ، ووحدته (باسكال) او (نيوتن/م²) وقانونه:

$$\frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}} = \text{الضغط}$$

مثال : احسب مقدار الضغط المسلط على الأرض للاعب كتلته (70 كغم) يقف على رجل واحدة ويرتدي حذاء حجم (42) مساحته (26 سم طول × 10 سم عرض)

$$\text{مساحة الحذاء} = 10 \times 26 = \dots\dots\dots \text{مساحة الحذاء} = 260 \text{ سم}^2 \text{ أي } 2.6 \text{ م}^2$$

$$\text{وزن اللاعب} = 70 \times 9.81 = \dots\dots\dots \text{وزن اللاعب} = 687 \text{ نيوتن}$$

$$\frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}} = \text{الضغط} \quad \frac{687}{2.6} = \text{الضغط}$$

$$\text{الضغط} = 264.2 \text{ نيوتن /متر}^2 \text{ او } 2.642 \text{ نيوتن/سم}^2$$

(134)

ماذا لو حسبنا الوقوف على الرجلين

مساحة كل قدم هي 2.6 م²

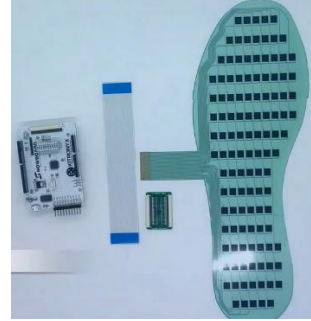
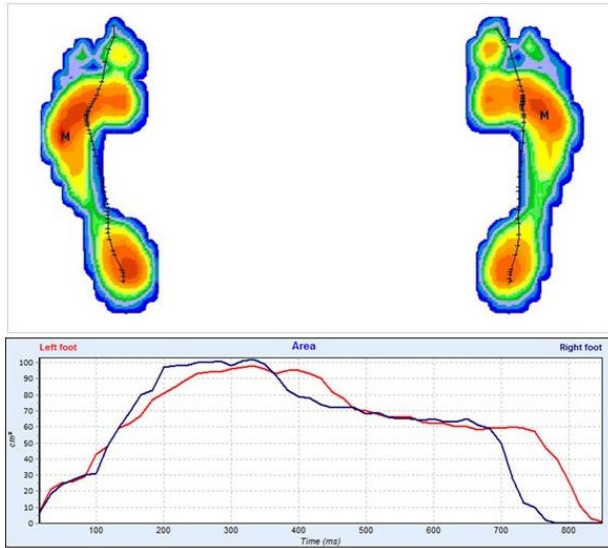
مساحة القدمين هي 2 × 2.6 =

مساحة القدمين = 5.2 م²

$$\frac{687}{5.2} = \frac{\text{الضغط}}{\text{المساحة}} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

الضغط = 132.12 نيوتن لكل متر مربع او 1.32 نيوتن لكل سنتيمتر مربع

لاحظ ان الضغط يقل كلما كبرت المساحة



شكل (47-2) يوضح كميات الضغط المسلطة تحت القدم على الأرض ومسار انتقال مركز الضغط في وحدة الزمن

شكل (46-2) يوضح
متحسسات لقياس الضغط
تحت كل سنتيمتر مربع
تحت القدم

المبحث الرابع

الشغل (Work)

عندما يتغلب جسم على مقاومة ويستمر ولمسافة معينة فإنه يكون قد بذل شغلا اي لو أثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تأثير القوة فإنه يكون قد انجز شغلا، ويمكننا تعريف الشغل بأنه **القوة المؤثرة لتحريك جسم الى مسافة معينة** ، ويمكن صياغة القانون الرياضي لمتغير الشغل كما يلي :

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

ومن الناحية الميكانيكية يمكننا حساب الشغل من خلال

الشغل = القوة × جيب تمام × الازاحة لإيجاد الازاحة الافقية (1)

الشغل = القوة × جيب الزاوية × الازاحة لإيجاد القوة العمودية (2)

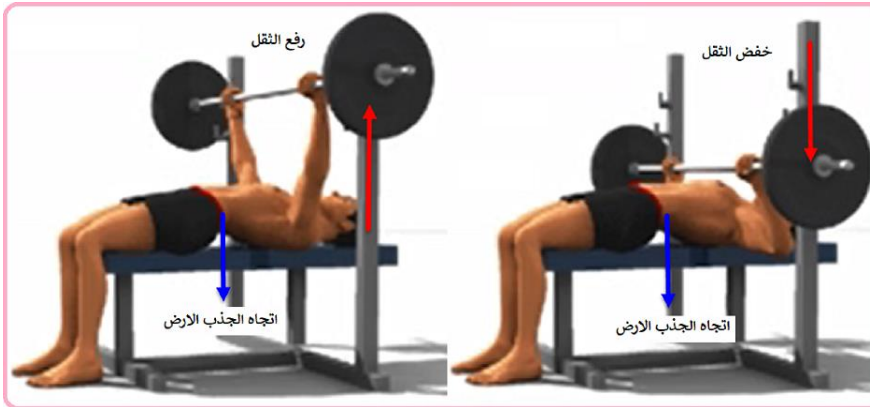
ومن خلال القوانين اعلاه يتضح لنا ان الشغل يتناسب تناسباً طردياً مع القوة

والمسافة او الازاحة ، ووحدة الشغل هي (جول)

الشغل المنجز في نفس اتجاه الجسم المتحرك يسمى **(بالشغل الموجب)**

وهو الشغل الذي ينجز **بعكس الجذب الأرضي** او بعكس القوى الخارجية المؤثرة ،

اما **(الشغل السالب)** فهو الشغل الذي ينجز **مع اتجاه الجذب الأرضي** او مع اتجاه القوى الخارجية المؤثرة.



شكل (2-48) يوضح تمرين (بينج بريس)

(136)

إذا كانت القوة متجهة بشكل افقي مع الأفق فان الزاوية بين المتجه والأرض تكون (صفر درجة) وان جيب تمام (صفر درجة هي 1) مما يعني ان القانون يصلح حتى بدون كتابة الدالة (جيب تمام) ، اما اذا كانت القوة عمودية مع الأفق كما في القانون الثاني فان جيب الزاوية (90 درجة هي 1) فيصلح القانون حتى بدون كتابة الدالة (الجيب) ، ولكن يجب توافر مصطلحات مثلا (الى الامام) او (باتجاه الافقي) او (الى الأعلى) او (باتجاه العمودي) ، اما اذا توفرت زاوية فالعملية تحتاج الى إيجاد قيمة الدرجة

مثال: احسب الشغل المنجز لدفع ثقل مقداره (1000 نيوتن) في تمرين دفع الثقل (البينج بريس) الى مسافة (0.30 متر).

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

$$\text{الشغل} = 0.30 \times 1000$$

الشغل = 300 جول ، ويطلق عليه بالشغل الايجابي لان اتجاه القوة المسلطة على الثقل تكون باتجاه حركة الثقل وبالعكس اتجاه الجذب الأرضي

مثال: احسب الشغل المنجز لخفض ثقل مقداره (1000 نيوتن) في تمرين دفع الثقل (البينج بريس) الى مسافة (0.30 متر).

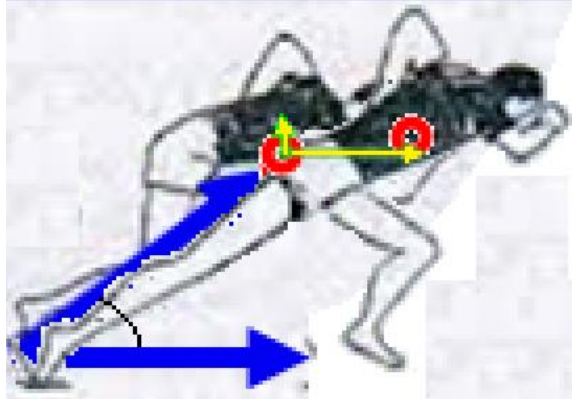
$$\text{الشغل} = \text{القوة} \times \text{المسافة}$$

$$\text{الشغل} = 0.30 \times 1000$$

الشغل = - 300 جول وهنا نضع علامة السالب للدلالة على ان الحركة كانت بعكس الحركة الاصلية ومع اتجاه الجذب الأرضي.

(137)

مثال : ينطلق عداء كتلته (70 كغم) من مسند البداية بزاوية (35 درجة) احسب الشغل المنجز اذا علمت ان مركز ثقله ينتقل الى (الامام) بمقدار (0.20 متر) وان (جا 35 = 0.57 و جتا 35 = 0.82).



بما ان اتجاه الشغل المنجز نحو الامام فنستخدم قانون

الشغل = القوة × جيب تمام × الازاحة

نحول الكتلة الى وزن حتى نحول وحدة الكيلوغرام الى وحدة النيوتن ($9.81 \times 70 = 686.7$ نيوتن)

الشغل = $0.20 \times 0.82 \times 686.7$

الشغل = 0.20×563.1

الشغل = 112.6 جول المنجز لدفع الجسم نحو الامام

ولحساب الشغل المنجز عمودياً

الشغل = $0.20 \times 0.57 \times 686.7$

الشغل = 0.20×391.4

الشغل = 78.3 جول المنجز لدفع الجسم نحو الاعلى

ويلاحظ بان الشغل المنجز لدفع الجسم نحو الامام اكبر من الشغل المنجز لرفع الجسم بسبب صغر الزاوية وهذا الأداء الصحيح اثناء الانطلاق اذ يجب ان يحافظ العداء على اتجاهه الافقي لكي لا يخسر قوته.

المبحث الخامس

القدرة (Power)

ان 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:

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

ويمكننا من القانون أعلاه اشتقاق مجموعة قوانين وهي :

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

ووحدة القدرة هي الواط

$$\frac{\text{نيوتن} \times \text{متر}}{\text{ثانية}} = \text{الواط}$$

ويمكننا اشتقاق قانون اخر في إيجاد القدرة بدلالة السرعة

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

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

ويمكن اشتقاق قانون اخر في إيجاد القدرة بدلالة التعجيل

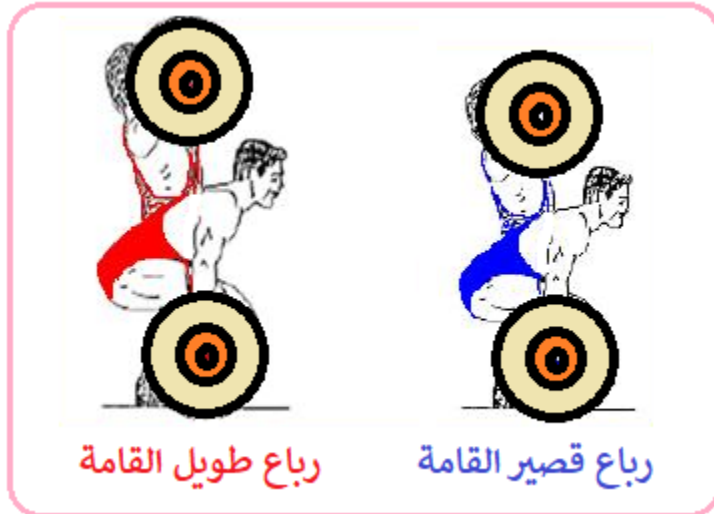
$$\text{القدرة} = \text{الكتلة} \times \text{التعجيل} \times \text{السرعة}$$

(140)

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.

ان عاملي القوة والسرعة يلعبان دورا كبيرا في تحديد قيمة القدرة ولا يمكن الفصل بينهما عند دراسة القدرة وعلى هذا الاساس وبسبب كون الرمح خفيف بالمقارنة مع أداة الثقل فان راми الرمح يركز على السرعة اكثر من القوة في رميه في حين يركز راми الثقل على القوة في رمي الثقل بسبب ثقل الاداة.

ان تقنين الشدة في رياضة رفع الاثقال لا يعتمد على مقدار الثقل المرفوع فقط وإنما على سرعة رفعه أيضا ، ولكن ما هي السرعة المطلوبة ؟ وربما يمتلك الرباع الطويل سرعة اكبر من الرباع القصير لرفع الثقل، أي إذ كان المطلوب من الرباع القصير التغلب على مسافة رفع الثقل في اقل زمن ممكن فان على الرباع الطويل ان يتغلب على المسافة التي تم تحديدها بسبب طوله في نفس اقل من زمن الرباع القصير ليمتلك القدرة نفسها.



الشكل (2-49) يوضح مقارنة بين لاعبين مختلفين في الطول عند رفع الثقل

(141)

مثال (تغير القدرة بسبب تغير الزمن)

قارن قدرة الطالب (أ) الذي (طوله 1.70 متر) يرفع ثقل مقداره (65 كغم) الى مسافة (2.10 متر) فوق رأسه في زمن قدره (2 ثانية) ، مع الطالب (ب) بنفس الطول والثقل المرفوع ولكنه يرفع الثقل بزمن قدره (2.50 ثانية) ، وناقش النتائج.
نحتاج الى القانونين الاتيين:

الشغل

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

بما ان القوة وحدتها في القانون بوحدة النيوتن وفي السؤال بوحدة الكيلوغرام فيتم تحويله بضربه بقيمة الجذب الأرض البالغة (9.81 نيوتن)

$$\text{الشغل (أ)} = 2.10 \times 9.81 \times 65$$

$$\text{الشغل (أ)} = 1339.1 \text{ جول}$$

$$\text{الشغل (ب)} = 2.10 \times 9.81 \times 65$$

$$\text{الشغل (ب)} = 1339.1 \text{ جول}$$

المناقشة : نلاحظ ان كمية الشغل المنجز هي نفسها لان الثقل المرفوع نفسه والمسافة نفسها ، وبذلك لانستطيع من خلال مصطلح الشغل ان نحكم أي من الطالبين افضل من الاخر.

$$\frac{1339.1}{2} = \text{القدرة (أ)} = 669.6 \text{ واط}$$

$$\frac{1339.1}{2.5} = \text{القدرة (ب)} = 535.6 \text{ واط}$$

المناقشة : نلاحظ ان الطالب (أ) يمتلك قدرة افضل من الطالب (ب) بسبب رفعه الثقل باقل زمن.

مثال (تغير القدرة بسبب تغير الطول)

قارن قدرة الطالب (أ) الذي (طوله 1.70 متر) يرفع ثقل مقداره (65 كغم) الى مسافة (2.10 متر) فوق رأسه في زمن قدره (2 ثانية) ، مع الطالب (ب) الذي طوله (1.80 متر) يرفع نفس مقدار الثقل الى مسافة (2.20 متر) بنفس زمن الطالب (أ) ، وناقش النتائج.

نستخدم نفس القانون في المثال أعلاه ، وبما ان وحدة القوة في القانون هي النيوتن وفي السؤال بوحدة الكيلوغرام فيتم تحويله بضربه بقيمة الجذب الأرض

$$\text{الشغل (أ)} = 2.10 \times 9.81 \times 65$$

$$\text{الشغل (أ)} = 1339.1 \text{ جول}$$

$$\text{الشغل (ب)} = 2.20 \times 9.81 \times 65$$

$$\text{الشغل (ب)} = 1402.8 \text{ جول}$$

المناقشة : نلاحظ ان فرق الارتفاع متساوي عند الطالبين فالاثنتين يرفعون الثقل الى مسافة (0.40 متر) ولكن كمية الشغل المنجز لدى الطالب (ب) اكبر من الطالب (أ) وذلك لان الطالب (ب) يرفع الثقل الى مسافة ابعد من الطالب (أ) لان الطالبين يرفعان الثقل من الأرض . وهذا يعني ان قانون الشغل يتأثر بالمسافة عند ثبات الوزن.

$$\text{القدرة (أ)} = \frac{1339.1}{2} = \text{القدرة (أ)} = 669.6 \text{ واط}$$

$$\text{القدرة (ب)} = \frac{1402.8}{2} = \text{القدرة (ب)} = 701.4 \text{ واط}$$

المناقشة : نلاحظ ان الطالب (ب) يمتلك قدرة افضل من الطالب (أ) بسبب قدرته على رفع الثقل الى مسافة ابعد بنفس زمن الطالب (أ) أي انه يبذل شغل اكبر في نفس زمن الطالب (ب) الذي يبذل شغل اقل.

(143)

مثال : ينطلق عداء كتلته (70 كغم) من مسند البداية بزاوية (35 درجة) فيخطو بمقدار (1.20 متر) في زمن قدره (0.52 ثانية) وان (جا 35 = 0.57 و جتا 35 = 0.82).

بما ان اتجاه الشغل المنجز نحو الامام فنستخدم قانون

$$\text{الشغل} = \text{القوة} \times \text{جيب تمام} \times \text{الازاحة}$$

نحول الكتلة الى من وحدة الكيلوغرام الى وحدة النيوتن

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

$$\text{الوزن} = 70 \times 9.81 = 686.7 \text{ نيوتن}$$

$$\text{الشغل} = 1.20 \times 0.82 \times 686.7$$

$$\text{الشغل} = 1.20 \times 563.1$$

$$\text{الشغل} = 675.1 \text{ جول المنجز لدفع الجسم نحو الامام بمقدار (1.20 متر)}$$

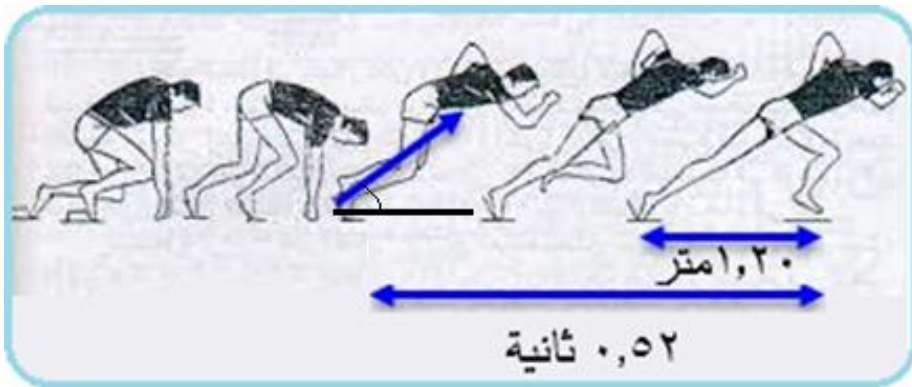
ولحساب القدرة

$$675.1$$

$$\text{القدرة (١)} = \frac{\text{القدرة} = 1928.9 \text{ واط}}$$

$$0.35$$

اما اذا زاد الزمن الى اكثر من هذا الرقم فان القدرة تقل كون الزمن في المقام مما يعني ان القدرة تتناسب عكسيا مع الزمن حالها حال القوة



شكل (2-50) يوضح الانطلاق من مسندي البداية

(144)

المبحث السادس

الطاقة (Energy)

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 يهمننا في هذا المجال هو **الطاقة الميكانيكية (الحركية)** و**الطاقة الكامنة** ... فعند اداء الرياضي لحركة معينة فإنه يمتلك طاقة ميكانيكية وتختلف هذه الطاقة 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 ، وان الطاقة الحركية للجسم اثناء حركته الخطية تختلف عن طاقة الجسم اثناء الحركة الدائرية . وقانونه:

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

او

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

وتقاس الطاقة بوحدة الكتلة (كيلوغرام) ووحدة السرعة (متر/ثانية) 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 ، فنجد اثناء الركض (الحركة الخطية) ان سرعة كل جزء من اجزاء جسمه يتحرك بسرعة اجزاء الجسم الاخرى ،

(146)

واذا رمزنا لكل جزء برقم ما ، فان الطاقة الحركية لكل جزء يحمل رقما معيناً وهي الطاقة (1) ، والطاقة (2) والطاقة (3) ... وهكذا وحيث ان الطاقة الحركية للجسم ككل تعادل مجموع الطاقة الحركية لاجزائه ، لذلك يمكننا الحصول على الطاقة الحركية الكلية وفقاً للعلاقة التالية :

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

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. اما قانون الطاقة الحركية الدورانية فهو:

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

$$\text{طح الدورانية} = \frac{1}{2} \times \text{ك} \times \text{نق}^2 \times \text{سر}^2$$

ويلاحظ بان

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

(147)

مثال : لوحظ ان عداء يركض احدى اجزاء السباق بسرعة قدرها (10 م\ثا) ، علما ان كتلته (86 كغم) ، احسب طاقة حركته.

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

$$\frac{86 \times (10)^2}{2} = \text{الطاقة الحركية}$$

$$\frac{8600}{2} = \text{الطاقة الحركية}$$

$$\text{الطاقة الحركية} = 4300 \text{ جول}$$

اما النوع الاخر من الطاقة وهي **الطاقة الكامنة او طاقة الوضع** ويقصد بها **الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثناء الثبات** ففي حالة رمي الثقل الى الاعلى فان الثقل 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 في الحالة التي يحاول فيها لاعب الكرة الطائرة بأداء مهارة الضرب الساحق 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 استخدامها في اداء الضرب الساحق. ويمكن استخراج قيمة الطاقة الكامنة من خلال العلاقة التالية :-

$$\text{الطاقة الكامنة} = \text{وزن الجسم} \times \text{الارتفاع عن سطح الارض}$$

$$\text{ط} = \text{و} \times \text{ع}$$

(148)

مثال : احسب الطاقة الكامنة للاعب الكرة الطائرة كتلته (80 كغم) ويرتفع مركز ثقله عن الأرض بمقدار (40 سم) لحظة الضرب الساحق.

يتم تحويل الكتلة الى وحدة النيوتن ووحدة السنتيمتر الى المتر

$$\text{الطاقة الكامنة} = (9.81 \times 80) \times (100 \div 40)$$

$$\text{ط.ك} = 0.40 \times 784.8$$

$$\text{ط.ك} = 313.9 \text{ جول}$$

ان مقدار الطاقة الكامنة التي يمتلكها الجسم وهو على ارتفاع معين عن سطح الارض يتناسب تناسباً طردياً مع ذلك الارتفاع لأن العوامل المؤثرة في مقدار تلك القوة هي وزن الجسم وارتفاعه.

ومن اشكال الطاقة الكامنة المطاطية والطاقة الكامنة للجاذبية الارضية . فعلى سبيل المثال ان هبوط اللاعب على (الترامبولين) يؤدي الى تقعر جلدة الترامبولين 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 فأن الطاقة التي تم تخزينها في الترامبولين تتحرر الى شكل طاقة حركية تساعد على قفز اللاعب عالياً بشكل اقوى .

(149)



الشكل (51-2) يوضح الطاقة الكامنة المطاطية في مسابقات الترامبولين على الترامبولين

ان المثال الشائع في المجال الرياضي هو الاستفادة من الطاقة المخزونة في عصا الزانة ليستفاد منها اللاعب في ارتفاعه.



الشكل (52-2) يوضح عصا الزانة كمثال للطاقة الكامنة

(150)

المبحث السابع

التصادم والارتداد (Collision and Rebound)

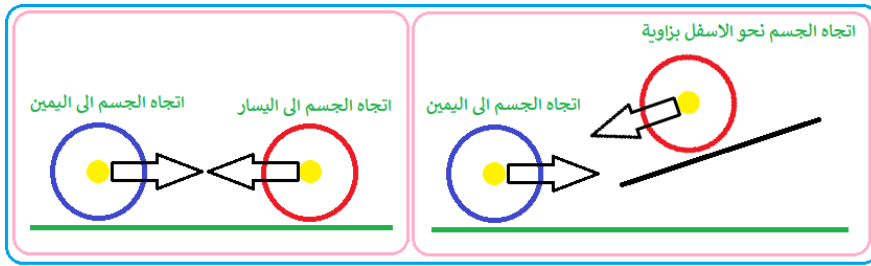


الشكل (2-53) يوضح الاصطدام في لعبة الركبي (كرة القدم الأمريكية)

ان كثيرا من الحركات في المجال الرياضي تخضع الى اسس التصادم والارتداد سواء كان بجسم اللاعب نفسه مثلما تحدث في العاب هوكي الجليد او الركبي او بأجزاء منه او بالأدوات التي يستخدمها اثناء ادائه للفعالية او للمهارة الرياضية ، و يمكن تقسيم التصادم الى :

1. التصادم المباشر : يكون الجسمين المتصادمين متقابلتين وعلى خط عمل واحد ويمر تأثير التصادم متعامدا بينهما وخلال مركزي ثقليهما وينتج عنهما حركة ارتداد خطية ، ومثال ذلك ضرب الكرة بمقدمة القدم .
2. التصادم غير المباشر : يكون خط عمل التصادم بين الجسمين بزاوية ، ولهذا يسمى التصادم غير المباشر بالتصادم المائل وينتج عن قوة التصادم هذه حركة ارتداد دائرية ، ومثال ذلك ضرب الكرة بجانب القدم ، كذلك في لعبة البلياردو.

(152)



شكل (2-54) يوضح التصادم المباشر وغير المباشر

ان امثلة التصادم والارتداد كثيرة في المجال الرياضي ... ففي كرة السلة مثلاً تعد المناولة المرتدة احد اشكال التصادم بين الكرة والارض وارتدادها ثانية باتجاه الزميل ، كما ان استقبال الارسال او الدفاع في الكرة الطائرة تعد موضوعاً مهماً للارتداد ، فان أي خطأ في تساوي الارتداد من الذراعين قد يوجه الكرة الى مسار مختلف.



شكل (2-55) يوضح الاصطدام والارتداد في الكرة الطائرة

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 .



الشكل (2-56) يوضح تحول كمية الحركة من جسم الى اخر

فلو اخذنا على سبيل المثال التصادم الحادث بين مضرب التنس والكرة ، فمن المعروف ان كلا من المضرب والكرة يمتلكان كمية حركة معينة هي عبارة عن كتليتهما في سرعتيهما ، فلو فرضنا ان كتلة المضرب (ك₁) وسرعته قبل التصادم (س₁) وكتلة الكرة قبل التصادم (ك₂) وسرعتها (س₂) فان مجموع كمية حركتيهما = ك₁س₁ + ك₂س₂ . ولكن الذي يحدث بعد التصادم هو تغير سرعة المضرب والكرة حيث تكون سرعة المضرب (س₃) وسرعة الكرة (س₄) فان مجموع كمية حركتيهما = ك₁س₃ + ك₂س₄ ... وما يجب الانتباه اليه هو ان مقدار ما يفقده المضرب من كمية الحركة اثناء اصطدامه بالكرة تكسبها الكرة اذ ينص قانون حفظ الزخم على (ان كمية حركة الاجسام الكلية عند تأثير بعضها في بعضها تكون ثابتة) وعليه فان :-

كمية الحركة قبل التصادم = كمية الحركة بعد التصادم

$$ك_1 س_1 + ك_2 س_2 = ك_1 س_3 + ك_2 س_4$$

ويعرف **معامل الارتداد** بانه النسبة بين سرعة الجسمين بعد التصادم الى سرعتيهما قبل التصادم.

$$\text{معامل الارتداد} = \frac{\text{السرعة بعد التصادم}}{\text{السرعة قبل التصادم}} \text{ أي } \frac{س_3 - س_1}{س_2 - س_1}$$

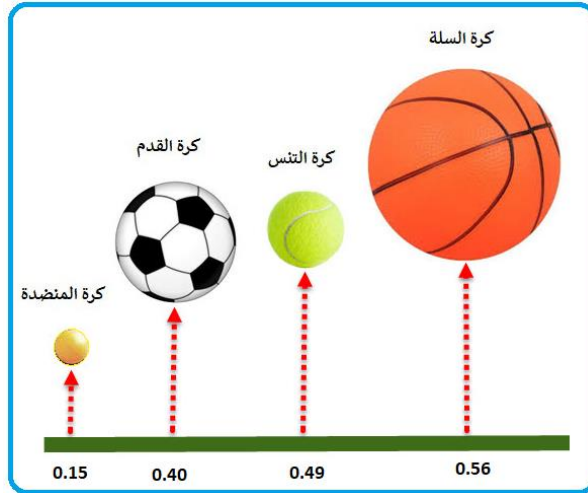
حيث (س₁) تعني السرعة النهائية للجسم الأول و (س₂) تعني السرعة النهائية للجسم الثاني

(154)

ويمكن صياغة المعادلة بالنسبة للارتفاعات القبلية والبعديّة بما يلي :-

$$\text{معامل الارتداد} = \frac{\text{ارتفاع الارتداد}}{\text{ارتفاع السقوط}}$$

ويتراوح معامل الارتداد (صفر - 1) فإذا كانت سرعة الجسم بعد الاصطدام (الارتداد) هي نفسها قبل التصادم فإن النتيجة ستكون (1) وهذا يعني ان الجسمين في حالة اصطدام **مرن** (كمية الحركة ستكون متساوية قبل وبعد التصادم وارتفاع الارتداد سيكون نفس ارتفاع السقوط) ، وعندما تكون النتيجة اقل من (1) فهذا يعني ان السرعة بعد التصادم كانت اقل من السرعة قبل التصادم أي ان الجسم فقد من سرعته عندئذ يسمى معامل الارتداد لجسمين كانا في حالة اصطدام **غير مرن** .



شكل (2-57) يوضح معامل الارتداد لبعض أنواع الكرات في المجال الرياضي

ففي مجال علوم الرياضة يمكننا ان نصل الى تعريف بسيط لكل نوع من أنواع التصادم على وفق كتلة وسرعة الاجسام (كمية الحركة) وهي:

1. التصادم المرن (Elastic Collision) : وفيه لا يحدث فقدان في الطاقة الحركية

أي ان ما يمتلكه الجسمان قبل التصادم تساوي قيمها بعد التصادم ويكون الزخم للأجسام قبل التصادم تساوي الزخم بعد التصادم ، ومن امثلة التصادم

(155)

المرن كرات البلياردو التي تصطدم بعضها ببعض الآخر ، الكرة في لعبة تنس الطاولة ، الكولف ، الهوكي.

2. التصادم غير المرن (Inelastic Collision) : وفيه يحدث فقدان في الطاقة الحركية واختلاف في مقادير الزخم بعد التصادم بسبب تشوه الأدوات اثناء ضربها مثل اصطدام الكرة بالأرض في مهارة الضرب الساحق بلعبة التنس الأرضي اذ نشاهد ان الكرة ستتشوه ثم تستعيد نفسها ، فالأجسام المتصادمة تفقد سرعتها وطاقاتها الحركية ، وكذلك عندما يتم نطح الكرة بالرأس او ركلها بالقدم في كرة القدم اذ يلاحظ جزء من الكرة قد تشوهت ثم تستعيد نفسها .

ويستفاد من قانون معامل الارتداد في فحص قانونية الكرة المستعملة من خلال كمية الهواء المضغوطة في الكرة بعد اسقاطها من ارتفاع لترتد الى ارتفاع معين محسوب سابقاً



شكل (2-58) يوضح التصادم غير المرن في لعبة كرة التنس

وهناك حالات مهمة جدا في مجال علوم الرياضة عندما يكون الجسمين متحركان في اتجاهين متعاكسين ليحققا تصادما وبعد ذلك يسيران بنفس الاتجاه فمثلا عند ضرب الكرة الطائرة بمهارة الضرب الساحق تكون سرعة الكرة اقل عندما يصطدم بها كف اللاعب الضارب فتزداد سرعتها بأثر من سرعة الكف الضاربة ، وهنا يصعب حساب معامل ارتداد الكرة لان سرعتها بعد التصادم تكون اكبر ومعامل الارتداد سيكون اكبر من (1).

(156)

فاذا اصطدمت كف لاعب الكرة الطائرة بالكرة عندما تكون الكرة في اعلى نقطة (الكرة ساكنة لا تمتلك طاقة حركية او زخم) فان كتلة وسرعة الكف الضاربة ستكون معلومة وكتلة الكرة أيضا ستكون معلومة فهل يمكن معرفة سرعة الكرة بعد التصادم مع الكف ؟



شكل (2-59) يوضح التصادم في مهارة الضرب الساحق في الكرة الطائرة

مثال : كتلة الكف (ك₁) (1كغم) تضرب الكرة الطائرة التي كتلتها (ك₂) هي (0.300كغم) بسرعة (س₁) (30م/ثا) ، احسب سرعة الكرة بعد التصادم. من المعروف ان كلا من الكف والكرة سيتجهان بنفس الاتجاه

$$ك_1 \times س_1 = (ك_1 + ك_2) \times س_{12}$$

حيث س₁₂ تمثل سرعة الكف او سرعة الكرة بعد التصادم

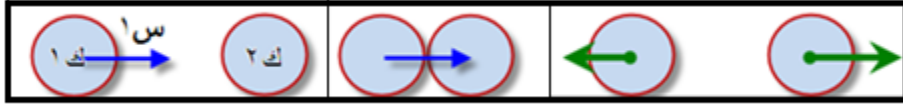
$$1 \times 30 = (1 + 0.300) \times س_{12}$$

$$\frac{30 \times 1}{0.300+1} = س_{12}$$

س₁₂ = 23.07 م/ثا سرعة الكرة وكون السرعة اقل من سرعة الاصطدام لان الكرة فقدت من شكلها عند التصادم

(157)

مثال : اصطدم جسم مرّن كتلته (ك₁) مقداره (1 كغم) يتحرك بسرعة (س₁) (1م/ثا) بجسم آخر مرّن ساكن كتلته (ك₂) (2 كغم) ، احسب سرعة الجسمين بعد التصادم.



الشكل (2-60) يوضح بعض حالات الاصطدام والارتداد

إن سرعة الجسم الأول بعد التصادم تعطى بالعلاقة :

$$\text{سرعة الجسم الأول (المتحرك) بعد التصادم} = \frac{2 \times \text{ك}_2 \times \text{س}_2 + (\text{ك}_1 - \text{ك}_2) \times \text{س}_1}{\text{ك}_1 + \text{ك}_2}$$

اما سرعة الجسم الثاني بعد التصادم فتعطى بالعلاقة الآتية :

$$\text{سرعة الجسم الثاني (الثابت) بعد التصادم} = \frac{2 \times \text{ك}_1 \times \text{س}_1 - (\text{ك}_1 - \text{ك}_2) \times \text{س}_2}{\text{ك}_1 + \text{ك}_2}$$

وبما ان الجسم الثاني ساكن فسرعته تساوي (صفر) ، والتصادم مرّن (أي تم اهمال تأثير العوامل الخارجية)

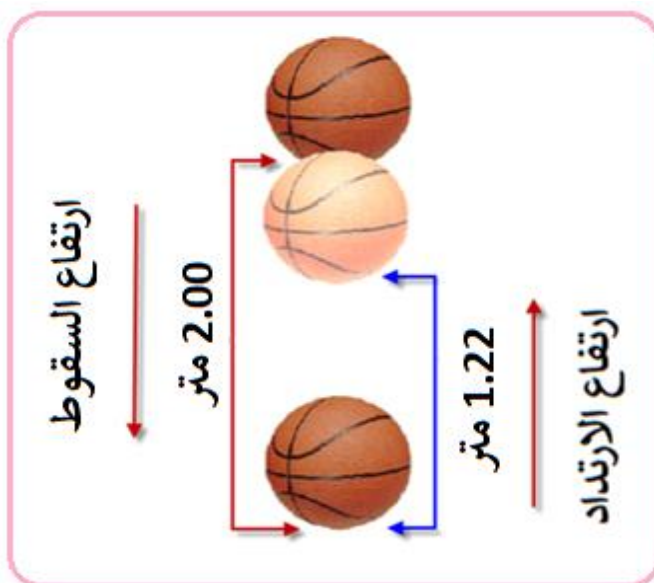
سرعة الجسم المتحرك بعد التصادم = - 0.33 أي ان الجسم المتحرك ستفقد سرعة مقدارها 0.33 م/ثا

سرعة الجسم الثابت بعد التصادم = + 0.66

أي ان الجسم الثابت سيكتسب سرعة مقدارها 0.66 م/ثا

(158)

مثال : سقطت كرة السلة من ارتفاع (2 متر) محسوبا من اسفلها وارتدت الى ارتفاع (1.22 متر) جد معامل الارتداد



الشكل (2-61) يوضح ارتفاعي السقوط والتصادم والارتداد

$$\frac{\text{ارتفاع الارتداد}}{\text{ارتفاع السقوط}} = \text{معامل الارتداد}$$

$$\frac{1.22}{2.00} = \text{معامل الارتداد}$$

$$0.781 = \text{معامل الارتداد}$$

أولاً) حساب متوسط قوة التصادم

يمكننا حساب متوسط قوة التصادم من خلال اشتقاق بعض القوانين ، اذ سنستفاد من قانون الدفع بعد اجراء بعض العمليات وكما في الأمثلة الاتية :

مثال : كرة التنس كتلتها (0.250 كغم) اصطدمت بسرعة (30م/ثا) بالمضرب فارتدت عن المضرب بعكس اتجاهها بسرعة (35م/ثا) ، علما ان زمن تماس الكرة بالمضرب استغرقت (0.01ثا). ، احسب متوسط قوة الضربة
الدفع = التغير في كمية الحركة
القوة × زمن تأثيرها = الكتلة × (س₂-س₁)
وبما ان الحركة بعد الضرب كانت معاكسة فان علامة السرعة (35م/ثا) ستكون سالبة على اعتبار انها ارتدت نحو اليسار

$$\text{القوة} \times 0.01 = 0.250 \times ((35-) - 30)$$

$$\frac{(35+30) \times 0.250}{0.01} = \text{القوة}$$

$$\frac{65 \times 0.250}{0.01} = \text{القوة}$$

$$\frac{16.25}{0.01} = \text{القوة}$$

$$\text{القوة} = 1625 \text{ نيوتن (كغم.م/ثا}^2\text{)}$$

(160)

مثال : لوحظ بان العدائين يخففون من سرعتهم بعد اجتيازهم خط النهاية فلو ان عداءاً كتلته (70 كغم) كان يعدو بمعدل سرعة (10 م/ثا) وبعد اجتيازه لخط النهاية بفترة (2 ثانية) تبين ان معدل سرعته قد انخفض الى (8 م/ثا). احسب متوسط القوة التي استخدمها العداء لتخفيض سرعته.

الدفع = التغير في الزخم

القوة $\times$ زمن تأثيرها = الكتلة $\times$ (س₂-س₁)

$$\text{القوة} \times 2 = 70 \times (10-8)$$

$$(2-) \times 70$$

$$\frac{\quad}{2} = \text{القوة}$$

$$140-$$

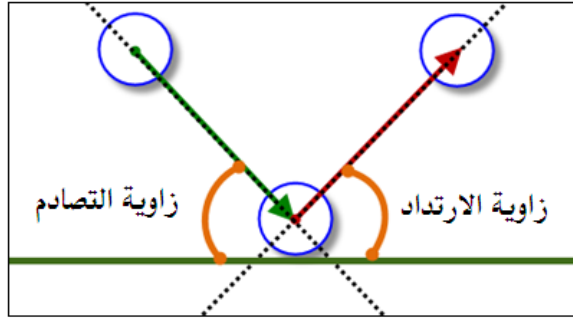
$$\frac{\quad}{2} = \text{القوة}$$

القوة = -70 نيوتن تدل العلامة السالبة الى ان القوة موجهة بعكس اتجاه الجسم

ثانيا) زاوية التصادم وزاوية الارتداد

العوامل المؤثرة على زاوية الارتداد

- 1- زاوية تصادم الكرة بالنسبة للسطح المضروب: ان زاوية الارتداد تتناسب طرديا مع زاوية التصادم الى اقل من 90 درجة ، فاذا كان المطلوب مناولة مرتدة في كرة السلة فيجب ان نعرف زاوية ارتطام الكرة بالأرض لإيصالها الى المكان المناسب.

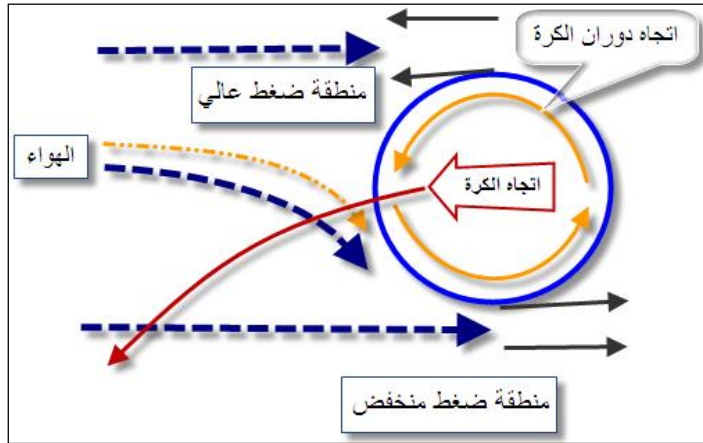


الشكل (62-2) يوضح زاويتي التصادم والارتداد

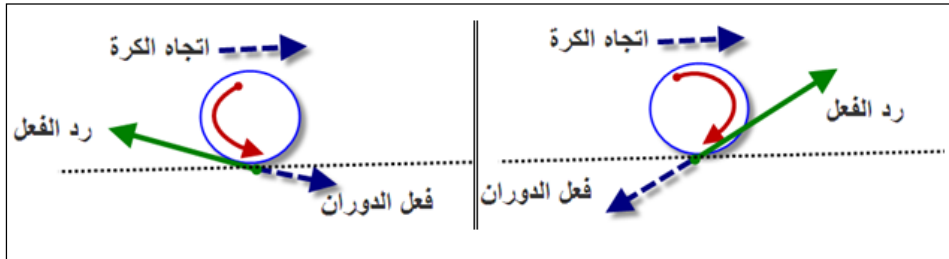
- 2- تركيب السطح المضروب : وتتأثر الكرة المرتدة بالسطح (تارتان رمل او خشب) وتتغير زاوية الارتداد على وفق تغير نوعية الأرض.
- 3- تركيب ومرونة الأداة : تعد مرونة الكرة من الاسباب الاخرى المؤثرة في زاوية الارتداد فمثلا اغلب الكرات تكون دائرية منتظمة باستثناء كرة الركبي اذ ان شكله بيضوي يؤثر على زاوية ارتداده ، فيجب توخي الدقة في حالة ارسال الكرات الغير المنتظمة لان ارتدادها سيكون مختلفا
- 4- محيط وشكل السطح المضروب : الكرة التي تم اخمادها في كرة القدم يختلف من جزء الى اخر من اجزاء الجسم ، ويختلف توجيه الكرة للاعلى ام للأسفل.
- 5- دوران الجسم : عند دوران الكرة فان الكرة ستكون في حالتين وهما حالة التصادم وحالة الارتداد فتتفاعل اتجاه الكرة وفقا لفعل ورد الفعل ووفقا للضغط المتولد من الهواء المحيط ، (دوران الكرة يمينا او يسارا و دوران

(162)

الكرة اماما او خلفا) فعند اصطدام الكرة التي تدور الى الامام بالارض فان اتجاه الجزء السفلي يكون بعكس ارتداد الكرة وتتولد قوة معاكسة من الارض الى اتجاه الكرة فتزداد سرعتها والعكس صحيح.



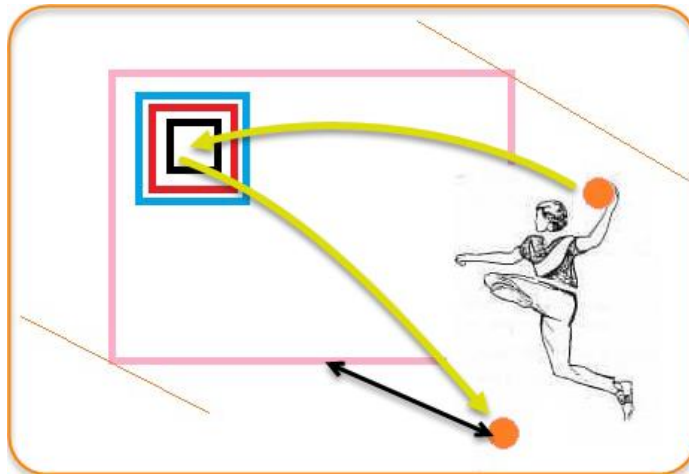
الشكل (2-63) يوضح اتجاه الكرة بعد دورانها



الشكل (2-64) يوضح ارتداد الكرة بعد دورانها

ثالثاً أهمية دراسة القوة والدقة والارتداد

في مجال الألعاب والفعاليات الرياضية فهناك الكثير من المهارات والاختبارات التي نحتاج ان نستفاد من الارتداد ففي كرة المنضدة والتي هي لعبة ارتداد الكرة نرى الكثير من اللاعبين يؤدون مهارة دوران الكرة لتغير اتجاهها بعد الاصطدام لتمويه الخصم وفي كرة التنس كذلك وفي كرة السلة اما في كرة اليد فهناك التصويب من الزاوية والتي لايجد فيه اللاعب مجالا الا ان يكون قريبا جدا من الخط الخارجي والذي هو امتداد خط أعمدة هدف كرة اليد فيضطر ان يقوم بعمل دوران للكرة وارسالها باستقامة نحو الزاوية الأخرى ولكن الكرة وهي تدور تصطدم بالأرض خلف حارس المرمى فتغير اتجاهها في بعض الأحيان بزاوية (90 درجة) فاذا كان التصويب من يمين حار المرمى فالكرة تغير اتجاهها نحو اليسار ليدخل الهدف ، كما ان هناك بعض الاختبارات التي يستفادون من الاصطدام لقياس قوة الضربة كما في اختبار قوة ودقة التصويب بكرة اليد اذ في هذا الاختبار يتم التسديد على مربعات متداخلة مرسومة على الحائط وضرب الحائط بكل قوة وعندما تردت الكرة تحسب المسافة على الأرض من الحائط الى موقع الاصطدام كمؤشر غير مباشر لقياس القوة.



شكل (2-65) يوضح اختبار قياس قوة ودقة التصويب في كرة اليد

(164)



شكل (2-66) يوضح بعض مهارات كرة المنضدة



شكل (2-67) يوضح صور متسلسلة لعمل دوران بكرة اليد

ومن خلال الصور المتسلسلة فاننا نلاحظ بان الكرة التي كانت متوجهة نحو الجانب الأيمن (الصور 1-4) بشكل مستقيم (إزاحة) قد غيرت اتجاهها عند الاصطدام بالأرض (الصورة 5) وفي الصورة رقم (6) ارتدت وهي تدور بعد ان تغير اتجاهها من خلال احتكاكها بالأرض عند الاصطدام فتغير مسار الكرة متجها الى خلف حارس المرمى (الصور 7-12).

المبحث الثامن

الاتزان والتوازن (Equilibrium and Balance)



الشكل (2-68) يوضح استخدام العصا في الاتزان

لاتنجح الحركات الرياضية مالم يتوفر عنصر الاتزان والاتزان هو قابلية الفرد على التحكم بوضع جسمه ضمن محيط حركته .

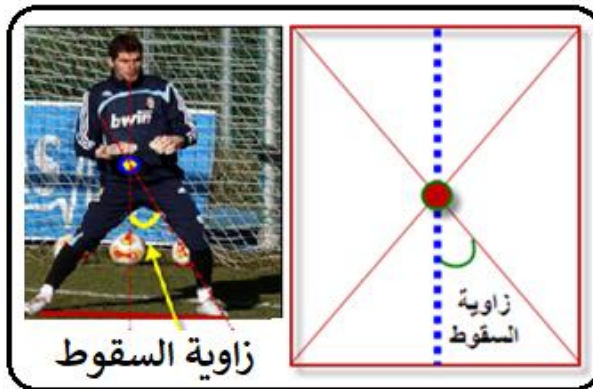
والجسم يكون متزنا عندما تكون محصلة القوى المؤثرة فيه تساوي صفرا فمثلا ان الارض تجذب كتلة الجسم نحو الاسفل بمقدار (9.81 كغم.م\ثا²) فتقوم العضلات بتسليط القوة نفسها وبما ان اتجاه قوة الجذب نحو الاسفل واتجاه قوة العضلات نحو الاعلى فان محصلة القوى المتعاكسة هي الطرح وبذلك نحصل على قيمة (الصفر) فيبقى الجسم متزنا ، ولو حاولنا دفع اللاعب نحو اليمين بقوة مقدارها (ق1) من اليسار فان اللاعب يقوم بعمل قوة مضادة بدفع الارض بالقدم اليمنى ليوفر قوة مقدارها (ق2) تساوي (ق1) وتعاكسه في الاتجاه وبذلك نحصل على محصلة مقدارها (صفر) وفقا لقانون المتجهات ، اما اذا حدث خلل معين ولنفترض بان حركة دفع فجائية حدثت من يسار اللاعب ولم يستطيع اللاعب من تجهيز القوة المطلوبة او انه استطاع تجهيز القوة ولكن ليس في الفترة الزمنية نفسها فان محصلة القوة ستميل مع القوة الاكبر او القوة الاسرع ويؤدي الى فقدان الاتزان وخروج اللاعب من محيط تواجهده ، ويحافظ راعي الثقل والرمح في نهاية حركتهما على اتزانهما بتقديم الرجل المتأخرة للحفاظ على الاتزان وايقاف زخم القسم

الرئيسي من الحركة بدفع معاكس لاتجاه الحركة وعدم اقتراف خطأ قانوني بسبب الزخم المتولد من استمرار تحريك مركز ثقل الجسم لوضعه على محيطه على طول مسار الحركة ، والاتزان يمكن في حالة الثبات وفي حالة الحركة. عند التدريب في صعود المنحدرات او النزول منها لغرض تطوير طول الخطوة او ترددها فان حالة التوازن يختلف عند الصعود عنها عند الهبوط ففي الصعود يقترب مركز ثقل الجسم من حافة السقوط اما في النزول فان مركز ثقل الجسم يبتعد عن حافة السقوط.

ويختلف الاتزان عن التوازن فالاتزان (استاتيكي أي ثابت) أي ان الجسم مستقر اما التوازن فهو (دايناميك أي متحرك) وهي عبارة عن محاولة الجسم على الثبات كما لدى لاعبي المشي على الحبل ويعرف التوازن بانه (مجموعة من الحركات التي يلجأ اليها الجسم لتحقيق الاتزان)

أولا) زاوية السقوط

وهي الزاوية المحصورة بين الخط العمودي الوهمي النازل من الاعلى الى الاسفل مارا بمركز ثقل الجسم وبين الخط الواصل من مركز ثقل الجسم وحافة قاعدة الاستناد ، وكلما زادت قيمة هذه الزاوية كلما زاد اتزان الجسم ، وتتأثر هذه الزاوية بارتفاع مركز ثقل الجسم او ابتعاده عن حافة القاعدة ، اذ كلما ارتفع مركز ثقل الجسم كلما قلت زاوية السقوط وكلما اقترب مركز ثقل الجسم من الحافة كلما قلت زاوية السقوط .



الشكل (2-69) يوضح زاوية السقوط

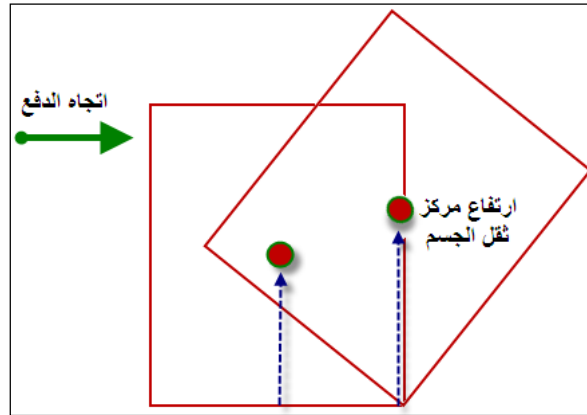
ثانيا) العوامل المؤثرة في الاتزان

يتأثر التوازن بعدة عوامل نذكر منها

- 1- كتلة الجسم
- 2- مساحة القاعدة (طولا وعرضا)
- 3- زاوية السقوط (الابتعاد والارتفاع)
- 4- معامل الاحتكاك (للأجسام المتحركة)

ثالثا) انواع الاتزان وفقا لموضع مركز ثقل الجسم

- 1- الاتزان المستقر : يحدث عند وجود زاوية سقوط كبيرة وعندما يكبر عزم الدوران عند محاولة اسقاط الجسم وكما موضح في الشكل ادناه



الشكل (2-70) يوضح تغير موقع مركز الثقل عند الاسقاط

- 2- الاتزان غير المستقر : يحدث عند وجود زاوية سقوط صغيرة جدا وعندما يقل عزم الدوران بانخفاض مركز ثقل الجسم ويتطلب ذلك بان يتم الدفع من اسفل مركز ثقل الجسم كما يحدث في المصارعة عند دفع رجل الخصم بالقدم.

- 3- الاتزان المستمر او المتعادل : ويحدث في درجة الكرة او الصندوق عندما يؤثر الدفع في مركز الاداة فلا يتغير موضع مركز ثقل الجسم.

رابعاً) قياس درجات ثبات الاجسام

ان الوصف بان الجسم ثابت او يميل الى الثبات غير كافى للدلالة على استقرار الجسم وعليه وجب وضع قيم رقمية تدل على مدى ثبات او استقرار الجسم ، وهناك ثلاثة مقاييس في ذلك وهي :

- 1- المقياس الهندسي : باستخدام قيمة زاوية السقوط
- 2- المقياس الديناميكي : من خلال مقارنة عزم وزن الجسم مع عزم القوة المطلوبة لاخلال التوازن
- 3- مقياس الطاقة : باستخدام قانون الشغل من خلال قياس التغير الحاصل على مسافة مركز ثقل جسم الاداة من موضع لآخر عند محاولة تغيير اتزانه والقوة المطلوبة لذلك.

الباب الثالث

التحليل البايوميكانيكي

يعتمد التحليل البايوميكانيك للفعاليات الرياضية (مهارات واختبارات) على بعض القوانين والمواقف الحركية لهذه الفعاليات والحوادث وتجد مجموعة من المتطلبات الواجب توافرها لاتقان مهارة التحليل البايوميكاني للفعاليات والاختبارات ، ومثلنا اسردنا سابقا فان هذا التحليل سيقودنا الى معرفة نقاط الضعف لغرض تصحيحها وكذلك العضلات والاجزاء الأكثر بذلا للقوة او الأكثر مساهمة من مجموعة العضلات العاملة على الفعالية.

الفصل الاول

المبحث الاول

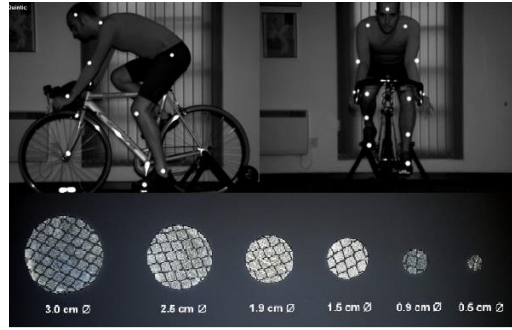
الأدوات والأجهزة في مجال البايوميكانيك والتحليل الحركي

توجد العديد من الأدوات والأجهزة التي ستساهم في التحليل البايوميكانيكي فمثلا تكشف ورقة تخطيط القلب عن صحة عضلات ومفاصل القلب فان أجهزة مشابهة تقوم بتزويدنا بهذه المعلومات على اشكال متعددة منها منحنيات ومنها ارقام ، ولازالت هذه الأدوات والأجهزة تتطور وفقا للارقام القياسية التي تبقى ثابتة لامتد بعيد وتساهم زيادة المنافسات وزيادة البطولات في فتح افاق علمية جديدة.

(170)

ومن الأدوات المهمة هي:

1- اللواصق الفسفورية : وهي عبارة عن كرات او لواصق فسفورية يمكن فرزها من المحيط من خلال تسليط اشعة معينة او من خلال رصدها بالكاميرات ، ونضعها على مفاصل وبعض أجزاء الجسم ومن خلالها توجد برامج لها القابلية في تتبع مسار هذه اللواصق ، ومعرفة قيم الزوايا والازاحات والمسافات.



شكل (1-3) يوضح اللواصق او العاكسات الفسفورية

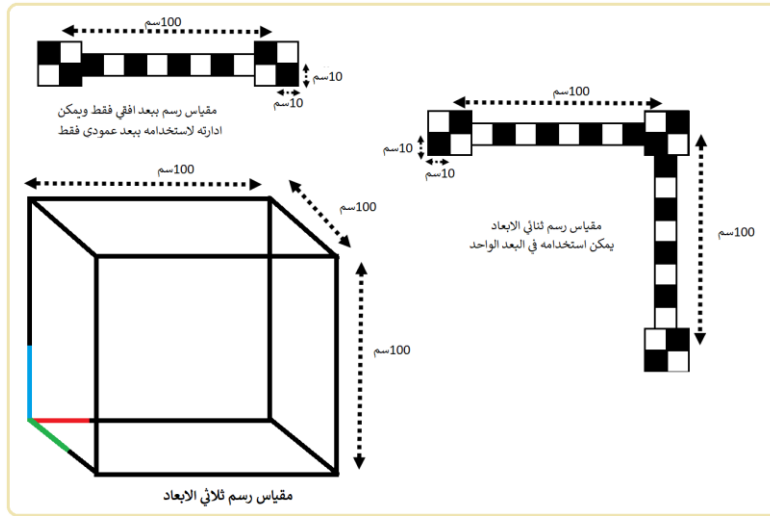
2- الكاميرات : وهذه تطورت من الكاميرات السينمائية الى الفيديو بالاشربة الممغنطة الى الفيديو الرقمية والموبايلات ، وهذه الكاميرات تمتاز بامتلاكها القدرة على التصوير السريع مما يمكننا من خلالها رصد الحركات في أجزاء قليلة من الزمن.



شكل (2-3) يوضح كاميرا سريعة

(171)

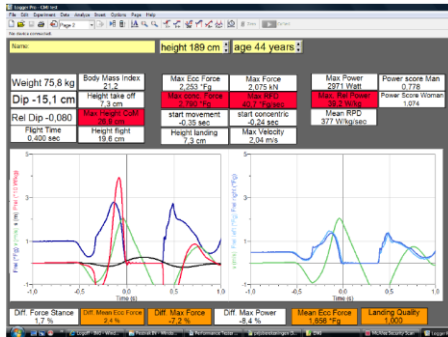
3- مقاييس الرسم : وهي على عدة اشكال منها مقاييس ثنائية الابعاد وأخرى ثلاثية الابعاد ، اما مقاييس ثنائية الابعاد فيمكن الاستعاضة عنها بمعرفتنا بالقياس الحقيقي لاحد أجزاء الجسم او الطول ومن خلال النسبة والتناسب نستطيع معرفة المقياس الحقيقي ، وذلك لان الصور تظهر صغيرة في الفيديو ويجب ارجاعها الى حقيقتها.



شكل (3-3) يوضح مقاييس الرسم المعتمدة في تحليل الحركات الرياضية

4- الأجهزة والتقنيات الحديثة: وهذه أيضا تطورت ولكننا نمتلك منها بعض الأجهزة وعلى الشكل الاتي:

أ- جهاز قياس القوة (منصة قياس القوة) ومن خلاله نستطيع معرفة مقادير القوى المسلطة على الأرض عند القفز مثلا وهي من الأجهزة الثابتة.



شكل (3-4) يوضح كيفية الأداء على جهاز منصة قياس القوة والنتائج المتحصلة

(172)

ب- جهاز قياس الضغط تحت القدمين (أجهزة تحليل المشي) ورصد حركات الرجلين اثناء القفز او الركض ومنها أنواع فمنها الثابتة أي الموقعية ومنها المتحركة مثل المثبتة في الأحذية.



شكل (3-5) يوضح أجهزة قياس الضغط تحت القدمين

ت- أجهزة قياس التوازن : وتكون عبارة عن أقراص على محاور او على شكل عتلات يحاول اللاعب ان يبقيها في حالة الاتزان ويتم حساب وقت الاتزان من الوقت الكلي وهي من الاجهز التي تخص الاختبارات البايوميكانيكية.



شكل (3-6) يوضح أجهزة قياس الاتزان

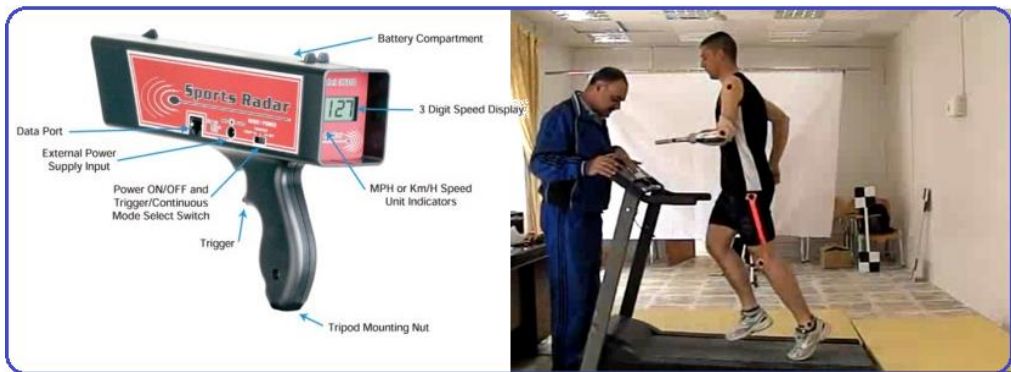
(173)

ث- أجهزة قياس النشاط الكهربائي للعضلات: وهي عبارة عن لواقط تثبت على أجزاء معينة من الجسم لغرض معرفة النشاط الكهربائي للعضلة في حالتي الشد والارتخاء.



شكل (7-3) يوضح جهاز (EMG) لقياس النشاط الكهربائي للعضلات

ج- اجهزة قياس السرعة : عبارة عن رادار مثل المستخدمة في قياس السرعة المسموحة في قيادة السيارات ، وهذه الأجهزة يمكن توجيهها الى ظهر اللاعب اثناء الركض ويمكن قياس سرعة الكرات والأدوات الأخرى.



شكل (8-3) يوضح بعض أجهزة قياس السرعة والتدريب عليها

ج- أجهزة قياس حركات الجسم بتقنية ثلاثي الابعاد .



شكل (3-9) يوضح جهاز لقياس حركات الرياضيين بتقنية ثلاثي الابعاد

خ- أجهزة قذف الكرات : نستخدمها في بعض الاختبارات الخاصة بتحليل حركات الضرب الساحق في الكرة الطائرة او الاستقبال في كرة التنس او حتى التدريب عليها في كرة القدم ، وهذه الأجهزة فيها إمكانية زيادة السرعة وتغيير الاتجاه ودوران الكرات.



شكل (3-10) يوضح مجموعة من أجهزة خاصة بقذف الكرات

المبحث الثاني

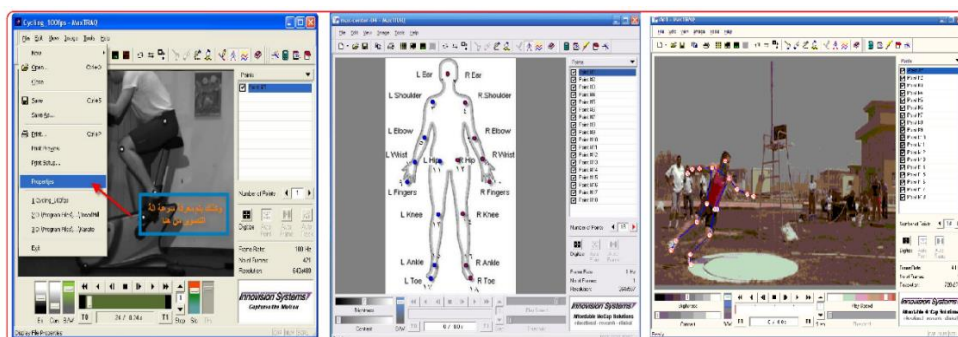
برامج التحليل الحركي

توجد العديد من برامج التحليل الحركي وهذه البرامج قد تكون مرفقة مع الأجهزة وقد تكون تعمل بوجود أفلام الفيديو ، وهي على نوعين أولهما برامج تحليل حركي ثنائي الابعاد والآخر برامج تحليل حركي ثلاثي الابعاد ، وهذه البرامج لديها القابلية على إيجاد الاتي:

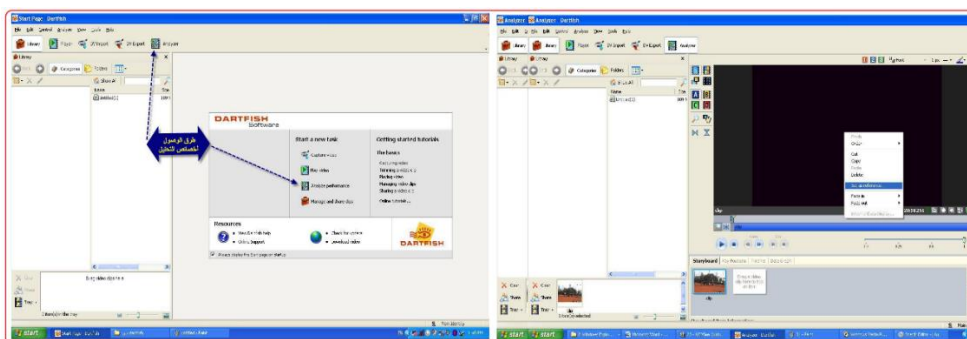
- 1- الزاويا
- 2- الازاحات
- 3- السرعة الخطية والزاوية
- 4- التعجيل الخطي والزاوي
- 5- القوة
- 6- القدرة
- 7- الطاقة
- 8- رسم المسارات
- 9- عمل جداول بالمتغيرات
- 10- الأزمنة
- 11- إيجاد اقصى ارتفاع
- 12- حساب زمن الطيران
- 13- رسم خطوط انتقال الضغط تحت القدم
- 14- المقارنة بالفيديو مع النماذج
- 15- المقارنة بالبيانات
- 16- اشكال تخطيطية
- 17- تعقب النقاط

وغيرها من المتغيرات البايوميكانيكية الأخرى التي ممكن ان تظهر على شكل معادلات مقترحة كمعامل او مؤشرات.

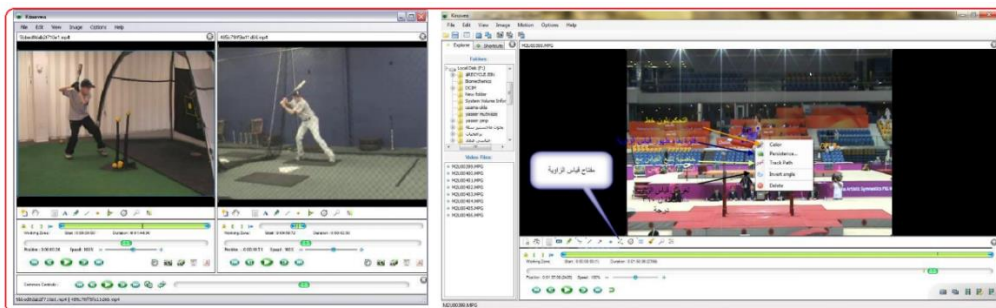
(176)



شکل (3-11) یوضح برنامه (MaxTRAQ)

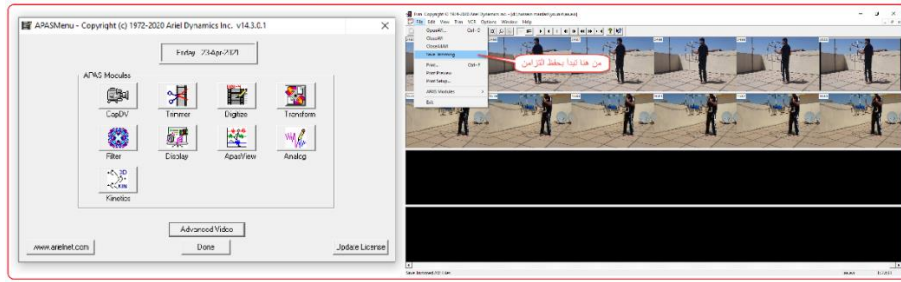


شکل (3-12) یوضح برنامه (DartFish)

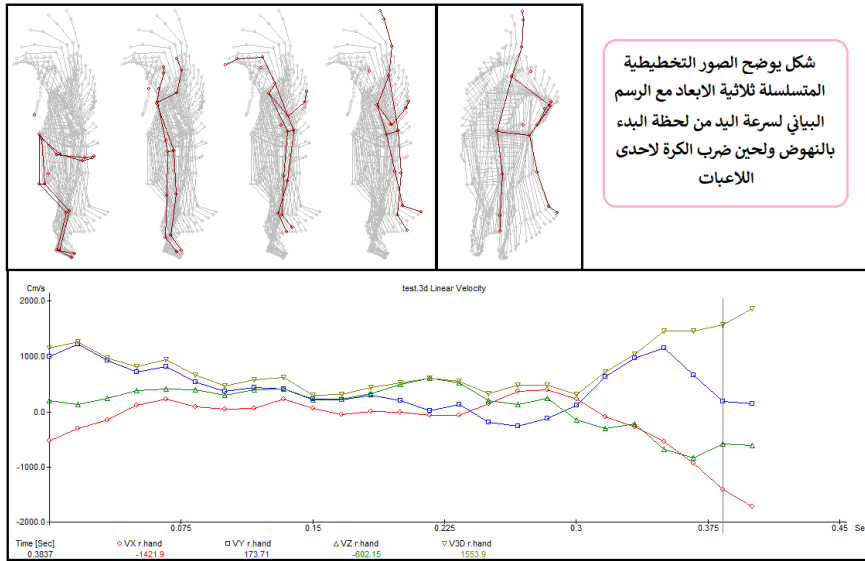


شکل (3-13) یوضح برنامه (Kinovea)

(177)



شكل (14-3) يوضح برنامج التحليل الحركي ثلاثي الابعاد (APAS)



شكل (15-3) يوضح نتائج برنامج ثلاثي الابعاد

(178)

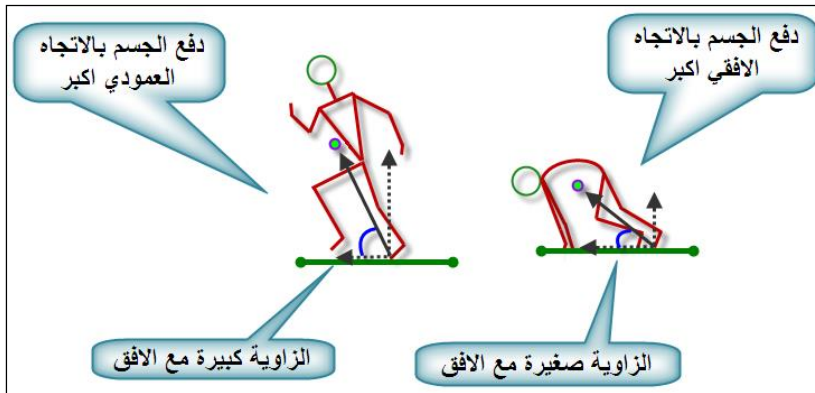
الفصل الثاني

التحليل البايوميكانيكي لبعض الفعاليات الرياضية

المبحث الأول

التحليل البايوميكانيكي (البايوكينماتيكي والبايوكينماتيكي) للانطلاق من مسندي البداية

في فعاليات المسابقات القصيرة لالعب الساحة والميدان ان العداء ينطلق من الوضع المنخفض للبدء (الجلوس) ويساعد هذا الوضع في التغلب على القصور الذاتي بشكل افضل مقارنة بالانطلاق من البدء العالي وذلك باستخدام القوة بشكل افقي مما يدفع الرياضي الى الامام وفقا لهدف المسابقة وهو السباق الافقي ، ويبذل العداء في البدء المنخفض طاقة اكبر ويحقق منها سرعة اكبر اي ان الطاقة المبذولة تكون كبيرة ويحقق اللاعب من هذه الطاقة سرعة و تعجيل بدء اكبر للتغلب على القصور الذاتي ، ووفقا لنظرية المتجهات فكلما قلت الزاوية كلما زادت المحصلة وعليه فان البدء المنخفض افضل.

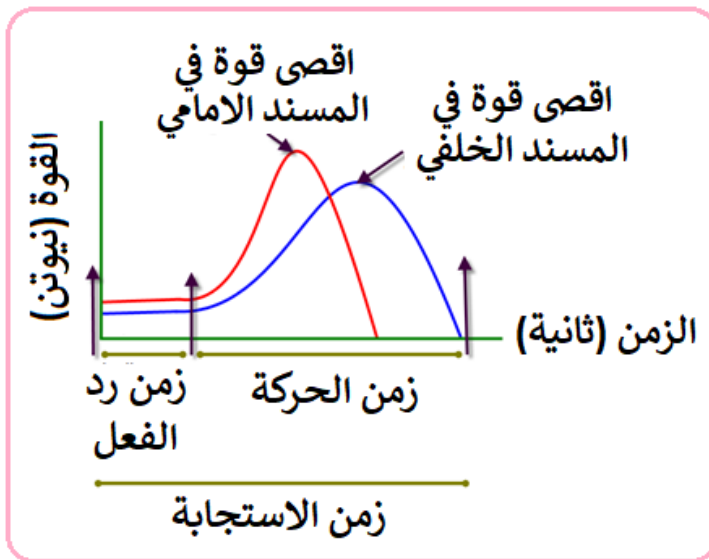


الشكل (3-16) يوضح المتغيرات البايوكينماتيكية في البدء المنخفض والعالي

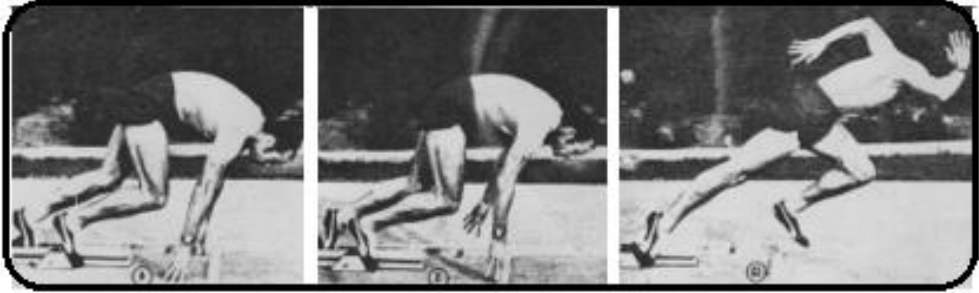
(180)

في وضع (تهياً) ترتفع نقطة مفصل الورك (الحوض) الى الاعلى قليلا عن مستوى الكتفين وتحدد الزاوية المحصورة بين الخط الافقي الموازي للارض وارتفاع الحوض بين (15-18 درجة) ، اما زاوية مفصل ركبة الرجل الامامية فتصل الى (90 درجة) تقريبا وتحدد زاوية مفصل ركبة الرجل الخلفية بين (110-120 درجة) تقريبا. يكون موقع مركز ثقل الجسم امام القدمين وفوق اليدين مباشرة اي فوق حافة قاعدة الارتكاز باتجاه الحركة ويحصل العداء من ذلك فائدتين ميكانيكيتين في آن واحد ، الفائدة الاولى هو جعل الجسم قلقاً (من خلال تصغير زاوية السقوط احدى مظاهر الاتزان) مما تكون الحركة سهلة وسريعة في ذلك الاتجاه ، والفائدة الثانية هي زيادة القوة الافقية (بتوجيه خط عمل القوة الى الامام اكثر من الاعلى) وتقليل القوة العمودية.

قبل اطلاق المسدس يكون العداء في وضع تهئي وبعد الاطلاق فانه يخضع الى عدد من المتغيرات منها زمن رد الفعل (RT) (وهو الزمن من الاطلاق حتى لحظة قبل البدء بالحركة) ، وزمن الحركة (MT) (وهو الزمن من لحظة البدء بالحركة لحين انهاء الواجب الحركي) ، ويسمى مجموع الزمنين بزمن الاستجابة (Response Time).



الشكل (3-17) يوضح دالة القوة-الزمن وازمنة الاستجابة



الشكل (3-18) يوضح مراحل الانطلاق من مسندي البداية

ان وقت سماع الاطلاق عند العدائين الجيدين يكون تقريباً بين (0.10-0.18 ثانية) وتصل زاوية البدء لديهم الى (40-42 درجة) بين جسم العداء ومجال الركض، وتترك القدم الخلفية للمسند الخلفي قبل الرجل في المسند الامامي وتكون الفخذ الامامية في حالة عمل عضلي ثابت ويحدث فيها تغيير طفيف جداً في زاوية مفصل الركبة ، ويبدأ التغيير الفعلي في زاوية الركبة حينما تتعدى ركبة الرجل الخلفية لركبة الرجل الامامية... وتستمر حركة الاندفاع حتى الوصول الى الامتداد الكامل للرجل الامامية... ويبدأ الجسم في الامتداد بعض الشيء (بدرجة قليلة) عندما يبدأ العمل الديناميكي للفخذ الامامية ، ويكون جسم العداء في هذه اللحظة في شكل عمودي تقريباً على الارض ، وفي نهاية مرحلة الدفع تكون الفخذ والجذع على خط واحد . ان الزمن المستغرق للرد على المثير السمعي تشكل اهمية كبيرة في هذه المرحلة ويتحدد عند العدائين المتقدمين (0.05-0.07 ثانية) من استشعار المثير في الاذن وانتقاله الى الجهاز العصبي المركزي (بواسطة العصب الحسي) ثم بناء وتكوين الامر بالحركة وانتقال الامر من الجهاز العصبي المركزي الى العضلات بواسطة العصب الحركي واخيراً اثاره العضلة وحدوث النشاط الميكانيكي ويشكل زمن دفع الرجل الخلفية ثلث زمن دفع الرجلين ، ويخرج العداء من مساند البداية بزاوية ميل (45 درجة).

ينص قانون نيوتن الثاني الى ان دفع أي قوة لجسم ما خلال فترة زمنية يساوي التغيير في كمية حركة الجسم خلال تلك الفترة ويرتبط الدفع مع القوة والزمن مع بقاء فعل القوة بالعلاقة (الدفع = القوة × الزمن) ، وبذلك فان الدفع او التغير الناتج في كمية الحركة من قوة كبيرة تعمل لفترة قصيرة يساوي التغير الناتج من قوة صغيرة تعمل لفترة

طويلة ويميل العداء الى انتاج قوة كبيرة في زمن قليل (قوة مميزة بالسرعة) ونجد ان الزيادة في القوة تتطلب عنفاً في سرعة بذلها (سرعة قوة) وهذا بالتالي يؤدي الى نقصان زمن بذل القوة مما يؤثر سلباً في الدفع.

يرتبط الدفع بكمية الحركة في علاقة مشتقة بعلاقة

$$\text{القوة} \times \text{الزمن} = \text{الكتلة} \times \text{السرعة}$$

حيث يمثل الطرف الايمن مصطلح الدفع والطرف الايسر يمثل كمية الحركة . وقد عرف (نيوتن) حاصل ضرب الكتلة في السرعة بأنها كمية الحركة ، ان وجود القوة ككمية متجهة في معادلة الدفع يقودنا الى اعتبار الدفع كمية متجهة ايضاً وبذلك فانه لابد ان تكون زاوية الدفع امثل ما يمكن للدفع بالاتجاه الافقي.

ان قياس مسار القوة – الزمن يفسر فيما اذا كانت الزيادة والنقصان في قوة الانقباض العضلي يتماشيان مع الواجب الحركي ويمثل الدفع دالة القوة – الزمن ، وتظهر المنحنيات هذه العلاقة من خلال المساحة المحصورة تحتها (المساحة تحت المنحنى = الدفع).

قارن (Kistler) بين مقادير القوى التي تبذل على مسند البداية من قدي العداء وتوصل الى النتائج ادناه من تجاربه على (30 عداء) متقدم من اوضاع البدء الثلاثة (القصير – المتوسط – الطويل).

- يتم الدفع بواسطة القدمين معاً مهما كانت الازواح المستخدمة والمسافة بين القدمين.
- قوة الدفع على المسند الامامي كانت ثابتة نسبياً مهما كان الوضع المستخدم.
- اختلفت القوى المبذولة على المسند الخلفي اختلافاً مباشراً مع المسافة بين القدمين.
- تزداد القوى المبذولة من العداء ضد مساند البداية كلما زادت المسافة بين القدمين.

ولقد اوضح كثير من الباحثين من ان العجلة التي يكتسبها الجسم لاتعتمد على مقدار القوى المبذولة من الرجلين فقط ولكن على زمن بذل هذه القوة ايضاً ، ومن خلال

(183)

متابعتنا لمراحل القانون ادناه نكتشف ان العلاقة بين القوة والزمن علاقة عكسية وتساهم القوة طرديا في كمية الحركة .

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

السرعة

$$\text{القوة} = \text{الكتلة} \times \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

الزمن

$$\frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}} = \text{التعجيل} \quad \text{القوة} = \text{الكتلة} \times \text{التعجيل}$$

جدول (1-3) ازمنة رد الفعل لنهائي سباق 100 متر في بطولة برلين 2009

الاسم	الانجاز	زمن رد الفعل
Usain Bolt	9.58	0.146
Tyson Gay	9.71	0.144
Asafa Powell	9.84	0.134
Daniel Bailey	9.93	0.129
Richard Thompson	9.93	0.119
Dwain Chambers	10.00	0.123
Marc Burns	10.00	0.165
Darvis Patton	10.34	0.149

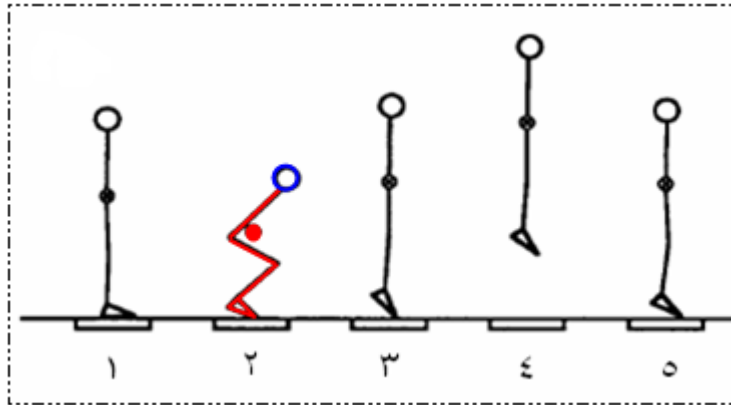
ان معدل زمن رد الفعل في بطولة العالم (روما 1987) كان (0.185 ثانية) اما في بطولة العالم (برلين 2009) فقد بلغ زمن رد الفعل (0.139 ثانية) رغم التعديل الذي حدث على اخطاء الانطلاق ، وهذا دليل على مدى تطور تقنيات التدريب. ويعد أي نشاط عضلي قبل (0.10 ثانية) خطأ انطلاق.

المبحث الثاني

تحليل اختبار الوثب العمودي من الثبات بحركة تمهيدية وبدونها

نقصد بالحركة التمهيدية الحركات التي تسبق اداء الواجب الرئيسي- للحركة وعلى الأغلب تكون بحركة معاكسة لاتجاه الحركة في القسم الرئيسي- والحركات التمهيدية ممكنة الملاحظة في كثير من الفعاليات او المهارات او حتى بعض الاختبارات فمثلا عند اختبار الوثب الطويل من الثبات يمكن اداء الحركة بدون مرجحة الذراعين وممكن أدائه بمرجحة الذراعين فعند اداء المرجحة نكون قد فعلنا حركة تمهيدية كما يمكن اداء قذف الثقل من الثبات وبدون قتل الجذع اما اذا قذفنا الثقل من الثبات ولكن بقتل الجذع نكون قد فعلنا حركة تمهيدية ولا يكون الحركات التمهيدية أقسام تحضيرية في اغلب الأحيان لعدم تكامل التعزيز المناسب للقسم التحضيري ويعني ذلك ان اداء حركة المرجحة في اختبار الوثب الطويل من الثبات لا يكون واجبا تعزيزيا للقسم التحضيري ما لم يعزز بثني الرجلين.

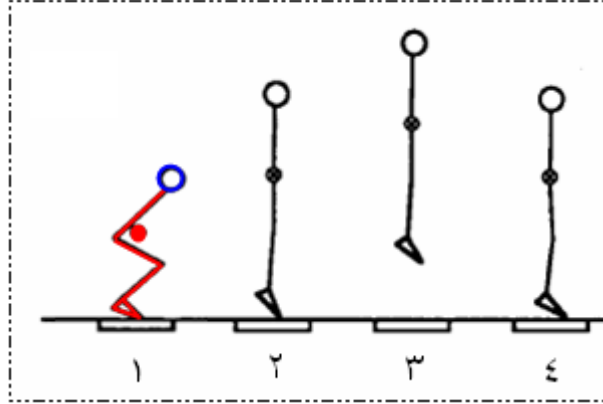
عند ملاحظتنا للشكل التالي وتحليلنا لحركة الوثب العمودي من الثبات فاننا نؤدي الاختبار من الوقوف كما موضح في الوضع رقم (1) ثم الثني كما في الوضع رقم (2) ثم المد للوثب كما في الوضع رقم (3) ثم الطيران في الوضع رقم (4) ثم الهبوط في الوضع رقم (5).



شكل (3-21) يوضح اختبار الوثب العمودي من الثبات بحركة تمهيدية

(186)

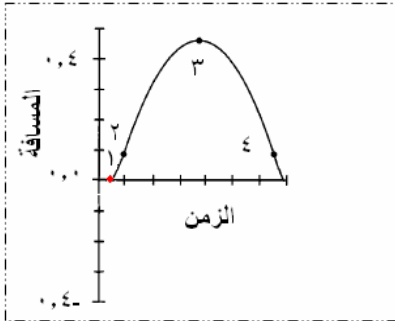
وإذا لاحظنا الشكل السابق وقارناه بالشكل التالي سنجد ان الحركة في الوضع رقم (1) هي (الثني) أي ان الحركة ستبدأ من الثني وهذا يعني فقدان القسم التحضيري (على افتراض عدم مرجحة الذراعين) ويتم القياس بواسطة شريط قياس يربط على الورك أي لا يتم التأشير باليد.



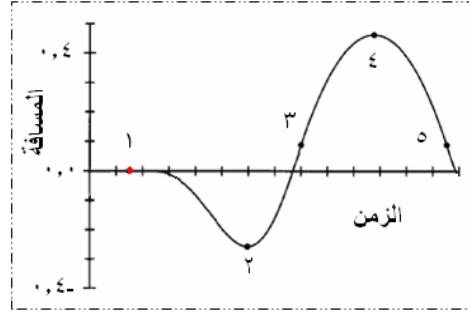
شكل (3-22) يوضح اختبار الوثب العمودي من الثبات بدون حركة تمهيدية

تحليل المسار الحركي لمركز كتلة الجسم

بمقارنة المسار الحركي لمركز كتلة الجسم للاختبار بشكليته (بحركة تمهيدية وبدونها) في وحدة الزمن وكما واضح في الشكل التالي يلاحظ عند اداء الحركة بتمهيد وجود انخفاض في مركز كتلة الجسم ثم ارتفاع وهذا يعني وجود زمن إضافي عند اداء الاختبار بدون حركة تمهيدية



بدون بحركة تمهيدية



بحركة تمهيدية

شكل (3-23) يوضح المسار الحركي وفقا لوحدة الزمن عند اداء اختبار الوثب العمودي من الثبات

(187)

كما يلاحظ طول المسار الحركي عند اداء الاختبار بحركة تمهيدية بمقارنتها بالحركة بدون التمهيد ، وان الفترة الزمنية للحركة التمهيدية اقل من الفترة الزمنية للطيران .

ارتفاع الطيران

ان مرحلة الطيران تقاس من لحظة كسر اتصال اخر جزء من القدم (الأصابع) للأرض لحين قبل إعادة الاتصال ، ان الجسم في هذا الاختبار سيكون خاضعا لقانون الطيران الحر والسقوط الحر ويختلف هذا القانون عن قانون المقذوفات بكون الجسم يسير على خط عمودي من النهوض الى الهبوط بعكس قانون المقذوفات والذي يكون مسار الجسم على شكل قطع مكافئ أي ينهض من نقطة ويهبط في نقطة أخرى.

طرائق إيجاد أقصى ارتفاع

من الطرائق التقليدية لإيجاد الارتفاع هو اللجوء الى شريط القياس للحصول على النتيجة (يربط شريط القياس على ورك اللاعب وهو واقف ثم عند الطيران يكون شريط القياس والذي تم تثبيته بين قدي اللاعب على بكرة مخصصة لهذا الغرض قد سجل فرق الارتفاع) ، اما الطرائق الفيزيائية او البايوميكانيكية لحساب الارتفاع فتتعدد بحسب القوانين المناسبة لإيجاد الارتفاع ، فيمكننا التعرف على مسافة الارتفاع من خلال قانون الطاقة

يمكننا معرفة السرعة من خلال القانون

$$v_{to} = \frac{gt_{flight}}{2}$$

الجذب × زمن الطيران

سرعة الارتفاع =

(188)

تم تقدير زمن الارتفاع من المنحنيات البيانية السابقة باستخدام منصة لقياس (Force Platform) وذلك بقياس دالة (القوة - الزمن) وتبين ان الزمن بين كسر الاتصال وإعادته قد استغرق (0.533 ثانية)

يمكن حساب سرعة الارتقاء وفقا للقانون التالي

$$\text{سرعة الارتقاء} = \frac{0.533 \times 9.81}{2}$$

$$\text{سرعة الارتقاء} = 2.61 \text{ متر/ثانية}$$

ووفقا لما سبق يمكننا معرفة سرعة الارتقاء بمعلومية زمن الطيران وبما ان السرعة العمودية في أقصى ارتفاع يساوي صفر ، فان المعادلة تكتب وفق ما يأتي

$$y_{flight} = y_{peak} - y_{to} = \frac{v_{to}^2}{2g}$$

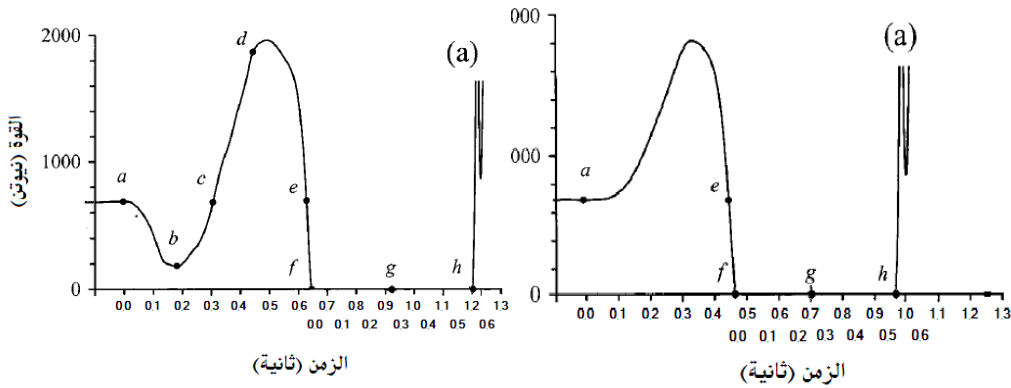
أي ان الارتفاع العمودي تساوي مربع سرعة (الارتقاء) مقسمة على ضعف الجذب الأرضي

$$\text{ارتفاع الطيران} = \frac{(\text{سرعة الارتقاء})^2}{2 \times \text{ج}} = \frac{(2.61)^2}{9.81 \times 2} = 0.347 \text{ متر}$$

يمكننا بحساب فرق الارتفاع ان نتوقع الفرق بين استخدام الحركة التمهيدية عن عدم استخدامها اذ بلغ فرق الارتفاع بدون استخدام الحركة التمهيدية الى (0.337 متر) ، وبقي ان نتساءل مدى مساهمة الحركات التمهيدية في تغيير الوقائع فربما نستخدم هذه الحركات للاقتصاد في ناتج المهارة (شكلها وتوقيتها) اما في الاختبارات فيفضل عدم استخدام الحركات التمهيدية لبيان الناتج الحقيقي لما وضع من اجله الاختبار.

حساب مقادير القوى

وفقا لقانون نيوتن الثالث (لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه) فان اداء الاختبار بحركات تمهيدية ستعطي أشكال بيانية (دالة القوة – الزمن) مختلفة عند عدم استخدام الحركات التمهيدية ، وكما يلاحظ من الشكل التالي فان منصة قياس القوة تسجل ردود الأفعال بين أجزاء الجسم وفقا لمنطقة الاستناد (الأرض) على شكل مقادير رقمية ورسوم بيانية ، ويلاحظ تسجيل مقادير اكبر عند وجود حركات تمهيدية (وهذا يفسر وجود القسم التحضيري والحركات التمهيدية في المهارات ويفسر ضرورة عدم استخدامها في الاختبارات)



بحركة تمهيدية

بدون بحركة تمهيدية

شكل (3-24) يوضح منحنى القوة- الزمن عند اداء اختبار الوثب العمودي من الثبات

ومثلما ذكرنا سابقا فان طول المسار الحركي والذي يتضح بنزول المنحنى يكون سببا في ظهور مقادير اكبر للقوة بالمقارنة مع اداء الحركة بدون تمهيد ، وتفسرنا لما يحدث كالآتي :

- ان الوقوف يعني إصدار مقادير قوة ثابتة للحفاظ على استقرارية الجسم (استاتيكي) أي معادلة وزن الجسم بقوة العضلات (توتر او شد مستمر) اما عند الثني (تغلب وزن الجسم على قوة العضلات ، فان العضلات ستميل الى الارتخاء عن التوتر او الشد ويفاجأ هذا الارتخاء بشد قوي – قوة انفجارية- أي تحشيد او إطلاق أقصى ما يمكن للعضلة من طاقة لرفع الجسم وقذفها)

(190)

وهذا ما يقودنا الى كمية الحركة والطاقة المخزونة اذ ان اداء الاختبار او المهارة من الحركة تساعد الواجب الرئيسي وتقودها سريعا الى الاتجاه المقرر. ولقد تم حساب مقادير القوى لشكلي الاختبار والجدول الاتي يوضح التفصيلات الأخرى

جدول (2-3) يبين مقادير بعض متغيرات القفز العمودي

المتغيرات	وحدة القياس	بحركة تمهيدية	بدون حركة تمهيدية
زمن الطيران المسجل على منصة القوة	ثانية	0.533	0.524
سرعة الارتفاع	متر\ثانية	2.61	2.57
أقصى ارتفاع	سنتمتر	34.7	33.7
الشغل المحسوب للقوة الكلية	جول	469	470
الشغل المحسوب لوزن الجسم	جول	237	238

كما يمكننا ملاحظة الفرق في الزمن وحتى تقدير الارتفاع من خلال القوة المسجلة على منصة قياس القوة

المصادر والمراجع

1. جيرد هوخموث (1999) : الميكانيكا الحيوية (ترجمة) كمال عبد الحميد ، القاهرة ، دار المعارف.
2. حسين مردان عمر (1988) : المتغيرات الحركية في اجتياز المانع واثرها في اجتياز المانع الاخر ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة بغداد ، كلية التربية الرياضية.
3. حسين مردان عمر (1996) : دراسة تحليلية لبعض المتغيرات الديناميكية من البدء الى اجتياز المانع الاول ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة البصرة ، كلية التربية الرياضية.
4. حسين مردان عمر (2021) : مواضيع في البايوميكانيك ، ط2 ، ديالى ، مطبعة جامعة ديالى.
5. حسين مردان عمر ، اياد عبد رحمن (2018) : البايوميكانيك في الحركات الرياضية ، ط2 ، النجف الاشرف ، مطبعة الرياض.
6. حيدر فياض العامري (1019) : واقعية نظام التحليل الحركي ، العراق ، مطبعة جامعة الكوفة.
7. سمير مسلط الهاشمي (2010) : البايوميكانيك الرياضي ، ط3 ، بغداد ، مطبعة النبراس للطباعة والتصميم.
8. سوزان هيل (2015) : اساسيات البايوميكانيك (ترجمة) حسن هادي الزيايدي ، اياد عبد الرحمن ، باسم حبيب الحمداني ، بغداد ، المكتبة الرياضية للنشر والتوزيع.
9. سوسن عبد المنعم و اخرون (1977) : البايوميكانيك في المجال الرياضي ، ج1 ، مصر ، دار المعارف.
10. صائب عطية العبيدي ، سمير مسلط الهاشمي ، موفق مجيد المولى (1991) : الميكانيكا الحيوية التطبيقية ، الموصل ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل.

11. صريح عبد الكريم الفضلي ، إيهاب داخل حسين (2019) : علم الحركة التطبيقي كنيسولوجيا ، بغداد.
12. صريح عبد الكريم الفضلي (2020) : موسوعة التطبيق العملي للقوانين الميكانيكية في علوم الرياضة ، ط1 ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر.
13. صريح عبد الكريم الفضلي ، عبدالرزاق جبر الماجدي (2018) : التحليل التشريحي الوظيفي وميكانيكية الألعاب الرياضية ، بغداد ، دار ومكتبة عدنان.
14. صريح عبد الكريم الفضلي ، وهبي علوان البياتي (2007) : موسوعة التحليل الحركي ، ج1 ، التحليل التشريحي وتطبيقاته الحركية والميكانيكية ، بغداد.
15. صفاء عبدالوهاب إبراهيم ، محمد مطلق بدر الحاج لازم (2020) : البايوميكانيك الرياضي ، بغداد ، مكتبة وجدي للطباعة والاستنساخ.
16. طالب ناهي الخفاجي (1984) : فيزياء الرياضة البدنية ، بغداد ، دار الحرية للطباعة.
17. طلحة حسام الدين (1993) : الميكانيكا الحيوية (الأسس النظرية والتطبيقية) ، ط1 ، القاهرة ، دار الفكر العربي.
18. طلحة حسام الدين (1994) : الأسس الحركية والوظيفية للتدريب الرياضي ، القاهرة ، دار الفكر العربي.
19. طلحة حسام الدين (1998) : علم الحركة التطبيقي ، ط1 ، ج1 ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر.
20. عادل عبد البصير (1998) : المدخل لتحليل ثلاثي الأبعاد ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر والتوزيع.
21. عادل عبد البصير (1998) : الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق في المجال الرياضي ، القاهرة ، دار الكتب للنشر.
22. عبد علي نصيف ، كيرهارد ميزر (1972) : البيوميكانيك. بغداد ، مطبعة الميناء.
23. عدي جاسب حسن (2009) : التقييم الميكانيكي في مدرسة كرة القدم ، ط1 ، مصر ، صوت القلم العربي.

(193)

24. علي سلوم جواد (2007): البايوميكانيك : الأسس النظرية والتطبيقية في المجال الرياضي ، العراق.
25. فردريك ج. بوش ، دافيد أ. جيرد (2001) : اساسيات الفيزياء (ترجمة) سعيد الجزيري واخران ، ط 1 ، القاهرة ، الدار الدولية للاستثمارات الثقافية.
26. فردوس مجيد امين ، محمد حسين حميدي (2021) : الميكانيكا البيولوجية ، ديالى ، المطبعة المركزية ، جامعة ديالى.
27. فؤاد توفيق السامرائي (1982) : البايوميكانيك والرياضة ، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر ، الموصل.
28. قاسم حسن حسين ، إيمان شاكر (1998) : مبادئ الأسس الميكانيكية للحركات الرياضية ، ط 1 ، عمان ، دار الفكر للطباعة والنشر.
29. قاسم محمد عباس (2020) : علاقة خصائص منحني (القوة-الزمن) وبعض المتغيرات البيوكينماتيكية بدقة التصوير من الحركة للاعبين الارتكاز بكرة السلة ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة القادسية ، كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة.
30. كارل ج. بايتون ، روجر م. بارتلت (2020) : التقويم البيوميكانيكي للحركة في الرياضة والتمرين (ترجمة) بسمان عبدالوهاب عبدالجبار ، وهبي علوان حسون البياتي ، عمان ، دار امجد للنشر والتوزيع.
31. كمال عبد الحميد ، سليمان علي (1999) : الميكانيكا الحيوية وطرق البحث العلمي للحركات الرياضية ، ط 2 ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر .
32. لؤي غانم الصميدعي (1987) : البايوميكانيك والرياضة ، الموصل ، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر.
33. لؤي غانم الصميدعي ، بسام محمود الامام ، سعدالله عباس رشيد (2011) : الفيزياء والبايوميكانيك في الرياضة ، أربيل ، مطبعة جامعة صلاح الدين.
34. لؤي غانم الصميدعي ، سعدالله عباس رشيد (2018) : البايوميكانيك الرياضي ، عمان ، دار المعترف للنشر والتوزيع.

35. محمد جاسم محمد الخالدي (2012) : البايوميكانيك في التربية البدنية والرياضية ، الكوفة.
36. محمد جاسم محمد الخالدي ، حيدر فياض حمد العامري (2010) : اساسيات البايوميكانيك ، ط1، العراق ، شركة دار الاحمدي.
37. نجاح مهدي شلش (1987) : مبادئ الميكانيكا الحيوية في تحليل الحركات الرياضية ، الموصل ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل.
38. نجاح مهدي شلش ، حسين مردان عمر ، ايمان صبيح (1999) : 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.
39. نزار مجيد الطالب (1976) : المدخل الى علم البايوميكانيك ، بغداد ، معمل ومطبعة اوفسيت الوراق.
40. هدى حميد عبدالحسين ، مسلم بدر المياح (2020) : مبادئ الميكانيكا الحيوية وتطبيقات التحليل الحركي ، ج1 ، النجف الاشرف ، مطبعة دار الضياء.
41. وجيه محجوب (1987) : التحليل الحركي ، بغداد ، مطبعة التعليم العالي.
42. وجيه محجوب (1990) : التحليل الحركي الفيزياوي الفلسجي للحركات الرياضية ، بغداد ، مطابع التعلم العالي.
43. ياسر نجاح حسين ، احمد ثامر محسن (2015) : التحليل الحركي الرياضي ، النجف الاشرف ، دار الضياء للطباعة.
44. يوسف الشيخ (1982) : الميكانيكا الحيوية وتطبيقاتها ، القاهرة ، دار المعارف.

45. Ariel, G., Finch, A. and Penny, A. (1997): Biomechanical analysis of discus throwing at the 1996 Atlanta Olympic Games.

Biomechanics in Sports XV.p365-371.

46. BADURA (IAT Leipzig) and others (2017) : Biomechanical analyses of selected events at the 12th IAAF World Championships

(195)

in Athletics, Berlin 15–23 August 2009, A Project by the German Athletics Federation.

47. CLAYNE. R. Jensen (1983) : Applied Kinesiology and Biomechanics New York 3rd edition>
48. Doris I Miller , Richard C Nelson (1973) : Biomechanics of Sport – LEA and FEBIGER – Philadelphia>
49. Duane Knudson (2007): Fundamentals of Biomechanics, 2nd ed, Springer Science+Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York.
50. Dyson Geoffrey (1977) : The Mechanics of Athletics, London university of London.
51. Ecker, T (1985) : Basic track and field Biomechanics, Losatostaf New press
52. Ellen kreighbaum (1996) : Katharine M. Barthels: Biomechanics, USA.
53. Hussein M. Omer. (2018) : Analysis of Projectiles law for throwing events (Discus, Javelin, Shot put and hammer) in track and field, Journal of Zankoy Sulaimnia part (B-for Humanities) 647-668
54. Jae-Hu Jung, Dong-Soo Kim, Ho-Youl Kang, Woen-Sik Chae, Young-Tae Lim, Chang-Jin Yoon, and Haeng-Seob Lee. (2012) : KINEMATIC ANALYSIS OF THE WOMEN’S JAVELIN THROW AT THE IAAF WORLD CHAMPIONSHIPS, DAEGU 2011, 30th Annual Conference of Marko.
55. James G Hay (1985) : Biomechanics of sport techniques, 2nd ed. N.Y.
56. Jams Hay (1988) : the Biomechanics of sport techniques third edition, N.Y.
57. Jaro Perttunen, Heikki Kyrolanen, Paavo V. Komi, Ariheinonen (2000) : Biomechanical loading in the triple jump, Journal of Sports Sciences.

(196)

58. Luciano Allegretti Mercadante and others (2007) : 3D KINEMATICAL ANALYSIS OF THE HAMMER THROW IN COMPETITIONS; XXV ISBS Symposium 2007, Ouro Preto – Brazil;p314-317.
59. Marwa Sakr. (2012) : Women's Hammer Throw Measurement Information System And Kinetic Energy of Body Segments and Hammer Head, Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften.
60. Milan Coh (2003) : Biomechanical analysis of Colin Jackson's hurdle clearance technique, New studies in athletics.
61. Mohammed S. Khalil Al-Samarrai (2015) : Motion Streamline Evaluation of Individual Jumps Through Acceleration Variables in Show Jumping Horses, International Journal of Advanced Sport Sciences Research Vol.3 No.1, March 2015, 530-538
62. Nicholas P. Linthorne (2001) : Analysis of standing vertical jumps using a force platform, American Association of Physics Teachers, Vol. 69, No. 11, November.
63. Simon Coleman (2001) : Kinematics Analysis of the Volley Ball Jump Serve character of character of Solano.
64. Susan J .Hull (1995) : Basic biomechanics, 2nd edition U.S.A McCrae- Hill companies.
65. Watson S.W (1993) : Physical fitness and A athletics performance (London, Long Man).

مصادر الانترنت

- 1- <https://www.leesaxby.com/foot-function-and-running>
- 2- <https://hypertextbook.com/facts/1999/SaraBirnbaum.shtml>
- 3- <https://engaging-data.com/kinetic-energy-sports/>

الملاحق

ملحق (1)

جدول النسب المثلثية (الجيب ، الجيب تمام ، الظل) للزوايا (0 - 359)

الدرجة	الجيب	الجيب تمام	الظل	الدرجة	الجيب	الجيب تمام	الظل	الدرجة	الجيب	الجيب تمام	الظل	الدرجة	الجيب	الجيب تمام	الظل
α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$	α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$	α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$	α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\tan \alpha$
0°	0	1	0	90°	1	0	∞	135°	0.7071	0.7071	-1	225°	-0.7071	0.7071	-1
1°	0.0175	0.9998	0.018	91°	0.9998	-0.018	-0.966	136°	0.6947	-0.719	-0.933	226°	-0.719	0.6947	-0.966
2°	0.0349	0.9994	0.035	92°	0.9994	-0.035	-0.933	137°	0.682	-0.731	-0.933	227°	-0.731	0.682	-0.933
3°	0.0523	0.9986	0.052	93°	0.9986	-0.052	-0.9	138°	0.6691	-0.743	-0.9	228°	-0.743	0.6691	-0.9
4°	0.0698	0.9976	0.07	94°	0.9976	-0.07	-0.869	139°	0.6561	-0.755	-0.869	229°	-0.755	0.6561	-0.869
5°	0.0872	0.9962	0.088	95°	0.9962	-0.087	-0.839	140°	0.6428	-0.766	-0.839	230°	-0.766	0.6428	-0.839
6°	0.1045	0.9945	0.105	96°	0.9945	-0.105	-0.81	141°	0.6293	-0.777	-0.81	231°	-0.777	0.6293	-0.81
7°	0.1219	0.9925	0.123	97°	0.9925	-0.122	-0.781	142°	0.6157	-0.788	-0.781	232°	-0.788	0.6157	-0.781
8°	0.1392	0.9903	0.141	98°	0.9903	-0.139	-0.754	143°	0.6018	-0.799	-0.754	233°	-0.799	0.6018	-0.754
9°	0.1564	0.9877	0.158	99°	0.9877	-0.156	-0.727	144°	0.5878	-0.809	-0.727	234°	-0.809	0.5878	-0.727
10°	0.1736	0.9848	0.176	100°	0.9848	-0.174	-0.7	145°	0.5736	-0.819	-0.7	235°	-0.819	0.5736	-0.7
11°	0.1908	0.9816	0.194	101°	0.9816	-0.191	-0.675	146°	0.5592	-0.829	-0.675	236°	-0.829	0.5592	-0.675
12°	0.2079	0.9781	0.213	102°	0.9781	-0.208	-0.649	147°	0.5446	-0.839	-0.649	237°	-0.839	0.5446	-0.649
13°	0.225	0.9744	0.231	103°	0.9744	-0.225	-0.625	148°	0.5299	-0.848	-0.625	238°	-0.848	0.5299	-0.625
14°	0.2419	0.9703	0.249	104°	0.9703	-0.242	-0.601	149°	0.515	-0.857	-0.601	239°	-0.857	0.515	-0.601
15°	0.2588	0.9659	0.268	105°	0.9659	-0.259	-0.577	150°	0.5	-0.866	-0.577	240°	-0.866	0.5	-0.577
16°	0.2756	0.9613	0.287	106°	0.9613	-0.276	-0.554	151°	0.4848	-0.875	-0.554	241°	-0.875	0.4848	-0.554
17°	0.2924	0.9563	0.306	107°	0.9563	-0.292	-0.532	152°	0.4695	-0.883	-0.532	242°	-0.883	0.4695	-0.532
18°	0.309	0.9511	0.325	108°	0.9511	-0.309	-0.51	153°	0.454	-0.891	-0.51	243°	-0.891	0.454	-0.51
19°	0.3256	0.9455	0.344	109°	0.9455	-0.326	-0.488	154°	0.4384	-0.899	-0.488	244°	-0.899	0.4384	-0.488
20°	0.342	0.9397	0.364	110°	0.9397	-0.342	-0.466	155°	0.4226	-0.906	-0.466	245°	-0.906	0.4226	-0.466
21°	0.3584	0.9336	0.384	111°	0.9336	-0.358	-0.445	156°	0.4067	-0.914	-0.445	246°	-0.914	0.4067	-0.445
22°	0.3746	0.9272	0.404	112°	0.9272	-0.375	-0.425	157°	0.3907	-0.921	-0.425	247°	-0.921	0.3907	-0.425
23°	0.3907	0.9205	0.425	113°	0.9205	-0.391	-0.404	158°	0.3746	-0.927	-0.404	248°	-0.927	0.3746	-0.404
24°	0.4067	0.9135	0.445	114°	0.9135	-0.407	-0.384	159°	0.3584	-0.934	-0.384	249°	-0.934	0.3584	-0.384
25°	0.4226	0.9063	0.466	115°	0.9063	-0.423	-0.364	160°	0.342	-0.94	-0.364	250°	-0.94	0.342	-0.364
26°	0.4384	0.8988	0.488	116°	0.8988	-0.438	-0.344	161°	0.3256	-0.946	-0.344	251°	-0.946	0.3256	-0.344
27°	0.454	0.891	0.51	117°	0.891	-0.454	-0.325	162°	0.309	-0.951	-0.325	252°	-0.951	0.309	-0.325
28°	0.4695	0.8829	0.532	118°	0.8829	-0.47	-0.306	163°	0.2924	-0.956	-0.306	253°	-0.956	0.2924	-0.306
29°	0.4848	0.8746	0.554	119°	0.8746	-0.485	-0.287	164°	0.2756	-0.961	-0.287	254°	-0.961	0.2756	-0.287
30°	0.5	0.866	0.577	120°	0.866	-0.5	-0.268	165°	0.2588	-0.966	-0.268	255°	-0.966	0.2588	-0.268
31°	0.515	0.8572	0.601	121°	0.8572	-0.515	-0.249	166°	0.2419	-0.97	-0.249	256°	-0.97	0.2419	-0.249
32°	0.5299	0.848	0.625	122°	0.848	-0.53	-0.231	167°	0.225	-0.974	-0.231	257°	-0.974	0.225	-0.231
33°	0.5446	0.8387	0.649	123°	0.8387	-0.545	-0.213	168°	0.2079	-0.978	-0.213	258°	-0.978	0.2079	-0.213
34°	0.5592	0.829	0.675	124°	0.829	-0.559	-0.194	169°	0.1908	-0.982	-0.194	259°	-0.982	0.1908	-0.194
35°	0.5736	0.8192	0.7	125°	0.8192	-0.574	-0.176	170°	0.1736	-0.985	-0.176	260°	-0.985	0.1736	-0.176
36°	0.5878	0.809	0.727	126°	0.809	-0.588	-0.158	171°	0.1564	-0.988	-0.158	261°	-0.988	0.1564	-0.158
37°	0.6018	0.7986	0.754	127°	0.7986	-0.602	-0.141	172°	0.1392	-0.99	-0.141	262°	-0.99	0.1392	-0.141
38°	0.6157	0.788	0.781	128°	0.788	-0.616	-0.123	173°	0.1219	-0.993	-0.123	263°	-0.993	0.1219	-0.123
39°	0.6293	0.7771	0.81	129°	0.7771	-0.629	-0.105	174°	0.1045	-0.995	-0.105	264°	-0.995	0.1045	-0.105
40°	0.6428	0.766	0.839	130°	0.766	-0.643	-0.088	175°	0.0872	-0.996	-0.088	265°	-0.996	0.0872	-0.088
41°	0.6561	0.7547	0.869	131°	0.7547	-0.656	-0.07	176°	0.0698	-0.998	-0.07	266°	-0.998	0.0698	-0.07
42°	0.6691	0.7431	0.899	132°	0.7431	-0.669	-0.052	177°	0.0523	-0.999	-0.052	267°	-0.999	0.0523	-0.052
43°	0.682	0.7314	0.933	133°	0.7314	-0.682	-0.035	178°	0.0349	-0.999	-0.035	268°	-0.999	0.0349	-0.035
44°	0.6947	0.7193	0.966	134°	0.7193	-0.695	-0.018	179°	0.0175	-1	-0.018	269°	-1	0.0175	-0.018

=يتبع=

الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة	الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة	الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة	الظل	الجيب تمام	الجيب	الدرجة
tg α	cos α	sin α	α°	tg α	cos α	sin α	α°	tg α	cos α	sin α	α°	tg α	cos α	sin α	α°
-1	0.7071	-0.707	315°	-∞	0	-1	270°	1	-0.707	-0.707	225°	0	-1	0	180°
-0.966	0.7193	-0.695	316°	-57.29	0.0175	-1	271°	1.0355	-0.695	-0.719	226°	0.018	-1	-0.018	181°
-0.933	0.7314	-0.682	317°	-28.636	0.0349	-0.999	272°	1.0724	-0.682	-0.731	227°	0.035	-0.999	-0.035	182°
-0.9	0.7431	-0.669	318°	-19.081	0.0523	-0.999	273°	1.1106	-0.669	-0.743	228°	0.052	-0.999	-0.052	183°
-0.869	0.7547	-0.656	319°	-14.301	0.0698	-0.998	274°	1.1504	-0.656	-0.755	229°	0.07	-0.998	-0.07	184°
-0.839	0.766	-0.643	320°	-11.43	0.0872	-0.996	275°	1.1918	-0.643	-0.766	230°	0.088	-0.996	-0.087	185°
-0.81	0.7771	-0.629	321°	-9.5144	0.1045	-0.995	276°	1.2349	-0.629	-0.777	231°	0.105	-0.995	-0.105	186°
-0.781	0.788	-0.616	322°	-8.1443	0.1219	-0.993	277°	1.2799	-0.616	-0.788	232°	0.123	-0.993	-0.122	187°
-0.754	0.7986	-0.602	323°	-7.1154	0.1392	-0.99	278°	1.327	-0.602	-0.799	233°	0.141	-0.99	-0.139	188°
-0.727	0.809	-0.588	324°	-6.3138	0.1564	-0.988	279°	1.3764	-0.588	-0.809	234°	0.158	-0.988	-0.156	189°
-0.7	0.8192	-0.574	325°	-5.6713	0.1736	-0.985	280°	1.4281	-0.574	-0.819	235°	0.176	-0.985	-0.174	190°
-0.675	0.829	-0.559	326°	-5.1446	0.1908	-0.982	281°	1.4826	-0.559	-0.829	236°	0.194	-0.982	-0.191	191°
-0.649	0.8387	-0.545	327°	-4.7046	0.2079	-0.978	282°	1.5399	-0.545	-0.839	237°	0.213	-0.978	-0.208	192°
-0.625	0.848	-0.53	328°	-4.3315	0.225	-0.974	283°	1.6003	-0.53	-0.848	238°	0.231	-0.974	-0.225	193°
-0.601	0.8572	-0.515	329°	-4.0108	0.2419	-0.97	284°	1.6643	-0.515	-0.857	239°	0.249	-0.97	-0.242	194°
-0.577	0.866	-0.5	330°	-3.7321	0.2588	-0.966	285°	1.7321	-0.5	-0.866	240°	0.268	-0.966	-0.259	195°
-0.554	0.8746	-0.485	331°	-3.4874	0.2756	-0.961	286°	1.804	-0.485	-0.875	241°	0.287	-0.961	-0.276	196°
-0.532	0.8829	-0.47	332°	-3.2709	0.2924	-0.956	287°	1.8807	-0.47	-0.883	242°	0.306	-0.956	-0.292	197°
-0.51	0.891	-0.454	333°	-3.0777	0.309	-0.951	288°	1.9626	-0.454	-0.891	243°	0.325	-0.951	-0.309	198°
-0.488	0.8988	-0.438	334°	-2.9042	0.3256	-0.946	289°	2.0503	-0.438	-0.899	244°	0.344	-0.946	-0.326	199°
-0.466	0.9063	-0.423	335°	-2.7475	0.342	-0.94	290°	2.1445	-0.423	-0.906	245°	0.364	-0.94	-0.342	200°
-0.445	0.9135	-0.407	336°	-2.6051	0.3584	-0.934	291°	2.246	-0.407	-0.914	246°	0.384	-0.934	-0.358	201°
-0.425	0.9205	-0.391	337°	-2.4751	0.3746	-0.927	292°	2.3559	-0.391	-0.921	247°	0.404	-0.927	-0.375	202°
-0.404	0.9272	-0.375	338°	-2.3559	0.3907	-0.921	293°	2.4751	-0.375	-0.927	248°	0.425	-0.921	-0.391	203°
-0.384	0.9336	-0.358	339°	-2.246	0.4067	-0.914	294°	2.6051	-0.358	-0.934	249°	0.445	-0.914	-0.407	204°
-0.364	0.9397	-0.342	340°	-2.1445	0.4226	-0.906	295°	2.7475	-0.342	-0.94	250°	0.466	-0.906	-0.423	205°
-0.344	0.9455	-0.326	341°	-2.0503	0.4384	-0.899	296°	2.9042	-0.326	-0.946	251°	0.488	-0.899	-0.438	206°
-0.325	0.9511	-0.309	342°	-1.9626	0.454	-0.891	297°	3.0777	-0.309	-0.951	252°	0.51	-0.891	-0.454	207°
-0.306	0.9563	-0.292	343°	-1.8807	0.4695	-0.883	298°	3.2709	-0.292	-0.956	253°	0.532	-0.883	-0.47	208°
-0.287	0.9613	-0.276	344°	-1.804	0.4848	-0.875	299°	3.4874	-0.276	-0.961	254°	0.554	-0.875	-0.485	209°
-0.268	0.9659	-0.259	345°	-1.7321	0.5	-0.866	300°	3.7321	-0.259	-0.966	255°	0.577	-0.866	-0.5	210°
-0.249	0.9703	-0.242	346°	-1.6643	0.515	-0.857	301°	4.0108	-0.242	-0.97	256°	0.601	-0.857	-0.515	211°
-0.231	0.9744	-0.225	347°	-1.6003	0.5299	-0.848	302°	4.3315	-0.225	-0.974	257°	0.625	-0.848	-0.53	212°
-0.213	0.9781	-0.208	348°	-1.5399	0.5446	-0.839	303°	4.7046	-0.208	-0.978	258°	0.649	-0.839	-0.545	213°
-0.194	0.9816	-0.191	349°	-1.4826	0.5592	-0.829	304°	5.1446	-0.191	-0.982	259°	0.675	-0.829	-0.559	214°
-0.176	0.9848	-0.174	350°	-1.4281	0.5736	-0.819	305°	5.6713	-0.174	-0.985	260°	0.7	-0.819	-0.574	215°
-0.158	0.9877	-0.156	351°	-1.3764	0.5878	-0.809	306°	6.3138	-0.156	-0.988	261°	0.727	-0.809	-0.588	216°
-0.141	0.9903	-0.139	352°	-1.327	0.6018	-0.799	307°	7.1154	-0.139	-0.99	262°	0.754	-0.799	-0.602	217°
-0.123	0.9925	-0.122	353°	-1.2799	0.6157	-0.788	308°	8.1443	-0.122	-0.993	263°	0.781	-0.788	-0.616	218°
-0.105	0.9945	-0.105	354°	-1.2349	0.6293	-0.777	309°	9.5144	-0.105	-0.995	264°	0.81	-0.777	-0.629	219°
-0.088	0.9962	-0.087	355°	-1.1918	0.6428	-0.766	310°	11.43	-0.087	-0.996	265°	0.839	-0.766	-0.643	220°
-0.07	0.9976	-0.07	356°	-1.1504	0.6561	-0.755	311°	14.301	-0.07	-0.998	266°	0.869	-0.755	-0.656	221°
-0.052	0.9986	-0.052	357°	-1.1106	0.6691	-0.743	312°	19.081	-0.052	-0.999	267°	0.9	-0.743	-0.669	222°
-0.035	0.9994	-0.035	358°	-1.0724	0.682	-0.731	313°	28.636	-0.035	-0.999	268°	0.933	-0.731	-0.682	223°
-0.018	0.9998	-0.018	359°	-1.0355	0.6947	-0.719	314°	57.29	-0.018	-1	269°	0.966	-0.719	-0.695	224°

ملحق (2)**جدول التخطيط الأسبوعي والسنوي لتوزيع مفردات المادة**

العام الدراسي: 2023-2024

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المادة: البايوميكانيك

جامعة -----

عدد الساعات: ساعتين نظرية

كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

مدرس المادة: -----

فرع -----

الفصل الدراسي الأول والثاني

الاسبوع	التاريخ	الفصل	الباب	المبحث	الموضوع
1	2023-10-01				
2	2023-10-08				
3	2023-10-15				
4	2023-10-22				
5	2023-10-29				
6	2023-11-05				
7	2023-11-12				
8	2023-11-19				
9	2023-11-26				
10	2023-12-03				
11	2023-12-10				
12	2023-12-17				
13	2023-12-24				
14	2023-12-31				مراجعة عامة
15	2024-01-07				امتحان الفصل الدراسي الأول

===== يتبع =====

(200)

الموضوع	المبحث	الباب	الفصل	التاريخ	الاسبوع
				2024-01-28	16
				2024-02-04	17
				2024-02-11	18
				2024-02-18	19
				2024-02-25	20
				2024-03-03	21
				2024-03-10	22
				2024-03-17	23
				2024-03-24	24
				2024-03-31	25
				2024-04-07	26
				2024-04-14	27
				2024-04-21	28
مراجعة عامة				2024-04-28	29
امتحان الفصل الدراسي الثاني				2024-05-05	30

ملحق (3)

بيانات لبعض الأدوات والأشخاص

ت	الوزن	(غرام)	الطاقة الحركية	(كيلو جول)	السرعة	(كيلومتر/ساعة)	الزخم	(كغم.م/ثا)
N.	Weight	gm.	Kinetic Energy	Kj	Speed	kph	Momentum	kg m/s
1	Usain Bolt	94000	Usain Bolt	7246.2	Badminton	417	Usain Bolt	1167.2
2	Hammer throw	7260	Hammer throw	3052.8	Golf drive	349	Hammer throw	210.5
3	Discus	2000	Discus	625	Jai Alai	302	Discus	50
4	Javelin	800	Jai Alai	458.6	Tennis serve	253	Javelin	25
5	Handball	450	Javelin	391.7	Baseball batted	195	Handball	16.6
6	Football throw	400	Handball	307.1	Lacrosse	179	Football kick	14.3
7	Football kick	400	Football kick	255.8	Hockey puck	177	Soccer kick	14.3
8	Soccer kick	400	Soccer kick	255.8	Frisbee (disc)	166	Jai Alai	10.9
9	Volleyball	270	Golf drive	216.4	Baseball pitch	163	Football throw	10.7
10	Frisbee (disc)	175	Baseball batted	212.1	Cricket bowl	161	Volleyball	9.9
11	Hockey puck	160	Hockey puck	193.5	Handball	133	Frisbee (disc)	8.1
12	Cricket bowl	157	Frisbee (disc)	185.5	Volleyball	132	Hockey puck	7.9
13	Baseball pitch	145	Volleyball	181.5	Football kick	129	Baseball batted	7.8
14	Baseball batted	145	Lacrosse	176.1	Soccer kick	129	Lacrosse	7.1
15	Lacrosse	143	Cricket bowl	156.9	Table tennis	121	Cricket bowl	7
16	Jai Alai	130	Baseball pitch	147.8	Javelin	113	Baseball pitch	6.6
17	Tennis serve	58	Football throw	143.9	Hammer throw	104	Golf drive	4.5
18	Golf drive	46	Tennis serve	142.9	Football throw	96	Tennis serve	4.1
19	Badminton	5	Badminton	33.5	Discus	90	Badminton	0.6
20	Table tennis	3	Table tennis	1.5	Usain Bolt	45	Table tennis	0.1

<https://engaging-data.com/kinetic-energy-sports/>

ملحق (4)

الوحدات والتحويلات

المصطلح	النظام المتري	النظام البريطاني	التحويل
Length	meter (m)	foot (ft)	1 ft = 0.3048 m
Mass	kilogram (kg)	slug	1 slug = 14.59 kg
Time	second (s)	second (s)	1 s = 1 s
Force	newton (N = kg × m/s ²)	pound (lb = slug × ft/s ²)	1 lb = 4.448 N
Pressure	pascal (Pa = N/m ²)	pounds per square inch (psi = lb/in ²)	1 psi = 6895 Pa
Energy	joule (J = N × m)	foot pounds (ft-lb)	1 ft-lb = 1.356 J
Power	watt (W = J/s)	horsepower (hp)	1 hp = 7457 W

ملحق (5)

تعريفات وقوانين ميكانيكية

1. البايوميكانيك (Biomechanics): علم يبحث في حركة جسم الانسان او الحيوان او النبات او بعض الأجزاء بطريقة موضوعية ملموسة سواء على سطح الارض او في الماء او في الفضاء بهدف تحديد التكنيك المثالي للحركة ، كما يهتم بدراسة حركة الانسان تحت شروط بيولوجية تشريحية.
2. ديناميكية الحركة (Dynamic Movement): وهو تأثر الحركة بالقوى الداخلية او الخارجية فعندما تتأثر الحركات بقوى الجاذبية ووضع مركز ثقل الجسم والقوة الناتجة من الانقباض العضلي ترتبط بأسس الميكانيكا وقوانينها.
3. الاستاتيک (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.
4. الكينماتيک (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 .
5. الكينماتيک (Kinetic): وهو العلم الذي يدرس القوى التي تسبب الحركة وأنه يصف حركة الاجسام من جوانب الوزن والكتلة والزخم والقوة والشغل والطاقة.
6. التحليل الحركي (Movement Analysis): هو تناول الظاهرة الحركية المراد دراستها بعد تجزئتها الى عناصرها الأولية الاساسية المؤلفة لها وقد يكون التحليل تشريحيًا ، فسيولوجيًا ، كيميائيًا ، نفسيًا ، تربويًا ، ميكانيكيًا.
7. التحليل النوعي (Quality Analysis): هو تحليل يعتمد على الملاحظة البصرية او الفديوية والحكم من خلال تقييم الأداء بالوصف والتعرض الى نقاط القوة والضعف فمثلا يوجد ميلان زائد او زاوية الطيران قليلة او ارتفاع الطيران غير كافي ويمكن ان يعتمد على نتائج التحليل الكمي في وصف الأداء.

8. 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.
9. الحركة (Movement): وتعني هي انتقال الجسم أو أي جزء منه من مكان إلى مكان آخر وباتجاه معين.
10. الحركة المنتظمة أو الثابتة (Constant Movement): وهي الحركة التي يقطع الجسم فيها مسافات متساوية في أزمنة متساوية ، أي يتحرك بمعدل سرعة ثابتة بحيث لا يحدث تغير في سرعته .
11. الحركة غير المنتظمة (Non-Constant Movement): وهي الحركة التي يقطع فيها الجسم مسافات غير متساوية في أزمنة متساوية ، وتقسم إلى : حركة بتعجيل ثابت (تزايدى أو تناقصى) ، حركة بتعجيل متغير (تزايدى أو تناقصى).
12. الحركة الخطية (Linear Motion): وفيها يتم انتقال الجسم أو مراكز ثقله أو أجزائه من وضع إلى آخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية متوازنة خلال انتقالها وان سرعة هذه الأجزاء متساوية وتحدث في خط مستقيم.
13. الحركة الدائرية (Rotation Motion): وهي الحركة التي يسير بها الجسم بشكل دائري حول محور داخل الجسم أو محور خارجه بحيث يرسم الجسم ككل أو مراكز ثقله أو أجزائه مسارات وخطوط دائرية ذات أنصاف أقطار غير متساوية وان أجزاء الجسم تنتقل هنا بسرعات مختلفة تبعا لاختلاف بعدها عن محور الدوران.
14. السرعة (Speed): هي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن .
15. السرعة المتجهة (Velocity): هي الإزاحة المقطوعة في وحدة الزمن .
16. السرعة اللحظية أو اللآنية (Instantaneous Velocity): أقل مسافة ممكنة في أقل زمن ممكن .
17. المحصلة (Result): هو مقدار القيمة الناتجة من جمع أو طرح متجهات للسرعة أو القوة سواء كانت على خط مسار واحد أو متعامدة أو تشكل زوايا بينها.

18. التعجيل (Acceleration): هو التزايد او التناقص في السرعة ، وقد يكون التعجيل موجب (تصاعدي) او سالب (تناقصي) ، وقد يكون منتظم او غير منتظم .

19. السرعة الزاوية (Angular Velocity): هي معدل الانتقال الزاوي للجسم في وحدة الزمن.

20. السرعة المحيطية (Circumferences Speed): هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط دائرة الى الزمن المستغرق .

21. الزاوية نصف القطرية (Radian): هي الزاوية المقابلة لقوس الدائرة الذي قطعه الجسم في حركته والذي يساوي طوله نصف قطر الدائرة .

22. المقذوف (Projectiles): جسم حر الحركة في الهواء انطلق بتأثير قوة .

23. المقذوفات الرأسية (Vertical Projection): هي المقذوفات التي تأخذ المسار العمودي (راسي).

24. المقذوفات الأفقية (Horizontal Projection): هي المقذوفات التي تحدث مسارا أفقيا .

25. العتلات او الروافع (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 :

26. القوة (Force): وتعني كل ما يغير او يحاول ان يغير من شكل الجسم او حالته الحركية مقدارا او اتجاهها.

27. القوة المركزية (Centripetal Force): وهي القوى التي تحاول الحد من تأثير القوى اللامركزية (الطاردة) ، أي التي تسحب الجسم الى مركز الدوران .

28. القوة الطاردة (Centrifugal Force): وهي القوة الناتجة من حركة الجسم بشكل دائري والتي تعمل على سحب الجسم الى الخارج بعيدا عن المركز .

29. النيوتن (Newton): قوة اذا أثرت على جسم كتلته 1 كيلوغرام اكسبته تعجيلا مقداره 1م/ثا².

30. الداين (Dine): قوة اذا أثرت على جسم كتلته 1 غرام اكسبته تعجيلا مقداره 1سم/ثا².

31. الشغل (Work): لو أثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تأثير القوة فإنه يكون قد انجز شغلا ويقاس بالجول.

32. القدرة (Power): وهي الشغل المنجز في وحدة الزمن ، وتقاس بالواط .

33. الطاقة (Energy): هي قابلية الجسم على انجاز شغل، وينص القانون العام للطاقة بأنه الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تتحول من شكل الى اخر.

34. الطاقة الحركية (Kinetic Energy): وهي الطاقة المسببة للحركة في الجسم.

35. الطاقة الكامنة (Potential Energy): وهي الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثناء الثبات (طاقة ميكانيكية) ويعبر عنها :

36. 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.

37. معامل الاحتكاك (Friction coefficient): هي ناتج قسمة قوة الاحتكاك على مقدار الضغط الذي يسلطه الجسم على السطح . وان معامل الاحتكاك يختلف اذا كانت الجسم ساكناً او متحركاً ، فاذا كان الجسم في حالة الثبات عندئذ يكون معامل الاحتكاك اكبر مما لو كان الجسم في حالة حركة .

38. 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 اجزائه وهذا يتوقف على مقدار كتلة الجسم وبعده عن المحور.

39. التصادم (Impact): أي جسم في حالة حركة عند ملامسة لجسم اخر سواء كان كامناً او متحركاً تطلق عليه التصادم.

40. الزخم (Moment): عبارة عن كمية الحركة التي يمتلكها الجسم اثناء حركته وقانونه (الكتلة × السرعة).

41. عزم الدوران (Torque of Rotations): 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 .
42. دفع القوة (Impact): هي القوة التي تؤثر في فترة زمنية معينة.
43. زاوية السقوط (Angle of Incidence): 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.
44. قانون الجاذبية الأرضية (Law of Gravity): كل كتلة في الكون تجذب أي كتلة أخرى بقوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسيا مع مربع البعد بين مركزيهما.
45. التوازن والسكون (Static): 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.
46. الوزن النوعي (Quality Weight): من حيث العلاقة بين وزن الجسم ومقدار ما يزيحه من الماء نتيجة انغماره .
47. الضغط (Pressure): اذا أثرت قوة في جسم وكانت نقطة تأثيرها أي المساحة التي يقع عليها التأثير الفعلي للقوة صغيرة فأن 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 .
48. ثلاثي الابعاد (Three Dimension): ويدرس الجسم من خلال ثلاثة محاور وهي المحورين (X ، Y) الافقيين والمحور العمودي (Z).

(207)

49. الكينماتيك احادي البعد (One-Dimensional Kinematics): ويهتم بكل المواضيع التي تخص المسافة والازاحة والسرعة والتعجيل وتحليل المركبات والاتجاهات في احد البعدين الافقي او العمودي
50. الكينماتيك ثنائي البعد (Two-Dimensional Kinematics): ويهتم بكل المواضيع التي تخص المقذوفات والمحصلة والحركة في البعدين الافقي والعمودي.

البايوميكانيك والرياضة

الطبعة الأولى
2023

Biomechanics and Sports

Prof. Dr. Hussein Mardan Omer

كتب للمؤلف

- الإحصاء المتقدم في العلوم التربوية والتربية البدنية مع تطبيقات SPSS - الطبعة الاولى (2006)
- الإحصاء الرياضي في الاكسل - الطبعة الاولى (2010)
- البايوميكانيك في الحركات الرياضية - الطبعة الأولى (2011)
- الإحصاء التحليلي بين النظرية والتطبيق - الطبعة الأولى (2011)
- البايوميكانيك في الحركات الرياضية - الطبعة الثانية (2018)
- مواضيع في البايوميكانيك - الطبعة الأولى (2019)
- مواضيع في البايوميكانيك - الطبعة الثانية (2021)

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق ببغداد (1156) لسنة (2023م)

ISBN

Biomechanics and Sports

