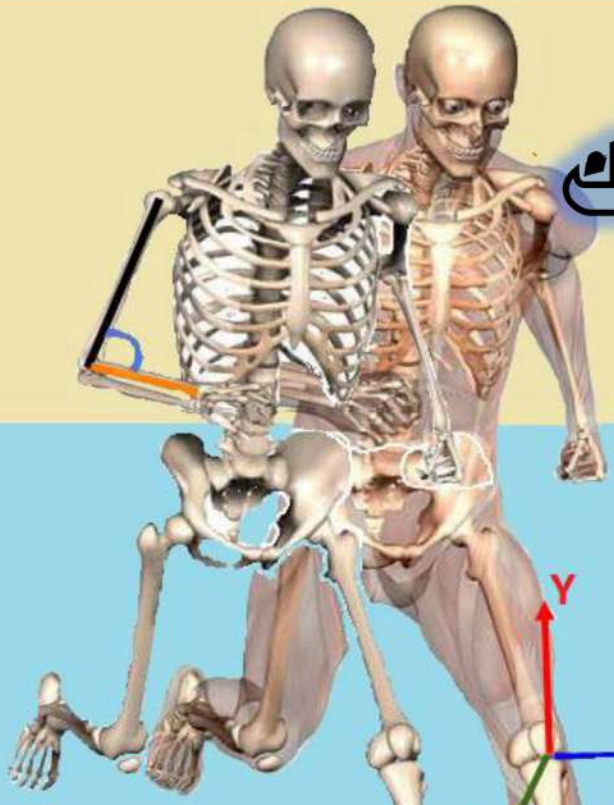
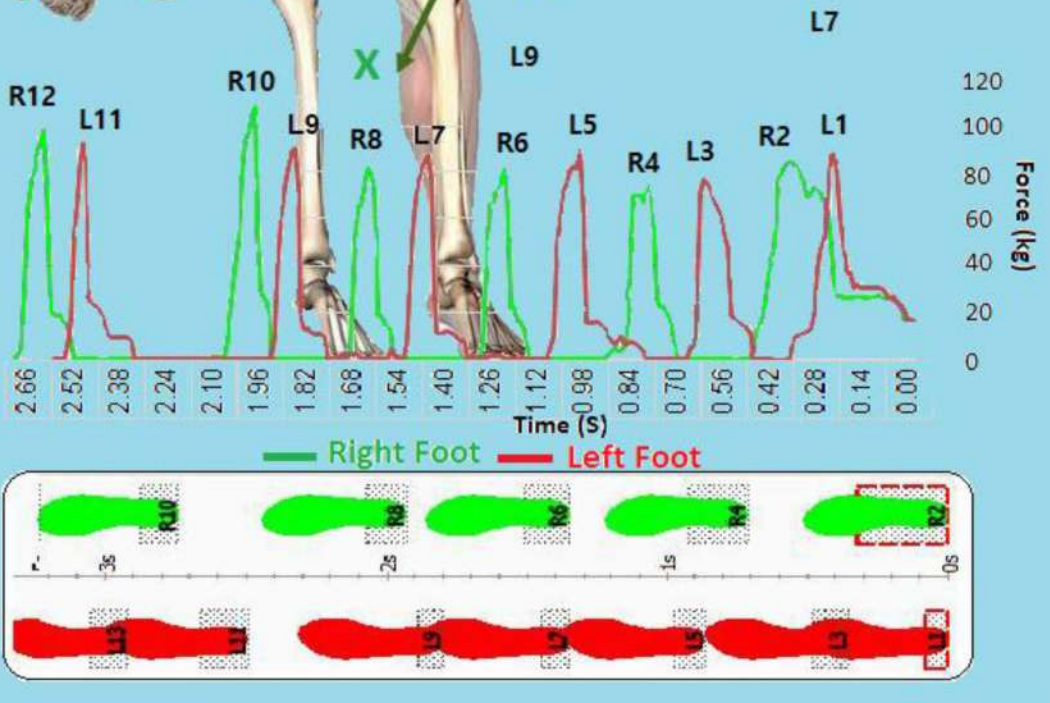
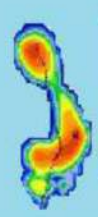
البايوميكانيك والرياضة



الطبعة الأولى 2023

تأليف
الأستاذ الدكتور
حسين مردان عمر





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

البايوميكانيك 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

الايميل: center.printer2009@gmail.com

جميع حقوق الملكية الأدبية والفنية محفوظة للمؤلف ويحظر طبع أو تصوير أو ترجمة أو إعادة تنضيد الكتاب كاملاً أو مجزءاً 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 ابتداءاً 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 عبدالباقي دايخ	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 مطلك بدر	جامعة المستنصرية – كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

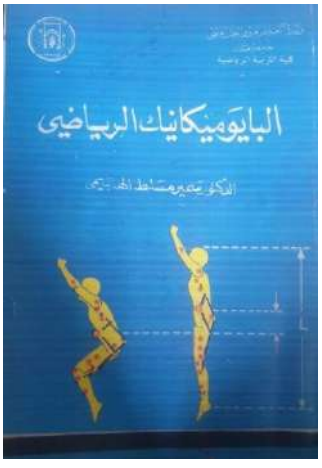
الأستاذ الدكتور
حسين مردان عمر
2023/05/01

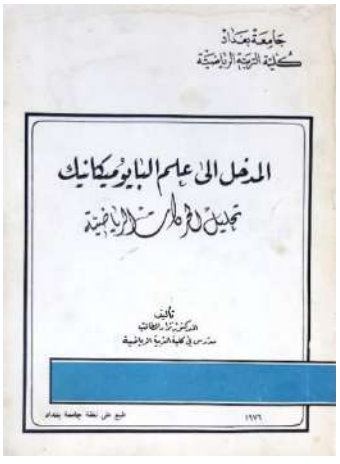
المقدمة

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 (البايوميكانيك 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

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

المحتويات

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

المحتويات

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

المحتويات

المواضيع	الصفحات
المبحث السادس (الطاقة)	145
المبحث السابع (التصادم والارتداد)	151
أولا) حساب متوسط قوة التصادم	159
ثانيا) زاوية التصادم وزاوية الارتداد	161
ثالثا) أهمية دراسة القوة والدقة والارتداد	163
المبحث الثامن (الاتزان والتوازن)	165
أولا) زاوية السقوط	166
ثانيا) العوامل المؤثرة في الاتزان	167
ثالثا) انواع الاتزان وفقا لموضع مركز ثقل الجسم	167
رابعا) قياس درجات ثبات الاجسام	168
الباب الثالث (التحليل البايوميكانيكي)	169
الفصل الأول	169
المبحث الأول (ادوات واجهزة البايوميكانيك والتحليل الحركي)	169
أولا) اللواصق الفسفورية	170
ثانيا) الكاميرات	170
ثالثا) مقاييس الرسم	171
رابعا) الأجهزة والتقنيات الحديثة	171
خامسا) جهاز قياس القوة (منصة قياس القوة)	171
سادسا) جهاز قياس الضغط تحت القدمين	172
سابعا) أجهزة قياس التوازن	172
ثامنا) أجهزة قياس النشاط الكهربائي للعضلات	173
تاسعا) أجهزة قياس السرعة	173
عاشرا) أجهزة قياس حركات الجسم بتقنية ثلاثي الابعاد	174
حادي عشر) أجهزة قذف الكرات	174
المبحث الثاني (برامج التحليل الحركي)	175
الفصل الثاني (التحليل البايوميكانيكي لبعض الفعاليات الرياضية)	179
المبحث الأول (التحليل البايوميكانيكي للانطلاق من مسندي البداية)	179
المبحث الثاني (تحليل اختبار الوثب العمودي من الثبات)	185

المحتويات

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

الباب الاول

الفصل الأول

مبادئ أساسية

المبحث الاول

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 (323–284ق.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 الة 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 الالعاب الاولمبية فقد عقدت اول دورة ألقيت فيها محاضرات

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

تطور علم البايوميكانيك والتحليل الحركي في جمهورية العراق بعد اسـتخدام تقنيات العرض البطيء للحركات الرياضـية باسـتخدام كاميرات سـينمائية بسرـعة (64صـورة/ثانية) كان التحكم بسرـعتها ميكانيكية عن طريق (زنبرك أي نصـب) وكان (عبدالجليل إبراهيم) التدريسيـ من المعهد الفني قسـم السـمعية والبصرـية سـنة (1985) تقريبا هو المصـور المعتمد ، وتم تخصـيص مختبر البايوميكانيك بإشراف المرحوم الدكتور (صـائب عطية العبيدي) سـنة (1986) لغرض تدريب طلبة الماجسـتير بتحليل الحركات الرياضـية من الأفلام السـينمائية ، واحتوى المختبر على جهاز (لارجر) مكبر للصـور السـينمائية يتم اسـقاط الصـورة وهي مكبرة على لوحة خشـبية بيانية ، وكانت أولى الدراسـات هو رسـالة الماجسـتير للطالب (جاسـم محمد نايف الرومي) وبإشراف (الأسـتاذ الدكتور عبد علي نصـيف) سـنة (1986) في جامعة بغداد بعد ان تم تحليل مسـار الحركات فوق الحواجز كجزء من برنامج للتعلم الحركي ، كما تم تحليل مسـار مهارة قفزة اليدين الامامية على حصـان القفز للطالب (عبدالواحد لازم) ، وبتاريخ (1988) تم تحليل حركة لاعبي المنتخب الوطني العراقي في ركض (110متر حواجز) للطالب (حسـين مردان عمر) وبإشراف (الاسـتاذ الدكتور قاسم حسن حسين) وتم استعمال تقنية العرض البطيء للأفلام السينمائية والتحليل على جهاز (الميفيولا) للإنتاج السـينمائي واسـتخدام الحاسـوب لأول مرة في تحليل الحركات وإيجـاد القيم الكينمـاتيكيـة للاعبين اثنـاء اجتيـازهم للحواجز ، وقـد كـان البرنامج المصـمم يعرض على شـاشـة الحاسـوب أجزاء الجسـم ومفاصـله على شـكل عصـيات (شـكل تخطيطي) ويحسـب مسـاره وسرعته وتعجيله وزوايا أجزاء الجسـم وسرعته الزاوية ثم يطبعه على ورقة باسـتخدام طابعة الراسـم ، وكان البرنامج يحتوي على محاكاة الزوايا بلغة البيسك.

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

(3)

الاثقال الى القرص الصلب للحاسوب لطالب الدكتوراه (سعد نافع الدليمي) وبإشراف (الأستاذ الدكتور وديع ياسين التكريتي) ، اذ تم تقطيع الفيديو الى صور متسلسلة يدويا ، وحدثت نقلة نوعية من خلال استخدام برنامج (الاوتوكاد 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 (25صورة/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.

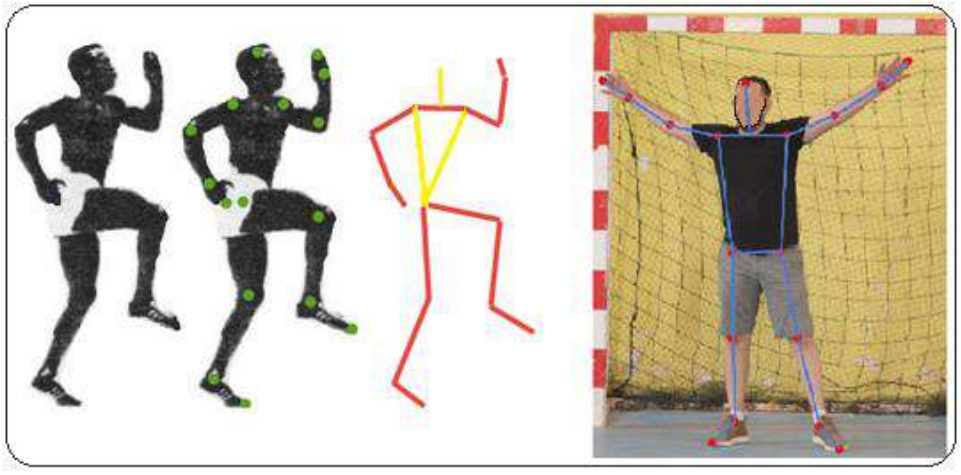
(4)

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 بالبعض الاخر وحسب تسلسل 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

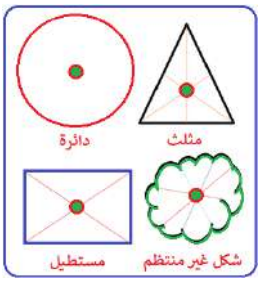
مركز كتلة الجسم ومركز ثقل الجسم

كل جسم فيه نقطة تتزن 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 الموجدة في اليمين ستساوي وزن الأجزاء الموجود 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 ادرنا عجلة (قرص الروليت العمودي) المنتظمة فإنها في كل مرة ستقف عند رقم مختلف ويبقى مركز دورانها ثابتة اما اذا علقنا ثقلا بسيطاً في احد ارقامها فان العجلة ستتوقف عند نفس الرقم أي ان الجزء الاثقل سيكون قريبا من الأرض دائما وسيكون مركز ثقلها في جهة الثقل ، ولذلك نرى ان الاجسام تتعامل مع مراكز اثقالها اكثر من تعاملها مع مراكز كتلها ، **(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.

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 ، و**يعبر 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 تتزن 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.

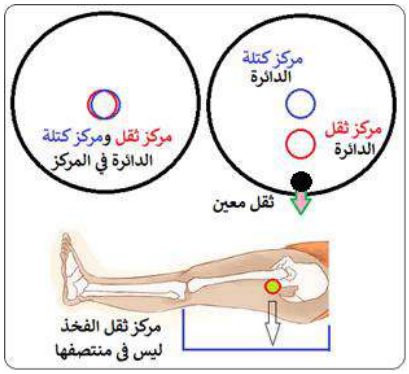
مركز الكتلة لا يتغير عند تغير الجاذبية ولكن مركز الثقل يتغير عند تغير الجاذبية ، فالكتلة تبقى ثابتة على الأرض والقمر لأنها مقدار ما يحتويه الجسم من مادة ، ولكن مركز الثقل سيتغير وفقا لتغير الجاذبية على القمر .



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

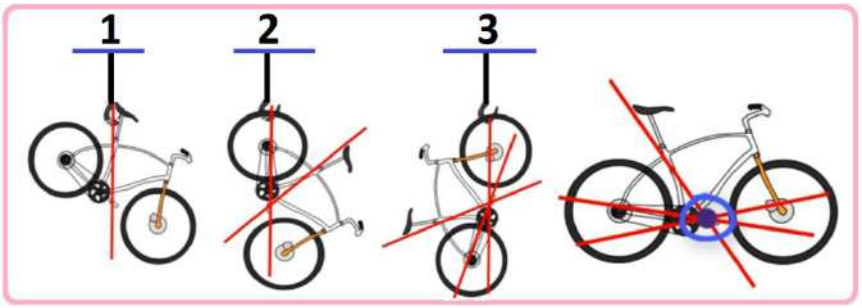


شكل (1-3) يوضح قرص الروليت العمودي



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

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.

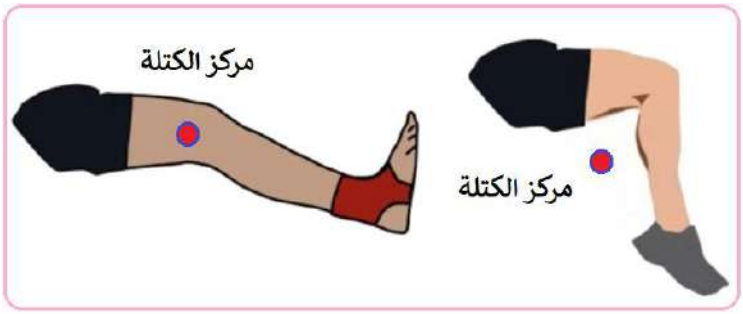


شكل (1-5) يوضح طريقة إيجاد مركز الثقل والكتلة للأجسام غير المنتظمة بطريقة التعليق



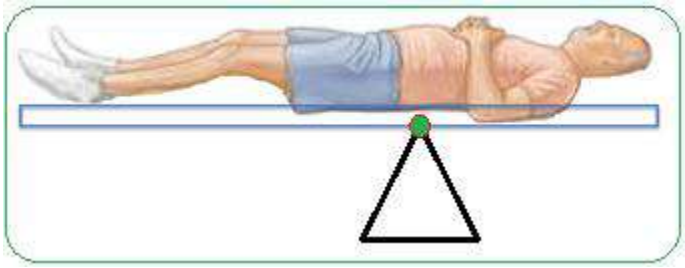
شكل (1-6) تغير موقع مركز كتلة الجسم بعد وضع الطرف التعويض

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.



شكل (1-7) 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 (1نيوتن = 1كغم.م/ثا^2) وهي نفس وحدة القوة ، وكتل الاجسام تقع تحت تأثير الجذب الأرضي البالغ (9.81كغم.م/ثا^2) وهذا يعني ان (الوزن = الكتلة × 9.81).



شكل (1-8) يوضح مركز ثقل الجسم

الابعاد والاوزان النسبية لاتزان اجزاء الجسم

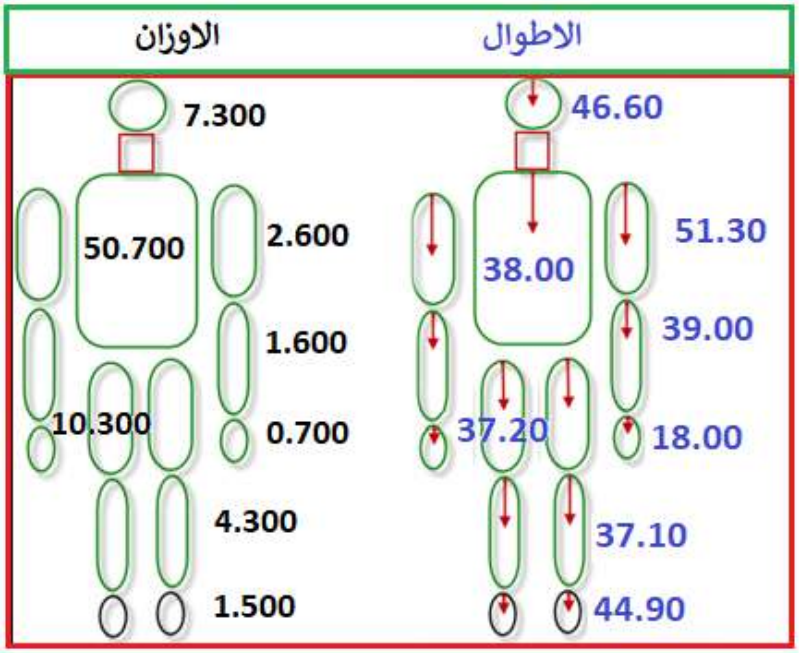
وفقا للعديد من الدراسات على الجثث توصل العلماء في هذا المجال الى موقع اتزان كل عظم من عظام جسم الانسان وكل كتلة مربوطة بمجموعة عظام كالرأس والجذع والكف والقدم وأدناه جدول اتزان هذه العظام علما ان الكتلة الافتراضية في الجدول هو (100كغم) والنسب من أصل (100سم).

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 يمنى	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 يمنى	1.500	44.90	0.152
14	قدم يسرى	1.500	44.90	0.152

اذ نجد في هذا الجدول ان الكتلة الحقيقية محســـوبة 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



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

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

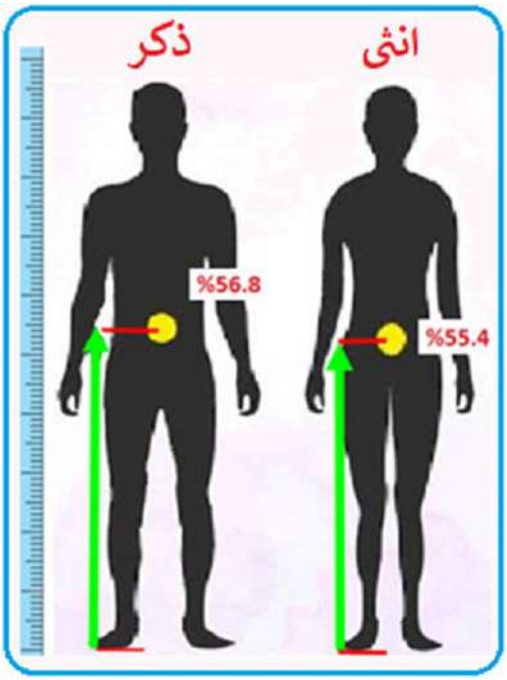
كتلة الشخص	الكتلة النسبية للفخذ
100	10.300
75	س

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

وبما ان الابعاد النسـبية المعروضـة في الجدول هي مثال لأجزاء طولها (100 سـم) فان النسبة والتناسب يؤدي الغرض المطلوب ووفقا لما يأتي:

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

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 أدني من الرجال بسبب الوضع التشريحي المتمثل بكبر الحوض لغرض الحمل.



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

مثال: شخص طوله 170سم جد طول ساقه

طول الساق= 170×0.246

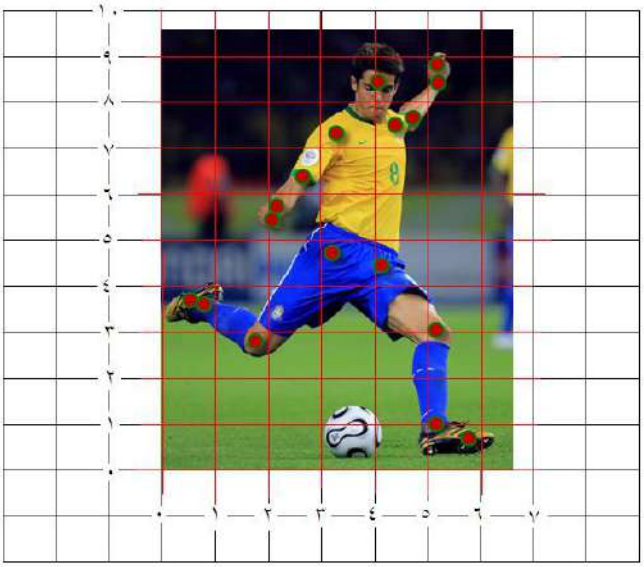
=41.82 سم

مثال: عين مركز كتلة الجسم في الشكل ادناه:



صورة طبيعية لاحد لاعبي كرة القدم الصورة على الورق البياني

شكل (1-11) صورة احد لاعبي كرة القدم



شكل (1=12) 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

والكف اليسار وتكون النقطة في منتصف الكف طولا وعرضا ، القدمين اليمين واليسار وتكون النقطة على منتصف القدم طولا وعرضا)

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 × البعد الافقي (كغم×سم)	الكتلة الحقيقية × البعد العمودي (كغم×سم)
1	الرأس والرقبة	7.3	6.21	46.6	4	8.5	24.82	52.74
2	الجذع	50.7	43.1	38	3.8	6.5	163.76	280.12
3	عضد أيمن	2.6	2.21	51.3	3	6.6	6.63	14.59
4	عضد أيسر	2.6	2.21	51.3	4.5	7.5	9.95	16.58
5	ساعد أيمن	1.6	1.36	39	2.4	5.9	3.26	8.02
6	ساعد أيسر	1.6	1.36	39	5	8	6.8	10.88
7	يد يمنى	0.7	0.6	18	2.1	5.5	1.25	3.27
8	يد يسرى	0.7	0.6	18	5.1	8.8	3.03	5.24
9	فخذ أيمن	10.3	8.76	37.2	2.5	4	21.89	35.02
10	فخذ أيسر	10.3	8.76	37.2	4.5	3.8	39.4	33.27
11	ساق أيمن	4.3	3.66	37.1	1.4	3.4	5.12	12.43
12	ساق أيسر	4.3	3.66	37.1	5.1	2	18.64	7.31
13	قدم يمنى	1.5	1.28	44.9	0.5	3.6	0.64	4.59
14	قدم يسرى	1.5	1.28	44.9	5.6	0.7	7.14	0.89
	المجموع						312.32	484.94
	المجموع بعد قسمتها على 100						3.12	4.85

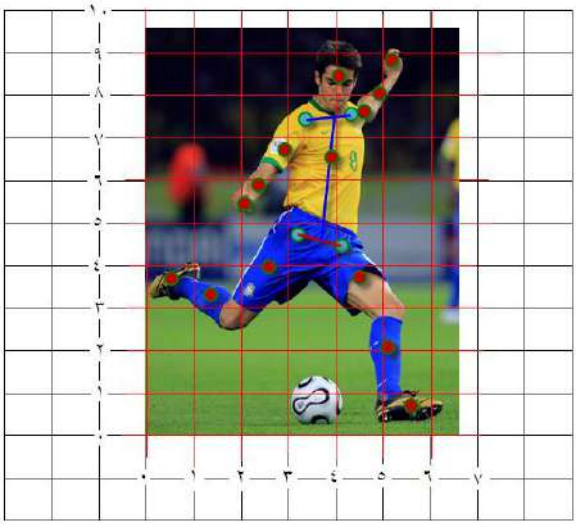
* ايجاد مجموع (الوزن الحقيقي × البعد الافقي) = 312.32

* استخراج نقطة البعد الافقي = 312.32 ÷ 100 = 3.12 تقريباً

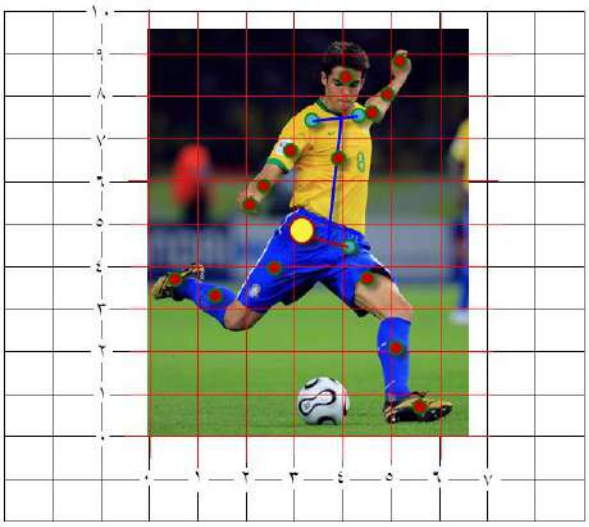
* ايجاد مجموع (الوزن الحقيقي × البعد العمودي) =484.94

* استخراج نقطة البعد العمودي = 484.94 ÷ 100 = 4.85 تقريباً

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



شكل (1-13) النقاط على مراكز كتل الأجزاء



شكل (1-14) 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 تقيم حالة الأداء بالدرجات ويمكننا استخدامه لاحقاً لتقرير حالة الأداء الجيد او حالة الأداء الغير السوي كأمراض محدودية 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:

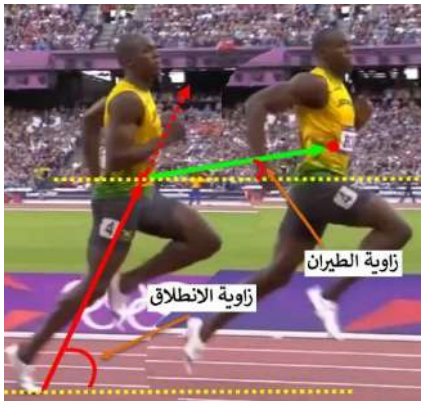
1- جزء الجسم : وهي تلك الزوايا التي تتشكل بين ضلعين أحدهما المحور الطولي لجزء الجسم والأخر محور عمودي او افقي وهمي قائم على المفصل العلوي من الجزء ومثال ذلك (زاوية العضد فالمحور الطولي للعضد يشكل الضلع الأول والخط العمودي الوهمي القائم على مفصل الكتف يمثل الضلع الاخر) ، وهي زوايا تشريحية وطبية وقد تقرأ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

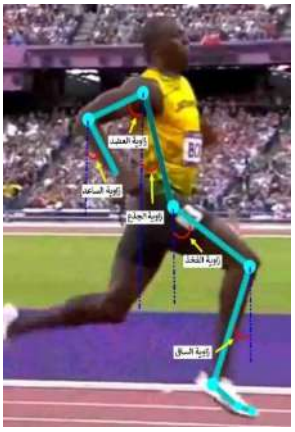
2- نقطة الجسم : وهي الزوايا التي تشكلها نقطة معينة من الجسم او نقطة في مركز أداة مثل كرة القدم او القرص او مركز ثقل الجسم في موقعين مختلفين من الحركة ومن امثلتها زاوية انطلاق الكرة فاحد اضلاع الزاوية الخط الواصل بين موقع الكرة قبل كسر اتصالها مع القدم والموقع الاخر بعد تركها للقدم او الأرض لمسافة محددة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

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 الاخر هو الخط العمودي او الافقي الوهمي القائم على نقطة الاستناد.



شكل (1-16) يوضح بعض زوايا الجسم







الزوايا النسبية جزء الجسم نقطة الجسم و استناد الجسم

شكل (1-15) 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

اولاً) الرياضيات

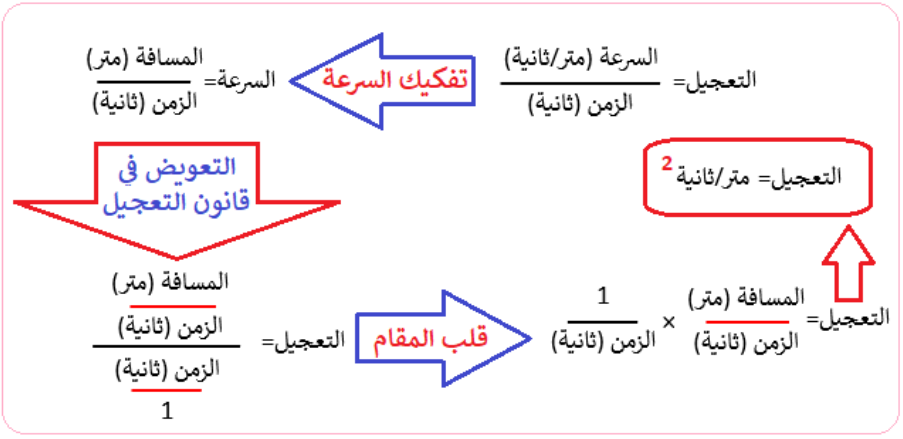
فالأسبقيات في الرياضيات هي (تربيع القيم ثم حل الاقواس ثم عمليتي الضرب او القسمة بحسب ظهورها في المعادلة ثم عمليتي الجمع والطرح حسب أولوية ظهورهما ثم رفع الجذر إذا تواجد) وهناك إجراءات أخرى ولكننا لا نحتاج الى أكثر من ذلك ، اما عمليتي النقل من المقام الى البسط فتخضع الى قلب المقام عند رفعها الى البسط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

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

س=6×2+12÷3-2	س=6÷2+12×3-2	س=(2+3)×6-3×2	س=(2+3)×2^2-2×2
س=12+12÷3-2	س=3+12×3-2	س=(5)×6-3×2	س=(2+3)×4-2×2
س=12+4-2	س=3+36-2	س=15-6×2	س=5×4-2×2
س=16-2	س=39-2	س=15-12	س=10-4×2
س=14	س=37	س=3	س=10-8
			س=2

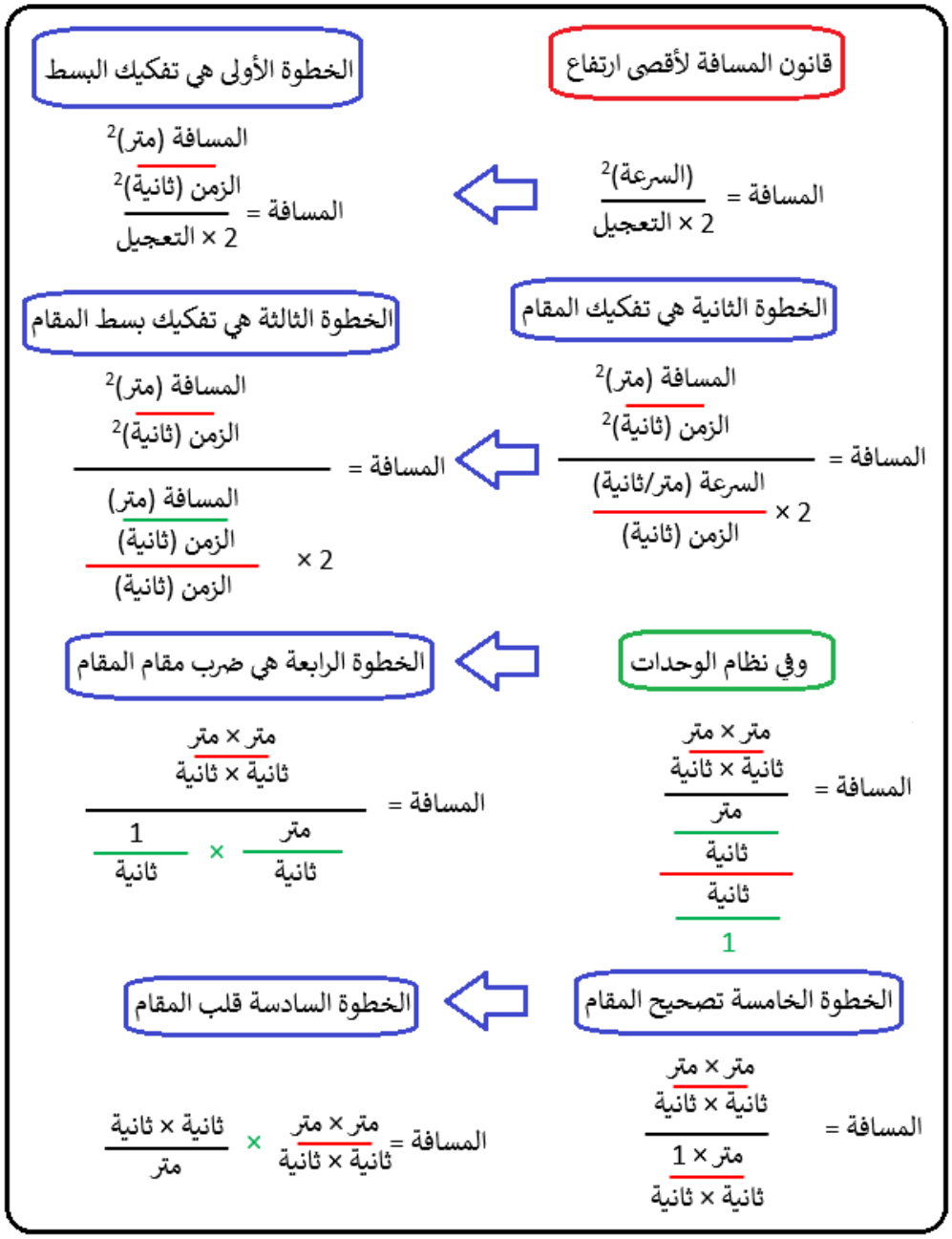
اما عمليات النقل من المقام الى البسط فنعطي الأمثلة الاتية:

فاذا كانت السرعة تساوي المسافة على الزمن والتعجيل يساوي السرعة على الزمن وإذا علمنا ان وحدة التعجيل هي م/ثا^2



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

ومن خلال الشـــكل فإننا نلاحظ في الخطوة الأولى تم تفكيك البســـط وان المقام كان متكون من مصطلح واحد مما يعني ان مقامه واحد صحيح ليس له وحدة وفي الخطوة الثانية تم نقل المقام الى البســط ولاحظ انه عند النقل تم قلب البســط والمقام ، وللتأكد من النتيجة النهائية فان وحدة التعجيل هي (متر/ثانية^2).



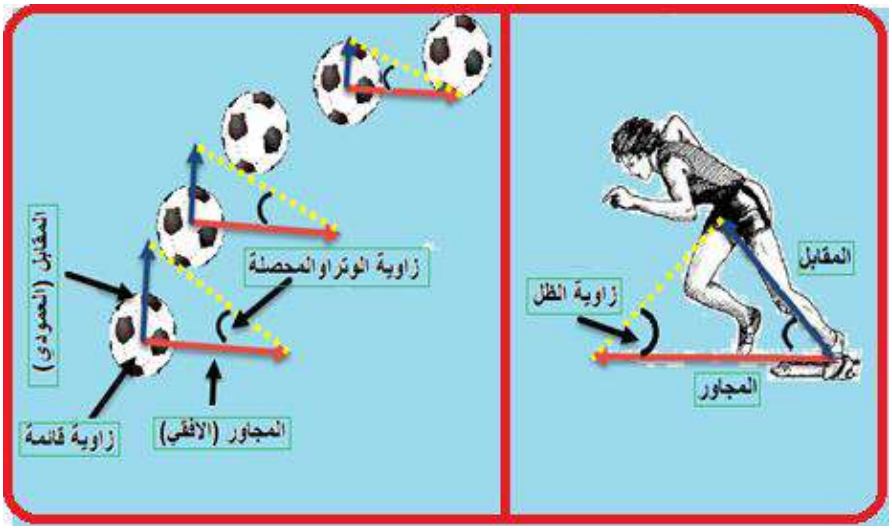
شكل (1-18) يوضح وجود أكثر من عمليات في التفكيك وقلب المقام

يتم اختصـار الزمن مع الزمن والمسـافة مع المسـافة فتبقى الوحدة (متر) وهي وحدة المسافة

ثانياً) المثلثات (الجيب والجيب تمام والظل والجداول)

لو افترضـــنا ان لاعب كرة القدم في ضربة الجزاء ركل الكرة الى الزاوية العليا اليمنى لحارس المرمى ، مما يعني ان الكرة طيلة فترة انتقالها تســـير الى الامام والاعلى وتســـتمر بهذا المنوال مما يعني انها ترســـم في كل مرة ســـهمين احدهما افقي والأخر عمودي او قطري ، وفي كل الاحوال يمكن رسم مثلث بحيث نحدد زاوية وهذه الزاوية تكون امامها ضـلع نسـميه المقابل وبجانبها ضـلع نسـميه المجاور ، واذا كانت هناك زاوية قائمة فالضـــلع القطري هو المحصـــلة او الوتر ، وقد لا تكون اية زاوية قائمة في المثلث ، فهناك ثلاثة قوانين في هذه المثلثات نسـتطيع بموجبها معرفة القيم الرقمية لهذه الأســـهم 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 ليســـت فيها زاوية قائمة ، ولهذه القوانين جداول نرجع اليها لغرض إيجاد قيمة الزاوية.

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



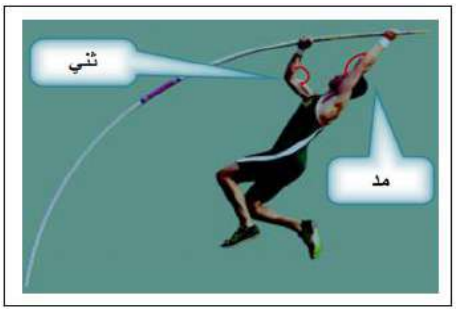
شكل (1-19) المقابل والمجاور والافقي والعمودي في الصور الرياضية

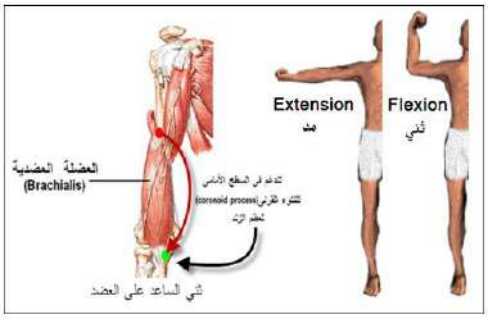
المبحث السادس

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.





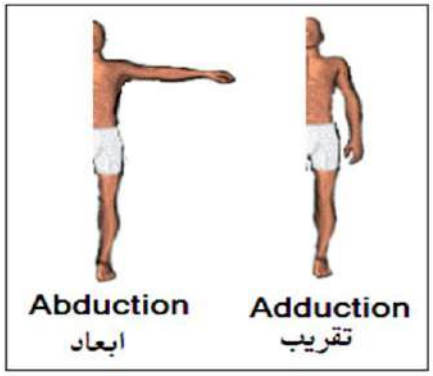
شكل (1-20) العضلات العاملة عند حركتي المد والثني (فعالية القفز بالعصا)

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



شكل (1-21) العضلة ذات الرؤوس الثلاث العضدية

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



شكل (1-22) حركتي الابعاد والتقريب

4- الابعاد : 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.



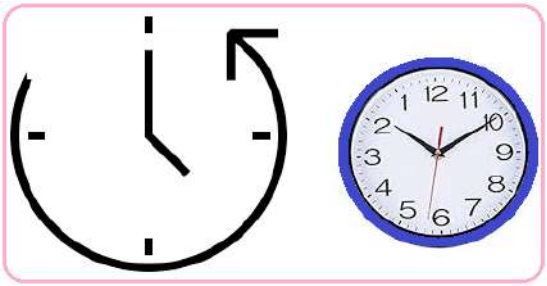
شكل (1-23) حركتي العضلة المنحرفة المربعة

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

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 ، التبعيد ، المد والتقريب ، الرفع والخفض مثل حركات الدورات في رقص الباليه او الرقص الايقاعي على الجليد.



شكل (1–24) الدوران بعكس عقرب الساعة

(26)

المبحث السابع

المحاور والمسطحات

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

1. الإحساس بالحركة (بعض المهرات 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:

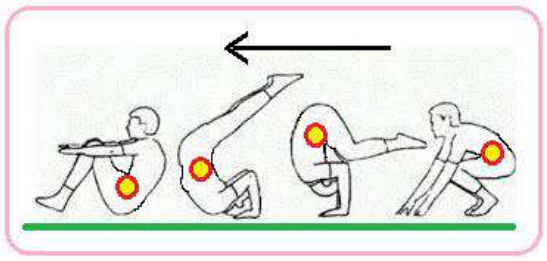
1- المحور الطولي (Longitudinal axis) : وهو المحور الذي يمكن تمثيله بخط عمودي وهمي يخترق الجسم من اعلى الرأس ويستقر على الأرض بين القدمين ، ويدور الجسم حوله ومثال ذلك الدوران حول الجسم في الجمناستك او في فعالية رمي القرص او المطرقة ....وغيره)

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.

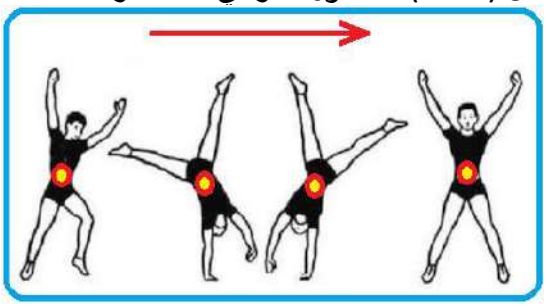
3- المحور العميق (Anteroposterior axis) : وهو المحور الذي يمكن تمثيلـه بخط افقي وهمي يخترق البطن ويخرج من الظهر أي يخترق الجانب الامامي ويخرج من الجانب الخلفي ، ويدور الجسـم حوله ومثال ذلك العجلة البشرية.



شكل (1-27) دوران حول المحور الطولي



شكل (1-25) المحور العرضي - الدحرجة الامامية



شكل (1-26) المحور العميق - العجلة البشرية

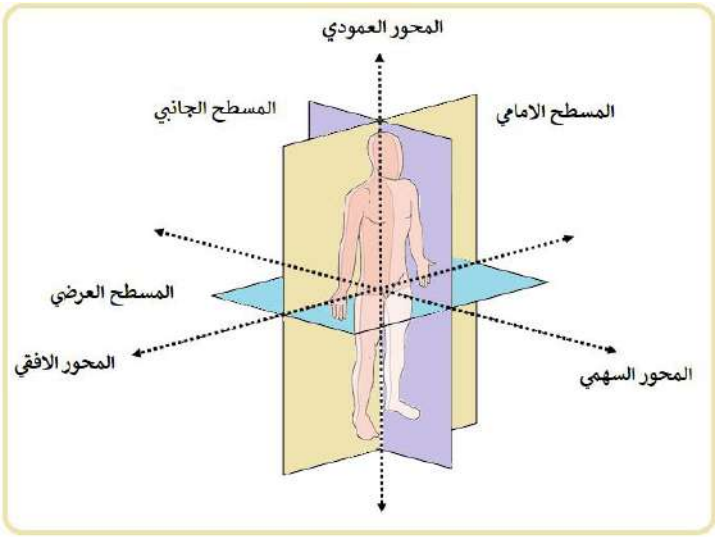
ثانياً) المستويات او المسطحات التي تدور حولها الحركة

اســتنادا الى أبعاد الحركة او محاورها فان الحركة تحدث في ثلاثة مستويات وهي:

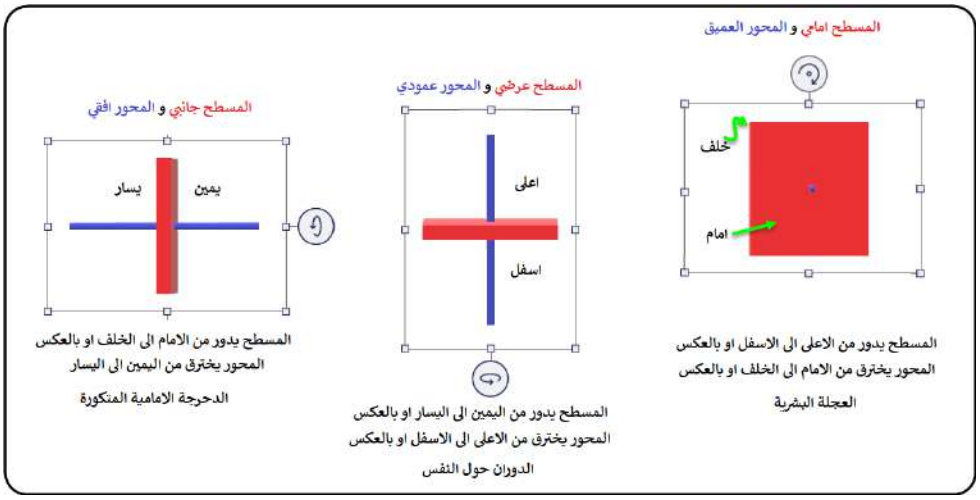
1- المســتوى (المســطح) الأمامي (Frontal plane) :هو المســتوى الذي يقســم الجســم الى قســمين متســاويين أحدهما أمامي والآخر خلفي.

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

3- المســتوى (المســطح) الجانبي (Profile plane) : هو المســتوى 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 أماما خلفا يحدث حول المحور الافقي ، وفي المستوى الجانبي.
- ثني الرقبة يمينا ويسارا 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)

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

شكل (1-30) حركات الرقبة في المحاور والمسطحات

المبحث الثامن

الحركـــة

يطلق على جســـم انه في حالة حركة من وجهة نظر البايوميكانيك عندما يغير مكانه خلال فترة زمنية ، ويدلل على حدوث الحركة بالمقارنة نسـبة الى ثبات او حركة الاجسـام في محيطه ويتم قياس أثر الحركة بالمقدار من خلال مصـطلح المسـافة او الزاوية او الاثنان معا في وحدات زمنية وينتج عن هذه الوحدات او المصـــطلحات مقادير للسرعة والتعجيل الخطي والزاوي.

أشكال الحركات :

توصف الحركة في البايوميكانيك بشكلين مهمين هما:

أولا) أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي:

ثانيا) أشكال الحركة من ناحية المسار الزمني:

أولا) أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي:

(1) الحركة بالمسار المستقيم

في هـذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجســـم او مراكز ثقله او أجزاءه من وضـــع الى اخر بحيـث تقطع خطوطـا ومســـارات خطية خلال انتقـالها وان سرعـة هـذه الأجزاء تكون متســـاويـة



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

وتحدث في خط مسـتقيم بالاتجاه الافقي او العمودي. ومن امثلة ذلك المسـار الافقي لمفصـل للورك او الكتف في مسـابقات الدراجة والمسـار العمودي لمفصـل الورك او الكتف في الاستحواذ على الكرة او القفز العمودي للتصويب في كرة السلة.

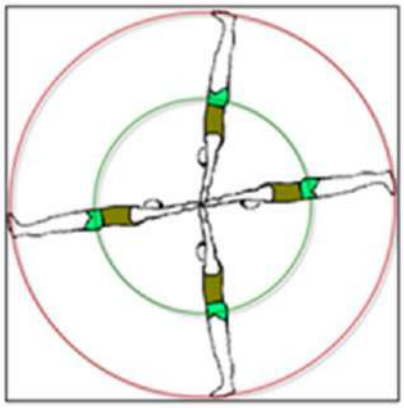
(2) الحركة بالمسار المنحني



شكل (1–32) المسار المنحني لمفصل الورك

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزاءه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية منحنية خلال انتقالها وان سرعة هذه الأجزاء قد لا تكون متساوية وتحدث 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.

(3) الحركة بالمسار الدائري

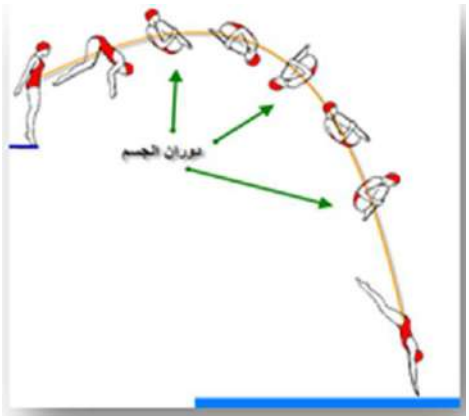


شكل (1-33) الدورة العظمى في الجمناستك

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزاءه 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 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 منحني ، وكذلك مسار مفصل الورك في القفز على حصان القفز فهو شبه مستقيم في سرعة الركضة التقربية ثم منحني الى الارتكاز باليدين على الحصان ثم دائري في حالة اداء دورة خلفية في الهواء وكذلك الغطس في السباحة.



شكل (1-34) فعالية الغطس الى الماء

ثانيا) أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني:

(1) الحركة المنتظمة

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

المسـافات ففي سـباق معين يقطع لاعب (10متر) بزمن (3 ثانية) ثم يقطع (10متر) أخرى بزمن (4 ثانية) وهذا يعني انه اصــبح بطيئاً، او يقطع (10متر) الأخرى بزمن (2 ثانية) أي انه اصــبح سريعاً ، أي يتحرك بسرـعة متغيرة ، اما عند تســاوي الأزمنة فيكون المعيار للمقارنة هو الزمن بتغير المســافة 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 تزايدي (السرعة في اللحظة الأخرى تزداد أي الزمن يقل).
- حركة بتعجيل تناقصي (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 تزايدي)
3- السرعة القصوى (حركة منتظمة)
4- تباطئ السرعة (قد تسـمى بالمحافظة على السرعة القصـوى) (حركة بتعجيل تناقصي)

المبحث التاسع

نسبية الحركة وابعاد الحركة (النظام الاحداثي)

أولا) نسبية الحركة

نسبية الحركة هو مقارنة حركة الرياضيين نسبتاً 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 بطىء 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)

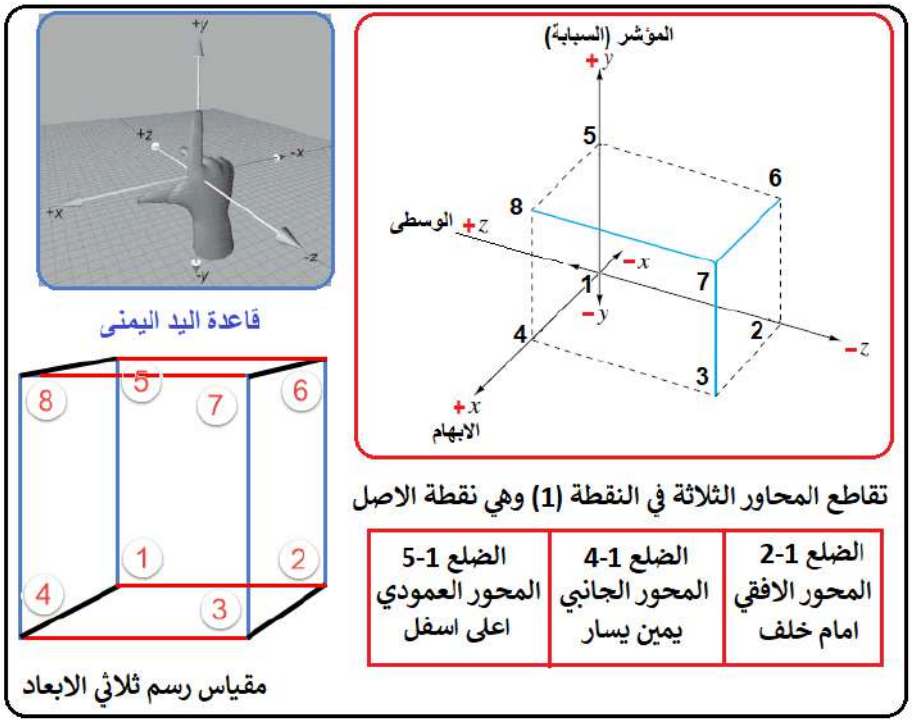


شكل (1-35) نسبية الحركة وفقا للاعب زميل او لنقطة معينة في السباق

ثانيا) 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 الافقي الامامي (Z) ، وهو محور يوازي الافق وعمودي على المحورين السابقين واتجاهه من الأمام الى الخلف ويمثله أصبع الوسطى في قاعدة اليد اليمنى.



شكل (1-36) 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

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 التقربية او هبوطه الى جانب الحفرة فيكون الاتجاه الافقي الثاني هو (الجانبي)

(38)

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 ضربها 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.

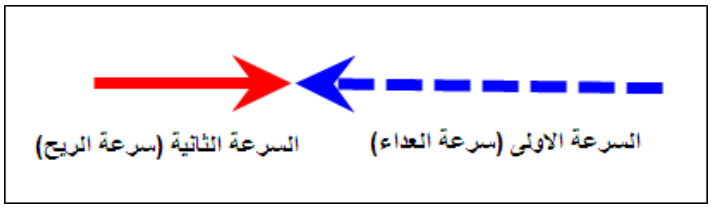
تحليل وتركيب الكميات المتجهة في الابعاد الثلاثة

(أ) تحليل وتركيب الحركات المتجهة في البعد الواحد

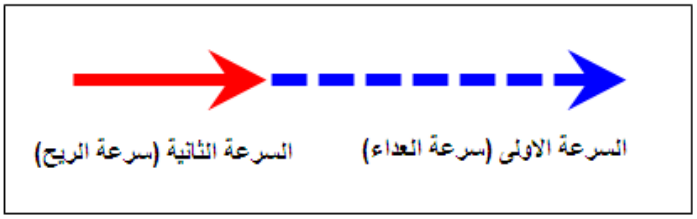
يمكن تمثيل كميات الحركات الخطية المتجهة بســهم يمثل طوله مقدار الكمية ويمثل تأثير السهم اتجاهه.

1- جمع الحركات الخطية المتجهة : في حـالة وجود كميتين في نفس الاتجـاه فمثلا إذا قام أحد الأشـخاص بدفع سـيارة وسـاعده شـخص اخر فان ما يبذله الشـخصان هما كميتان في الاتجاه نفسـه والمحصلة هي جمع ما يصـدر منهما إذا كانت قوة او سرعة وهكذا والاتجاه نحو اتجاه الدفع.

2- طرح الحركات الخطية المتجهة : في لعبة جر الحبل نجد ان أحد الفريقين يسـحب الفريق المنافس نحو اليمين فيما يحاول الاخرون في اليسـار بسـحب الفريق نحو اليســار ، ان المحصــلة الناتجة هي طرح السرــعتين او القوتين بعضهما من البعض الاخر اما الاتجاه فسيكون نحو القوة او السرعة الأكبر.



طرح المتجهات

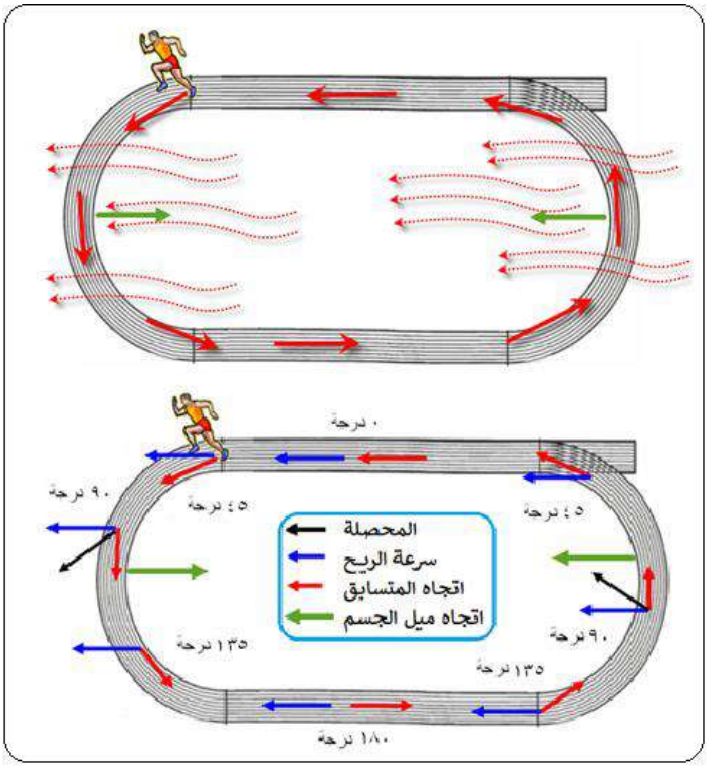


جمع المتجهات

شكل (1-37) جمع وطرح المتجهات

نلاحظ في مجال الاركاض في سباق (400 متر) بان العداء سيمر من منحنين في كل من المنحنين سـيتعرض الى قوة طاردة من المركز فيحاول ان يميل بجســمه نحو

مركز المنحنى كرد فعل للقوة الطاردة المتجهة من داخل مركز المنحنى الى الخارج ، وكذلك يفعل في المنحنى الثاني ، وبذلك نرى معاكســـة في اتجاه القوة واتجاه ميل الجســـم ، اما اذا اضـــفنا سرعة الرياح والتي تتجه من اليســـار الى اليمين فإننا نحلل موضوعين مختلفين أولهما ان كل من اتجاه العداء واتجاه الرياح ستكون متعاكسة في المنحنى الأول مما تسـبب عبئا اضـافياً لمقاومة القوة الطاردة لان اتجاه الرياح تجمع مع اتجاه القوة الطاردة اما في المنحنى الثاني فان اتجاه الرياح ســـتكون مع اتجاه ميل جســـم العداء ومعاكســـة لاتجاه القوة الطاردة مما تســـاعد العداء في مقاومة القوة الطاردة وتخفف عنه وهذا ســـبب رئيسيـــ بعدم اعتماد سرعة الرياح في ركض (400 متر) وذلك لتساوي تأثير القوى الخارجية في المنحنيين.



شكل (1-38) يوضح المتجهات في مجال الرياضة

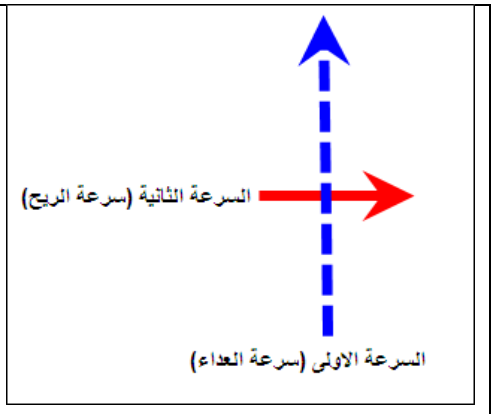
(ب) تحليل وتركيب الحركات المتجهة في بعدين

وهي على ثلاثة أنواع

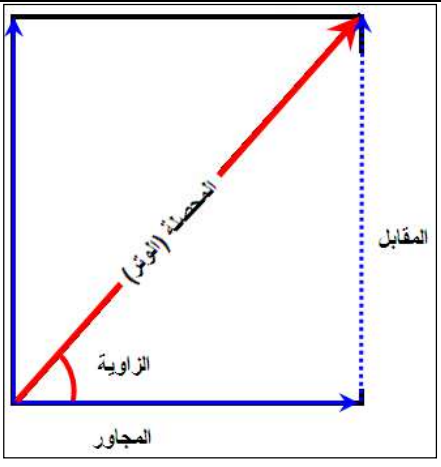
1- كميتان متعامدتان بينهما زاوية (90 درجة) والمحصلة تكون بقانون (فيثاغورس) والزاوية هي توضح الاتجاه نحو الكمية الافقية او العمودية
2- كميتان بينهما زاوية حادة (اقل من 90 درجة) والمحصلة تكون بقانون متوازي المستطيلات.
3- كميتان بينهما زاوية منفرجة (أكبر من 90 درجة) والمحصلة تكون بقانون متوازي المستطيلات.

قانون فيثاغورس (مربع الوتر = مجموع مربعي الضلعين القائمين)

مربع الوتر (المحصلة) = (الضلع الافقي)^2 + (الضلع العمودي)^2



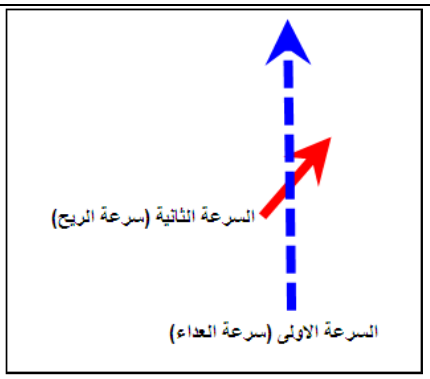
شكل (1-39) يوضح تعامد المتجهات



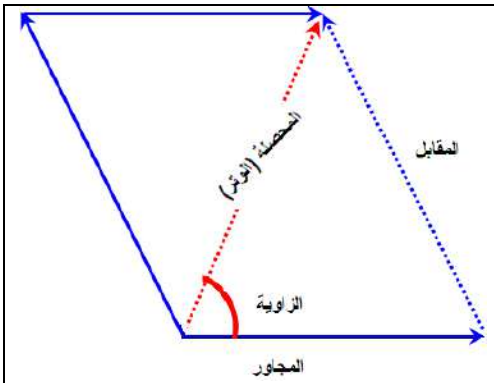
شكل (1-40) يوضح المحصلة عند تعامد المتجهات

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

المحصلة= (الكمية$_1$ ^{2}+ الكمية$_2$ ^{2})+ (2× الكمية$_1$× الكمية$_2$ ×جتا الزاوية)



شكل (1-41) يوضح المتجهات بزوايا اقل او اكبر من 90 درجة



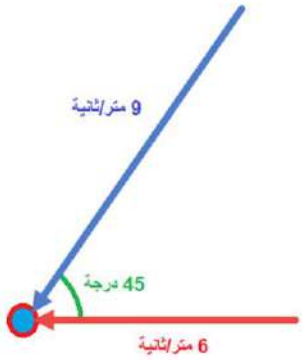
شكل (1-42) يوضح حل المتجهات بطريقة متوازي المستطيلات

اما الاتجاه فنجده 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 (89درجة) هي (+ 0.017) وهذا يعني ان المحصلة تتجه نحو الزيادة او نحو الجمع ، اما جيب تمام الزاوية (91درجة) 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 (45درجة) فكم ستكون المحصلة ؟ وكم تكون المحصلة إذا زادت الزاوية الى (135درجة) ، والى اين تتجه المحصلة.

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



شكل (1-43) يوضح تأثير قوتين او سرعتين في نقطة او كرة

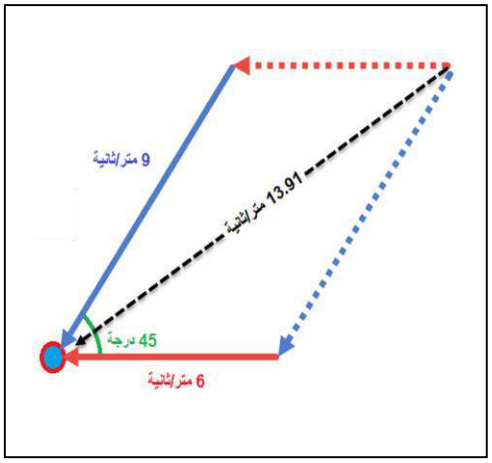
$$\text{محصلة السرعة} = \sqrt{(6^2 + 9^2) + (2 \times 6 \times 9 \times (+0.707))}$$

محصلة السرعة = $\sqrt{(36 + 81)^2 + (76.356+)^2}$

محصلة السرعة = $\sqrt{117 + 76.356}$

محصلة السرعة = $\sqrt{193.356}$

محصلة السرعة = 13.91 م\ثا

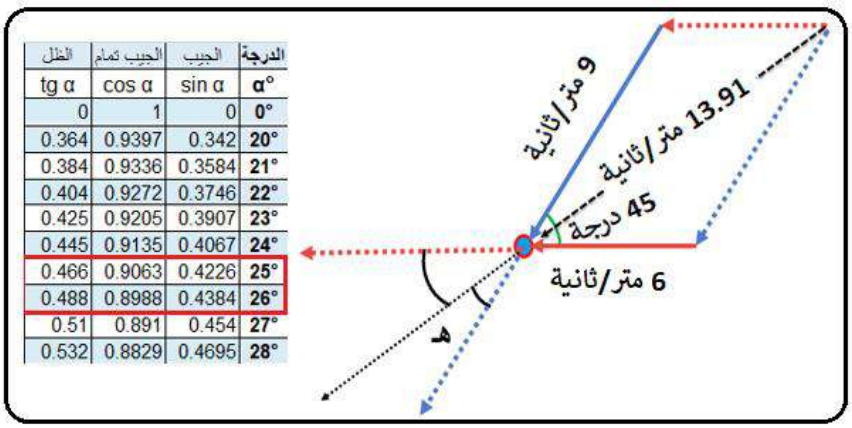


شكل (1-44) تأثير قوتين او سرعتين في نقطة او كرة مع رسم الخطوط الوهمية والمحصلة

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 الجيب تمام مع المحصلة بعد ايجادها.

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

الدرجة	الجيب	الجيب تمام	الظل
α°	sin α	cos α	tg α
0°	0	1	0
20°	0.342	0.9397	0.364
21°	0.3584	0.9336	0.384
22°	0.3746	0.9272	0.404
23°	0.3907	0.9205	0.425
24°	0.4067	0.9135	0.445
25°	0.4226	0.9063	0.466
26°	0.4384	0.8988	0.488
27°	0.454	0.891	0.51
28°	0.4695	0.8829	0.532



شكل (1-45) رسم الزوايا وايجادها من الجداول

اما بالنسـبة الى الزاوية 135 درجة فإننا سـنجد ان الاشـارة لقيمة جيب التمام هي التي تغيرت فقط من الموجب الى الســـالب لان الزاوية كلما كبرت تميل المحصـــلة الى الطرح.

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

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

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

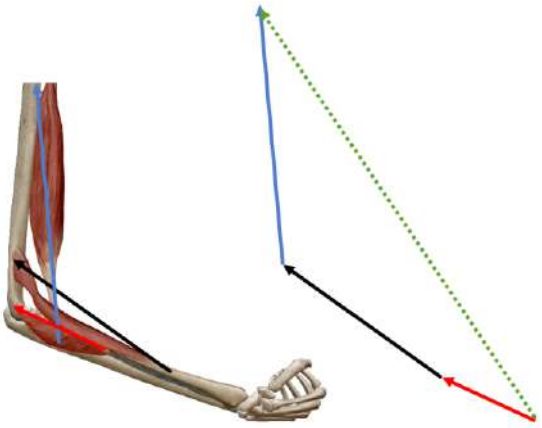
محصلة السرعة = $\sqrt{117 - 76.356}$

محصلة السرعة = $\sqrt{40.644}$

محصلة السرعة = 6.38 م\ثا

اما الاتجاه فنجده 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 محصـلة كميتين ثم يتم إيجاد المحصلة النهائية من خلال المحصلة والكمية الثالثة اما الاتجاه فنجده في العملية الأخيرة ، وهناك طريقة أخرى وهي الحاق المتجهات بعضـــها بالبعض الاخر ، ومثال ذلك هي محصـــلة ثلاث عضـــلات تحاول ان تجعل الساعد في حالة السكون وهي (عضلة ذات الرأسين العضدية والعضلة العضدية والعضلة العضدية الكعبرية) ولكل عضلة منشأ ومدغم مختلف).



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

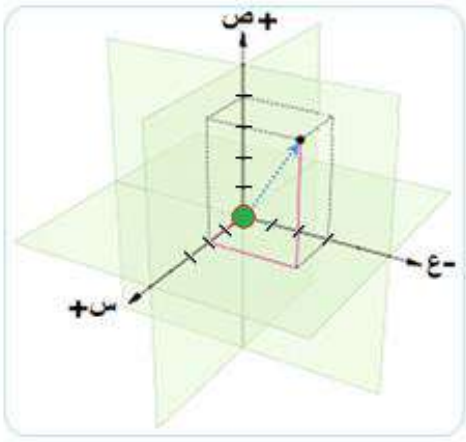
(ج) تحليل وتركيب الحركات المتجهة في ثلاثة ابعاد

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 .

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

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



شكل (1-47) 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

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

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

$$\text{المحصلة} = \sqrt{9+4+16}$$

$$\text{المحصلة} = \sqrt{29} = 5.4$$ 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.

$$\text{جتا}\theta_{ص} = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} \qquad \text{جتا}\theta_{ص} = \frac{4}{5.4}$$

جتا$\theta_{ص}$= 0.741 ومن الجداول نجد ان الزاوية هي 42 درجة

$$\text{جتا}\theta_{ص} = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} \qquad \text{جتا}\theta_{ص} = \frac{2}{5.4}$$

جتا$\theta_{ص}$= 0.370 ومن الجداول نجد ان الزاوية هي 68 درجة

$$\text{جتا}\theta_{ص} = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} \qquad \text{جتا}\theta_{ص} = \frac{3}{5.4}$$

جتا$\theta_{ص}$= 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.

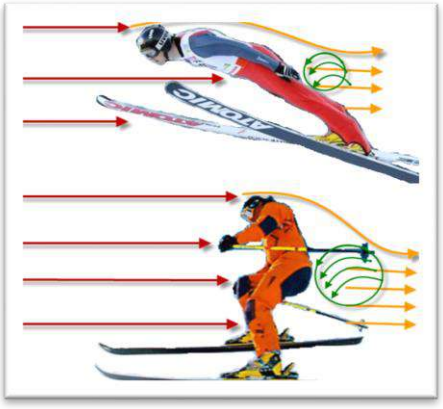
المبحث الحادي عشر

القوى المقاومة للحركة

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

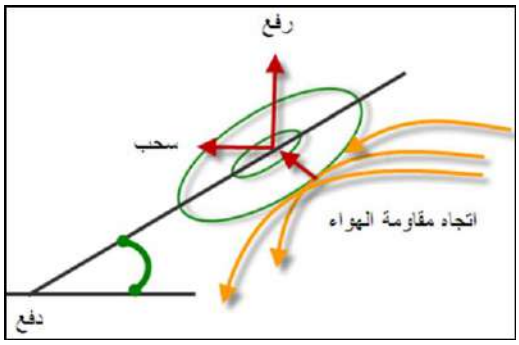
- القفز على الجليد والغطس بالتكور :

يفضل امالة 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 مناسبا من قوة الهواء المتولدة خلف المسارات الحركية .



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

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

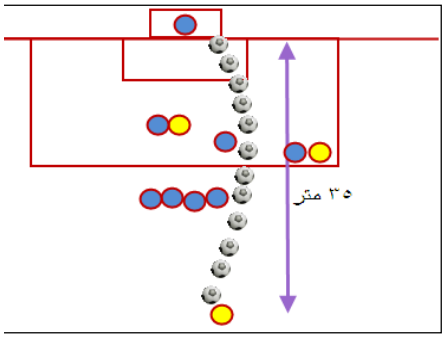


الشكل (1-49) يوضح تأثير الهواء على القرص

- السباحة والتجديف : تتربع مقاومة الماء بزيادة السرعة وعلى السباح معرفة كيفية توزيع الجهد على مسافات السباق فكلما ازدادت سرعة اليد في حركتها ضد الماء كلما ازدادت مقاومة الماء لها ، وعلى رياضي التجديف معرفة الاداء الفني لتعريض مساحة المجداف على سطح الماء في دخوله وخروجه وهذا ينطبق على ذراع السباح.
- الركض والدراجات : فضلا عن مقاومتهم للهواء فان سرعة الرياح مؤثر في الاركاض والدراجات ولاتعتمد بعض الانجازات بسبب السرعة الكبيرة للرياح ووفقا لمستويات الجسم في المنحنيات فانها اقل تعرضا الى مقومة الرياح في حين تبقى مقاومة الهواء ثابته.
- 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)

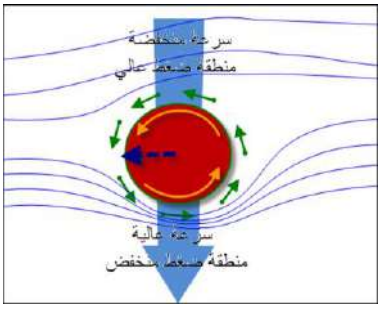
حدث في الثالث من يونيو 1997 في لعب ودي بين البرازيل وفرنسا وقبل مونديال 1998 ان ضرب روبرتو كارلوس كرة القدم من على بعد تراوح بين (30 – 35 مترا) على جانبها الايمن وبالحافة الخارجية للقدم اليسرى وبقوة شديدة نحو الجانب الايسر للمرمى الفرنسي واصبحت الكرة تدور (من اليمين إلى اليسار بعكس عقرب الساعة) ، وقبل 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 و بطيئاً 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

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 تدفقِ الهواء حولها تنحرف يسارا فالضغط الجوي الخارجي يكون أسرع نسبة إلى مركزِ 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 الاول

العتلات او الروافع

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



شكل (1-52) يوضح العتلات في حياتنا اليومية

نقاط العتلات وأذرعها

للعتلة ثلاثة نقاط:

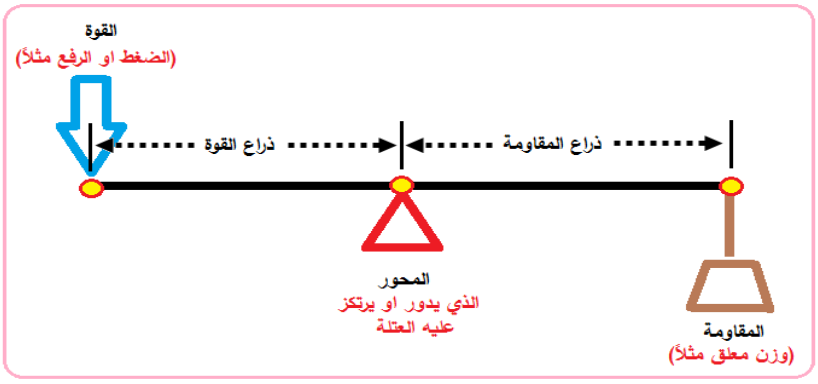
1- المحور او المرتكز
2- القوة
3- المقاومة

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

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

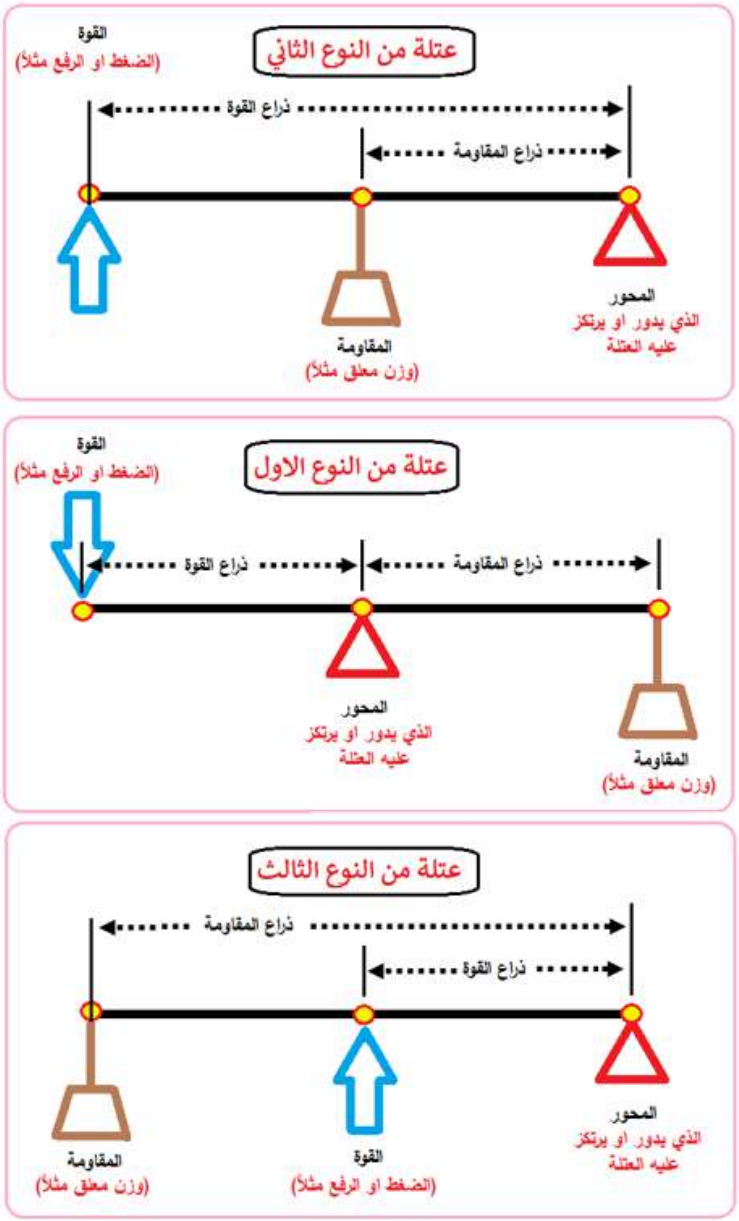
أنواع العتلات

صنفت العتلات الى ثلاثة انواع وفقا للمكاسب المتحققة منها

1- عتلة من النوع الاول (المحور في المنتصـــف وكل من القوة والمقاومة على طرفي الجسم ولا يهم اي من الطرفين)

2- عتلة من النوع الثاني (المقاومة في المنتصـــف وكل من المحور والقوة على طرفي الجسم ولا يهم اي من الطرفين)

3- عتلة من النوع الثالث (القوة في المنتصـــف وكل من المحور والمقاومة على طرفي الجسم ولا يهم اي من الطرفين)



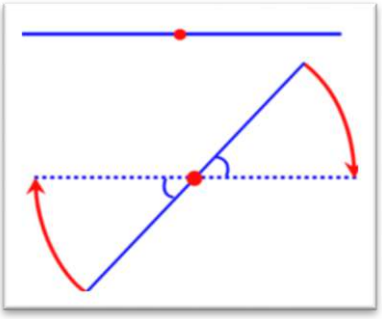
شكل (1-54) أنواع العتلات واذرعها

فوائد العتلات

للعتلات ثلاث فوائد مهمة وهي:

1- تغيير الاتجاه

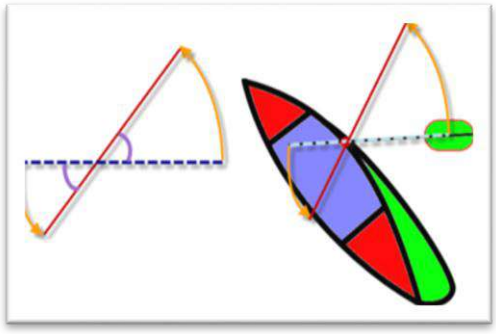
عندما يتحرك طرف من العتلة من النوع الاول يرافقه حركة معاكسة لاتجاه دوران الحركة في الطرف الاخر.



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 اكبر (لان السرعة = المسافة ÷ الزمن) ، وهنا يجب ان يكون ذراع القوة اقصر حتى يكون لذراع المقاومة مدى بعيد.



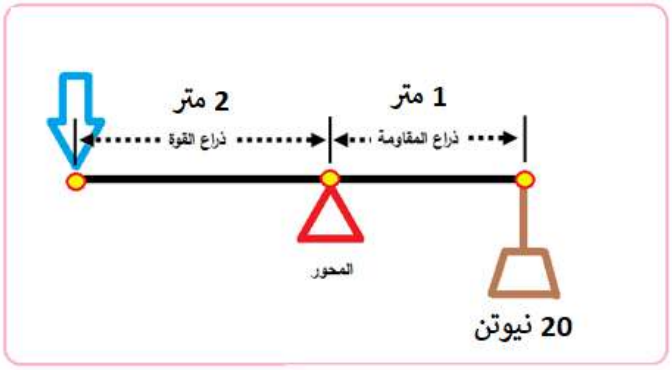
شكل (1-56) كسب السرعة

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.

مثال: السيطرة على مقاومة كبيرة بقوة قليلة

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



القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

القوة × 2 = 20 × 1

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

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)

(58)

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 وضائف 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

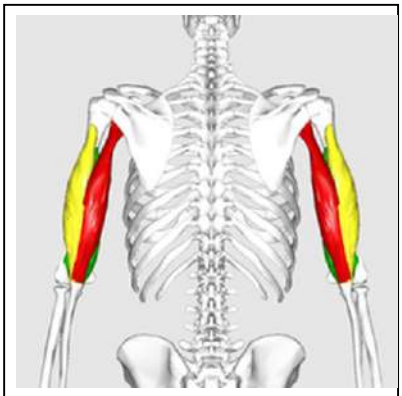


شكل (1-57) العضلة ذات الرأسين العضدية

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

سميت بالرأسين لأنها تنشأ من منطقتين ، **الرأس القصير** ينشئ من الناتئ 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



شكل (1-58) العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية

تقع خلف الذراع على العضد **وعندما تتقلص** تسحب العضد عن الساعد (أي ابعاد عضمين 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 الإنسي: وهو القريب من منتصف الجسم ينشأ من الجانب الخلفي لجذع عظم العضد ، وتدغم الرؤوس الثلاثة بعد تجمعها في وتر واحد في الناتئ الزجي لعظم الزند.