البايوميكانيك
في الحركات الرياضية

تأليف

الدكتور حسين مردان عمر

استاذ مادة البايوميكانيك
جامعة القادسية

الدكتور أياد عبد الرحمن

استاذ مادة البايوميكانيك
جامعة المثنى

الطبعة الثانية

البايوميكانيك في الحركات الرياضية
أ.د. حسين مردان عمر ، أ.د. اياد عبد الرحمن
الطبعة الثانية ٢٠١٨
مطبعة شركة المارد – العراق – النجف الاشرف

حقوق الطبع محفوظة للمؤلفين

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد (٧١٢) لسنة (٢٠١٩ م)

ISBN 978-9922-20-207-5

المقدمة

ان تعدد مظاهر الحركات الرياضية تطلب ظهور تخصصات مختلفة في العلم نفسه فمنها المظاهر الكمية للحركة كسرعتها وقوتها ودفعها او المظاهر النوعية كأنسيابية الحركة ومرونتها وأختلفت طرائق البحث في المجال الرياضي وظهر الابطال وأنتقلت المنافسة من الرياضين الى العلماء والباحثين ، فأخذوا يقارنون الحركات التي تتشابه في ناحية معينة او تختلف فيها ، وابتكروا الاجهزة الميكانيكية والكهربائية واصبحت لكل دولة اسرارها ونظرياتها ، وتمكنت نخبة من الشباب أدراك هذا العلم للاستزادة والتخصص فيه ، ولعل مقارنة بسيطة للارقام العالمية في الدورات الاولمبية اوالبطولات العالمية تكشف مدى التقدم في مقدرة الباحثين وأستمرارية تطور المستويات الرياضية.

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

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

في هذه الطبعة تم تعديل وتنقيح بعض المواضيع واضافات أخرى ، نحاول في هذه الطبعة الإبقاء على الأسلوب المتبع في الطبعة السابقة ، نرجو من الله ان يوفقنا

أ.د.حسين مردان عمر

أ.د.اياد عبد رحمن

(4)

الفهرست

الفصل الاول

البايوميكانيك (9)
أغراض البايوميكانيك (12)
فروع البايوميكانيك (13)
السكون او الاستاتيك (13)
المتحرك او الديناميك (13)
الكينماتيك (13)
الكينتيك (14)
الحركة (14)
أشكال الحركـــات (14)
أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي (14)
الحركة بالمسار الخطي (14)
الحركة بالمسار المنحني (15)
الحركة بالمسار الدائري (15)
الحركة بالمسار المتعدد (15)
أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني (17)
الحركة المنتظمة (17)
الحركة غير المنتظمة (17)
العوامل المؤثرة في نوع الحركة (18)
الحركات الأساسية في جسم الإنسان (19)
نسبية الحركة (22)
الأبعاد الأساسية للحركة (23)
المستويات التي تحدث فيها الحركة (24)

المحاور والمستويات في بعض الحركات (25)
الحركة والعمل العضلي (26)
العضلات المحركة الأساسية (26)
العضلات المثبتة او الساندة (26)
العضلات المعادلة (المكافئة) (26)
العضلات المضادة او المقابلة (26)

الفصل الثاني

الكينماتك الخطي (27)
المسافة والازاحة (27)
التمثيل البياني للمسافة او الازاحة (32)
السرعة (34)
السرعة كمية متجهة (40)
التمثيل البياني للسرعة (45)
العلاقة بين السرعة والدقة في الأداء الحركي (48)
التحليل الميكانيكي لسرعة الركض (51)
التعجيل (55)
العلاقة بين المسافة والسرعة والتعجيل (56)
العلاقة بين السرعة والتعجيل (57)
المسافة والازاحة الزاوية (61)
حساب المسافة على محيط الدائرة (66)
علاقة السرعة المحيطية بالسرعة الزاوية (67)
المقذوفات في المجال الرياضي (75)
تباين مستويات الانطلاق والهبوط (83)

الفصل الثالث

الكينتيك (85)
قوانين نيوتن في الحركات الخطية (85)
قوانين نيوتن في الحركات الدائرية (91)
عزم القصور الذاتي (91)
القوة (92)
محصلة القوى (93)
تحليل القوى (97)
القوى الخارجية والداخلية في الحركات الرياضية (99)
القوة الطاردة والقوة المركزية (100)
التأثير المتبادل للقوى الخارجية والداخلية (105)
الجاذبية (الجذب الأرضي) (110)
قوة الاحتكاك (110)
أنواع الاحتكاك (111)
القوى المقاومة للحركة (114)
تأثير ماجنوس (116)
الاصابات الرياضية (119)
انواع القوى المسببة للإصابات (121)
العتلات (122)
التدريب بذراع المقاومة (126)
تطبيقات الروافع (العتلات) على جسم الانسان (128)
مركز كتلة الجسم (130)
الابعاد والاوزان النسبية لاتزان اجزاء الجسم (130)
الاتزان (136)

زاوية السقوط (137)
العوامل المؤثرة في الاتزان (138)
قياس درجات ثبات الاجسام (139)
العزم (139)
الدفع وكمية الحركة (141)
الشغــل (143)
القدرة (146)
الطاقــة (150)
التصادم والارتداد (158)

الفصل الرابع

التغذية البايوميكانيكية الراجعة لنتيجة الأداء (167)
معنى التغذية الراجعة (167)
منصة قياس القوى (170)
التزامن بين منصة قياس القوى وإلة التصوير السينمائي (172)
متطلبات التحليل الحركي (177)
البرمجيات (182)
التزامن (185)
برنامج التحليلي الحركي (MaxTRAQ) (191)
ايجاد المعدل الحقيقي لطول الخطوة (207)
البايوميكانيك والتدريب الرياضي (211)
التحديد البايوميكانيكي لقوة المثير وفترة دوامه (220)
الأسس الفنية والميكانيكية لركض 400 متر حواجز (227)
التحليل الكينماتيكي لركض 400 متر حواجز (229)
التحليل البايوميكانيكي للانطلاق من مسندي البداية (239)

الفصل الاول

البايوميكانيك

تطور علم البايوميكانيك عما كان عليه في السابق وخاصة في بداية القرن التاسع عشر وأصبحت له إتجاهات مختلفة وواسعة ، في عام(284–323 ق.م) كان أرسطو أول من أشار الى البايوميكانيك في مؤلفاته تناول مركز ثقل الجسم وقوانين الروافع وأثرها على حركة الأجسام واثر حركة الذراعين على سرعة الركض وفي عام (201–131 ق.م) برهن العالم والطبيب الروماني (جالن Galin) على ان الدفع الحركي ينتقل من الدماغ الى العضلات عن طريق الأعصاب وبدورها تسبب الحركة . ومن المعروف ان العالم (دافن شي Davinci) (1452 م–1519م) ذلك الفنان الايطالي الكبير كان لديه اهتماما واسعا بحركة الكائن الحي من وجهة نظر البايوميكانيك وأعلن ان جسم الإنسان خاضع لقوانين الميكانيكا ومن بعده الطبيب والعالم الايطالي (الفوتو بوريلي boreli) الذي يعتبر أول من حدد عن طريق التجربة العملية موضع مركز ثقل الجسم للإنسان عام (1679 م) كما ساهم في حل مشاكل الحركة وأوضح ان العمل العضلي الى حد ما يعمل على وفق القوانين الميكانيكية والطبيعية ويعتبر أول من وضع تدريبات العلاج الطبيعي على أسس ميكانيكية. وفي عام (1642–1727 م) كان إسحاق نيوتن علامة مهمة وبارزة من علامات تطور علم الميكانيكا والحركة بوضعه القوانين الميكانيكية الأساسية التي تعتبر الأساس للميكانيكا الحيوية ألان. وقد قام العالمان الألمانيين (ادور وفيبر) في (1836م) بنشر ميكانيكية آلات المشي للإنسان ووضعا سلسلة من التحليل الحركي وفي عام (1877م) جاء اختراع آلات التصوير الذي دفع بأبحاث الحركة خطوات الى الأمام. وكان قبلهم من

العلماء العرب أمثال (الخوارزمي 780 –850م) و(ثابت بن قــرة 836 –901م) و (ابن الهيثم 965 –1039م) حيث ساهموا في تطوير علم الميكانيكا الحيوية.

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

وعلم البايوميكانيك علم يبحث في حركة الإنسان او بعض أجزائــه بطريقــة موضوعية ملموسة سواء على سطح الأرض ، او في الماء ، او في الفضاء ، بهــدف تحديد التكنيك المثالي للحركة ، ومصطلح البايوميكانيك يتكون من مقطعــين يونــانيين الأولى (Bio) أي الجانب العضوي الذي له التأثير المباشر في الحركة (الحياة) والثاني (Mechanic) أي الجانب الميكانيكي ، أي القوانين الميكانيكية الثابتة التي تحــد مــن الحركة وتعني (الآلة) .

تم الاتفاق على اسم البايوميكانيك عام (1960) في أول مؤتمر دولي في ألمانيا الديمقراطية للمهتمين والمشتغلين بالبايوميكانيك ، ولقد خرج المؤتمر بتوصيات عديــدة عامة وخاصة ، وأصبح هذا المصطلح شائع الاستخدام منذ السبعينات للقرن الماضــي على انه مجال الدراسة الذي يختص بالتحليل الميكانيكي لحركات الأجسام الحية .

ويمكننا وضع تعريف شامل للبايوميكانيك في المجال الرياضي فهو العلم الذي يهتم بتحليل الحركة وفقا للوضع التشريحي للعضلات العاملة ويعمل على تشخيص نقاط القوة والضعف بغرض تقويمها ووضع القــوانين المناســبة لتحديــد هــدف الحركــة وتطويرها.

(11)

الشكل (1-1) : يوضح التطبيقات البايوميكانيكية لحركة الإنسان

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

ويرتبط البايوميكانيك بعلاقة مع علم التدريب الرياضي من خلال قوانين نيوتن الثلاث وقانون الجاذبية التي هي من الامور الضرورية لفهم الاداء الحركي وهي بالتالي ملائمة لوصف الحركات عن طريق الأمثلة . كما ويرتبط بالتعلم الحركي من خلال استخدام مصطلحات مظاهر الحركة في الإيقاع الحركي والانسيابية والتوزيع الديناميكي للحركة على اقسام الحركة الثلاثة وطبيعة الفراغ الذي تتم فيه الحركة والمستوى والعوامل المؤثرة في الحركة وزمان حدوثها

أغراض البايوميكانيك

في المجال الرياضي نستفاد من علم البايوميكانيك في :

1. ايجاد الحلول البايوميكانيكية المناسبة لتحقيق الهدف من الحركة
2. التشخيص البايوميكانيكي للاختبارت والقياسات لغرض إيجاد التمارين الرياضية المناسبة في تطوير البناء البدني والمهاري
3. وضع القوانين الميكانيكية المناسبة لتقنين بعض مكونات الحمل في علم التدريب الرياضي كالشدة والحجم
4. توفير المعلومات العلمية باستخدام التقنيات الحديثة من نتائج المقارنات بين الفئات العمرية المختلفة ونتائج المقارنات بين المواصفات الجسمية المختلفة ونتائج اختلاف والجنس
5. تشخيص العلاقة الميكانيكية بين الاداة والرياضي
6. وضع النماذج الميكانيكية المناسبة لغرض التعلم والتدريب
7. وضع الحلول النهائية لتأهيل الاصابات الرياضية وتحسين القوام
8. توفر للرياضي المعلومات المناسبة لتطبيق مبادئ التشريح وقوانين الميكانيك على الحركات المطلوبة مع استمرار التدريب المناسب فيها .
9. توفر للمدرب أساس علمي سليم لتحليل الحركات والمهارات وتدربه على اكتشاف نقاط الضعف ويعمل على إصلاحها.

فروع البايوميكانيك

تم تقسيم علم البايوميكانيك الى فرعين رئيسين هما :

1) السكون او الاستاتيك (Static's) .

2) المتحرك أو الديناميك (Dynamics).

(1) السكون او الاستاتيك

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

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

(2) المتحرك او الديناميك

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

(أ) الكينماتيك (Kinematics)

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

(ب) الكينتيك (Kinetics) :

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

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 اثر الحركة بالمقدار من خلال مصطلح المسافة اوالزاوية او الاثنان معا في وحدات مساحية او وحدات زمنية وينتج عن هذه الوحدات او المصطلحات مقادير للسرعة والتعجيل الخطي والزاوي.

أشكال الحركات :

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

(1) أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي :

(أ) الحركة بالمسار الخطي.

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

(ب) الحركة بالمسار المنحني.

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

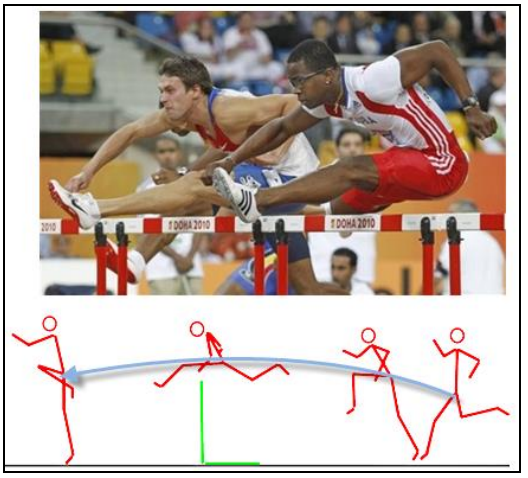
(ج) الحركة بالمسار الدائري.

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزاءه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية دائرية منتظمة او غير منتظمة وان سرعة هذه الأجزاء لاتكون متساوية وتحدث حول محور داخل الجسم او خارجه وان الجزء البعيد عن المحور يكون أسرع من الجزء القريب منه لأن المدى الحركي للجزء البعيد اكبر من المدى الحركي للجزء القريب . ومثال ذلك مسار مفصل القدم في الدراجات ومفصل الورك في الدائرة حول العقلة او في رمي القرص

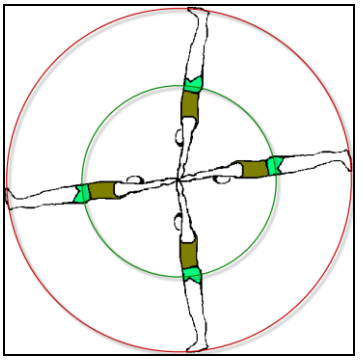
(د) الحركة بالمسار المتعدد:

في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال اجزاء الجسم او مراكز ثقله من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية دائرية منتظمة او غير منتظمة او خطية او منحنية وان سرعة هذه الأجزاء لاتكون 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

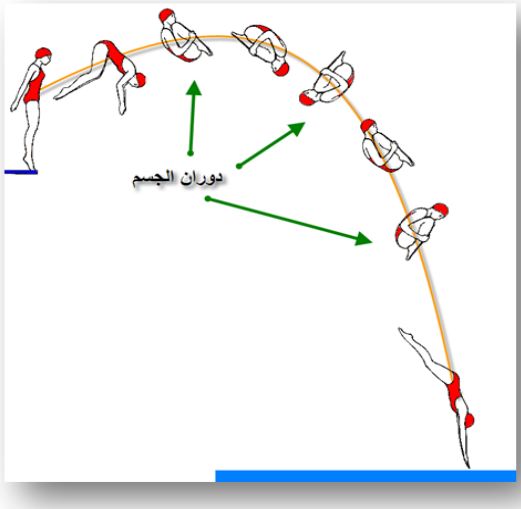
التقربية ثم منحني الى الارتكاز باليدين على الحصان ثم دائري فـــي حالـــة اداء دورة خلفية في الهواء وكذلك الغطس في السباحة.



الشكل (1-2) : يوضح اجتياز الحواجز وهي حركة انتقالية منحنية



الشكل (1-3) : يوضح الدورة العظمى في الجمناستك وهي حركة دائرية حول محور خارجي



الشكل (1–4) : يوضح فعالية الغطس وهي حركة مركبة انتقالية ومنحنية مع دوران الجسم حول محور داخلي

(2) أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني :

(أ) الحركة المنتظمة :

ويقطع فيها الجسم مسافات متساوية في ازمنة متساوية ، كما في مرحلة السرعة القصوى في عدو 100 متر. أي انه يتحرك بمعدل سرعة متساوي.

(ب) الحركة غير المنتظمة :

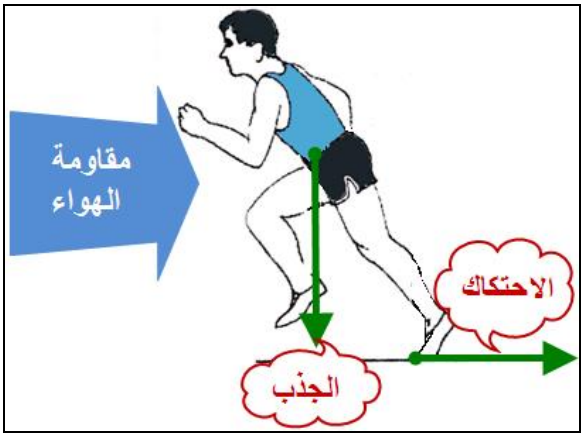
ويقطع الجسم فيها مسافات غير متساوية في ازمنة متساوية ، كما في حركة العداء الذي ينطلق من الثبات حيث تزداد سرعته تدريجيا لحين وصوله السرعة القصوى ، وفي هذه الحالة تكون حركته تزايدية.

وتقسم الحركات غير المنتظمة الى :

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

العوامل المؤثرة في نوع الحركة:

فضلا عن قوة العضلات فان هناك قوى خارجية تؤثر في الحركة ومن هــذه القوى (الاحتكاك ، مقاومة الماء ، مقاومة الهواء) ، وان هذه القوى يمكــن ان تكــون قوى مساعدة للرياضي او قوى معوقة له ، فمثلا الماء الذي يعيق حركة الرياضي الى الأمام في السباحة مثلا هو نفسه عامل مساعد لذلك الرياضي في حركته للأمــام ، لأن الرياضي لا يستطيع الحركة للأمام بدون دفع الماء له كرد فعل لدفع يديه الى الخلف ، كذلك نجد الهواء الذي يعيق حركة الرمح للأمام هو نفسه يساعد على حمــل الــرمح مسافة أبعد الى الأمام.

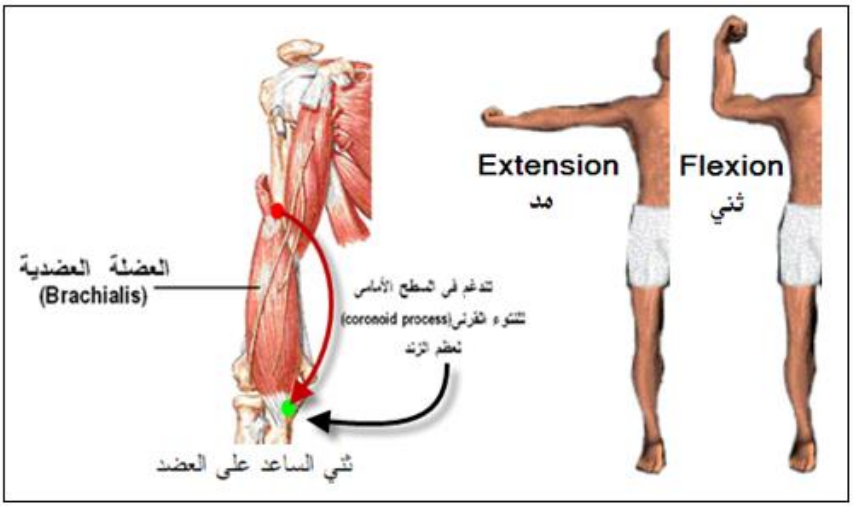


الشكل (1-5) : يوضح بعض القوى المؤثرة في الأداء

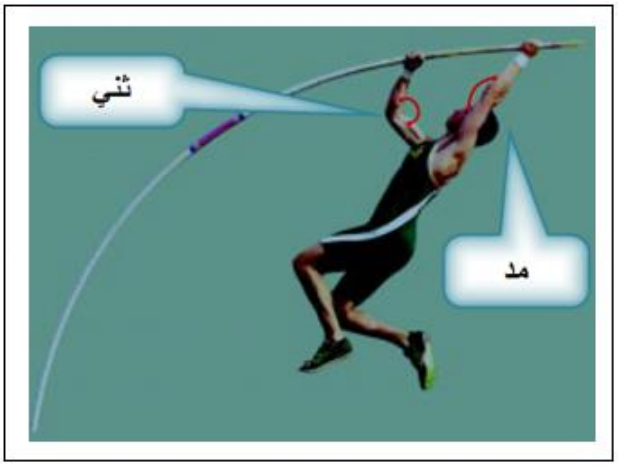
الحركات الأساسية في جسم الإنسان :

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

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

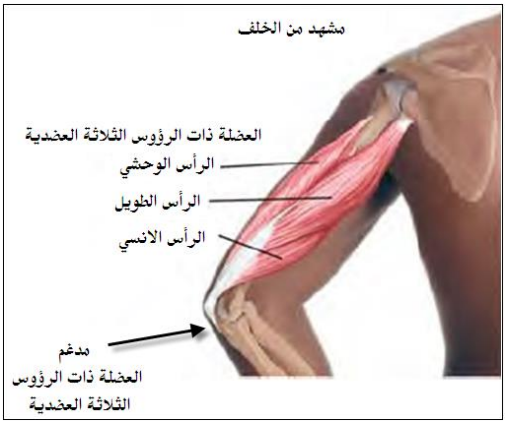


الشكل (1-6) : يوضح العضلات العاملة عند حركتي المد والثني



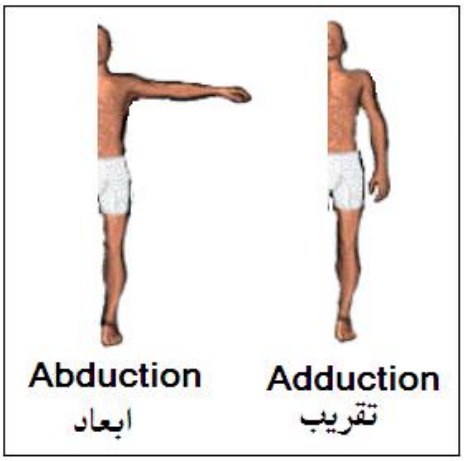
الشكل (1-7) : يوضح حركتي المد والثني في فعالية القفز بالعصا

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



الشكل (1-8) : يوضح العضلة ذات الرؤوس الثلاث العضدية

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



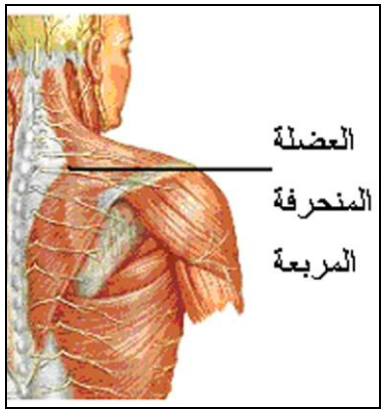
الشكل (1-9) : يوضح حركتي الابعاد والتقريب

4- الابعاد : أبعاد أجزاء الجسم بالاتجاه البعيد عن محوره الشاقولي.

5- الرفع : وهو رفع أجزاء الجسم الى الأعلى .مثل حركة حزام الكتف.

6- الخفض : وهو خفض أجزاء الجسم الى الأسفل.

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



الشكل (1–10) : يوضح 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 وحول المحور الطولي للساعد بحيث تواجه باطن اليد الأرض.

9- البطح: ويقصد بها تدوير اليد والساعد من مفصل المرفق الى الخارج بحيث يواجه ظهر اليد الأرض .

10- الدوران: ويقصد بها ان الجزء المتحرك برسم أثناء حركته دائرة وتشغل هذه الحركة مجموعة حركات الثني ، التبعيد ، المد والتقريب ، الرفع والخفض.

نسبية الحركة

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

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

بناءا على ذلك فان الحركة ودراستها تتطلب معرفة النقطة الثابتة الدالة (نظام نسبي ثابت) او (منظومة الحساب) لمعرفة كمية واتجاه الحركة ، فخط البداية لعداء 100م يعتبر النقطة الثابتة على سبيل المثال .

الأبعاد الأساسية للحركة

تشاهد الحركة في ثلاثة أبعاد او محاور ويمكن الحكم عليها من بعـــدين إلا ان البعد الثالث وجد لتحليل المشاهد غير القابلة للرؤية ، وهذه الأبعاد او المحاور هي:

1- (البعد السيني) أي المحور الأفقي الأول ، وهذا المحور يوازي الأفق من اليمين الى اليسار ، ويلخص بالحرف (س) او (X).
2- (البعد الصادي) أي المحور العمودي ، وهذا المحور يوازي خط الاتجـــاه مـــع الجذب الأرضي ، ويلخص بالحرف (ص) او (Y).
3- (البعد العيني) أي المحور الأفقي الثاني ، وهذا المحور يوازي الأفق من الأمام الى الخلف ، ويلخص بالحرف (ع) او (Z).

الشكل (1-11): يوضح نسبية الحركة وفقا للاعب زميل او لنقطة معينة في السباق

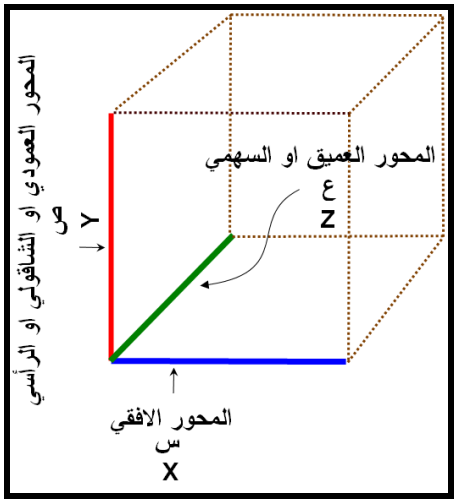
المستويات التي تحدث فيها الحركة

1- استنادا الى أبعاد الحركة او محاورها فانها أي الحركة تحدث في ثلاثـــة مستويات وهي:

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

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

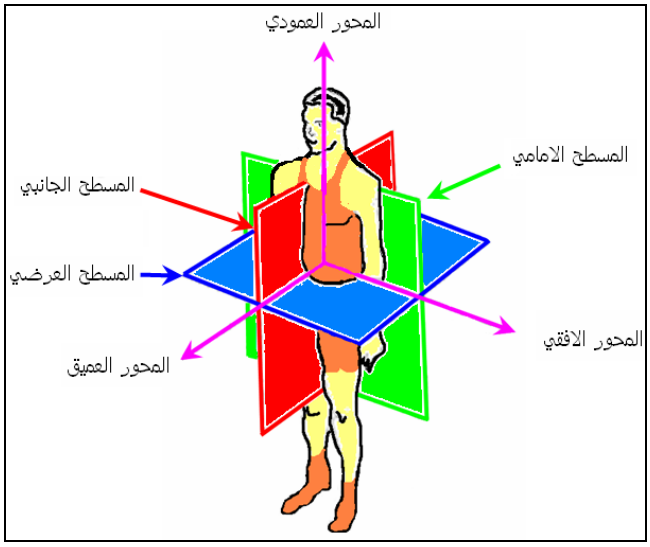
4- المستوى (المسطح) الجانبي (Profile plane) : هو المستوى الذي يقسم الجسم الى قسمين متساويين احدهما في اليمين والآخر في اليسار.



الشكل (1-12) : يوضح البعد الثلاثي (المحاور الثلاثة)

المحاور والمستويات في بعض الحركات

- ثني الرقبة أماما خلفا يحدث حول المحور الافقي ، وفي المستوى السهمي.
- ثني الرقبة يمينا ويسارا يحدث في حول المحور العميق ، وفي المستوى الأمامي.
- دوران الرقبة من اليمين الى اليسار يحدث حول المحور الصادي ، 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)



شكل (1-13) : يوضح المحاور والمسطحات التي تجرى عليها الحركات الرياضية

الحركة والعمل العضلي.

تتوقف القوة الناتجة لأداء حركة معينة على المجاميع العضلية المشتركة في الاداء فكلما ازدادت القوة المبذولة ازدادت كمية الحركة ، وتم تصنيف العضلات من حيث مشاركتها في الحركة الى اربع اصناف مهمة وهي:

(أ) العضلات المحركة الأساسية (Prime Movers):

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

(ب) العضلات المثبتة او الساندة (Stabilizing):

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

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

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

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

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

الفصل الثاني

الكينماتك الخطي

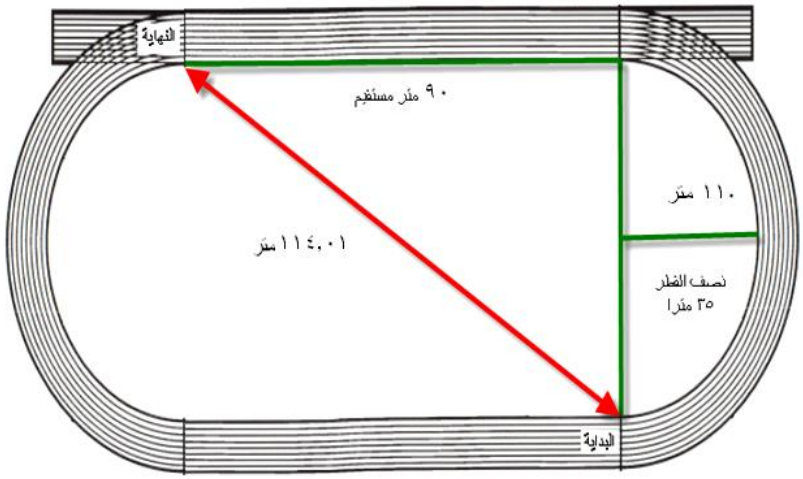
المسافة والازاحة

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

ونرى بان المسافة والإزاحة متساوية عند ركض مستقيم طوله (100 مترا) لمتسابق الدراجات اما في الأركاض فان الوصف الصحيح هي ازاحة 100 متر وليس مسافة 100 متر لان مسار مركز كتلة الجسم لا يسير مستقيما وإنما منحنيا وبذلك فأننا نشترط المسار المتاح أصلا في التحليل وكذلك في ركض الحواجز فان الزمن المسجل لمسافة 110 متر حواجز هو في الحقيقة زمن مسجل لمسافة اكبر من 110 متر اذا أخذنا بنظر الاعتبار مسافات المرور من فوق الحاجز، والأمر يختلف في ركض 200 متر فاننا نركض 200 متر على مقطعين احدهما منحني بنصف قطر والاخر مستقيم وبذلك فاننا نركض مسافة قدرها 200 متر اما الإزاحة فيتم حسابها وفقا لما يأتي:

نصف القطر لمسار العداء 35 × 2 = 70

مسافة المنحنى (القوس) هي 110 متر والمستقيم 90 متر يصبح المجموع 200 متـــر اما قيمة الإزاحة للمنحنى (القوس) فهي 70 مترا والمستقيم 90 متر وبذلك نجد نفســـنا أمام مثلث قائم الزاوية وتكون الإزاحة هي الوتر وفقـــا لقـــانون فيثـــاغورس يصـــبح المجموع على الشكل الأتي



الشكل (2–1) : يوضح مجالات مسابقات فعاليات العاب الساحة والميدان

مربع الإزاحة = مربع 70 متر + مربع 100 متر

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

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

الإزاحة = 114.01 متر

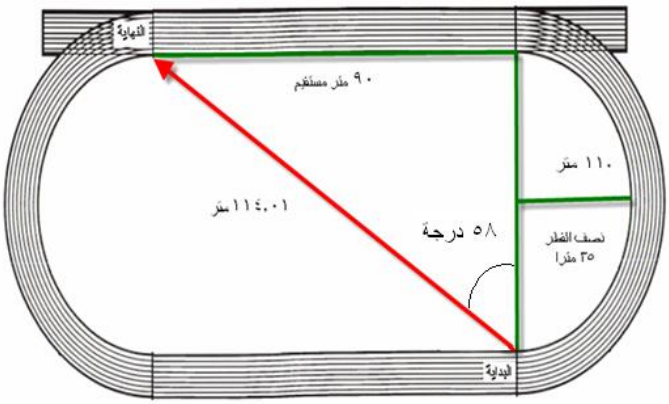
ان عداء الحواجز يعدو اكثر من 110 متر وكذلك عداء 100 متر لان الجسم يرتفع فيكتسب مسافة عمودية وهذه الأجزاء غير محسوبة في مسافة الركض ، ولكنها محسوبة في الزمن. ان الفرق في المقدار ليس هو الفرق الوحيد بين المسافة والإزاحة فان الاتجاه هو الفرق الأخر بينهما ، والوحدة المستخدمة في الدلالة على المسافة او الإزاحة هي المتر وأجزائه. واذا اعتبرنا ان الازاحة في ركض 400 متر هي صفر لان العداء يبدأ من نقطة البداية وينتهي اليها فاننا نتيقن ان السرعة المتجهة للعداء صفر أي ان اتجاهه لم يتغير اما معدل سرعته فيمكن حسابه من خلال المسافة المقطوعة في وحدة الزمن. وعلى هذا الاساس فاننا بتعويضنا لمصطلح الازاحة في معادلة السرعة فإنما هي للتعرف على الاتجاه فقط.

ومن مثالنا السابق ركض 200 متر فان الاتجاه يمكن تقديره من خلال الدرجة أي مقدار ميلان المحصلة عن الخط الافقي او العمودي.

$$\text{جتا هـ} = \frac{\text{المجاور (70 متر)}}{\text{الوتر (114.01)}}$$

$$\text{جتا هـ} = 0.612$$

اتجاه الإزاحة = 58 درجة عن الخط العمودي



الشكل (2–2) : يوضح اتجاه الازاحة في عدو 200 متر

مثال

عداء 200 متر يركض المسافة الحقيقية وعداء اخر سيركض الازاحة ويبدأن من المكان نفسه وبسرعة 8 متراثانية ، احسب زمن كل عداء وحدد موقع العداء الاخر عندما ينهي احدهما السباق.

عداء المسافة سينهي السباق في زمن قدره

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

$$\text{الزمن} = \frac{200}{8}$$

الزمن = 25 ثانية

عداء الازاحة سيركض ازاحة قدرها

مربع الازاحة = مربع 70 متر + مربع 90 متر

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

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

الازاحة = 114.01متر

(31)

عداء الازاحة سينهي السباق في زمن قدره

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

$$\text{الزمن} = \frac{114.01}{8}$$

الزمن = 14.25 ثانية

وعندما ينهي احد العدائين السباق يكون الاخر على بعد

الفرق = 200−114.01

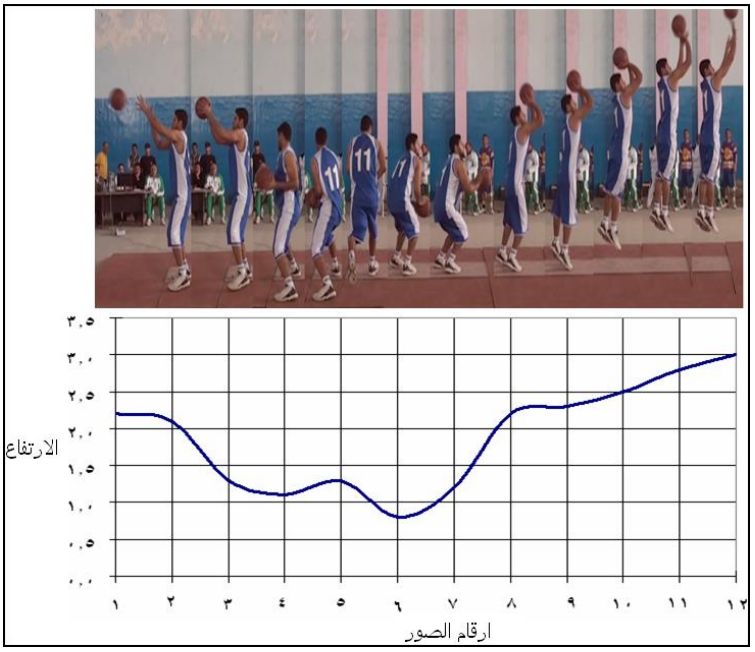
الفرق = 85.99 متر موقع تواجد عداء المسافة محسوبة من خط النهاية

التمثيل البياني للمسافة او الازاحة

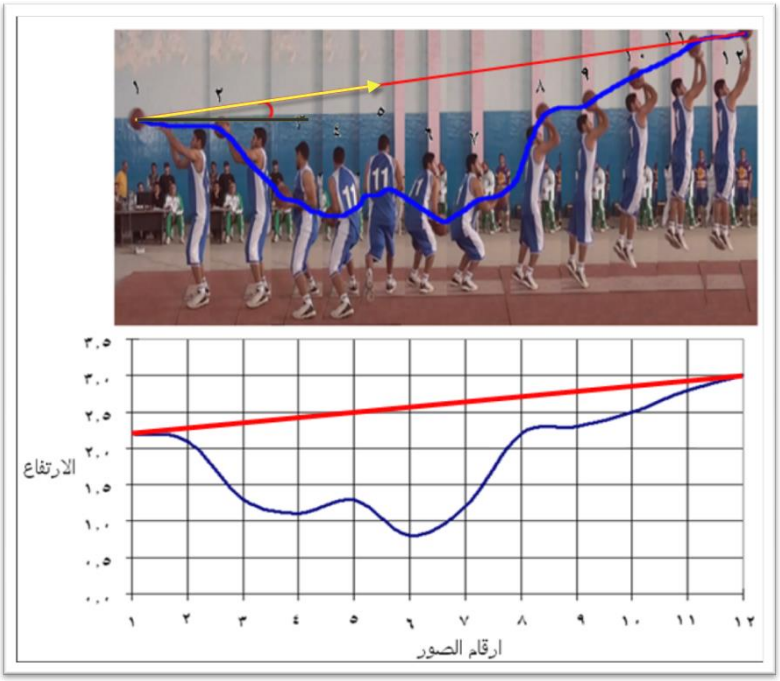
يكون المحور الافقي (س) للنقاط والمحور العمودي (ص) لقـيم المسـافة او الازاحة

الشكل (2–3) : يوضح صور متسلسلة للتصويب من الدوران في كرة السلة

الشكل (2–4) : يوضح المسافة التي تقطعها كرة السلة من بداية الحركة وحتى اطلاقها



الشكل (2–5) : يوضح التمثيل البياني للمسافة التي تقطعها كرة السلة من بداية الحركة وحتى اطلاقها



الشكل (2–6) : يوضح التمثيل البياني للمسافة والازاحة التي تقطعها كرة السلة

السرعة

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

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

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

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

تمثل السرعة عاملا مهما من عوامل تحديد المستوى الرئيسية في سباقات العاب القوى المختلفة ولها علاقة مهمة مع القوة ويعتمد هذان العنصران على سرعة وقوة الانقباض كما ان نوعية الالياف العضلية المشتركة في الاداء .

ويمكن تعريف السرعة على انها قدرة الانسان على اداء الحركات في اقل زمن ممكن ، وتعرف ميكانيكياً بانها المعدل الزمني للمسافة المقطوعة ، وتقاس بالمتر لكل ثانية ، ويمكن اعتبارها كمية قياسيه او متجهه عند ذكر مقدارها او مقدارها واتجاهها .

وهناك مصطلحات مهمة تستخدم في السرعة مثل السرعة الانيـــة (اللحظيـــة) ومتوسط السرعة (معدل السرعة) والسرعة الابتدائية والسرعة النهائية والسرعة الأولى والسرعة الثانية ، وغيرها.

وعندما تتغير سرعة العداء من نقطة الى اخرى يتم احتساب الســـرعة وفقـــا للمعادلة ادناه

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

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

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

ويمكن حساب السرعة خلال فترات معينة عند حصول زيادة او نقصان فيهـــا وتسمى بالسرعة اللحظية

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

وتعرف السرعة في علم الفسلجة بانها قدرة الجهاز العضلي العصبي على اداء الحركات البدنية بأقل زمن ممكن ، وتقسم من النواحي الفنية الى مايلي:

*سرعة رد الفعل (كما في بداية السباقات للمسافات القصيرة)

*سرعة الحركة (كما في الالعاب الجماعية)

*سرعة الانتقال (كما في سباقات الركض، طول وتردد الخطوة)

اما عند مراحل سباقات الركض فتحدد ذلك نوع السباق ويطلق عليها بالمراحل الفنية للسباقات كما في 100 متر مثلا

1- مرحلة سرعة رد الفعل

2- مرحلة التدرج في السرعة

3- مرحلة السرعة القصوى

4- مرحلة تحمل السرعة

ان السرعة التي نقيسها لدى عداء 100 متر في الحقيقة هي معـــدل الســـرعة وذلك لأننا نقسم مسافة السباق على الزمن (الانجاز) مما يعني اننا نفترض ان الحركة منتظمة

مثال:

يقطع عداء 100 متر 50 متر الاولى بزمن قدره 6.12 ثانية و 50 متر الثانية بزمن قدره 5.18 ، احسب معدل سرعته في ركض 100 متر

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

السرعة الأولى = 8.17 م/ثا

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

السرعة الثانية = 9.65 م\ثا

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

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

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

معدل السرعة = 8.91 م\ثا

مثال:

ينطلق عداء 100 متر من مكعبات البداية ليقطع 50 متر الاولى بزمن قــدره 6.12 ثانية ، احسب معدل سرعته في ركض 50 متر

بما ان العداء ينطلق من الثبات فسرعته الابتدائية صفر

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

السرعة النهائية = 8.17 م\ثا

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

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

معدل السرعة = 4.09 م\ثا

مثال:

تبين ان اقل زمن يستغرقه الثقل عند انطلاقه من يد الرامي الى لحظة اجتيازه مسافة بقدر قطره قد بلغ 0.02 ثانية ، احسب السرعة اللحظية لانطلاق الثقل.

بما ان قطر الثقل (12 سم) أي (0.12 متر) فان السرعة اللحظية ستبلغ

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

$$\text{السرعة اللحظية} = \frac{0.12}{0.02}$$

السرعة اللحظية = 6 م/ثا

السرعة كمية متجهه

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

أ-اذا كانت السرعتان في اتجاه واحد فأن محصلتها هي عبارة عن مجموعهما هندسيا

س (المحصلة) =س1+س2

=4م/ثا +1م/ثا

=5متر /ثا

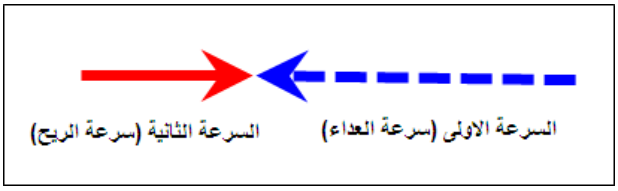
الشكل (2-7) : يوضح جمع المتجهات

ب–اذا كانت السرعتين متعاكستين فأن محصلتهما النهائية هي الفرق بينهما .

السرعة المحصلة = س1–س2

= 4م/ثا –1م/ثا

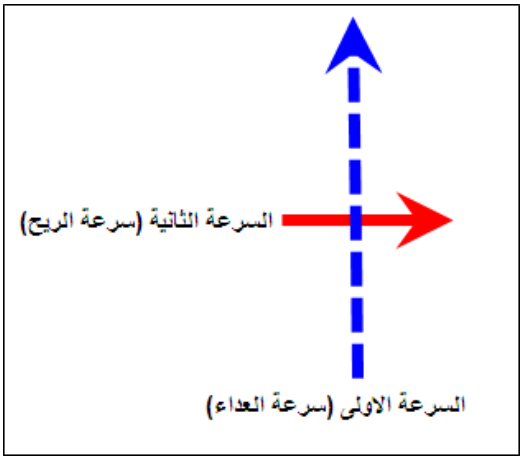
= 3م/ثا



الشكل (2–8) : يوضح طرح المتجهات

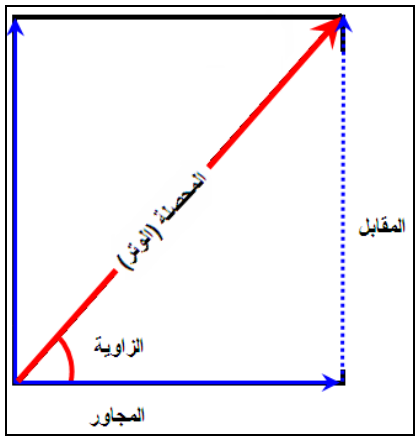
ج–اذا كانت السرعتين متعامدتين فيتم استخراج المحصلة عن طريق تطبيـــق نظريـــة فيثاغوس

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



الشكل (2–9) : يوضح تعامد المتجهات

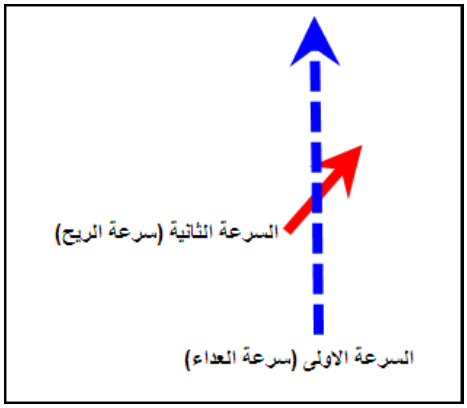
ويمكن حساب الاتجاه من خلال ظل الزاوية او جيبها او جيب تمامها



الشكل (2–10) : يوضح المحصلة عند تعامد المتجهات

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

د – اذا كانت الزاوية بين السرعتين حادة او منفرجة . فيتم إيجادها من خلال قـــانون متوازي المستطيلات ، ويجب الانتباه الى قيمة الزاوية فاذا كانت اقل من 90 درجة فان المحصلة تميل الى (جمع الاحداثيين) واذا كانت اكبر من 90 درجة فان المحصلة تميل الى (طرح الاحداثيين)



الشكل (2–11) : يوضح المتجهات بزوايا اقل او اكبر من 90 درجة

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

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) اما جيب تمام الزاوية 91 درجة فهي (− 0.017) وادناه مثال

مثال:

اذا كانت الزاوية بين سرعتين 45 درجة وكانت قيمة السرعة الاولى 6 م\ثا والسرعة الثانية 9 م\ثا فكم ستكون المحصلة ؟ وكم تكون المحصلة اذا زادت الزاوية الى 135 درجة.

بالنسبة الى الزاوية 45 درجة

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

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

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

$$\text{محصلة السرعة} = \sqrt{193.356}$$

محصلة السرعة = 13.91 م\ثا

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

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

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

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

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

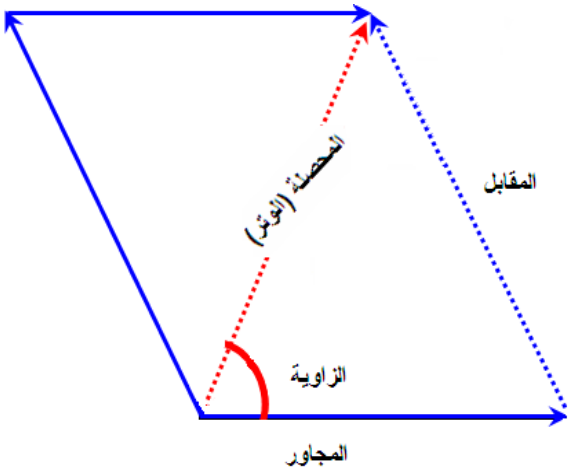
محصلة السرعة = 6.38 م\ثا

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

السرعة العمودية = الوتر × جا الزاوية

السرعة الأفقية = الوتر × جتا الزاوية

اما الاتجاه فنجده من قانون الظل السابق



الشكل (2–12) : يوضح حل المتجهات بطريقة متوازي المستطيلات

التمثيل البياني للسرعة

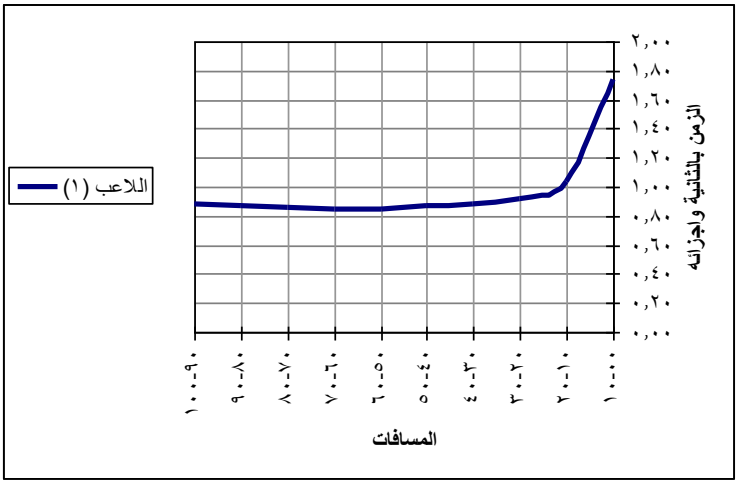
ونعني بالتمثيل البياني للسرعة هو ترجمة قيم السرعة الى رسومات تصلح للمقارنة بالعين المجردة بشكل افضل عند المقارنة بين العداء ومسافاته المختلفة او بين العـــداء مع عداء اخر ، ويتم تمثيل المحور الافقي (س) للزمن او للنقاط والمحـــور العمـــودي (ص) لقيم السرعة ، وكما موضح في المثال ادناه:

مثال

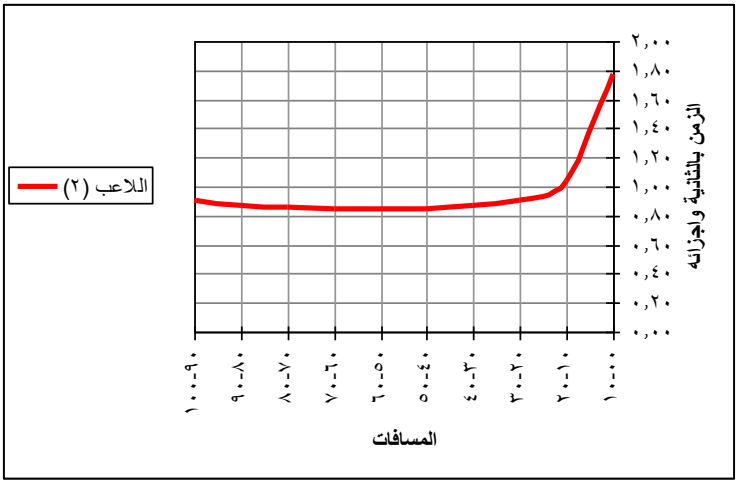
الجدول ادناه لعدائين في ركض 100 متر ، المطلوب رسم بياني منفرد لكل حالة ثـــم رسم بياني اخر للحالتين معا

الجدول (2–1) يبين المقارنة في الزمن ومعدل السرعة بين لاعبين في عدو 100 متر

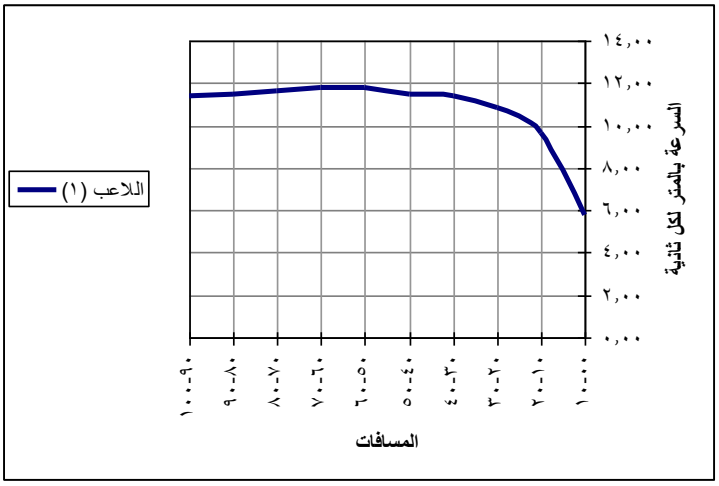
المسافات	الزمن				معدل السرعة	
	اللاعب (١)		اللاعب (٢)		اللاعب (١)	اللاعب (٢)
	الزمن لكل جزء	الزمن تراكمي	الزمن لكل جزء	الزمن تراكمي		
10–00	1.74	1.74	1.74	1.77	5.75	5.65
20–10	1.04	2.78	1.03	2.8	9.62	9.71
30–20	0.92	3.7	0.91	3.71	10,87	10.99
40–30	0.88	4.58	0.87	4.58	11.36	11.49
50–40	0.87	5.45	0.85	5.43	11.49	11.76
60–50	0.85	6.3	0.85	6.28	11.76	11.76
70–60	0.85	7.15	0.85	7.13	11.76	11.76
80–70	0.86	8.01	0.86	7.99	11.63	11.63
90–80	0.87	8.88	0.87	8.86	11.49	11.49
100–90	0.88	9.76	0.90	9.76	11.36	11.11



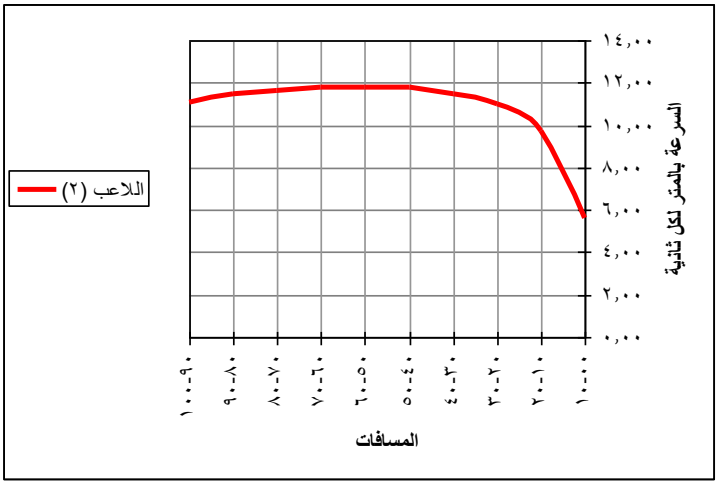
الشكل (2–13) : يوضح المنحنى البياني للزمن وفقا لمسافات السباق للعداء الاول



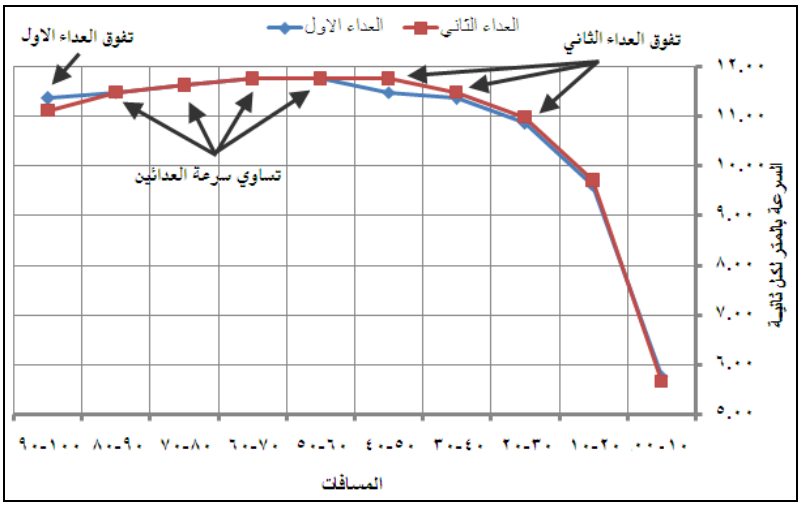
الشكل (2–14) : يوضح المنحنى البياني للزمن وفقا لمسافات السباق للعداء الثاني



الشكل (2–15) : يوضح معدل السرعة للعداء الاول



الشكل (2–16) : يوضح معدل السرعة للعداء الثاني



الشكل (2–17) : منحنى بياني يوضح المقارنة بين العدائين في معدل السرعة

العلاقة بين السرعة والدقة في الأداء الحركي

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

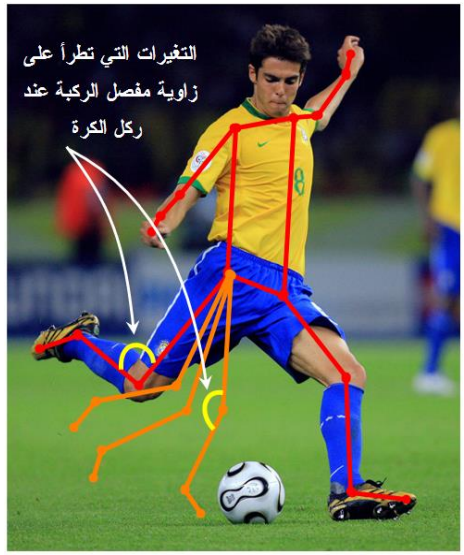
لو أردنا دراسة ركلة الجزاء من ناحية المتغيرات الميكانيكية(الكينماتيكية) فهي ركلة حرة مباشرة وبما إن حدوثها داخل منطقة الجزاء فيتعامل معها الحكم كركلة جزاء تؤدى وفق أسس القانون التي تنص على أن يقف اللاعبون على بعد عشرة ياردات عن مكان تواجد الكرة على نقطة الجزاء وان يكون اللاعب المنفذ معرف من قبل الحكم وان لايتحرك حارس المرمى إلى الإمام قبل تنفيذ الركلة وان لايدخل معه زميله قبل التنفيذ وان تنفذ الركلة إلى الأمام بعد صفارة الحكم وغيرها من المهام

الإدارية التي يقوم بها الحكم والحكم المساعد والمهم في هذا الموضوع هو كيف ندرس هذه المتغيرات ؟

إن عملية التصدي لركلة الجزاء هو ضد القوانين الطبيعية لعلم الفيزياء ... وتفسير الأمر واضح جدا بسبب إن عرض المرمى هو (7.32 م) وارتفاعه (2.44 م) والمسافة بين خط المرمى ونقطة الجزاء هي (11 م) ومحيط الكرة (68سم–70سم) وان غالبية الكرات التي تسدد من نقطة الجزاء تتراوح سرعتها بين (75م\ثا–90م\ثا) أي بوسط حسابي يبلغ (80م\ثا) وهذا يعني إن الكرة تصل إلى خط المرمى في اقل من نصف ثانية ، ويحتاج رد فعل أي حارس مرمى بارع إلى ربع ثانية في اقل تقدير زائدا ربع ثانية أخرى ليقفز من منتصف المرمى للوصول إلى الكرة وإبعادها عن المرمى وهذا مستحيل على وفق مايقوله علم البيوميكانيك في تطبيقاته على جسم الكائن البشري ويضاف إلى ذلك إن حارس المرمى يجب ان تكون سرعته (35م\ثا) ليصل إلى حافة القائم أو أكثر من (36م\ثا) للوصول إلى الكرة فيما لو اتجهت إلى الزاوية العليا للمرمى وان عداء المائة متر وحده يستطيع أن يصل إلى سرعات قريبة نوعا ما من هذه السرعات ، لكن حارس المرمى ليس بعداء اولمبي توجب عليه الحركة نحو الكرة من الثبات والمحصلة النهائية هي ان يتصدى لركلة الجزاء هو أمر صعب للغاية إن لم يكن مستحيلا حسابيا وفيزيائيا ، لكن الحقيقة مختلفة تماما حيث أجريت دراسة على (286) ركلة جزاء سددت في بطولات دولية مختلفة في معظم أرجاء العالم حيث اكتشفوا حقيقة مهمة وهي إن حراس المرمى اللذين لا يتحركون قبل التسديد يتصدون بنجاح لركلات الجزاء أكثر من اللذين يلقون بأنفسهم نحو إحدى زاويتي المرمى قبل تسديد الكرة كما إن حراس المرمى اللذين يتوجهون إلى جانب معين ينجحون في التصدي لركلة جزاء واحدة من أصل كل أربع ركلات جزاء ، بيما سجلت ثمان ركلات جزاء من أصل عشرة حتى نهاية الدور الاول في بطولة كاس العالم 2010 في جنوب أفريقيا وبنسبة 80% ..

في حين إن حراس المرمى الذين يبقون ثابتين في مكـــانهم يتصـــدون لســـتة ركلات من أصل عشرة ، قد تكون الدراسات العلمية صحيحة ويمكن من خلالها شرح الكثير من الظواهر التي درستها الباحثة فـــي جامعـــة (ايـــرلانغين) فـــي نورمبينـــغ (Sandra) التي أشارت إلى ذلك في دراستها في حين نضيف إلى ذلك لمـــا للعامـــل النفسي الأثر الكبير والواضح في الإخفاق والنجاح وهذه الحقيقة التي يرويهـــا النجـــوم الذين تعرضوا للإخفاق أو النجاح في ركلاتهم لأنهم يعرفون الحقيقة الكاملة لذلك .

وقد ظهرت فكرة الركلات الترجيحية في عام 1970 من قبل الحكم الألمـــاني كارل فالد ، ولقد حسمت الركلات الترجيحية نهائي البرازيل وايطاليا في كأس العـــالم 1994 وكانت هذه أول مرة تطبق فيها فكرة الركلات الترجيحية.



شكل رقم (2-18) : يوضح الكيفية التي يتم بها ركل الكرة والمتغيرات الكينماتيكية

التحليل الميكانيكي لسرعة الركض

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

ان معدل السرعة يمكن وضعه وفقا للشكل ادناه :

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

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

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

ولتطبيق ذلك يتم قياس عدد الخطوات وايجاد معدل طول الخطوة بقسمة عددها على المسافة ولنفرض ان عداء استطاع إنهاء السباق بعدد (45 خطوة) وعند قسمة

المساقة (100 متر) على عدد الخطوات نحصل على (2.22 متر\خطوة) معدل طول الخطوة ، ويلاحظ ان وحدة قياس معدل طول الخطوة هي (متر\خطوة)

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

$$\text{معدل طول الخطوة} = \frac{100}{45}$$

معدل طول الخطوة = 2.22 متر\خطوة

أما تردد الخطوات فهو عدد الخطوات في وحدة الزمن أي نقسم عدد الخطوات على الزمن النهائي (الانجاز) والناتج هو (4.50 خطوة\ثانية) أي ان اللاعب يقطع (4) خطوات ونصف الخطوة في كل ثانية

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

$$\text{معدل تردد الخطوة} = \frac{45}{10}$$

معدل تردد الخطوة = 4.5 خطوة\ثانية

أما معدل السرعة فيتم حسابها على الشكل الاتي:

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

$$\text{معدل السرعة} = 2.22 \times 4.50$$

معدل السرعة = 9.99 م\ثا (الاختلاف البسيط جدا يعود الى التجزئة في بعض الارقام)

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

ان قياس السرعة تم على اعتبار ان الحركة منتظمة (أي ان المسافة الكلية تمت قسمتها على الزمن الكلي) وان القياس الصحيح هو تجزئة المسابقة إلى مسافات كون ان مراحل عدو 100 متر تبدأ برد الفعل ثم تزايد السرعة ثم السرعة القصوى ثم مطاولة السرعة وتتغير السرعة وفقا لهذه الأجزاء ومن عداء الى اخر وحينذاك تكون الحركة غير منتظمة ويكون حساب السرعة صحيحا . في الجدول ادناه تم حساب السرعة وفقا لطول وتردد الخطوة على اعتبار ان الحركة غير منتظمة ، وحسابها على اساس معدل السرعة على اعتبار ان الحركة منتظمة والجدول يوضح انجاز لثلاث عداءات.

جدول (2-2) : يبين طول وتردد الخطوة في نهائيات عدو 100 متر إناث بطولة برلين 2009

Stewart Kerron			Fraser Shelly-Ann			
السرعة	معدل تردد الخطوة	معدل طول الخطوة	السرعة	معدل تردد الخطوة	معدل طول الخطوة	المسافات
6.44	4.05	1.59	6.6	4.15	1.59	20-00
10.2	4.7	2.17	10.26	4.91	2.09	40-20
10.6	4.65	2.28	10.56	4.82	2.19	60-40
10.76	4.62	2.33	10.59	4.86	2.18	80-60
10.36	4.28	2.42	10.23	4.65	2.2	100-80
9.67			9.65	معدل السرعة كحركة غير منتظمة		
9.3			9.32	معدل السرعة كحركة منتظمة		
0.17			0.15	زمن رد الفعل		
10.75			10.73	الإنجاز		

وعندما نطلب من العداء في تقنين شدته إلى 95% فانه (وبنسبة إدراك معينة منه) سيجري بعض التعديلات على أطوال الخطوات وترددا تها لكي ينهي سباقه بزمن أكير من زمنه السابق أو بسرعة اقل من سرعته السابقة لإغراض التكرار، فهل يمكن تدريب العداء وفقا لطول وتردد الخطوات ؟ نعم هناك مجموعة من الدراسات اهتمت بإطالة الخطوة أو زيادة ترددها وكان الغرض منها هو تطوير السرعة ، كما استخدمت العديد من الدراسات المرتفعات صعودا ونزولا لغرض تطوير وكسر حاجز السرعة.

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

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

التعجيل (Acceleration)

يعرف بانه المعدل الزمني لتغير السرعة ، او المعدل الزمني للزيادة او النقصـــان في السرعة ويسمى بالتعجيل السلبي او الايجابي وهو من الكميات الميكانيكية المتجهة ووحدات قياسه هي م/ثا^2 او سم/ثا^2

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

او

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

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

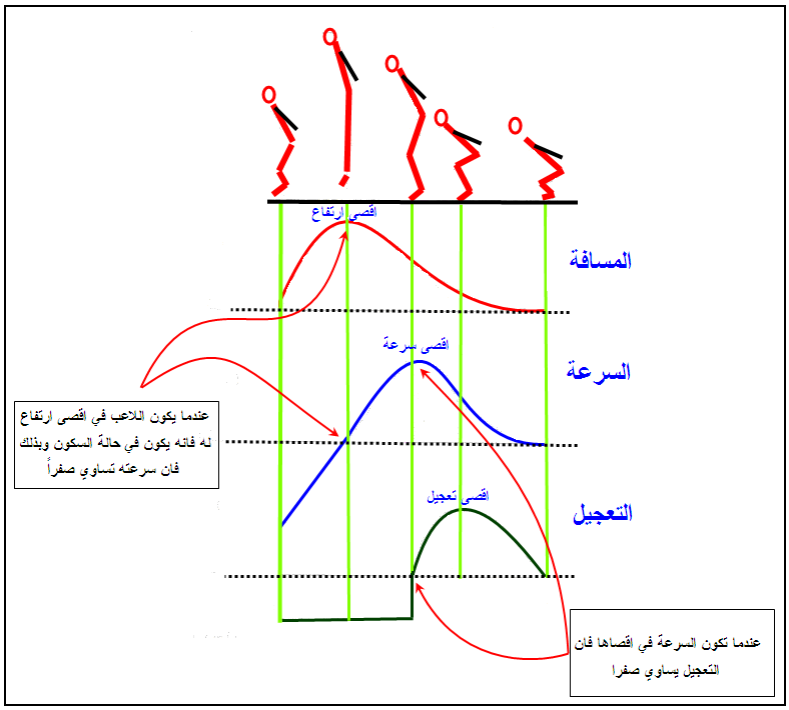
وهناك بعض المصطلحات التي ترافق التعجيل منها سرعة التعجيل وهي تختلف من سباق الى آخر وفقا للجهد الذي يبذله الرياضي من جهد حقيق .

أما قوة التعجيل يشار به إلى المرحلة التي تبذل فيها القوة للوصول الى بداية التعجيل بعد الانطلاق من الثبات

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

العلاقة بين المسافة والسرعة والتعجيل

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



شكل رقم (2–19) : يوضح العلاقة بين المسافة و السرعة والتعجيل

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

العلاقة بين السرعة والتعجيل

ان حركة اللاعب تتأثر بالتزايد او النقصان تحت تأثير أنواع مختلفة من القوى لذلك من المهم معرفة متغيرات السرعة على أساس فترات زمنية محددة . ومن أمثلة ذلك عداء 100 متر يبدأ بالانطلاق عند سماع إشارة البدء ثم يبدأ بزيادة سرعته الى أقصى درجة ممكنه وعند الوصول الى أقصى قدراته ألبدنيه يستمر بهذه السرعة ويحاول الحفاظ عليها قدر الإمكان وفي هذه الحالة تبدأ سرعته بالتناقص (في الجزء الأخير من السباق).

جدول (2–3) يبين نتائج العدائين (بولت) و (باول) في بطولة برلين 2009

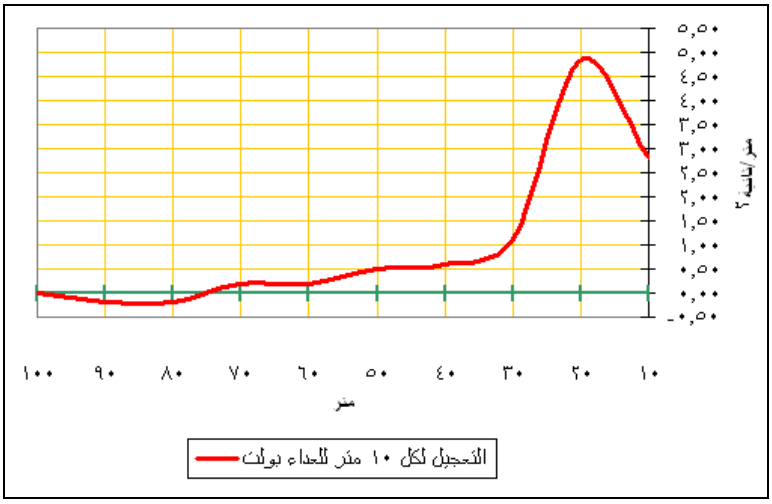
المسافة	الزمن		معدل السرعة	
	Bolt	Powell	Bolt	Powell
10	1.89	1.87	5.29	5.35
20	2.88	2.9	10.1	9.71
30	3.78	3.82	11.11	10.87
40	4.64	4.7	11.63	11.36
50	5.47	5.55	12.05	11.76
60	6.29	6.39	12.2	11.9
70	7.1	7.23	12.35	11.9
80	7.92	8.08	12.2	11.76
90	8.75	8.94	12.05	11.63
100	9.58	9.84	12.05	11.11

جدول (2–4) يبين التعجيل للعداء الجاميكي (بولت) في بطولة برلين 2009

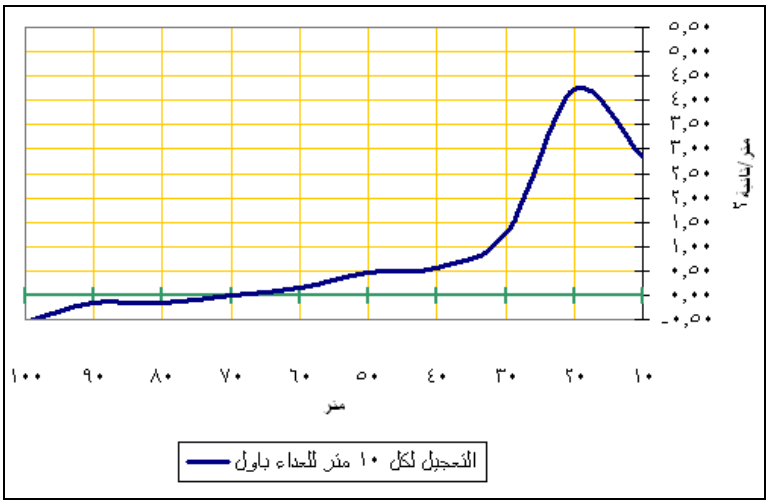
المسافات	الأزمنة	السرعة	فرق الزمن	فرق السرعة	التعجيل
10	1.89	5.29	1.89	5.29	2.8
20	2.88	10.1	0.99	4.81	4.86
30	3.78	11.11	0.9	1.01	1.12
40	4.64	11.63	0.86	0.52	0.6
50	5.47	12.05	0.83	0.42	0.51
60	6.29	12.2	0.82	0.15	0.18
70	7.1	12.35	0.81	0.15	0.19
80	7.92	12.2	0.82	−0.15	−0.18
90	8.75	12.05	0.83	−0.15	−0.18
100	9.58	12.05	0.83	0	0

جدول (2–5) يبين التعجيل للعداء (باول) في بطولة برلين 2009

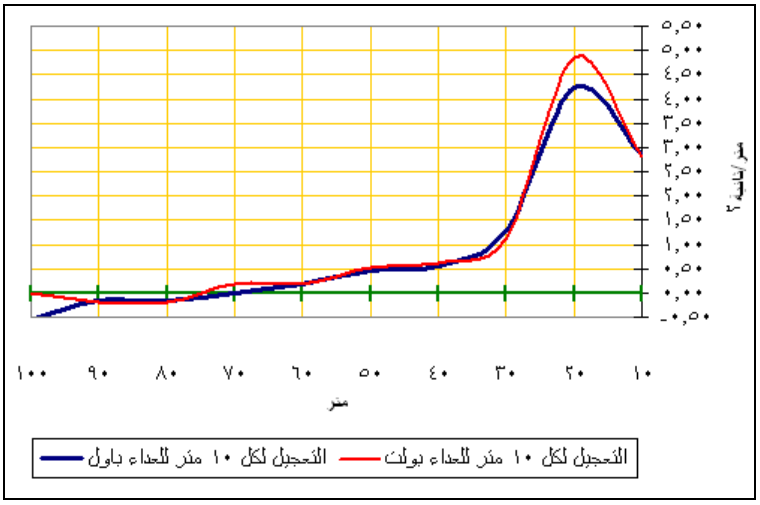
المسافات	الازمنة	السرعة	فرق الزمن	فرق السرعة	التعجيل
10	1.87	5.35	1.87	5.35	2.86
20	2.9	9.71	1.03	4.36	4.23
30	3.82	10.87	0.92	1.16	1.26
40	4.7	11.36	0.88	0.49	0.56
50	5.55	11.76	0.85	0.4	0.47
60	6.39	11.9	0.84	0.14	0.17
70	7.23	11.9	0.84	0	0
80	8.08	11.76	0.85	−0.14	−0.16
90	8.94	11.63	0.86	−0.14	−0.16
100	9.84	11.11	0.9	−0.52	−0.57



شكل رقم (2–20) : يوضح المنحنى البياني للتعجيل للعداء (بولت) بطولة برلين 2009



شكل رقم (2–21) : يوضح المنحنى البياني للتعجيل للعداء (باول) بطولة برلين 2009



شكل رقم (2–22) : منحنى بياني يوضح المقارنة بالتعجيل بين للعداء (يولت وباول)

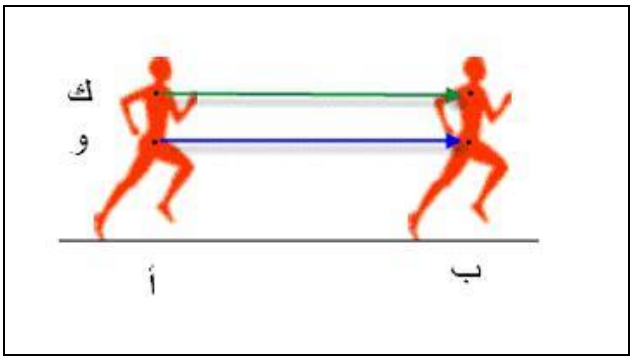
من الأشكال السابقة يمكن وصف التعجيل بأنه السرعة التي يكتسبها الجسم تحت تأثير قوة خارجية يتحرك بها وتكون في حالة تزايد في بداية السباق ثم يتناقص وفقا لميل السرعة الى الثبات حتى يصل الى قيمة الصفر عندما تثبت او تتكرر قيمة السرعة وتبقى العلامة موجبة (+) ولكن تقل مقاديرها ثم تبدأ السرعة بالتناقص بعد انتهاء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

المسافة والازاحة الزاوية

جميع الحركات التي تؤدى على محور وهمي أو حقيقي، خـــارجي أو داخلـــي فإنها حركات دائرية.

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

النقطة التي تتحرك على محيط الدائرة تمتلك سرعة تسمى بالسرعة المحيطيـــة أو الدائرية ووحدتها تماثل وحدة السرعة الخطية (متراثانيـــة) ، ولغـــرض توضـــيح السرعة المحيطية ومقارنتها بالسرعة الخطية فإننا نلاحظ المثال الأتي.

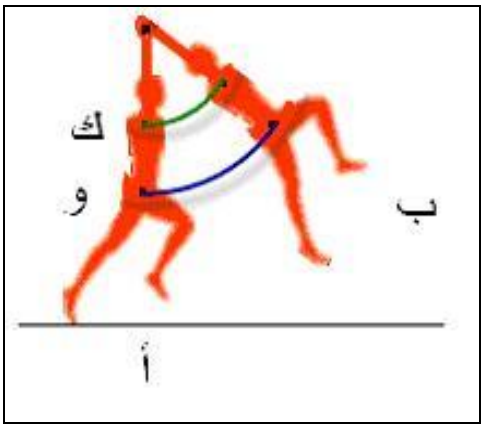


شكل رقم (2–23) : يوضح المسار الخطي لمفصل الورك والكتف في الركض

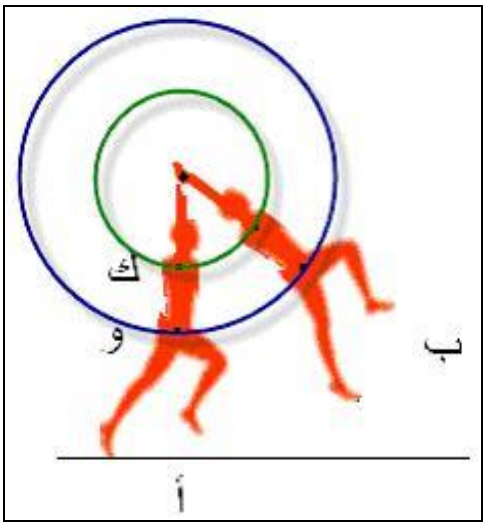
لو تحرك لاعب من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) وشخصنا نقطتان في جسم اللاعب وهما نقطة الورك (و) ونقطة الكتف (ك)، فان المسافة المقطوعة لكلتا النقطتين تكـــون متساوية وبما أن النقطتين تحركتا في الوحدة الزمنية نفسها فإننا نستطيع الجـــزم بـــان سرعة النقطتين متساوية، أي إن سرعة نقطة الورك تساوي سرعة نقطة الكتف.

أما إذا راقبنا هاتين النقطتين على اللاعب نفسه وهو يؤدي المرجحة على جهاز العقلة وكما في الشكل التالي ، فاننا نلاحظ اختلاف في مدى حركة النقطتـــين فالمـــدى

الحركي لنقطة الورك اكبر من المدى الحركي لنقطة الكتف أو بصياغة أخـــرى فـــان المسافة التي تتحركها نقطة الورك اكبر من المسافة التي تتحركها نقطة الكتف، قـــارن الاشكال التالية .



شكل رقم (2–24) : يوضح المسار الدائري لمفصل الورك والكتف في المرجحة على العقلة



شكل رقم (2–25) : يوضح الدوائر التي يمكن رسمها لمفصل الورك والكتف في المرجحة على العقلة

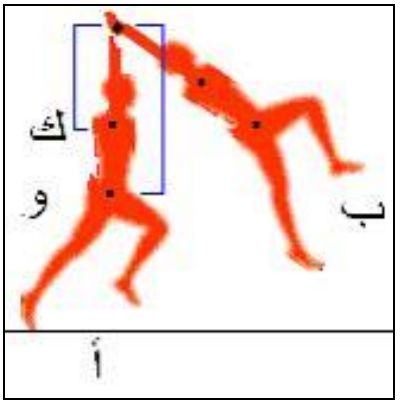
فلو تحركت نقطة (و) من منطقة (أ) ووصلت إلى منطقة (ب) فإنها ستكون قطعت مسافة اكبر من مسافة نقطة (ك)، ورغم أن النقطتين تحركتا في الوحدة الزمنية نفسها الا ان سرعة النقطة (و) لا تساوي سرعة النقطة (ك)، وهذا هو الاختلاف الثاني بين الحركات الخطية والحركات الدائرية، فالاختلاف الأول وجود المحور. اما الاختلاف الثاني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

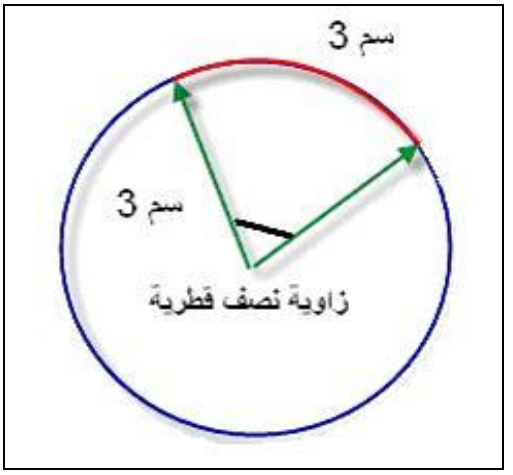
2- بعد نقطة (و) اكبر من بعد نقطة (ك)

3- سرعة نقطة (و) اكبر من سرعة نقطة (ك)



شكل رقم (2-26) : يوضح اختلاف ابتعاد لمفصل الورك والكتف من محور العقلة

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



شكل رقم (2–27) : يوضح موقع الزاوية نصف القطرية

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

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{قيمة الزاوية}}{\text{الزمن}} \quad \ldots\ldots (1)$$

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

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

$$\text{الزاوية نصف قطرية} = \frac{\text{طول القوس}}{\text{نصف القطر}} \quad \ldots\ldots (2)$$

وتعرف الزاوية نصف قطرية بانها الزاوية التي تقابل قوسا طوله يساوي طول نصف القطر.

إذا استخدمنا الزاوية هذه بدلا من الزاوية في القانون (1) سنحصل على مكسبين أولهما أننا سنعطي وبدقة تحرك كل نقطة وفقا لمداها وبعدها ، وثانيا إن الوحدة الحالية لقيمة الزاوية سوف لن تكون بوحدة الدرجة وهذا سيساعدنا (لاحقا) في اشتقاق معادلة للسرعة المحيطية.

إن وحدة الزاوية في المعادلة رقم (1) بالدرجة أما قيمة الزاوية في المعادلة رقم (2) فإنها بدون وحدة لان طول القوس بالمتر أو السنتمتر وكذلك وحدة نصف القطر فتكون وحدة هذه الزاوية هي (م ÷ م =1). اما المساحة المحصورة بين ضلعي نصف القطر وطول القوس تسمى بالقطاع ، ونلاحظ وجود عدد (6.28) قطاعا في الدائرة الواحدة ، أي اذا 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 ، وعند قياس الزاوية في كل مقطع سنجد انها تساوي (57.324 درجة) وهي قيمة الزاوية نصف القطرية.

حساب المسافة على محيط الدائرة

توجد طريقتين اما عن طريق محيط الدائرة (النسبة الثابتة 3.13) اذ علمنا ربع محيط الدائرة او نصفه وهكذا او عن طريق قيمة القطاع (57.324)

ركض عداء في منحنى أي نصف محيط دائرة وكانت لدينا نصف القطر فقــط (31.82 متر)

محيط الدائرة = 2 × نصف القطر × النسبة الثابتة

= 2 × 31.81 × (22÷7)

= 2 × 31.81 × 3.14

= 200 متر تقريبا

نصف المسافة هي 100 متر

اما الطريقة الثانية فلو تحرك العداء من البداية الى نهاية المنحنى فانه قد قطع 180 درجة وعلى نصف قطر 31.81

المسافة = نصف القطر × الزاوية ÷ القطاع

المسافة = 31.81 × 180 ÷ 57.324

=5725.8 ÷ 57.324

= 100 متر تقريبا

علاقة السرعة المحيطية بالسرعة الزاوية

لا نستطيع ان نفترض بان (السرعة المحيطية = السرعة الزاوية) وذلك لاختلاف وحدات كل مصطلح ، فوحدة السرعة المحيطية هي م / ثا اما وحدة السرعة الزاوية فهي درجة / ثا ، ولكي تكون هناك علاقة فعلية بين المصطلحين فاننا نقوم بمجموعة من الاجراءات منها اننا نستخدم الزاوية نصف قطرية بدون وحدة بدلا من الزاوية بوحدة الدرجة

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{قيمة الزاوية (درجة)}}{\text{الزمن (ثانية)}}$$

قيمة الزاوية التي سنعتمدها فهي الزاوية الموجودة في المعادلة رقم (2) أي الزاوية النصف قطرية

$$\text{السرعة الزاوية} = \frac{\text{الزاوية نصف قطرية}}{\text{الزمن}} \times \frac{1}{\text{ثانية}} \quad \ldots\ldots (3)$$

نحتاج إلى قياس بوحدة المتر أو السنتمتر، تحدثنا سابقا إننا لا نستطيع مقارنة نقطتان تبتعدان عن بعضيهما على نفس المحور وعلى نفس خط العمل بسبب اختلاف أنصاف الأقطار، إذن يمكننا اعتماد نصف القطر في المعادلة وطالما إن نصف القطر تتناسب طرديا مع السرعة فان أفضل مقياس نعتمده هو نصف القطر. وهكذا فان وحدة السرعة الزاوية ستكون مساوية لوحدة السرعة المحيطية او بمعنى اخر ان

$$\text{السرعة المحيطية} = \frac{\text{الزاوية نصف قطرية}}{\text{الزمن}} \times \text{نصف القطر} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

او ان

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية × نصف القطر

ويجب ان نفهم جيدا بان وحدة السرعة الزاوية الموجودة في المعادلة اعلاه هي (1\ثا) وليست (درجة\ثا)

من المعادلة أعلاه 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

مثال:

تحرك جسم من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) بزمن قدره (0.3 ثا) وقطع زاوية مقدارها (90درجة) وكان بعد هذا الجسم عن محور الدوران (0.06 متر). احسب السرعة المحيطية واحسب السرعة المحيطية عند مضاعفة نصف القطر.

الحل:

نحول قيمة الزاوية من وحدة الدرجة إلى وحدة نصف قطرية

$$\text{الزاوية} = \frac{\text{طول القوس}}{\text{نصف القطر}}$$

طول القوس = الزاوية × نصف القطر

طول القوس = 90×0.06

= 5.4 درجة . م

نقسم الرقم أعلاه على زاوية القطاع 57.324 وهي ثابتة فنتخلص من وحدة الدرجة

$$\text{طول القوس} = \frac{5.4}{57.3}$$

طول القوس = 0.09 م

$$\text{قيمة الزاوية نصف قطرية} = \frac{0.09}{0.06}$$

قيمة الزاوية نصف قطرية = 1.5 بدون وحدة

$$\text{السرعة المحيطية} = \frac{1.5}{0.3} \times 0.06$$

السرعة المحيطية = 0.30 م\ثا

أما إذا كان نصف القطر(0.06×2=0.12)

طول القوس=90×0.12

طول القوس = 10.8 درجة . م

$$\text{طول القوس} = \frac{10.8}{57.3}$$

طول القوس = 0.19 م

$$\text{قيمة الزاوية نصف قطرية} = \frac{0.19}{0.12}$$

قيمة الزاوية نصف قطرية = 1.58 بدون وحدة

$$\text{السرعة المحيطية} = \frac{1.58}{0.3} \times 0.12$$

السرعة المحيطية = 0.63 م\ثا

أي بمضاعفة نصف القطر تتضاعف السرعة المحيطية ، ولاحظ بان قيمة الزاوية نصف قطرية بقيت كما هي

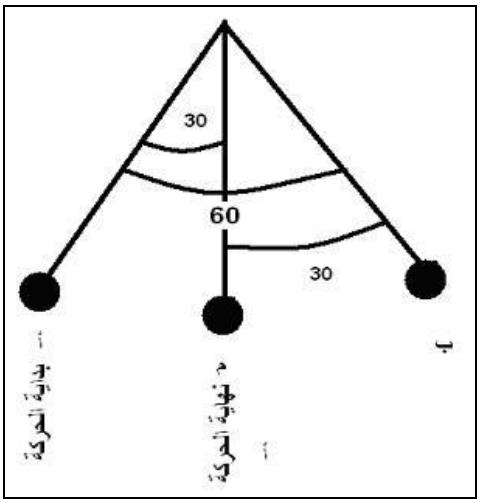
في الدائرة الواحدة فان الزاوية تساوي 360 درجة لذلك فان أية مسافة زاوية ستكون مساوية للإزاحة الزاوية مثلما في ركض المستقيم (100 متر مثلا) باستثناء الدورة الكاملة فإنها تبدأ من نقطة الصفر وتنتهي في نقطة 360 درجة فان إزاحتها (صفر) مثلما تحدث في ركض (400 متر) ، وحتى الزاوية 359 فان مسافتها الزاوية تساوي إزاحتها الزاوية ، فمثلا ان الإزاحة الزاوية لدرجة 90 هي نفسها . أما الدرجة 370 فان إزاحتها (360−370 = 10 درجة)

أما إذا تكررت هذه الدورة مثلا لعدة مرات فان الإزاحة الزاوية تكون لمرة واحدة فلو ان مطرقة تدور 3 دورات ، إذا علمنا إن كل دورة هي 360 درجة فان المسافة الزاوية هي (360 × 3) أما الإزاحة الزاوية فهي (360 × 1)

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

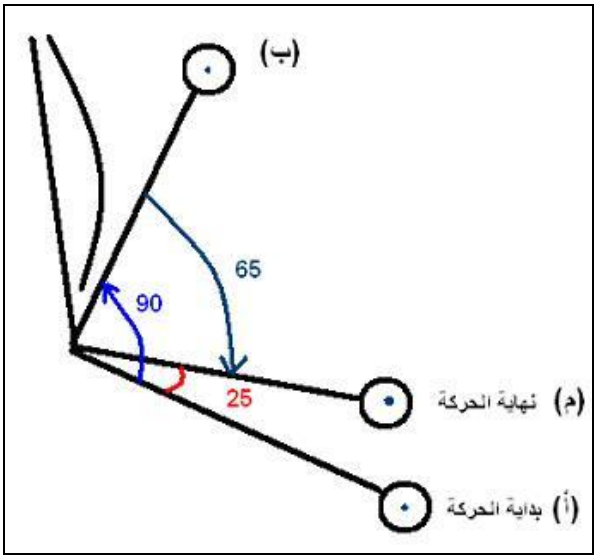
المسافة الزاوية = (60+30)

الازاحة الزاوية = 30



شكل رقم (2–28) : يوضح الزوايا المتوقعة في مرجحة حرة لجسم (بندول)

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

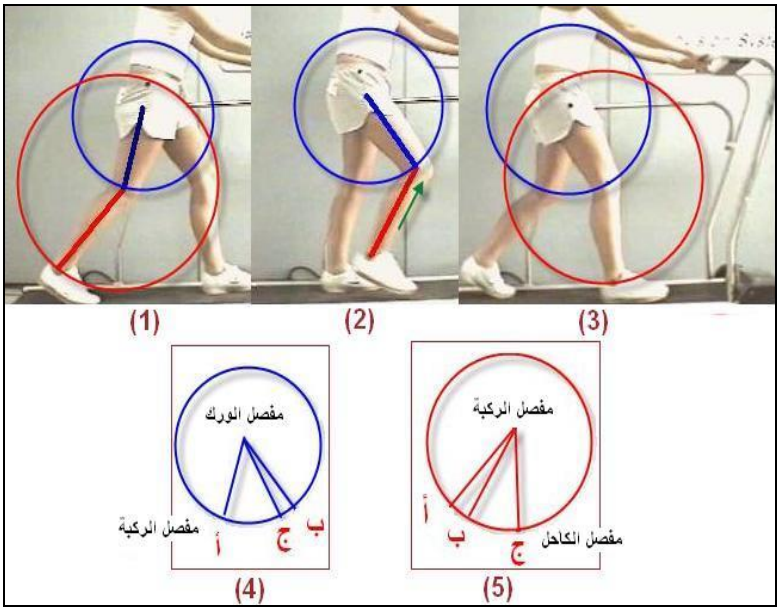


شكل رقم (2–29) : يوضح الزوايا المتوقعة في تمرين رفع الثقل على الذراع (كيرل)

الذراع تبدأ بالثني من نقطة (أ) بداية الحركة فتصل إلى أقصى ثني في نقطة (ب) نهاية الثني تكون قد قطعت زاوية مقدارها (90 درجة) ثم ترجع إلى الزاوية 65 درجة نهاية الحركة وبذلك تكون قد قطعت مسافة زاوية مقدارها (65+90) أما الإزاحة الزاوية فهي (25 درجة) وهي قيمة الزاوية بين بداية الحركة ونهايتها. أي اننا نحدد نقطتين هما بدأ الحركة ثم انتهائها.

تحليل مسار نقطتين في الجسم عند الركض على جهاز الحزام السيار

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



شكل رقم (2–30) : يوضح مسار نقطتين في الجسم عند الركض على جهاز الحزام السيار

(73)

– الصورة رقم (1) بداية الحركة نلاحظ دائرة كبيرة لمفصل الكاحل ودائرة صغيرة لمفصل الركبة ، وسبب ذلك ان الساق اطول من الفخذ

– الصورة رقم (2) اثناء الحركة نلاحظ ان اتجاه حركة الكاحل يكون بشكل مباشر الى مركز الدائرة مما يجعلنا نتوقع ان المسار على محيط الدائرة سيكون صغيرا ويتزامن مع هذا الحدث انتقال كبير في مسار الركبة ، يلاحظ الصورة رقم (4) المسافة بين نقطة (أ وب) للركبة ويقارن مع المسافة بين النقطتين نفسهما في الصورة (5) اذ نجد ان المسافة قليلة بين (أ و ب) وهذا يعود لعدم وجود مرجحة في الساق وانما رفع مباشر من خلال الفخذ.

– الصور رقم (3) يحدث مرجحة في الساق وتتجه الركبة في حركة الى الخلف (قارن مع الصورة رقم (4) لتجد ان (ج) وهي نهاية الحركة ستكون قبل (ب) كحدث مكاني وليس زماني) ، اما في الصورة رقم (5) فنجد ان الحدث المكاني بين (ب و ج) حدث متسلسل . علما ان اتجاه الحركة من اليمين الى اليسار.

ونستنتج من ذلك ان الازاحة الزاوية للركبة هي (أ) و (ج) ، اما للكاحل فهي ايضا (أ) و (ج) ولكنهما مختلفان في الحدث المكاني ومتفقان في الحدث الزماني وان الازاحة الزاوية في الصورة (4) والخاصة بمفصل الركبة اصغر من الازاحة الزاوية في الصورة رقم (5) لمفصل الكاحل مناسب لتلك اللعبة.

(74)

المقذوفات في المجال الرياضي

أي أداة أو جسم يكسر اتصاله مع شيء أخر وبزاوية معينة يسمى أو تسمى مقذوف ، فمثلا لاعب الوثب الطويل يكسر اتصاله مع لوحة الارتقاء في مرحلة الارتقاء بزاوية معينة وهنا نطلق على اللاعب مصطلح مقذوف ، كذلك عند المناولة في كرة السلة 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 ستنطلق إلى الأعلى بزاوية 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 الأرض بسرعة مقدارها (29.43 م\ثا). وفقا للقانون:

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

السرعة = الجذب × الزمن

السرعة = 9.81×3

السرعة = 29.43 م\ثا

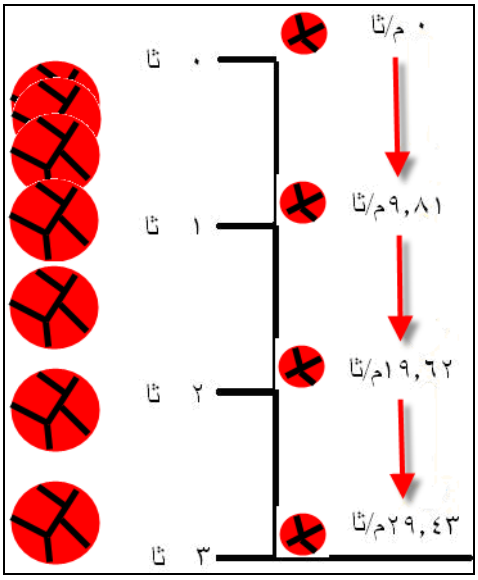
والمقذوفات بزوايا اقل من القائمة تحدث في شكلين اولهما تساوى نقطتي الانطلاق والهبوط والاخر تباين النقطتين ففي تباين النقطتين قد تكون نقطة الانطلاق اعلى من نقطة الهبوط مثلما يحدث في دفع الثقل او رمي الرمح او قد تكون نقطة الانطلاق ادنى من نقطة الهبوط كما يحدث في التصويب بكرة السلة وان فرق الارتفاع يحسب (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.

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

1- الزمن الذي يستغرقه المقذوف.

2- أقصى ارتفاع يبلغه الجسم المقذوف.

3- المسافة الأفقية التي يقطعها الجسم المقذوف.

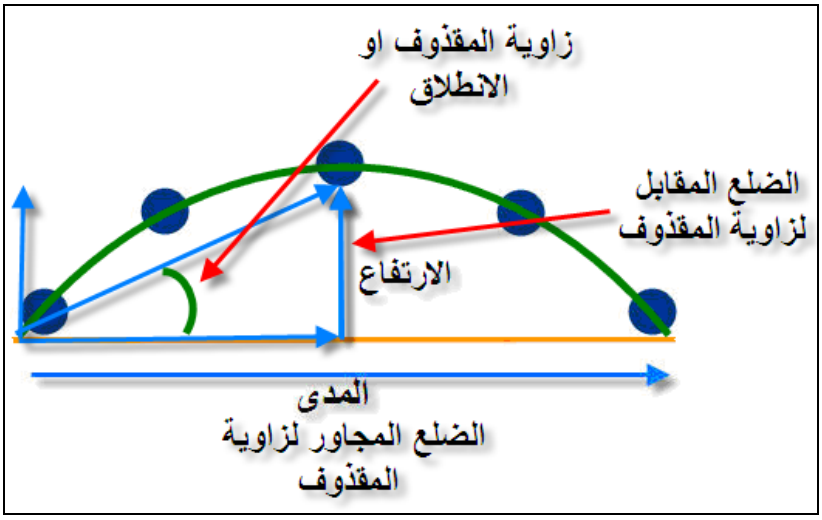


شكل رقم (2-31) : يوضح السقوط الحر لكرة السلة

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

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

2- لكل من المصطلحين زمنين مختلفين فزمن الوصول إلى أقصى ارتفاع (المسافة العمودية) يختلف عن الزمن الكلي الذي استغرقه المدى أو المسافة الأفقية أو زمن الطيران.



شكل رقم (2-32) : يوضح مصطلحات المقذوف

3- ان العلاقة بين المسافة والزمن تحكمها مصطلح السرعة ، وبذلك فان

المسافة الأفقية أو العمودية	=	السرعة المحصلة × زمن المسافة الأفقية أو العمودية

4- مصطلح الجذب الأرضي يتعامل مع الارتفاع العمودي وليس له علاقة بالمدى أو المسافة الأفقية.

5- طالما ان الارتفاع العمودي أو السرعة العمودية تحددها الجذب الأرضي فأن زمن الوصول الى اقصى ارتفاع (الارتفاع العمودي) يتم حسابه بوجود الجذب الأرضي.

6- ان الارتفاع العمودي هو الضلع المقابل لزاوية المقذوف وبذلك فان المسافة العمودية او السرعة العمودية تتعامل مع جيب الزاوية.

7- ان المدى الأفقي هو الضلع المجاور لزاوية المقذوف وبذلك فان المسافة الافقية او السرعة الافقية تتعامل مع جيب تمام الزاوية.

8- يتم حساب أقصى ارتفاع يصله المقذوف من خلال القانون الأتي

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

او

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

9- يتم حساب زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع يصله المقذوف من خلال القانون الأتي:

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

10- من المتوقع ان أقصى ارتفاع يكون في منتصف المدى على اعتبار ان للمقذوف مسار على شكل قطع مكافئ ، وعليه فأن زمن طيران الأداة يحسب

من الفقرة (9) وذلك بضربها في (2) وهو زمن المسافة الأفقية أو الطيران. وعليه فان الزمن يحسب وفقا للقانون ادناه

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

او

زمن الطيران او زمن المسافة الافقية = 2 × زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع

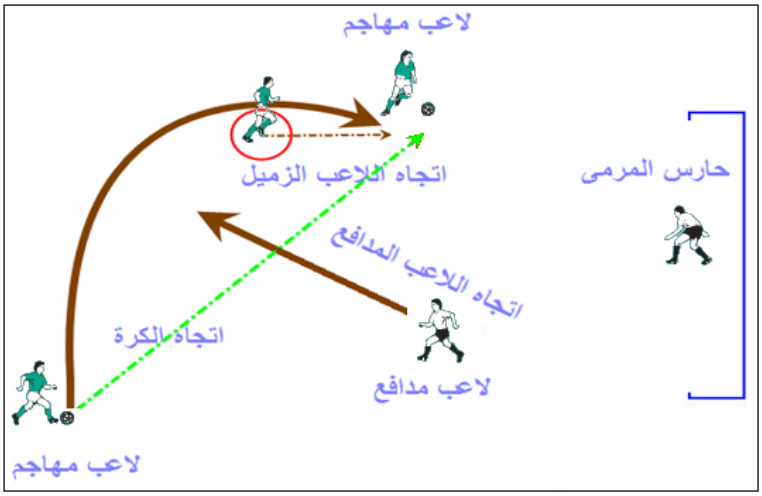
11- يتم حساب المسافة الأفقية وفقا للقانون ادناه:

المسافة الأفقية = السرعة المحصلة × جيب تمام زاوية المقذوف × الزمن الكلي

12- 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 محسوبة بـ (2× جيب الزاوية) .

مثال :

في الشكل التالي لاعب مهاجم يحاول ان يعطي مناولة عالية الى زميله وهـذا يعني ان الكرة ستصبح مقذوفا أي بحاجة الى سرعة وزاوية ، ومن وجهة فان زميلـه يجب ان يتحرك كما ان اللاعب المدافع قد اكتشف خطة المناولة فتحرك لحظة المناولة لقطع مسار الكرة فلو افترضنا ان اللاعب المدافع سيقطع مسار الكرة فـي منتصـف المسافة أي يحتاج الى التوقيت المناسب وهذا يتطلب معرفة زمن وصول الكرة لاقصى ارتفاعها ، ومن ناحية اخرى فان المطلوب من اللاعب المهاجم هو القفز لقطع المسار لان مسار الكرة عالي . فلو بلغت السرعة الابتدائية للكرة (12 م/ثـا) وبزاويـة (35 درجة) . ما هو المطلوب من اللاعب المدافع؟



شكل رقم (2–33) : يوضح التخطيط لقطع الكرة في كرة القدم وفقا لقانون المقذوفات

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

(81)

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{(12 \times 0.5736)^2}{2 \times 9.81}$$

$$\text{أقصى ارتفاع} = \frac{(12 \times 0.5736)^2}{2 \times 9.81}$$

أقصى ارتفاع	= 2.41 متر	المطلوب من اللاعب المدافع ان يرتفع اعلى من (2.41 متر) لقطع مسار الكرة

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

$$\text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع} = \frac{12 \times 0.5736}{9.81}$$

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

كما يمكن معرفة اقصى ارتفاع بدلالة الزمن فاذا قفز لاعب خلال (0.70 ثا) بعد اطلاق الكرة لغرض قطع مسار الكرة فما هو الارتفاع المتوقع الذي يتم قطع مسار الكرة ؟

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

$$\text{الارتفاع} = \frac{9.81 \times (0.70)^2}{2}$$

$$\text{الارتفاع} = \frac{9.81 \times 0.49}{2}$$

$$\text{الارتفاع} = \frac{4.8069}{2}$$

أقصى ارتفاع	= 2.40345 متر	المطلوب من اللاعب المدافع ان يرتفع اعلى من (2.41 متر) لقطع مسار الكرة

ان ارتفاع الكرة ثم هبوطها يعني ان الزمن الكلي هو ضعف احد الزمنين اما الارتفاع او الهبوط

الزمن الكلي (للمسافة الأفقية) = 2×0.70

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

المسافة الأفقية = السرعة المحصلة × جيب تمام زاوية المقذوف × الزمن الكلي

المسافة الأفقية = 12 × 0.8192 × 1.40

المسافة الأفقية =13.76 متر ، الكرة ستقطع مسافة قدرها (13.76 مترا) هل هذه مسافة كافية لكي يستلم الزميل الكرة دون مشاكل من اللاعب المدافع

$$\text{معدل سرعة الكرة} = \frac{13.76 \text{ متر}}{1.40 \text{ ثانية}}$$

= 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

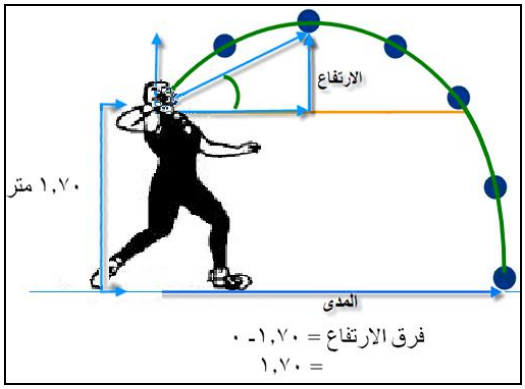
1- حساب الزمن: يتم وفقا للقانون في الفقرة (10) مع بعض التعديلات :

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

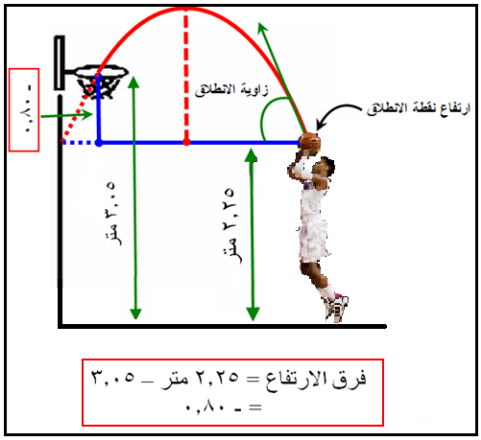
ان القانون اعلاه يصلح حتى اذا كان فرق الارتفاع صفرا أي ان مستوى الانطلاق يساوي مستوى الهبوط

2- يتم حساب المسافة وفقا للقانون في الفقرة (11)

المسافة لأفقية = السرعة المحصلة × جيب تمام زاوية المقذوف × الزمن الكلي



شكل رقم (2-34) : يوضح نقطة ارتفاع المقذوف (الثقل) وفرق الارتفاع عن الارض



شكل رقم (2-35) : يوضح نقطة ارتفاع المقذوف (كرة السلة) وفرق الارتفاع عن الارض

في تحليل الحركات يفضل ان يتم حساب زاوية الانطلاق بعد اجتياز الكرة لقطرها أي عند تحديد النقطة الثانية وذلك بمد خط بين النقطتين لاعتبارهما ضلعا 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.

الفصل الثالث

(الكينتيك Kinetics)

وهو العلم الذي يهتم بدراسة الاسباب التي تكمن وراء الحركة من حيث مقادير القوى المسببة لها لتفسير حدوث الحركة ، حيث ان هذا الجانب يتناول دراسة القوى في حالات الثبات او الحركة ، فيقال ان الجسم في حالة حركة عندما يتحرك مكانه نسبةً الى نقطة اخرى او نظام نسبي ثابت ويكون الجسم في حالة ثبات عندما يبقى الجسم في حالة سكون أي عدم تغير موضعه نسبة الى نقطة اخرى.

قوانين نيوتن في الحركات الخطية

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

- القانون الاول (قانون القصور الذاتي inertia) :

كل جسم يحاول الاستمرار في سكونه او حركته مالم تؤثر فيه قوة اخرى لتغير حالته

ان القصور يعني العجز والذات يعني الشيء نفسه ويعني ذلك ان الجسم قاصر على تحريك ذاته بذاته الا بوجود قوة كما انه عاجز على ايقاف ذاته بذاته الا بوجود قوة ، فعداء المائة متر لا يمكنه الانطلاق من مسندي البداية الا بتسليط قوة مع اتجاه الحركة ولايستطيع بعد تحركه التوقف الا بتسليط قوة معاكسة لاتجاه حركته ، ويعتمد طول الفترة الزمنية وطول المسافة التي يتوقف فيها على مقدار القوة التي يستخدمها للايقاف . وتساعد الاستمرارية في تكامل الواجب الحركي فمثلا يصعب على قافز العريض ان يقفز الى مسافة معينة وبتكنيك صحيح اذا كانت حركته فجأة من الثبات

ولكنه يتمكن من اداء الحركة بشكل افضل اذا كانت حركته بعد عدد معين من خطوات الاقتراب.

ان مقدار القوة المستخدمة لاكساب جسم سرعة معينة يختلف باختلاف وضع الجسم قبل استخدام القوة ، فاذا كان الجسم المراد التأثير فيه ثابتا وأردنا اكسابه سرعة (10م/ثا) يتطلب الامر قدرا معينا من القوة ، اما اذا كان الجسم نفسه في حالة حركة ولو بطيئة فلاكسابه السرعة نفسها عندئذ تكون القوة المستخدمة اقل من الحالة الاولى ، وهذا يفسر لنا اهمية الحركات التحضيرية في كثير من الفعاليات الرياضية.

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

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

- كتلة الجسم : كلما كانت الكتلة كبيرة كلما امتلك الجسم قصورا كبيرا مثل رياضة السومو او المصارعة بالاجسام الضخمة.
- طبيعة الارض او السطح الذي تتم عليه الحركة : يمتلك الجسم قصورا كبيرا على الاراضي الخشنة أي يصعب تحريكه بسهولة في حين يمتلك قصورا اقل في الاراضي الزلقة او الجليدية.
- قاعدة الارتكاز : عندما يراد تحريك جسم ذي كتلة معينة وله قاعدة ارتكاز كبيرة يتطلب ذلك قوة كبيرة للتغلب عليه. بينما تكون القوة المستخدمة اقل فيما لو كانت للكتلة نفسها قاعدة صغيرة. ونجد هذا المبدأ في رياضة المصارعة 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.

- القانون الثاني (قانون التعجيل accelerations) :

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

او الدفع يساوي التغير في كمية الحركة

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

القوة = الكتلة × التعجيل

ق = ك × ج

$$ج = \frac{ق}{ك}$$

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

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

ق = ك × ج

بما ان

$$ج = \frac{س_2 - س_1}{ن}$$

اذن

$$ق = ك \times \frac{(س_2 - س_1)}{ن}$$

ويوضح القانون السابق العلاقة العكسية بين القوة والزمن

ق × ن = ك × (س$_2$ – س$_1$)

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

مثال :

انطلق لاعب كتلته 60 كغم من الثبات من منقطة (أ) وبعد (3 ثانية) مر من منقطة (ب) بسرعة مقدارها (4م/ثا) احسب مقدار القوة التي بذلت للوصول الى المنقطة (ب)

القوة = الكتلة × التعجيل

القوة = 60 × 4 ÷ 3

القوة =240 ÷ 3

القوة =80 نيوتن أي بمقدار (80 ÷ 9.81 = 8.15 كغم) يضاف الى كتلة الجسم فتصبح 68.15 كغم أي لتحريك جسم كتلته 60 كغم لمدة 3 ثواني نحتاج الى (68.15 × 9.81 = 668.55 نيوتن)

وعند حساب المسألة وفقا للتغير في كمية الحركة

القوة × الزمن = ك × (س2 – س1)

القوة × الزمن = (ك×س2) – (ك×س1)

القوة × 3 = 60 × 4 – 60 × 0

القوة = 60 × 4 ÷ 3

القوة = 240 ÷ 3

القوة = 80 نيوتن

اما لو انطلق اللاعب نفسه من منطقة قبل (أ) بذلك سيمر من المنطقة (أ) بسرعة معينة ولنفرض 1 م\ثا

القوة × الزمن = ك × (س2 – س1)

القوة × الزمن = (ك×س2) – (ك×س1)

القوة × 3 = 60 × 4 – 60 × 1

القوة × 3 = 240 – 60

القوة = 180 ÷ 3

القوة = 60 نيوتن أي اقل بمقدار 20 نيوتن والسبب في ذلك هو ان الجسم قد اكتسب الاستمرارية التي لاتحتاج الى بذل قوة اكبر

يمكن الاستفادة من قانون كمية الحركة في حساب الفروق التي يمكن الحصول عليها بتغير الكتلة فكمية الحركة التي يمتلكها الرامي كبير الكتلة يتحرك بسرعة (4 م\ثا) تختلف عن كمية الحركة التي يمتلكها الرامي صغير الكتلة (نصف كتلة الرامي الاول) اذا امتلك السرعة نفسها ، من هذا المنطلق نجد ان طبيعة الفعالية المعينة ومتطلباتها الميكانيكية تحدد مواصفات الشخص المناسب لها وعلى ضوء القوانين الميكانيكية التي تحكمها يمكنه من تحقيق افضل النتائج.

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

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

ان القيام بحركة معينة تتم من خلال قوة يصدرها الرياضي ويعبر عن تلك القوة بمصطلح الفعل ونتيجة لهذا الفعل يحصل على قوة مضادة ومساوية لمقدار الفعل يطلق عليها رد الفعل ، وفي المجال الرياضي قد يكون هذا الفعل كيميائيا ويكون رد الفعل ميكانيكيا ، فاثارة موقع معين من الجسم بنبضة كهربائية او اثارته بصوت

الاطلاقة يقابله حركة في العضلة بنفس قوة الاثارة فاذا كانت الاثارة كبيرة قوبلت برد كبير والعكس صحيح ، وقد تكون عملية الفعل ورد الفعل بين عظمين تشدهما عضلة ، اما الاستفادة من المحيط في تعزيز رد الفعل فيتضح كثيرا في المجال الرياضي فقافز العريض يستخدم الارض لتعزيز ردود افعال التقلص المركزي للعضلات العاملة وكذلك يعمل القافز من منصة القفز في السباحة وفي الوقت الذي يعتبر الارض محيط صلب فان القفاز محيط ارتدادي والترامبولين كذلك وللماء محيط سائل ، فردود الافعال في المجال الرياضي قد لايأخذ المعنى المطابق لقانون نيوتن الثالث الا في حالات الاصطدام.

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

قوانين نيوتن في الحركات الدائرية

عزم القصور الذاتي :

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

عزم القصور الذاتي = الكتلة × (نصف القطر)^2

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

وفي حركات الوثب والقفز تساهم حركات الذراعين من خلال المرجحة في زيادة كمية الحركة الدورانية لحظة النهوض ، فنجد ان واثب الطويل يقوم بحركات بندولية ودورانية للذراعين والرجلين في الطيران مما يؤدي الى ايقاف الدوران حول المحور الجانبي ، ويحاول الواثب 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 لايقاف 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 = الكتلة × نق^2 × السرعة الزاوية

القوة (Force):

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

يمكننا تقسيم تأثير القوة الى :-

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.

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 لتلك المقاومة .

مواصفات القوة

للقوة اربعة مواصفات مهمة وهي:

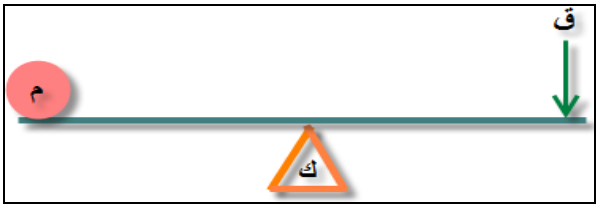
1- مقدار القوة .

2- خط عمل القوة .

3- اتجاه القوة .

4- نقطة تأثير القوة .

اذا اثرنا في جسم بقوة لتحريكه فلابد ان يكون هناك وصف كمي لها فنذكر ان مقدار التأثير كان (100 نيوتن) ، ويختلف مقدار التأثير باختلاف خط العمل فاذ كان خط العمل مطابقا لمركز الجسم كان مقدار القوة مؤثرا بشكل اكبر لو انها على خط عمل مختلف ولا يكفي للتعريف بها ما لم يذكر اتجاهها ، لأن القوة عبارة عن كمية متجهة ، فأذا اردنا القول عند تسليط قوة 100نيوتن على جسم فان المفهوم الميكانيكي لا يعبر عن تأثير القوة ما لم يتم ذكر الجهة التي اثرت بالقوة وزاويتها ، اما الصفة الاخيرة للقوة فهي نقطة تأثير القوة فلابد 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 (3–1) يوضح عتلة من النوع الأول

محصلة القوى:

تعد القوة كمية متجهة وللتعبير عنها ينبغي ذكر مقدارها واتجاهها ، وعندما تؤثر اكثر من قوة في جسم فان محصلتهما تستخرج حسب خط فعل القوى المؤثرة في ذلك الجسم وتنقسم كما يلي :-

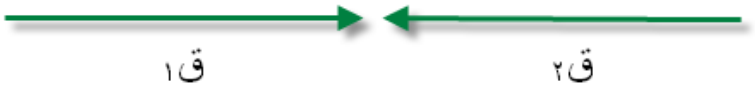
- اذا اثرت قوتان في جسم ، وكانت القوتان في اتجاه واحد فان الفعل التأثيري لهما أي محصلة القوتان هي المجموع الجبري لهما .

$$م = ق_1 + ق_2$$

شكل (3–2) يوضح جمع القوى

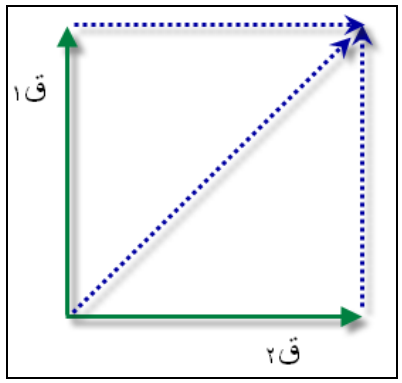
- إذا أثرت قوتان في جسم ، وكانت القوتان في اتجاه متعاكس ، فان محصلة القوتان أي الفعل التأثيري لهما هي الفرق الجبري بينهما ، واتجاه المحصلة باتجاه القوة الكبيرة.

$$م_1 = ق_1 - ق_2$$



شكل (3-3) يوضح طرح القوى

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



شكل (3-4) يوضح تعامد القوى

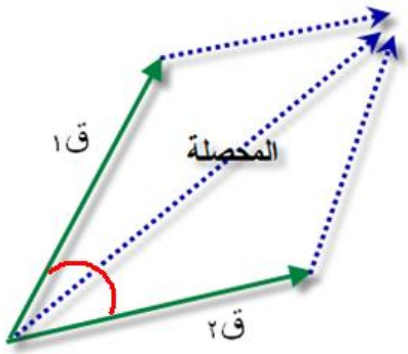
$$\text{المحصلة} = \sqrt{ق_1^2 + ق_2^2 + 2\ ق_1 \times ق_2 \times \text{جتا هـ}}$$

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

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

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

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

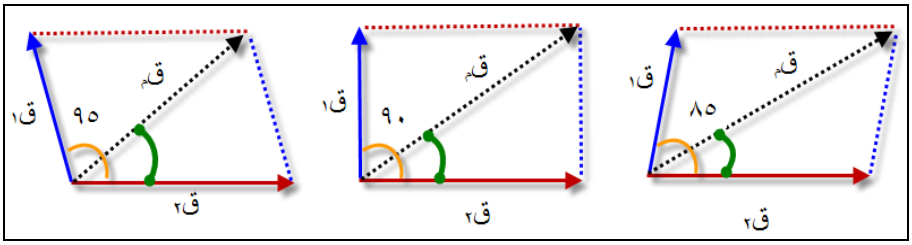


شكل (3–5) يوضح رسم المحصلة في الزوايا التي تقل عن 90 درجة بين القوى

مثال :

أثرت قوتان (ق1 ، ق2) وقيمتهما (20 نيوتن ، 30 نيوتن) في جسم وكانت الزاوية بينهما هي 85 درجة ، ثم اصبحت 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 (3–6) يوضح قيمة المحصلة واتجاهها في الزوايا التي تقل عن 90 درجة وتساويها وتزيد عنها

قيمة المحصلة للزاوية 85 درجة

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

م = 37.48 نيوتن

قيمة المحصلة للزاوية 90 درجة

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

م = 36.05 نيوتن

قيمة المحصلة للزاوية 95 درجة

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

م = 34.58 نيوتن

مثال:

عضلتان (س ، ص) ، اعطت العضلة الاولى س قوة مقدارها 60نيوتن علـــى العظم أب ، والعضلة ص قوة مقدارها 80 نيوتن ، وقد اشتركت العضلتان في عمـــل عضلي بزاوية قائمة ، اوجد محصلة القوة للعضلتين؟

المحصلة = $\sqrt{ق_1^2 + ق_2^2}$

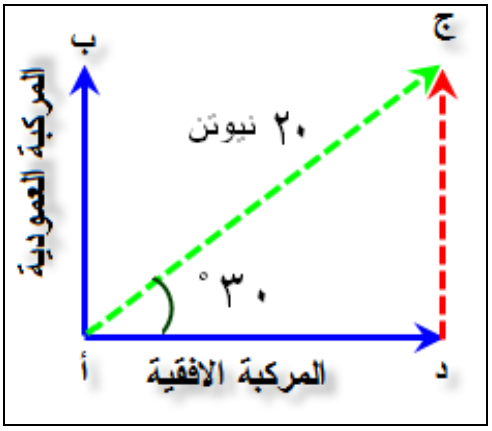
المحصلة = $\sqrt{(80)^2 + (60)^2}$

المحصلة = $\sqrt{6400 + 3600}$

م = 100 نت محصلة القوتان

تحليل القوى :

ان عملية تحليل القوة هي عكس تركيبها او جمعها ، ففي هذه الحالة نحصل على تحليل القوة الى مركباتها الافقية والعمودية عندما تكون المحصلة المؤثرة في الجسم معلومة وكذلك الزاوية التي تعمل عليها ، فلو اخذنا المثال التالي . لو كانت محصلة قوة مؤثرة في جسم مقدارها 20 نيوتن بزاوية مقدارها 30 ْ مع الخط الافقي ، والمطلوب حساب مركباتها الافقية والعمودية؟



شكل (3–7) يوضح تحليل القوة المحصلة الى مركباتها

من المثلث (أدج) القائم الزاوية في (د) يعد (أج) هو وتر المثلث (أدج) و (أد) هو المجاور للزاوية (ج أ د) و (ج د) المقابل للزاوية ، فيمكننا استخراج المركبتين الأفقية والعمودية بالاعتماد على قوانين المثلثات كما يلي :

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

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

$$\text{جيب الزاوية} = \frac{\text{المركبة العمودية}}{\text{المحصلة}} \quad \text{------ (1)}$$

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

ولمعرفة قيمة المركبة العمودية نستخدم المعادلة رقم (1) بعد تعديلها

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

المركبة العمودية = جا 30 × الوتر

المركبة العمودية = 0.5 × 20 نت

المركبة العمودية = 10 نت

ولمعرفة قيمة المركبة الافقية نستخدم المعادلة رقم (2) بعد تعديلها

$$\text{المركبة الافقية} = \frac{\text{جيب تمام الزاوية}}{\text{الوتر}}$$

المركبة الافقية = جتا 30 × الوتر

المركبة الافقية = 0.76 × 20 نت

المركبة الافقية = 15.2 نت

القوى الخارجية والداخلية في الحركات الرياضية

من اجل تحليل وشرح الحركات الرياضية ، لابد من معرفة القوى المؤثرة على الحركات ، وهذا يعني معرفة جميع القوى التي تؤثر على جسم الإنســـان ، وان هــذه القوى المؤثرة تقسم الى قسمين وهما :-

(أ) القوى الداخلية : وهي التي تكون داخل الجسم ومن انواعها:

* قوة العضلات .
* قوة مقاومة الأجهزة والأعضاء الداخلية .
* قوة ردود الفعل الداخلية (مقاومة المفاصل والأوتار) .

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

* الجاذبية الأرضية .
* قوة جسم آخر (الزميل ، الخصم ، القفاز) .
* قوة مقاومة من المحيط (مقاومة الماء والهواء ، الاحتكاك ، رد فعل الارتكاز).

ان القوى الخارجية تقسم إلى :

- **القوى الخارجية الايجابية** : وهي تلك القوى التي تتمكن من أن تأتي بحركة كالجاذبية الأرضية ، قوة الزميل ، قوة الخصم ، قوة مجرى الماء في النهر .
- **القوى الخارجية السلبية** : وهي تلك القوى التي تأتي على أساس رد فعل لقوى أخرى او في أكثر الأحيان رد فعل لقوة عضلات الرياضي ، كنقطة الارتكاز في القفز ، قوة الاحتكاك في الركض ، مقاومة الماء بالسباحة .

القوة الطاردة والقوة المركزية

ان حدوث الحركة هو عبارة عن مزيج من تأثيرات قوى معينة في الجسم اثناء حركته فمنها ما يؤثر بشكل ايجابي وهنا يعمل الرياضي على تعزيز هذه القوى ورسم مسار حركته بما يتفق والطبيعة الايجابية لتلك القوى المؤثرة ، ومنها ما يؤثر بشكل سلبي وهي القوى التي يحاول الرياضي ان يحد منها ، فنجد ان القوى المؤثرة في حركة الجسم اثناء الحركة المستقيمة تكاد تكون متوازية مقارنة بتأثير القوى الخارجية فيه اثناء حركة الدوران ، فنتيجة لدوران الجسم حول محور نجد ان الجسم يقع تحت تأثير قوة تحاول ابعاده من المسار الدائري الى الخارج ، وبكي يستمر في مساره الدائري يجب عليه ان يوازن بين قوتي الفعل (المتمثلة بالقوة الطاردة) ورد الفعل (المتمثلة بدرجة الميلان) كشكل ظاهري اما الشكل الكيناتيكي فيتم حسابه أي حساب مقدار القوة من خلال القوة المتولدة تحت قدم اللاعب (الدفع المائل تجاه المركز) وهنا

يتحقق قانون الفعل ورد الفعل فالقوة الطاردة (Centrifugal) تحاول ابعاد الجسم امـــا القوة الرادة لها فتتجه بعكس الاتجاه (نحو المركز كقوة مركزية Centripetal).

ان القوة الطاردة تكون سلبية على العداء في المنحنى وايجابية علـــى رامـــي القرص والمطرقة ، ويمكن مشاهدة تأثير القوة الطاردة على سلك المطرقة فضلا عـــن مقدار الشد على عضلات الطرف العلوي فيما تنفرد فعالية القرص بمقدار الشد علـــى العضلات المشاركة ، وقد تؤدي الى اصابة في حالة القطع عندما لا يتحقـــق الواجـــب الحركي ما يجب ان يتم وما تم فعلا وذلك لان لاعب القرص او المطرقة يقـــع تحـــت تأثير قوتين احدهما القوة الطاردة عليه لانه في حالة دوران والاخرى القـــوة الطـــاردة للثقل لذا يجب حساب ميل الجسم اثناء الدوران وفقا للقوتين.

شكل (3–8) يوضح زاوية ميل العداء نحو الداخل

فعلى سبيل المثال ، هناك نوعين من القوة تنشأ خلال حركة الدوران عند أداء فعالية رمي المطرقة ، وهاتان القوتان مرتبطتان مع بعضهما طبقاً لقانون نيوتن من علاقة الارتباط بين الفعل ورد الفعل ، ويمكن ملاحظة ذلك بوضوح عند مهارة المطرقة ، فالمطرقة خلال الدوران المماسي تعمل على سحب الرياضي للخارج و كرد

فعل يعمل الرياضي على سحب المطرقة باتجاه محور دورانه ، وفي الحالة الاولى يطلق عليها القوة الطاردة (اللامركزية) ، وفي الحالة الثانية تسمى بالقوة الجاذبة (المركزية) ، وتقاس وفقاً للعلاقة الرياضية التالية :

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

$$ق_{ط} = \frac{ك \times س^2}{نق}$$

ان هاتين القوتين متساويتان في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه ، والقوة الطاردة تتأثر بعاملين مهمين هما سرعة وكتلة المطرقة ، فكلما كانت حركة المطرقة سريعة كلما كانت القوة التي يولدها الرياضي كبيرة وكذلك للمحافظة على التوازن اثناء حركته الدورانية من تأثير القوة الطاردة كذلك نجد ان القوة التي يبذلها الرياضي للمحافظة على توازن حركته الدورانية كبيرة عندما تكون كتلة المطرقة كبيرة .. وبناء على ذلك نستطيع ان نقول ان القوة الجاذبة او القوة الطاردة تتناسب تناسبا طرديا مع كتلة الاداة المقذوفة ومربع سرعتها وان القوتين الجاذبة والطاردة تتناسبا عكسيا مع نصف قطر الدوران ، ذلك لأن تقصير نصف القطر يؤدي الى زيادة في القوة الجاذبة او الطاردة . كذلك نلاحظ العداء يحاول الحد من تأثير القوة الطاردة في جسمه وخاصة عند الركض في الاقواس من خلال ميل الجذع نحو الداخل وتوسيع مدى حركة الذراع الخارجية بالمقياس لحركة الذراع الداخلية ، وكلما كان منحنى القوس شديدا ازدادت شدة الميلان.

وعلى هذا الاساس يعد معرفة درجة ميلان الرياضي عند ركضه في الاقواس ضرورية جدا لمعرفة زاوية الميل التي يجب ان يكون وضع جسم الرياضي فيها لكي يتجنب تأثير القوة الطاردة ، ويمكن استخراج درجة ميلان الجسم حسب العلاقة التالية:

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

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

مثال:

عداء يركض بسرعة (20قدم\ثا) وكان نصف قطر المضمار (100) قدم ، مـــا هي الزاوية التي يجب ان يميل بها نحو الداخل ليحافظ على مساره الدائري؟

$$\text{ظل زاوية الميلان} = \frac{(20)^2}{32 \times 100}$$

$$\text{ظل زاوية الميلان} = 0.125$$

$$\text{زاوية الميلان} = 7.12 \text{ درجة}$$

اذن الزاوية التي يجب أن يميل بها الرياضي بجسمه نحو الداخل هي تقريبا (7) درجات عن الخط العمودي .

مثال :

احسب نصف قطر المنحني الذي يدور حوله عداء كتلته (70كغـــم) بســـرعة (9م\ثا) علماً ان مقدار القوة الطاردة المؤثرة فيه (60 نيوتن).

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

$$60 \text{ نت} = \frac{70 \text{كغم} \times (9)^2}{\text{نصف القطر}}$$

$$60 \text{ نت} \times \text{نق} = 70 \text{ كغم} \times 81$$

$$\text{نق} = \frac{70 \times 81}{60}$$

نق = 4.5م

التأثير المتبادل للقوى الخارجية والداخلية

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

رد الفعل = قوة العضلات

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

رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

ولتوضيح ذلك في مثال، لو أدى الرياضي حركة ثني مفصلي الركبتين من الوقوف بشكل غير مبالغ فيه (انسيابي) فهذا يعني تغلب وزن الجسم على قوة العضلات وافتراضا أن وزن الرياضي كان 1000 نيوتن وكانت قوة العضلات في لحظة الثني 800 نيوتن فان علامة رد الفعل ستكون سالبة لان:

رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

رد الفعل = 800 – 1000

رد الفعل = – 200 نيوتن

ونستنتج من ذلك أن رد الفعل سيكون اقل من وزن الجسم في حالة الثني وبالضبط سيكون (1000–200=800 نيوتن وهذه ملاحظة مهمة لتفسير بعض منحنيات دالة القوة–الزمن)، أما إذا عكسنا الحالة أي إن الرياضي سيمد مفصلي الركبتين من وضع الجلوس فللتغلب على وزن الجسم الذي مقداره 1000 نيوتن نحتاج إلى 1200 نيوتن (افتراضا) فان علامة رد الفعل ستكون موجبة لان:

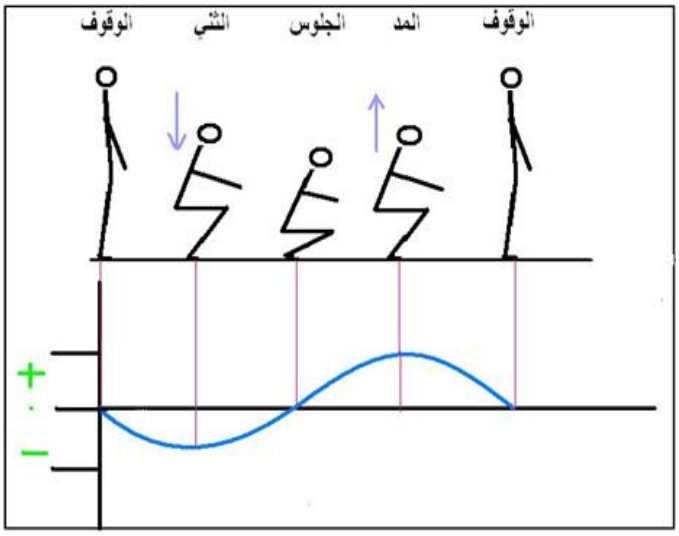
رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

رد الفعل = 1200 – 1000

رد الفعل = 200 نيوتن

ونستنتج من ذلك أن رد الفعل سيكون اكبر من وزن الجسم في حالة المد وبالضبط سيكون (200+1000=1200 نيوتن) وكما موضح في الشكل (11–3).

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



شكل (3–9) يوضح مسار التعجيل عن وزن الجسم عند الوقوف والجلوس

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

القوة = الكتلة × التعجيل

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

ولو عوضنا عن القوة برد الفعل

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

ومن معلوماتنا أعلاه فان رد الفعل = قوة العضلات – وزن الجسم

فان:

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{قوة العضلات – وزن الجسم}}{\text{الكتلة}} \quad \text{بوحدة م/ثا}^2$$

مثال :

ما مقدار التعجيل (محسوبة بوحدة م/ثا^2) لجسم وزنه 800 نيوتن يسلط على الأرض قوة مقدارها 870 نيوتن .

الحل:

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

نجد الكتلة من خلال قسمة وزن الجسم على الجذب (9.81 م/ثا^2)

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

$$\text{الكتلة} = \frac{800}{9.81}$$

الكتلة = 82 كغم تقريبا

$$\text{التعجيل} = \frac{800 - 870}{82}$$

$$\text{التعجيل} = \frac{70}{82}$$

التعجيل = 0.85 م\ثا^2 بما أن التعجيل موجب فان الجسم في حالة مد

ويمكننا من خلال ملاحظة الشكل التالي أن نتوقع الخط البياني للتعجيل ، إذ يتضح لاعب الوثب الطويل (العريض) في حالتين على لوحة الارتقاء الحالة الأولى الهبوط والثانية الانطلاق (نرسم من مشط اللاعب خطا عموديا وهميا إلى الأعلى فيكون في حالة الارتكاز الأمامي عندما يكون الخط الوهمي أمامه وبالعكس يكون في حالة

الارتكاز الخلفي عندما يكون الخط خلفه)، وبما إن اللاعب يثني ركبته بعد هبوطه على لوحة الارتقاء فالخط البياني سيكون بالاتجاه السالب

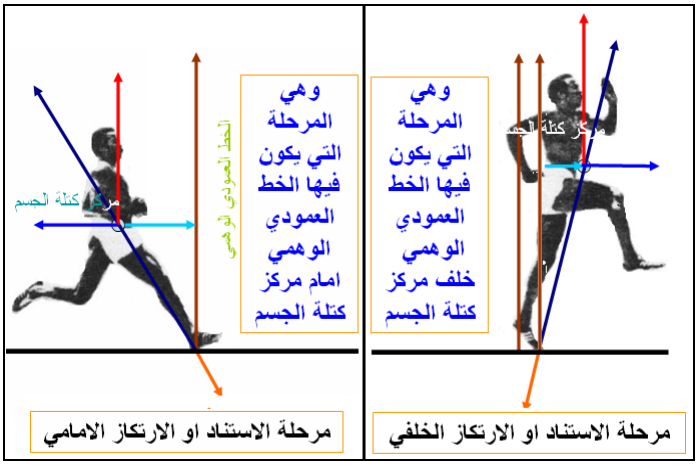
أما إذا كان الدفع على سطح الأرض بشكل مائل مثلما هو واضح في مرحلة الارتكاز الخلفي فان القوة تتحلل إلى مركبتين (إذا كانت تمر بمركز كتلة الجسم) احديهما المركبة الأفقية والتي ستتعامل مع اتجاه الحركة إذ سيكون رد الفعل بعكس اتجاه الحركة أي لا تتعامل مع وزن اللاعب، والمركبة الأخرى ستكون عمودية وهي مثلما مر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

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

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

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

وعن طريق قانون فيثاغورس يمكننا من ايجاد المحصلة



الشكل (3–10) : يوضح مرحلة الاستناد الامامي والخلفي لحظة الارتقاء في الوثب العريض

الجاذبية (الجذب الأرضي)

ان قوة الجاذبية الأرضية تحدد بثلاث نقاط وهي (المقدار ، الاتجاه ، نقطة التأثير) . وان مقدار قوة الجاذبية يتأتى من كتلة الجسم (ك) مضروبا في التعجيل الأرضي (ج) والتي تسمى بالوزن (و) = ك × ج . وان هذا المقدار متعلق بالموقع الجغرافي حيث ان موقع الجسم على الأماكن المختلفة لسطح الكرة الأرضية يؤثر في وزنه ، فعندما يكون على خط الاستواء فان التعجيل الارضي يكون منخفض والعكس يحدث عندما يكون في القطبين لهذا السبب تمكن الرياضيون من تسجيل الأرقام العالية من الاركاض السريعة والقفز والرمي والقذف في الدورة الدولية للألعاب الرياضية في مكسيكو 1966. ان مقدار الجاذبية في القطب هو (9.83م/ثا^2) ، وفي خط الاستواء (9.77 م/ثا^2) ، وكذلك يتعلق مقدار هذا التعجيل بارتفاع المكان عن مستوى سطح البحر ، والتحليل الحركي الدقيق لابد أن يؤخذ بنظر الاعتبار مقدار الجاذبية الأرضية بصورة مضبوطة في المكان الذي تجري فيه التمارين . أما اتجاه الجاذبية الأرضية فهو يؤشر إلى مركز الأرض ، وبالنسبة لنقطة تأثيرها فهي وسط كتلة الجسم أو مركز ثقل الجسم .

قوة الاحتكاك (Fiction Force):

الاحتكاك كقوة ميكانيكية تعمل بعكس اتجاه الحركة وتؤثر قوة الاحتكاك تأثيرا ايجابيا وسلبيا على الحركات الرياضية ، والاحتكاك مصطلح يربط بين مكونين للقوة بين جسمين ماديين متصلين مع بعضهما يسببان التزحلق او الدوران او التوقف ، وعلى هذا الأساس يمكن القول بان الاحتكاك يحدث عندما يقاوم جسم مادي حركة جسم مادي آخر يلامس له ، ولذلك فان القوتين اللتين تسببان الاحتكاك يجب ان تكون متوازيتان ومتساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وبدونه لا يمكن أن تمشي أو تجري أو نعمل على السيطرة على حركاتنا بشكل عام .

لذلك من اجل ضمان الأداء الجيد للجسم والسيطرة عليه أثناء الحركة نعمل على زيادة الاحتكاك في معظم الحالات ... فعلى سبيل المثال ، ان استخدام الأحذية

المطاطية في كرة السلة أو الأحذية ذات المسامير العالية بالنسبة للاركاض السريعة من اجل ضمان السيطرة على الجسم عن طريق زيادة الاحتكاك ، وكذلك ان لاعب الجمناستيك يستخدم مسحوق المغنيسوم لمساعدته في تحسين مسكه العارضة للعقلة عند ادائه حركات الدوران حول العقلة وجعله باقل ما يمكن من احتكاك بين الجلد والحديد ، كما يستخدم لاعبو كرة اليد المواد اللاصقة على الاصابع وحديثا يستخدم الجليد للتدريب على تقصير الخطوات من خلال الاستفادة من قلة الاحتكاك كما ان تحليق الشعر في رياضة السباحة جزء من عمليات التغلب على مقاومة الماء من خلال الاحتكاك وكذلك يلجأ لاعب التنس بعد رد الكرة الى الميل بجسمه نحو الملعب والضغط برجله الى خارج الملعلب باعلى ما يمكن من احتكاك وذلك لتغيير الاتجاه ، ان مقاومة الحيز (الهواء و الماء والتارتان والرمل) من الامور المهمة في دراسة معامل الاحتكاك .

أنواع الاحتكاك

- الاحتكاك ألشروعي (الاحتكاك الساكن او السكوني)... وهو يعمل عند شروع الجسم الساكن بالحركة (عندما يكون احد الجسمين ثابتا كالارض والاخر ساكنا قابلا للتحرك او هو الجسم الذي يتطلب منه الحركة كاللاعب).
- الاحتكاك ألانزلاقي و ألتدحرجي (الاحتكاك المتحرك او الحركي).. وهما يتأتيان كمقاومين خلال الحركة (عندما يكون احد الجسمين ثابتا كالارض والاخر متحركا كاللاعب).

وان قيمة معامل الاحتكاك تتراوح بين (1-0) فيكون الجسم متلاصقا كلما كبرت القيمة

قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك × القوة (الوزن)

قح = مح × قع

حيث ان مح = معامل الاحتكاك ويعتمد على نوع المساحتين المتماستين

قع = القوة العمودية.

مثال :

اذا علمت ان معامل الاحتكاك بين الجليد وآلة التزحلق هي (0.19) عند الشروع وان هذا المعامل يقل بالحركة ليصل الى (0.16) في الحركة وان وزن الرياضي يبلغ (850 نيوتن) ووزن الآلة (25 نيوتن) ، احسب القوة اللازمة لتحريك الآلة والقوة اللازمة لاستمرارها في الحركة

القوة المطلوبة لتحريك الآلة = 0.19 × (850 + 25)

= 166.25 نيوتن

يجب بذل قوة اكبر من هذه القيمة

القوة المطلوبة لاستمرار الآلة = 0.16 × (850 + 25)

= 140 نيوتن

يجب بذل قوة اكبر من هذه القيمة

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

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 وتحدد ظل الزاوية التي يبدأ الجسم بالتحرك وان ظل الزاوية هي معامل الاحتكاك السكوني ، ولاجل ايجاد معامل الاحتكاك المتحرك فاننا نقيس الزاوية عن

طريق نقرات مستمرة على السطح الموضوع عليه الجسم ، ويمكن باستمرار انحـــدار الجسم نقرأ الزاوية للدلالة على الاحتكاك المتحرك.

ظا الزاوية = معامل الاحتكاك السكوني

- الاحتكاك المائع : ان مقاومة الماء من خلال حركة السباح هي بمثابة تحـــرك جسم صلب داخل سائل ولذلك يسمى معامل الاحتكاك هذا بمعامـــل احتكـــاك الموائع او المائع.

يمكن تقدير كمية الطاقة المفقودة بسبب الاحتكاك المتحرك من خلال القانون
كمية الطاقة المفقودة = معامل الاحتكاك المتحرك × القوة العمودية × المسافة.

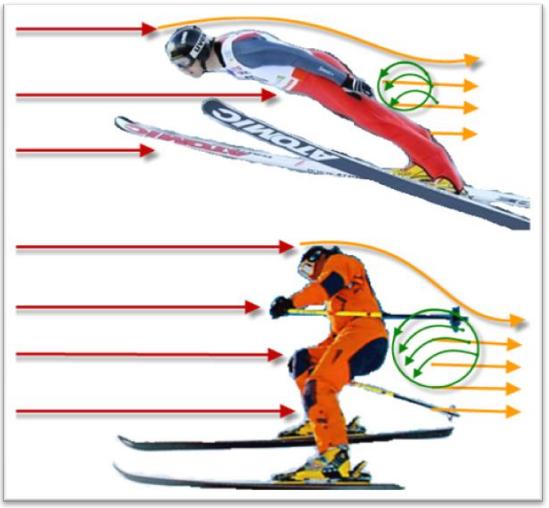
الشكل (3-11) : يوضح معامل الاحتكاك في رياضة التزحلق

القوى المقاومة للحركة

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

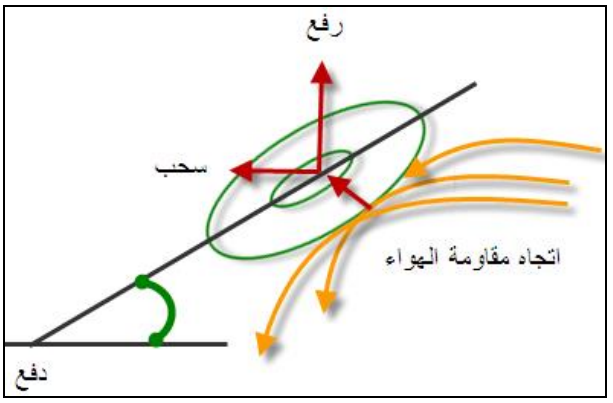
ادناه مجموعة من النقاط المهمة في كيفية التقليل من تأثير المحيط في الحركات الرياضية

- القفز على الثلج والغطس بالتكور : يفضل امالة الجسم الى الامام للتقليل من مقاومة الهواء كما واضح من الشكل 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 (3-12) : 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.



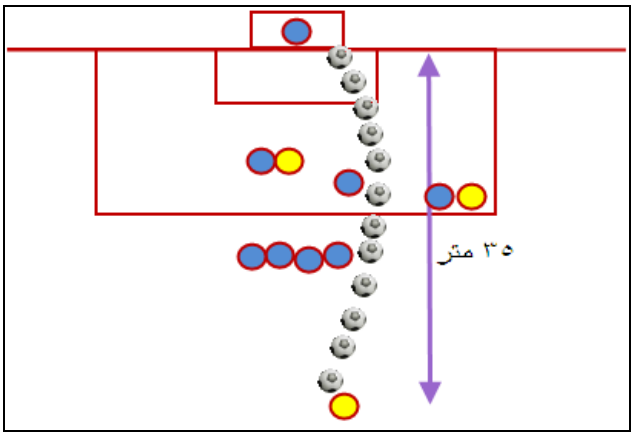
الشكل (3-13) : يوضح تأثير الهواء على القرص

- 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)

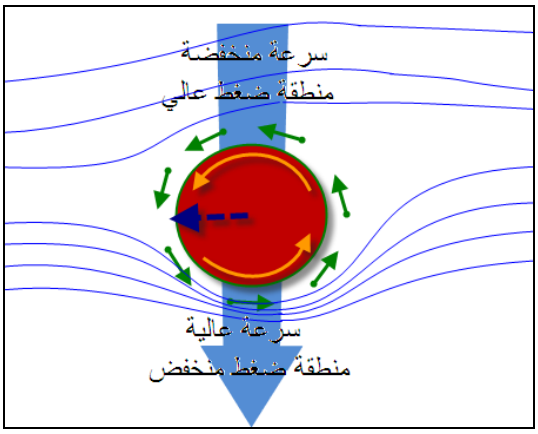
حدث في الثالث من يونيو 1997 في لعب ودي بين البرازيل وفرنسا وقبل مونديال 1998 ان ضرب روبرتو كارلوس كرة القدم من على بعد تراوح بين (30 – 35 مترا) على جانبها الايمن وبالحافة الخارجية للقدم اليسرى وبقوة شديدة نحو الجانب الايسر للمرمى الفرنسي واصبحت الكرة تدور (من اليمين إلى اليسار بعكس عقرب الساعة) ، وقبل 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 (3–14) : يوضح ركل الكرة على يمينها بالحافة الخارجية للقدم اليسرى للاعب روبرتو



الشكل (3-15) : يوضح ركل الكرة بمسار منحني

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



الشكل (3–16) : يوضح تاثير ماكنوس في ركلة الزاوية

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 انذاك.

الاصابات الرياضية

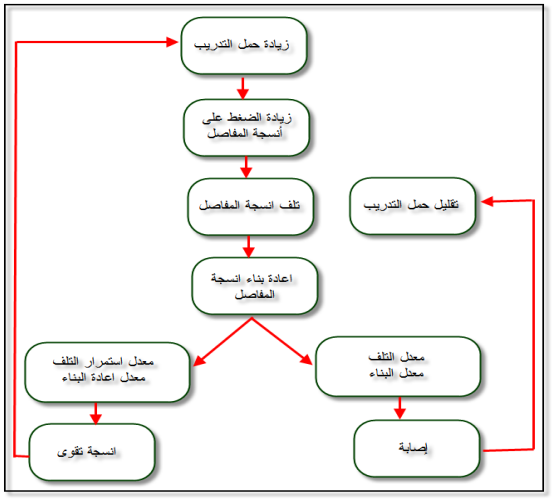
لاشك ان من أهم مشكلات التدريب الرياضي ، ما يعانيه اللاعبون من إصابات مفاجئة خلال مراحل الإعداد المختلفة ، فخروج اللاعب عن قمة مستواه الأدائي نتيجة الإصابات الرياضية أيا كان نوعهاً وأيا كانت فترة علاجها يعني إلى جانب هبوط المستوى الأدائي احتمال تكرار إصابة اللاعب مرة أخرى سواء في نفس مكان الإصابة ومترتبة عليها وخاصة إذا لم تكتمل مراحل علاج الإصابة وإعادة إعداده وإعادته للمستوى المطلوب منه وفقاً لمتطلبات مراحل الإعداد للموسم الرياضي. ولعل من أكثر الموضوعات التي تحتاج الى دراسة وتأني أكثر هو موضوع الأسباب التي تؤدي إلى الاصابات من وجهة نظر البيوميكانيك ، وبمعنى اصح الأسباب الفيزياوية التي تؤثر على أنسجة الجسم البشري بأنواعها المختلفة (عضلات–أربطة–عظام) ، وتؤدي إلى حدوث إعاقة ما في هذه الأنسجة تمنع من تحقيق أعلى أداء وكفاءة ممكنة. وان أمام المدرب واللاعب بتفاصيل البيئة الميكانيكية المحيطة بالأداء والتأثيرات المختلفة لمتغيرات هذه البيئة وتعتبر هذه التفاصيل من أهم مقومات تجنب عدد كبير من الإصابات خاصة إذا ما علمنا إن تصنيف الأسباب التي تؤدي إلى الإصابات من وجهة نظر البيوميكانيك من الممكن ان تكون على النحو الأتي

-أسباب ترتبط بأخطاء في إجراءات التدريب (أحمال تدريبية زائدة–نقص في مستوى عنصر من عناصر اللياقة البد نية).
-أسباب ترتبط بمتغيرات البيئة الميكانيكية المحيطة (أرضية الملاعب –الأجهزة والأدوات– الملابس).
-أسباب ترتبط بأخطاء فنية في الأداء
-أسباب ترتبط بالاحتكاك المباشر بالخصم

من التصنيف السابق نلاحظ إن 50%من الأسباب التي تؤدي إلى الإصابة لها علاقة مباشرة بطريقة الأداء المهاري والإعداد لها وان المثل من هذا النوع من

الإصابات الرياضية قد يكون أكثر حدة ويتطلب وقتاً أطول في علاجه وخاصـــة ذلـــك النوع الناتج من أخطاء في إجراءات التدريب.

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



الشكل (3-17) : يوضح مخطط الإصابات الركض

انواع القوى المسببة للإصابات

تتأثر العظام والعمود الفقري بعدة قوى وحسب نوع الحركة مما تؤدي الى حدوث الاصابات وعلى الشكل الاتي:

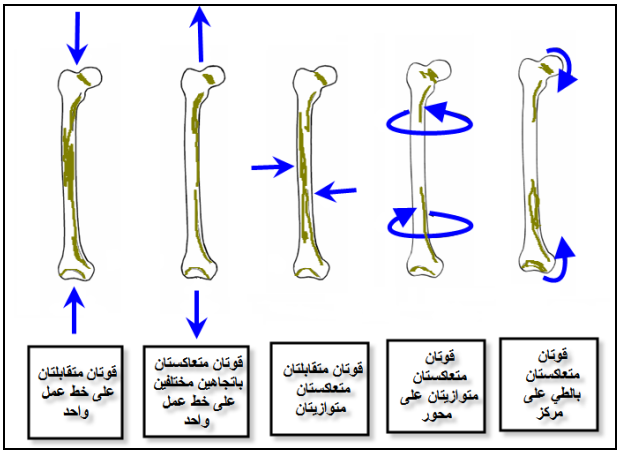
1- القوة الضاغطة (Compression force): اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتقابلتان في الاتجاه وعلى خط العمل نفسه ، تؤثر قوة من اعلى الفقرة وتؤثر قوة اخرى من اسفل الفقر (مثل السقوط على الرجلين مع وجود ثقل على الكتفين) تعمل هاتان القوتين على تقصير الجزء ويسببان في ازدياد عرضه مما يؤدي الى تمزيق انسجة القرص الفقري.

2- قوة الشد (Tensional force): اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وعلى خط العمل نفسه ، تؤثر قوة بسحب الجسم الى الاعلى وقوة اخرى تسحب الجسم الى الاسفل (مثل التعلق على العقلة ومقاومة المثقلات على القدمين) تعمل هاتان القوتين على زيادة طول الجزء ويسببان في تقليل عرضه مما يؤدي الى تمزق الاربطة.

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

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

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



الشكل (3-18) : يوضح القوى المسببة للإصابات

العتلات (Levers)

تعريف العتلات او الروافع

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

نقاط العتلات

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

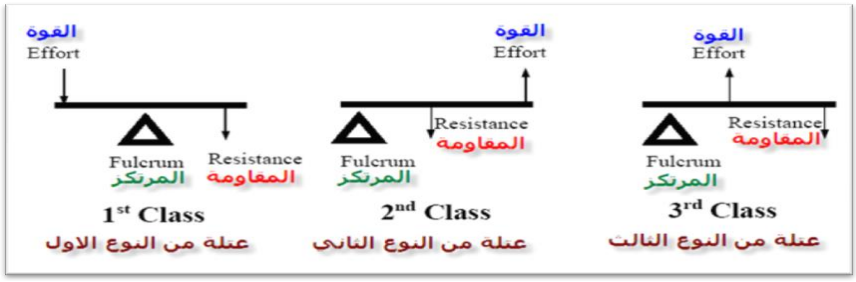
أنواعها

صنفت العتلات الى ثلاثة انواع وفقا للمكاسب المتحققة منها

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

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

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



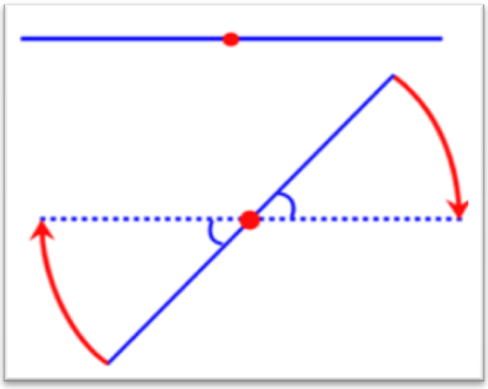
الشكل (3–19) : يوضح انواع العتلات

فوائدها

ان الفائدة من العتلات يمكن ملاحظتها وفقا لما يأتي

- تغيير الاتجاه

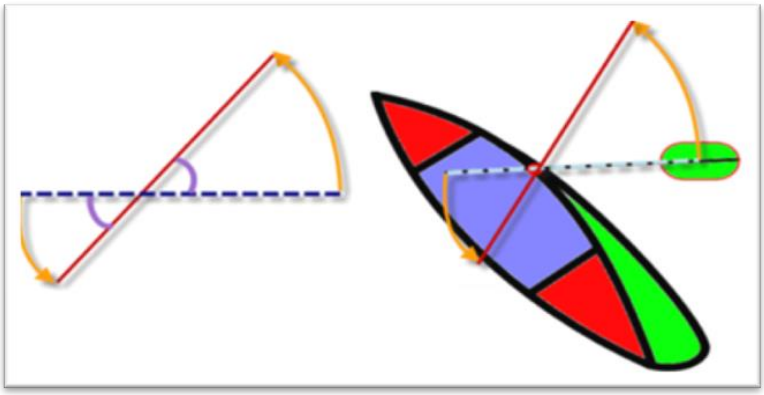
عندما يتحرك طرف من العتلة من النوع الاول يرافقه حركة مماثلة في الطرف الاخر.



الشكل (3–20) : يوضح العتلة من النوع الاول

– كسب السرعة

عندما يتحرك طرف من العتلة من النوع الاول يرافقه حركة مماثلة في الطـــرف الاخر وفي الزمن نفسه وبشرط تساوي ابتعاد الطرفين عن المركز فـــان لنهايـــات العتلة السرعة نفسها ، اما اذا اختلف ابتعاد طرف عن المركز عن ابتعاد الطـــرف الاخر فان مدى او قوس الطرف البعيد من المحور او المركز سيكون اكبر وبذلك سنحصل على الفائدة الاولى وهي الحصول على مدى أوسع للحركة واذا حدث ذلك في زمن معين فان المدى الأكبر سيمتلك سرعة اكبر ، ويلاحظ عدم تغيـــر قيمـــة الزاوية وهذه مسألة تمت مناقشتها في الحركـــات الدائريـــة او المســـافة الزاويـــة والإزاحة الزاوية او السرعة المحيطية والسرعة الزاوية ، وتعد هذه ميزة العتلة من النوع الاول



الشكل (3-21) : تغيير الاتجاه في العتلة من النوع الاول

مثال:

تحرك جسم على الطرف (أ) بمقدار (1 م) وبزمن (1 ثا) وولد حركة على الطرف الاخر بمقدار (2م) احسب السرعة على الطرف الاخر.

بما ان السرعة على الطرف الاول (1 متر في الثانية) ومدى الطـــرف الاخـــر (2 متر) وان الزمن ثابت فسرعة الطرف الاخر (2 متر بالثانية).

- كسب القوة

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

القوة اكبر من المدى الموجود على طرف المقاومة مما يعني التحرك بمدى كبيـــر للحصول على مدى قليل أي ان كسب القوة يولد خسارة فـــي الســـرعة والعكـــس صحيح.

مثال:

ما مقدار القوة المطلوبة لاتزان عتلة من النوع الاول اذا علمت ان الوزن الموضع على الطرف (أ) يساوي (20 نيوتن) ويبتعد بمقدار (1 متر) وان الطرف الاخـــر يبتعد بمقدار (2متر).

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

القوة × 2 = 20 × 1

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

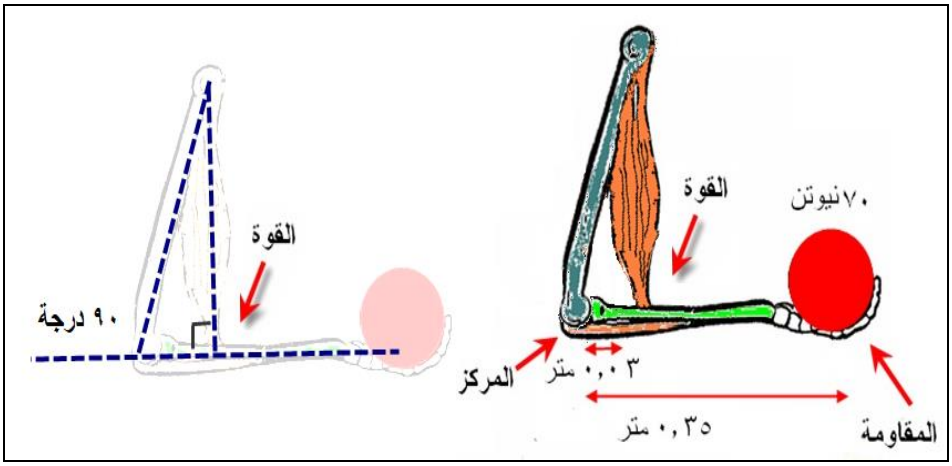
القوة= 10 نيوتن

التدريب بذراع المقاومة

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

مثال:

احسب مقدار القوة المطلوبة لثبات عضلة ذات الرأسين العضدية عند مقاومتها لقوة مقدارها 70 نيوتن (اهمل كتلة الذراع) 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.



الشكل (3–22) : عمل العضلة ذات الرأسين العضدية كعتلة من النوع الثالث

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

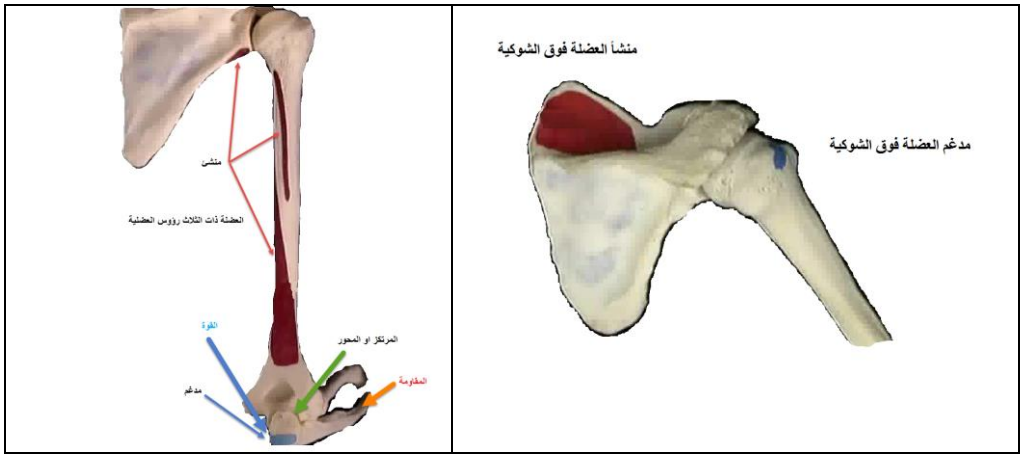
$$\text{القوة} = \frac{\text{المقاومة} \times \text{ذراعها}}{\text{ذراع القوة}}$$

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

القوة = 816.7 نيوتن أي ان التدريب بالقوة الثابتة اكبر من 70 نيوتن

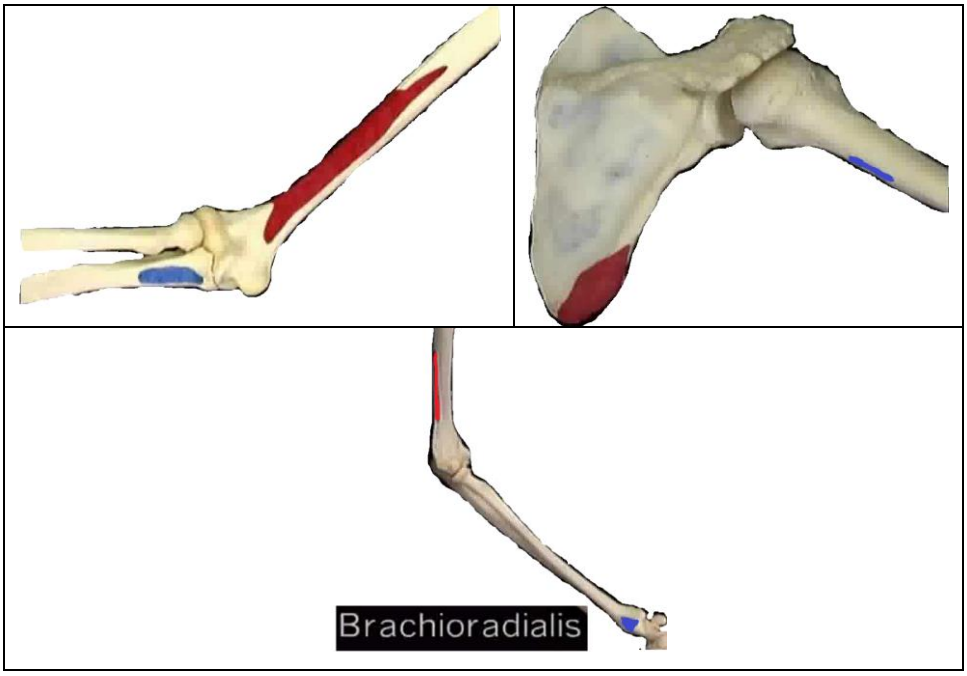
تطبيقات الروافع (العتلات) على جسم الانسان

العتلة من النوع الاول لاتوجد في جسم الانسان لانها عتلة محورها على العظم نفسه أي لايوجد عظم مثقوب من المنتصف (اشارت المصادر الى ان العضلة ذات الثلاث الرؤوس العضدية عتلة من النوع الاول علما ان مدغم العضلة يكون علـــى مفصل المرفق على رأس الزند وليس على المحور الطولي او العمودي للعظـــم ، كما هو الحال مع العضلة فوق الشوكية (Supraspinatus) ، ورغم ذلك فان هذه العضلات عاملة ومضادة أي لها ميكانيكة عمل)



الشكل (23–3) يوضح مداغم ومناشئ بعض العضلات

العتلة من النوع الثاني موجود فقط في عضلات القدم ويعتمد ذلك على موقـــع الاتزان ، جميع العضلات في جسم الانسان تعمل مع العظام عتلات من النوع الثالـــث أي ان ذراع القوة فيها قصيرة فهي عتلة المدى الحركي اوعتلة السرعة

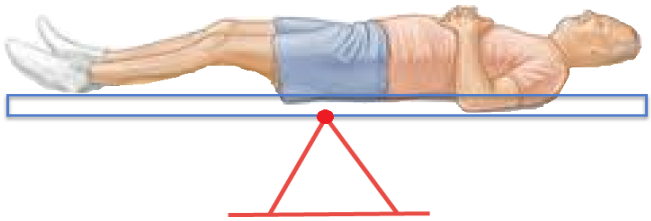


الشكل (24–3) يوضح مداغم ومناشئ بعض العضلات على الذراع

في الحقيقة ان العضلة العضدية الكعبرية يمكن ان يقوم بعمل عتلة من النـــوع الثاني فضلا عن عمله كعتلة من النوع الثالث فبمجرد ان نفكر بوزن الساعد سنجد ان المقاومة ستكون في منتصف المسافة بين القوة (المدغم) والمرفق.

مركز كتلة الجسم

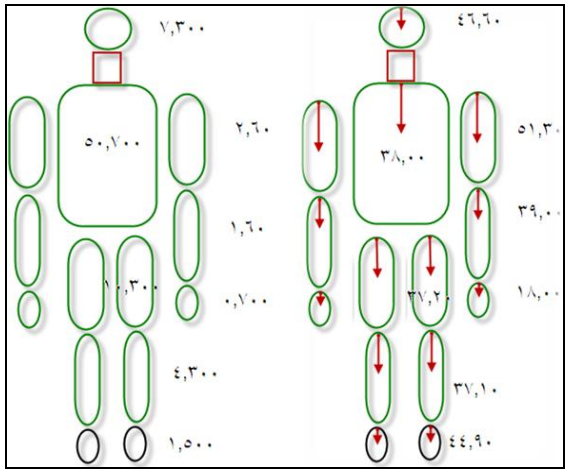
كل جسم فيه نقطة تتزن جميع الأعضاء عليها ، أي ان هذه النقطـــة هـــي مركـــز الاتزان ومن الممكن تسميتها محور او مرتكز مثل محاور العتلات ومن الممكن ان نستخدم العتلة من النوع الاول في ايجاد مركز كتلة الجسم او الاجزاء



الشكل (3–25) : عمل العتلة من النوع الاول في ايجاد مركز ثقل الاجسام

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 عظـــام كـــالرأس والجذع والكف والقدم وأدناه جدول اتزان هذه العظام



الشكل (3–26) : يوضح الاوزان النسبية ومراكز كتلة أجزاء الجسم

الجدول (3–1) يبين الكتلة النسبية والبعد النسبي لايجاد مركز كتل الاجزاء والجسم

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

مثال:

جد كتلة وموقع اتزان فخذ لاعب كتلته (75 كغم) وطول فخذه (44 سم)

بما ان الكتل المعروضة في الجدول اعلا هو مثال لشخص كتلته 100 كغم فان النسبة والتناسب يؤدي الغرض المطلوب ووفقا لما يأتي

$$\text{كتلة الفخذ} = \frac{10.300 \times 75}{100.00} = 7.725$$

سبعة كيلوغرامات وسبعمائة وخمسة وعشرون غراما

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

$$\text{مسافة اتزان الفخذ} = \frac{44 \times 37.20}{100}$$

مسافة اتزان الفخذ او مركز الفخذ = 16.4 سم أي على بعد ستة عشـــرة ســـنتيمترا و اربعة مليمترا عن المفصل العلوي من اصل طول الفخذ 44 سم

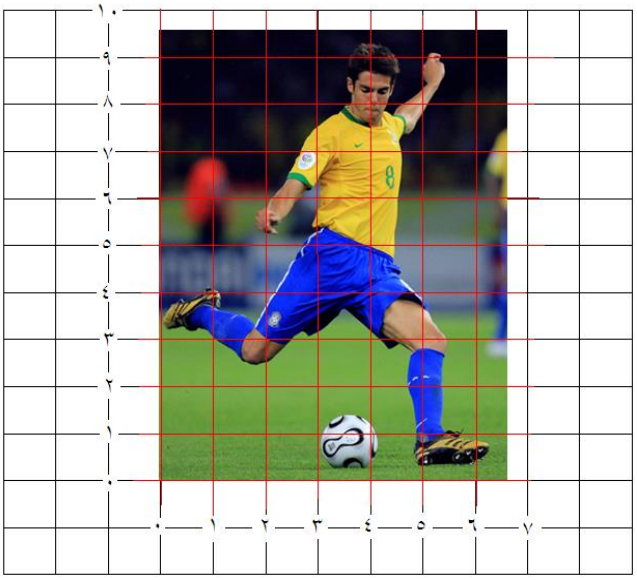
ومن الامثلة اعلاه يمكن ايجاد مركز كتلة الانسان وقد تبين من الدراسات الســـابقة ان متوسط ارتفاع مركز كتلة الرجل في الوضع التشريحي هو 56.8% من طوله الطبيعي و 55.44% من الطول الطبيعي للنساء .

مثال:

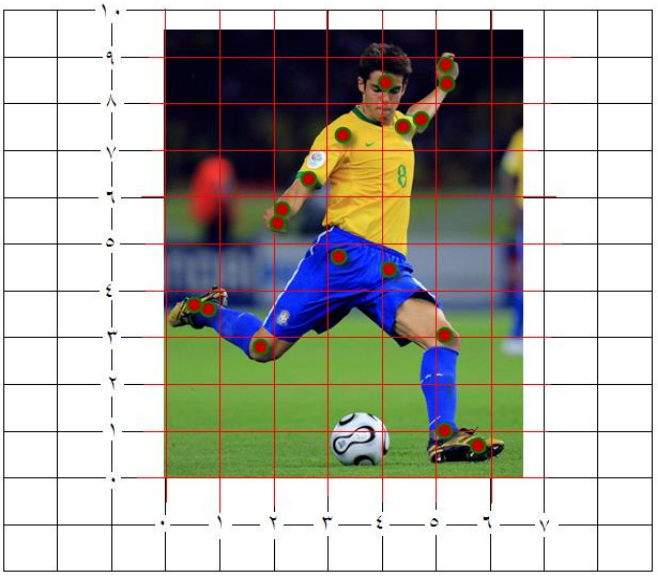
عين مركز كتلة الجسم في الشكل ادناه:

الشكل (3–27) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم

يتم وضع الصورة على الورق البياني



الشكل (3–28) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم على الورق البياني



الشكل (3–29) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم على الورق البياني مع وضع النقاط على مفاصل الجسم

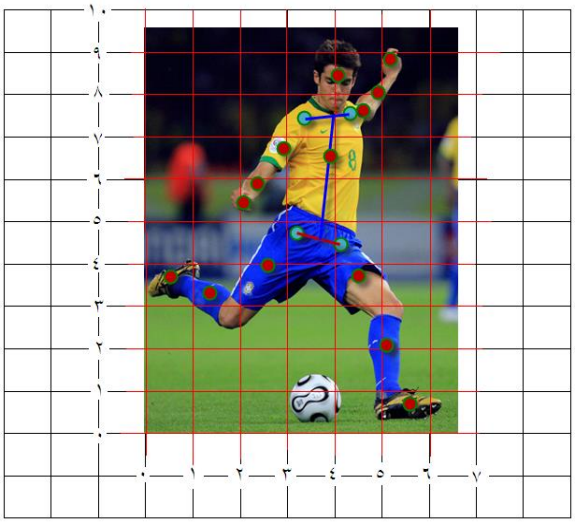
ويلاحظ من الشكل (5 مناطق) في الجسم تعد بمثابة مفاصل لاغراض ايجاد مركز كتلة الجسم وهذه المناطق هي (الرأس وتكون النقطة بين الحاجبين من الامام

ومن اليسار او اليمين في منتصف المسافة بين الاذن والعين ، الكف اليمين والكف اليسار وتكون النقطة في منتصف الكف طولا وعرضا ،القدمين اليمين واليسار وتكون النقطة على منتصف القدم طولا وعرضا)

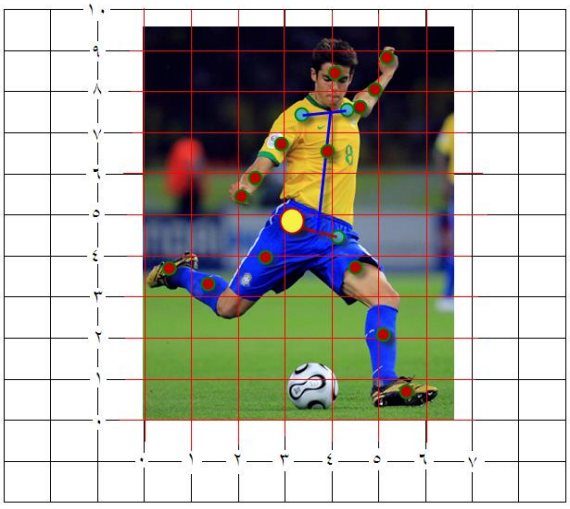
الجدول (3-2) يبين الكتلة والبعد النسبي والحقيقي لايجاد مركز الكتلة

ت	الجزء	الكتلة النسبية (كغم)	الكتلة الحقيقية (كغم)	البعد النسبي (سم)	البعد الافقي (سم)	البعد العمودي (سم)	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 .



الشكل (3-30) : يوضح مراكز كتل الاجزاء لصورة احد لاعبي كرة القدم



الشكل (3-31) : يوضح مراكز كتل الاجزاء ومكز كتلة الجسم لصورة احد لاعبي كرة القدم

الاتزان

الشكل (3-32) : يوضح استخدام العصا في الاتزان

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

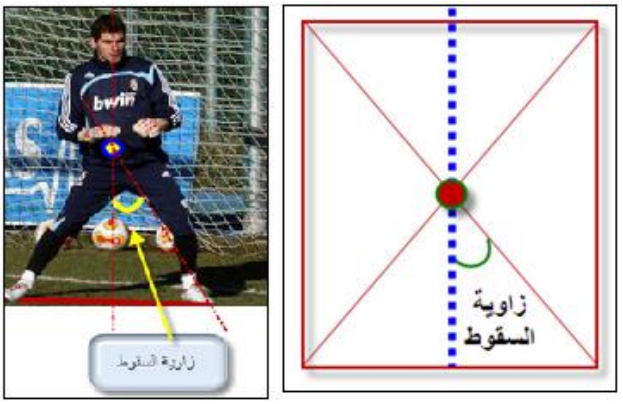
والجسم يكون متزنا عندما تكون محصلة القوى المؤثرة فيه تساوي صفرا فمثلا ان الارض تجذب كتلة الجسم نحو الاسفل بمقدار (9.81 كغم.م\ثا^2) فتقوم العضلات بتسليط القوة نفسها وبما ان اتجاه قوة الجذب نحو الاسفل واتجاه قوة العضلات نحو الاعلى فان محصلة القوى المتعاكسة هي الطرح وبذلك نحصل على قيمة (الصفر) فيبقى الجسم متزنا ، ولو حاولنا دفع اللاعب نحو اليمين بقوة مقدارها (ق1) من اليسار فان اللاعب يقوم بعمل قوة مضادة بدفع الارض بالقدم اليمنى ليوفر قوة مقداره (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 تواجده ، ويحافظ رامي 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.

زاوية السقوط

وهي الزاوية المحصورة بين الخط العمودي الوهمي النازال 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 (3-33) : يوضح زاوية السقوط

العوامل المؤثرة في الاتزان

يتأثر التوازن بعدة عوامل نذكر منها

1- كتلة الجسم

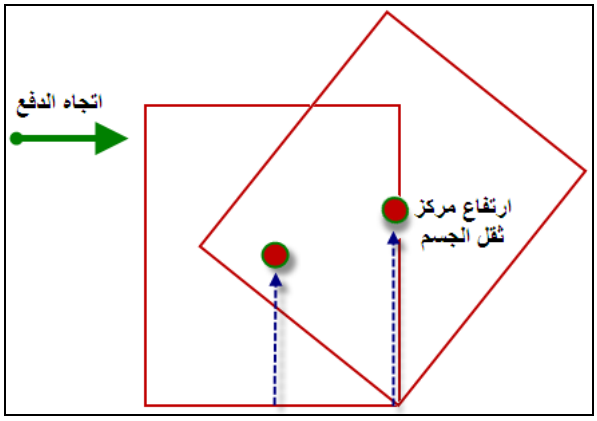
2- مساحة القاعدة (طولا وعرضا)

3- زاوية السقوط (الابتعاد والارتفاع)

4- معامل الاحتكاك (للاجسام المتحركة)

انواع الاتزان وفقا لموضع مركز ثقل الجسم

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



الشكل (3-34) : يوضح تغير موقع مركز الثقل عند الاسقاط

- 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 رل الخصم بالقدم.
- الاتزان المستمر او المتعادل : ويحدث في دحرجة الكرة او الصندوق عندما يؤثر الدفع في مركز الاداة فلا يتغير موضع مركز ثقل الجسم.

قياس درجات ثبات الاجسام

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

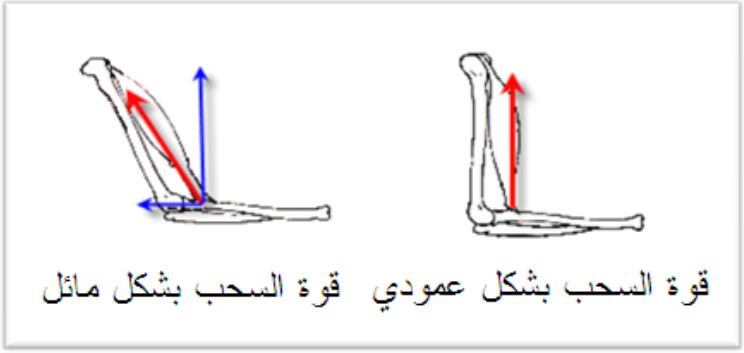
1- المقياس الهندسي : باستخدام قيمة زاوية السقوط

2- المقياس الدينمايكي : 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 لاخر عند محاولة تغيير اتزانه والقوة المطلوبة لذلك.

العزم

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



الشكل (3-35) : يوضح تحليل القوة الى مركبتين في العضلة ذات الرأسين العضدية

العضلة تكون في اقصى شد عندما تكون الزاوية 90 درجة بين نقطة اندغامها والعظم وذلك لثلاثة اسباب مهمة:

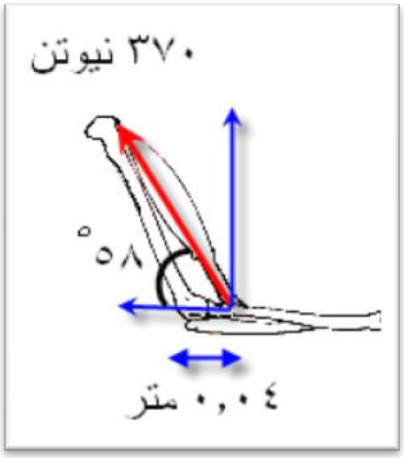
1- ان جيب الزاوية 90 درجة هو 1 مما يعني ان اية قيمة تضرب في جيبها تبقى مثلما هي بعكس الزوايا اقل او اكبر من 90 درجة اذ تقل قيمها

2- ان المركبة في الزاوية 90 درجة تكون عمودية في حين ان اية زاوية اقل من 90 درجة او اكبر تتحلل الى مركبتين مما تضعف المركبة العمودية المطلوبة للاتزان

3- ان ذراع القوة تكون في اقصى امتداد لها اذا كانت الزاوية 90 درجة اما اذا رفعنا الذراع او خفضناها تغيرت قيمة الامتداد العمودي للمسافة بين القوة والمركز

مثال:

احسب العزم المتولد على مفصل المرفق اذا علمت ان الشد الموجود على العضلة ذات الرأسين العضدية تقدر 370 نيوتن وبزاوية مائلة مع عظم الساعد بمقدار 58 درجة وان نقطة القوة تبتعد بمقدار 0.04 متر عن مفصل المرفق



الشكل (3-36) : يوضح زاوية شد العضلة ذات الرأسين العضدية

القوة العمودية = القوة العضلية × جيب الزاوية

العزم = القوة العمودية × ذراعها

عندما تكون الزاوية قائمة فأن القوة العضلية تساوي القوة العمودية

القوة العمودية = 370 × جيب 90 درجة

$1 \times 370 =$

$370 =$

اما عندما تكون الزاوية بين العظم (جسم الرافعة) والقوة العضلية اقل او اكبر من 90 درجة فان القوة العمودية تكون اقل من القوة العضلية

القوة العمودية = 370 × جيب 58 درجة

$0.79 \times 370 =$

$292.3 =$

العزم= 292.3×0.04

العزم = 11.692 نيوتن لكل متر العزم المتولد على مفصل المرفق

الدفع وكمية الحركة

سبق وان عرفنا ان كمية حركة الجسم عبارة عن حاصل ضرب كتلتــه فــي سرعته... ويمكن ان نقول ان كمية الحركة التي تمتلكها مطرقة كتلتها 20كغم وبسرعة 10م\ثا هي نصف كمية حركة المطرقة نفسها فيما اذا تحركت بسرعة 20م\ثا وانطلاقا من قانون نيوتن الثاني فان التغيير في كمية حركة الجسم تحدث بفعل تأثير القوة (قانون نيوتن الثاني) ... ومن الطبيعي ان تأثير القوة يحدث في فترة زمنية معينة . فلو اثرنا في جسم بقوة مقدارها 100 نيوتن وكان زمن فعل التأثير 2ثانية ، فان الجسم سيتحرك بكمية حركية معينة (زخم معين) . ولو اردنا ان تكسب الجسم نفســه كميــة الحركــة الاولى نفسها ولكن بزمن فعل قدره ثانية واحدة ، فعندئذ يجب ان نضاعف مقدار القوة او العكس اذا اردنا ان نستخدم قوة تأثيرية مقدارها 50 نيوتن ففي هذه الحالة ينبغي ان يطول زمن تأثير القوة ليصل الى 4ثواني ... ومن هذا المنطلق نجد ان القوة التي تؤثر في فترة زمنية يطلق عليها ميكانيكا مصطلح الدفع او دفع القوة (Impulse) .

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

الدفع = ق × ن

القوة = ك × ج

أي ان :

الدفع = (ك × ج) × ن

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

اذن

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

بحذف ن

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

الدفع = ك × س

اذن

الدفع = كمية الحركة

الشغــل Work

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

الشغل = القوة × المسافة

ش = ق × م

ومن خلال القانون اعلاه يتضح لنا ان الشغل يتناسب تناسبا طرديا مع القــوة والمسافة فاذا ما استخدمت قوة على سبيل المثال قدرها (200) نــت لتحريــك عربــة مسافة (40)م فمقدار الشغل المنجز لذلك هو :

ش = 200 × 40

= 8000 نيوتن \ م او جول

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

تقاس المسافة في اتجاه القوة العاملة بغض النظر عن المسار الذي يسلكه الجسم المقاوم والمتغلب عليه ... فعلى سبيل المثال عند يرفع رباع وزن قدره 1100 نيــوتن من الارض ووضعها فوق الرأس بارتفاع 2م فالشغل المنجز هو 2200 جول . الشغل المنجز في نفس اتجاه الجسم المتحرك يسمى بالشغل الموجب اما اذا انجز الشغل فــي اتجاه معاكس فيسمى بالشغل السالب ، فلو سلط الرياضي قوة مقدارها 1000نيوتن في البينج بريس لرفع ثقل الى الاعلى مسافة (0.3م) كان الشغل المنجز هو 300 جــول ،

ويطلق عليه بالشغل الايجابي لان اتجاه القوة المسلطة على الثقل تكون باتجاه حركة الثقل . اما اذا سلط نفس الرياضي قوة مقدارها 1000 نيوتن لخفض الثقل الى الاسفل مسافة 0.3م ، فالشغل المنجز هو 300 جول ويطلق عليه بالشغل السلبي لان اتجاه القوة المسلطة كان باتجاه معاكس لحركة الثقل . من الضروري ان نعرف بان مصطلح المسافة هو المستخدام بدلا من مصطلح الازاحة.

مثال :

ما هو مقدار الشغل الحادث نتيجة تأثير قوة مقدارها 100 نيوتن ادت الى تحريك جسم مسافة 10م عن موضعه الأصلي ، وما هو مقدار الشغل ، اذا كانت المسافة التي تحركها الجسم هي 25م ؟

الشغل = ق × م

= 100 نت × 10م

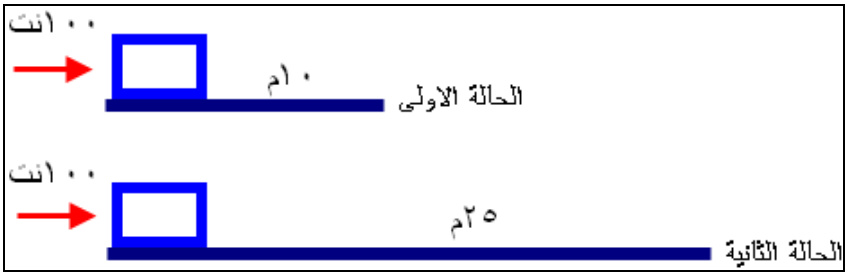
= 1000 جول في الحالة الاولى

الشغل = ق × م

= 100 نت × 25م

= 2500 جول في الحالة الثانية

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



الشكل (3–37) : يوضح مدى اعتماد الشغل على المسافة

مثال:

يتطلب من عداء 100 متر ان يصدر قوة مقدارها ضعف كتلته ويستمر حتى نهاية السباق علما ان كتلته 82 كغم وانجازه 10.14 ثانية ، وعداء 200 متر يصدر قوة مقدارها 765 نت وينهي السباق بزمن قدره 22.48 ثانية ، المطلوب حساب كمية الحركة والشغل المنجز لكل عداء

كمية الحركة = الكتلة × السرعة

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

$$\text{كمية الحركة}_{200} = \frac{765}{9.81} \times \frac{200}{22.48}$$

الشغل = القوة × المسافة

$$\text{الشغل}_{100} = 82 \times 2 \times 9.81 \times 100$$

$$\text{الشغل}_{200} = 765 \times 20$$

القدرة Power

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

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

او

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

او

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

او

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

او

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

ان الشخص الذي باستطاعته انجاز شغل اكبر في الوحدة الزمنية القليلة هو الاكثر قدرة . فالمعدل الزمني لانجاز الشغل مهم جدا لأنه عن طريق الزمن يمكن معرفة القدرة . والقانون يؤكد العلاقة بين القوة والقدرة ، ان الانجاز الجيد يعتمد على القدرة التي تعني (معدل الشغل المنجز خلال فترة زمنية معينة) كما وتعني قابلية الرياضي على استخدام قوته بوقت ومسافة محددتين (وقت قصير – مسافة كبيرة) فالقدرة هنا تكون اعظم اذا ما استخدمت القوة لمسافة طويلة ولفترة زمنية قصيرة او كليهما .

وبالرغم من ان عاملي القوة والسرعة يلعبان دورا كبيرا في تحديد قيمة القدرة الا ان هنالك نسب مختلفة تحتاجها في تحديد القدرة للفعاليات المختلفة كما تؤكد بان الاداء الذي يتطلب القدرة ويتم ضد مقاومة كبيرة يعتمد على القوة اكثر من الاداء الذي يتم ضد مقاومة صغيرة والذي يعتمد على السرعة بشكل اكبر على انه لا يمكن الفصل بين هذين الحركتين عند دراسة القدرة وعلى هذا الاساس وبسبب كون الرمح خفيف بالمقياس بالثقل فانه يركز على السرعة اكثر من القوة في رميه في حين يركز على القوة في رمي الثقل .

ان وحدة القياس في النظام المتري هو (الواط) وتساوي القدرة على انجاز شغل مقداره جول واحد في ثانية واحدة ، ولو رجعنا الى المعادلة الجبرية للقدرة لوجدنا ان هناك علاقة حيوية بين القدرة والسرعة ، ومثلما واضح من كم الاشتقاقات الممكنة في المعادلات اعلاه.

مثال:

ما هي القدرة للرياضي الذي ينجز شغلا مقداره (600 جول) في رفع ثقل فوق رأسه بزمن قدره (1.5ثانية) .

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

$$\text{القدرة} = \frac{600}{1.5}$$

القدرة = 400 واط قدرة الرياضي

مثال:

عداء 100 متر وزنه 820 نيوتن ينهي السباق في زمن قدره 10.14 ثانية ، لـــو انهى العداء نفسه سباق 200 متر بزمن قدره 22.48 ثانية ، في أي السباقين يبذل زخما اكبر ؟ وفي ايهما يبذل شغلا اكبر ؟ ولماذا؟.

كمية الحركة = الكتلة × السرعة

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

$$\text{كمية الحركة}_{100} = 83.59 \times 9.86$$

$$\text{كمية الحركة}_{100} = 824.20 \text{ كغم.م/ثا}$$

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

كمية الحركة$_{200}$ = 83.59 × 8.90

كمية الحركة$_{200}$ = 743.95 كغم.م\ثا

الشغل = القوة × المسافة

الشغل$_{100}$ = 820 × 100

الشغل$_{100}$ = 82000

الشغل$_{200}$ = 820 × 200

الشغل$_{200}$ = 164000 جول

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

$$\text{القدرة}_{100} = \frac{82000}{10.14}$$

القدرة$_{100}$ = 8086.78 واط

$$\text{القدرة}_{200} = \frac{164000}{22.48}$$

القدرة$_{200}$ = 7295.37 واط

الطاقـــة

وتعني (قدرة الجسم على انجاز شغل ما) . والطاقة لا تخلق من العدم ولا تفنى ويمكن تحويل الطاقة من شكل الى اخر ، وهناك اشكال متعددة للطاقة والذي يهمنا في هذا المجال هو الطاقة الميكانيكية ... فعند اداء الرياضي لحركة معينة فأنه يمتلك طاقة ميكانيكة ولكن تختلف انواع هذه الطاقة التي يمتلكها باختلاف وضعه اثنـــاء الحركـــة فعندما يكون الجسم في حالة حركة فانه يمتلك طاقة تدعى بالطاقة الحركيـــة ويختلـــف مقدار هذه الطاقة تبعا لاختلاف كتلة الجسم المتحرك وسرعته اثناء الاداء ، حيـــث ان مفهوم الطاقة الحركية بشكل عام يعني حاصل ضرب نصف الكتلة الجسم فـــي مربـــع سرعته ، وان الطاقة الحركية للجسم اثناء حركته الخطية تختلف عن طاقة الجسم اثناء الحركة الدائرية . فعلى سبيل المثال اذا كانت كتلة عداء 100كغم يركض بســـرعة 6م\ثا يمتلك طاقة حركية اقل مما لو كانت سرعته 8م\ثا ، من هنا يمكننا ان نعبـــر عـــن مقدار الطاقة الحركية بالمعادلة التالية :

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

او

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

وتقاس الطاقة بوحدات كتلة (كيلوغرام) ووحدات سرعة (متر\ثانية) وتسمى بـــ(الجول) أي وحدة قياس الشغل نفسها.

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

كما ويمكن توضيح درجة الاختلاف في مقدار الطاقة التي يمتلكها الجسم في الحركات الخطية كما هو عليه في الحركات الدائرية من خلال المثال التالي : فالراكض اثناء الحركة الخطية نجد ان سرعة كل جزء من اجزاء جسمه يتحرك بسرعة اجزاء الجسم الاخرى ، واذا رمزنا لكل جزء برقم ما ، فان الطاقة الحركية لكل جزء يحمل رقما معينا وهي الطاقة (1) ، والطاقة (2) والطاقة (3) ... وهكذا وحيث ان الطاقة الحركية للجسم ككل تعادل مجموع الطاقة الحركية لاجزاءه ، لذلك يمكننا الحصول على الطاقة الحركية الكلية وفقا للعلاقة التالية :

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

ولو لاحظنا الطاقة الحركية في الحركات الدائرية نجدها تختلف في سرعتها فيما بينها وذلك لاختلاف بعد كل منها عن محور الدوران ، لهذا نجد على سبيل المثال عندما يقوم اللاعب بالدوران حول محور ما فان سرعة أجزاءه تختلف عن بعضها ، حيث ان سرعة دوران الجزء البعيد اكبر من سرعة دوران الجزء القريب من المحور وذلك بسبب اختلاف في أطوال (أنصاف القطر) الأجزاء ، وان الطاقة الحركية الدورانية يمكننا الحصول عليها طبقا للعلاقة التالية :

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

$$\text{طح الدورانية} = \frac{1}{2} \text{ ك} \times \text{نق}^2 \times \text{س}_\text{ز}^2$$

ويلاحظ بان

عزم القصور الذاتي = الكتلة × (نصف القطر)^2

مثال :

لوحظ ان عداء يركض احدى اجزاء السباق بسرعة قدرها 10 م/ثا ، علما ان كتلته 86 كغم ، احسب طاقة حركته.

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

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

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

الطاقة الحركية = 4300 جول

مثال :

لوحظ ان عداء يبذل طاقة مقدارها 4300 جول خلال ركضه احدى اجزاء الســباق ، علما ان كتلته 86 كغم ، احسب سرعته.

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

بضرب الوسطين في الطرفين

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

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

$$\text{السرعة} = \sqrt{\frac{\text{الطاقة الحركية} \times 2}{\text{الكتلة}}}$$

$$\text{السرعة} = \sqrt{\frac{2 \times 4300}{86}}$$

السرعة = $\sqrt{\frac{8600}{86}}$

السرعة = $\sqrt{100}$

السرعة = 10 م\ثا

وهناك نوع اخر من الطاقة الميكانيكة هو ما يسمى بالطاقة الكامنة او طاقة الوضع ويقصد بها الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثناء الثبات ففي حالة رمي الثقل الى الاعلى فانه يتحرك بطاقة حركية ولكن سرعته تناقص اثناء الصعود تدريجيا وعليه تقل طاقته الحركية تدريجيا وتتحول الى شكل اخر يخزن في الجسم تسمى بالطاقة الكامنة عندما يتوقف الجسم في اعلى نقطة ممكنة الوصول اليها عندئذ تصبح الطاقة الحركية صفرا أي تتحول بكاملها الى طاقة مخزونة في الجسم على ذلك الارتفاع .

وكذلك يمكن ملاحظة ما ذكر في اعلاه في المثال التالي ايضا. في الحالة التي يحاول فيها لاعب الكرة الطائرة بكبس الكرة فانه يتحرك حركة عمودية الى الاعلى بطاقة حركية الا ان سرعته تبدأ بالتناقص التدريجي حيث تقل طاقته الحركية تدريجيا وتصل الى درجة الصفر في اعلى نقطة يصلها جسمه وبعدها تتحول الطاقة الحركية الى طاقة مخزونة في الجسم في تلك النقطة فيستطيع استخدامه في اداء حركة الكبس.
ويمكن استخراج قيمة الطاقة الكامنة من خلال العلاقة التالية :-

الطاقة الكامنة = وزن الجسم × الارتفاع عن سطح الارض

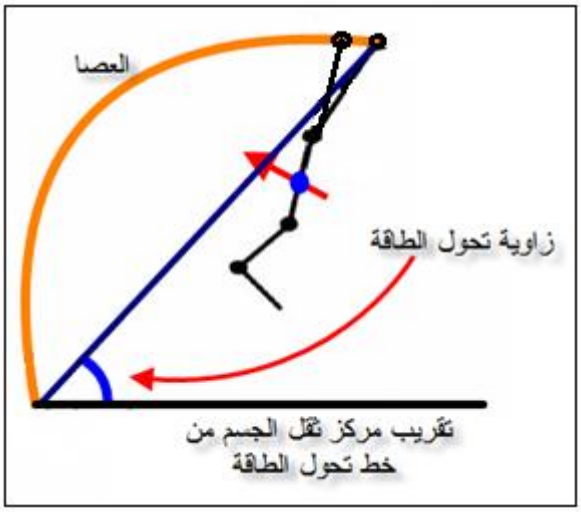
طك = و × ع

واخيرا من الجدير بالذكر ان هناك اشكالا من الطاقة الكامنة فهنـــاك الطاقـــة الكامنة المطاطية والطاقة الكامنة للجاذبية الارضية . فعلى سبيل المثال ان نزول لاعب الجمناستيك على (الترامبولين) يؤدي الى تقعره نتيجة المطاطية التي تمتلكهـــا المـــادة 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 الـــى الاعلى فأن الطاقة التي تم خزنها في الترامبولين تتحرر الى شكل طاقة حركية تساعد على قفز اللاعب عاليا بشكل اقوى .

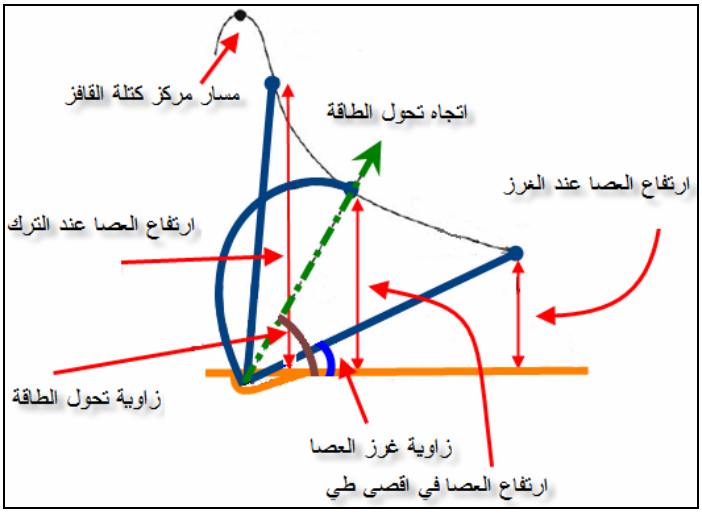
ان مقدار الطاقة الكامنة التي يمتلكها الجسم وهو على ارتفاع معين عن ســـطح الارض يتناسب تناسبا طرديا مع ذلك الارتفاع لأن العوامل المؤثرة في مقدار تلك القوة هي وزن الجسم وارتفاعه كما في المعادلة الرياضية المشار اليها سابقا .

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

الشكل (3-38) : يوضح عصا الزانا كمثال للطاقة الكامنة



الشكل (3–39) : يوضح بعض المتغيرات في فعالية القفز بعصا الزانا



الشكل (3–40) : يوضح تحول مسار مفصل الورك وفقا لتحول الطاقة في عصا الزانا

مثال :

احسب سرعة الكرة قبل اصطدامها بالأرض اذا علمت إنها تسقط مـــن ارتفـــاع (1.5 متر) وان كتلتها (2 كغم) .

ان تحول الطاقة من شكل الى اخر لايقلل من قيمة الطاقة الكلية وعليه فان

الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة = ثابت

الثابت = الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة

وبما ان الجسم عند اعلى نقطة لاتمتلك سرعة فان الطاقة الحركية تساوي صفرا

الثابت = صفر + (الوزن × الارتفاع)

الثابت = صفر + (2× 9.81 ×1.5)

الثابت = صفر + 29.43

الثابت = الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة

$$\text{الثابت} = \frac{\text{الكتلة} \times (\text{السرعة})2}{2} + \text{الوزن} \times \text{الارتفاع}$$

وبما ان الجسم عند السقوط لايمتلك ارتفاعا

$$29.43 = \frac{2\times (\text{السرعة})2}{2} + 2 \times 9.81 \times \text{صفر}$$

$$29.43 = (\text{السرعة})2$$

$$\text{السرعة} = \sqrt{29.43}$$

السرعة = 5.42 متر/ثانية

التصادم والارتداد

الشكل (3–41) : يوضح الاصطدام في لعبة الركبي (كرة القدم الأمريكي)

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 باجزاء منه او بالادوات التي يستخدمها اثناء ادائه للفعالية او للمهارة الرياضية ، و يمكن تقسيم التصادم الى :

- 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 .
- 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 ذالك ضرب الكرة بجانب القدم.

ان امثلة التصادم والارتداد كثيرة في المجال الرياضي ... ففي كرة السلة مثلا تعد المناولة المرتدة احد اشكال التصادم بين الكرة والارض وارتدادها ثانيــة باتجــاه الزميل ، ان قوة التصادم هي عبارة عن القوة التي ترتطم بها الكرة بــالارض ، امــا 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 الــى وضعها تكون بمثابة قوة رد الفعل التي ترد فيه الكرة على المضرب .

الشكل (3-42) : يوضح تحول كمية الحركة من جسم الى اخر

فلو اخذنا على سبيل المثال التصادم الحادث بين مضرب التنس والكرة ، فمــن المعروف ان كلا من المضرب والكرة يمتلكان كمية حركة معينة هــي عبــارة عــن كتلتيهما في سرعتيهما ، فلو فرضنا ان كتلة المضرب (ك1) وسرعته قبــل التصــادم (س1) وكتلة الكرة قبل التصادم (ك2) وسرعتها (س2) فان مجموع كمية حركتيهما = ك1س1+ك2س2 . ولكن الذي يحدث بعد التصادم هو تغير سرعة المضرب والكــرة حيث تكون سرعة المضرب (س3) وسرعة الكرة (س4) فان مجموع كمية حركتيهما = ك1س3+ك2س4 ... ما 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) وعلى هـذا الاسـاس يمكننا ان نذكر :-

كمية الحركة قبل التصادم = كمية الحركة بعد التصادم

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

ويقصد بمعامل الارتداد "النسبة بين سرعة الجسمين بعد التصادم الى سرعتيهما قبل التصادم" .

$$\text{معامل الارتداد} = \frac{\text{السرعة بعد التصادم}}{\text{السرعة قبل التصادم}}$$

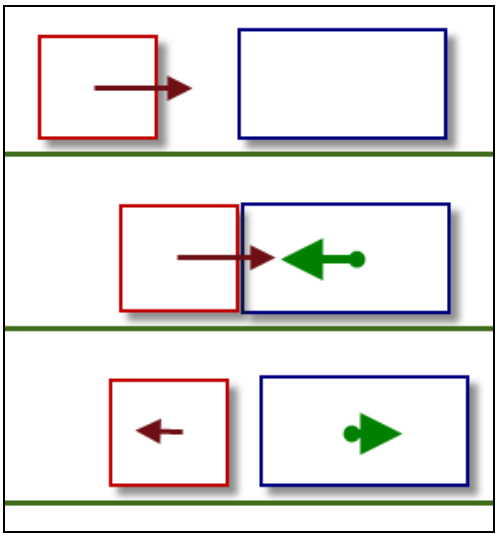
ويمكن صياغة المعادلة بالنسبة للارتفاعات القبلية والبعدية بما يلي :-

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

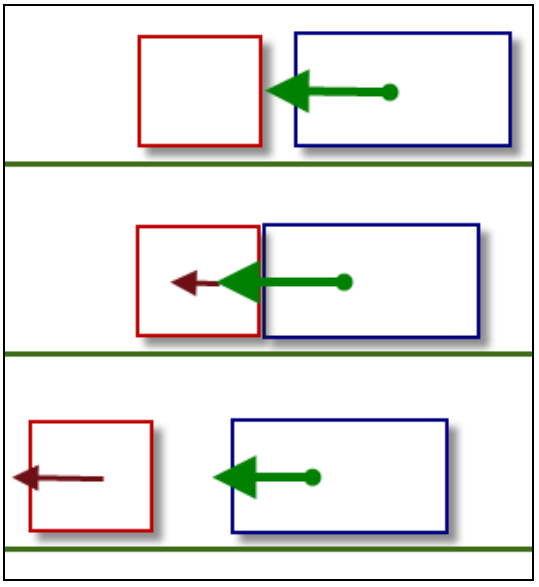
ومعامل الارتداد تساوي (1) عند الاصطدام تام المرونة أي ان الجسم يحـافظ على شكله دون تغيير ، واقل من (1) عند الاصطدام المرن أي ان الجسم يستعيد جزء من شكله وهذا يحدث في المجال الرياضي بشكل كبير بين الكرة والارض وكذلك عند التقلص المركز للعضلة ، ويساوي (صفر) عند الاصطدام غير المـرن أي ان الجسـم لايستعيد شكله.

في الشكل ادناه عندما تتدحرج كتلة صغيرة بمقدار من القوة تساوي وزن الاداة وتصطدم بكتلة كبيرة وزن كبير يحدث ان تنتقل كمية الحركة الى الكتلة الكبيرة وتكون غير كافية لتحريكها وتحدث الكتلة الكبيرة ردا لهذه الكمية المكتسبة الى الكتلة الصغيرة

بالمقدار نفسه وبالاتجاه المعاكس فتستقر الكتلة الصغيرة او تتحرك بمقدار ضئيل الى عكس الاتجاه



الشكل (3-43) : يوضح التصادم والارتداد عند تحرك الكتلة الصغيرة



الشكل (3-44) : يوضح التصادم والارتداد عند تحرك الكتلة الكبيرة

(162)

في الشكل اعلاه عندما تتدحرج كتلة كبيرة بمقدار من القوة تساوي وزن الاداة وتصطدم بكتلة صغيرة وزن صغير يحدث ان تنتقل كمية الحركة الى الكتلة الصغيرة وتكون كافية وزائدة لتحريك الكتلة الصغيرة اما الكتلة الصغيرة فتحدث ردا لهذه الكمية المكتسبة الى الكتلة الكبيرة بالمقدار نفسه وبالاتجاه المعاكس فلا تكفي لايقلفها فتستمر الكتلتان بالحركة.

إذا اصطدم جسم مرن كتلته $ك_1$ يتحرك بسرعة $ع_1$ بجسم آخر مرن ساكن كتلته $ك_2$ فإن :

سرعة الجسم الأول بعد التصادم تعطى بالعلاقة :

$$\text{سرعة الجسم الأول بعد التصادم} = \frac{ك_1 - ك_2}{ك_1 + ك_2} \times ع_1$$

سرعة الجسم الثاني بعد التصادم تعطى بالعلاقة :

$$\text{سرعة الجسم الثاني بعد التصادم} = \frac{2 \times ك_1}{ك_1 + ك_2} \times ع_1$$

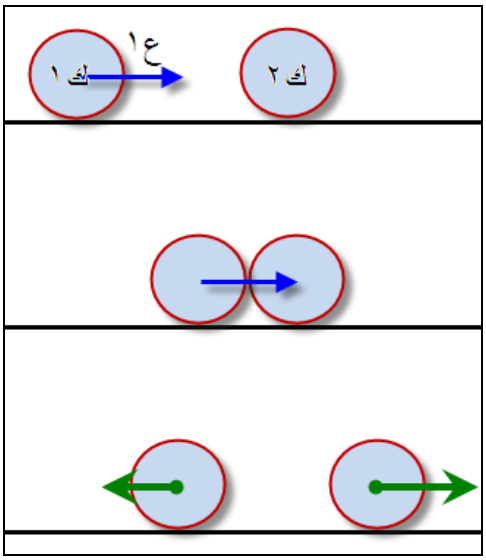
وبما ان التصادم مرن (أي العوامل الخارجية قد تم اهمال تأثيرها)

$$\text{سرعة الجسم المتحرك بعد التصادم} = \frac{2 - 1}{3} \times 1$$

= − 0.33 أي ان الجسم المتحرك سيرتد بسرعة مقدارها 0.33 م/ثا

$$\text{سرعة الجسم الثابت بعد التصادم} = \frac{2 \times 1}{3} \times 1$$

= + 0.66 أي ان الجسم الثابت سيكتسب سرعة مقدارها 0.66 م/ثا



الشكل (3–45) : يوضح بعض حالات الاصطدام والارتداد

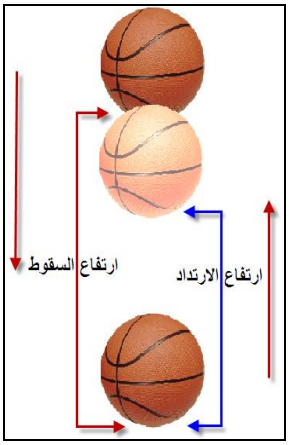
مثال

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

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

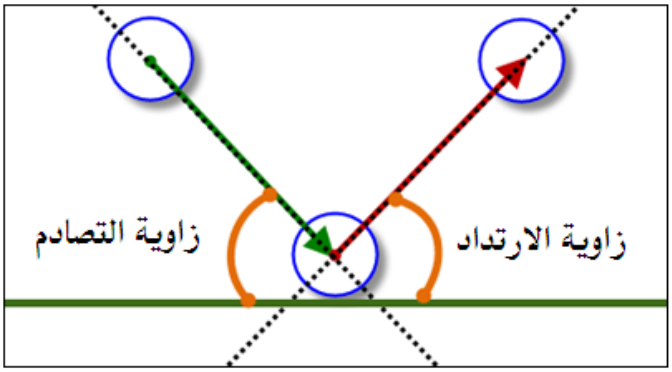
$$\text{معامل الارتداد} = \sqrt{\frac{1.22}{2.00}}$$

$$\text{معامل الارتداد} = 0.781$$



الشكل (3–46) : يوضح ارتفاعي السقوط والتصادم والارتداد

زاوية التصادم وزاوية الارتداد



الشكل (3–47) : يوضح زاويتي التصادم والارتداد

العوامل المؤثرة على زاوية الارتداد

1- زاوية تصادم الكرة بالنسبة للسطح المضروب

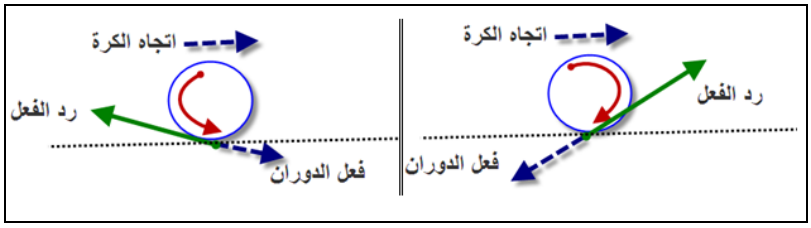
2- تركيب السطح المضروب

3- تركيب ومرونة الاداة

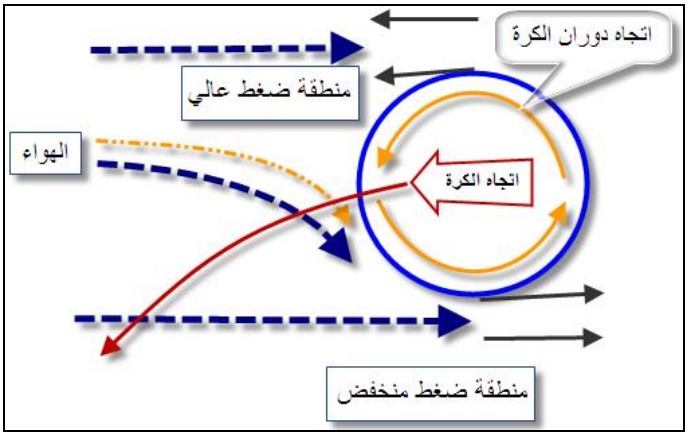
4- محيط وشكل السطح المضروب

5- دوران الجسم

ان زاوية الارتداد تتناسب طرديا مع زاوية التصادم الى اقل من 90 درجة وتتأثر الكرة المرتدة بالسطح (تارتان رمل او خشب) وتعد مرونة الكرة من الاسباب الاخرى المؤثرة في زاوية الارتداد اما تركيب الكرة فمثلا اغلب الكرات ةالادوات دائرية باستثناء كرة الركبي اذ ان شكله بيضوي وبذلك يجب توخي الدقة في حالة ارسال الكرات الغير المنتظمة لان ارتدادها سيكون مختلفا ، كما ان ارتداد الكرات التي تم اخمادها في كرة القدم يختلف من جزء الى اخر من اجزاء الجسم ، اما 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 الكرة اماما او خلفا) فعند اصطادم 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 (3-48) : يوضح ارتداد الكرة بعد دورانها



الشكل (3-49) : يوضح اتجاه الكرة بعد دورانها

(166)

الفصل الرابع

التغذية البايوميكانيكية الراجعة لنتيجة الأداء

متطلبات الخوض في هذا الموضوع

- الخبرة المتراكمة من المصادر العلمية والمعلومات النظرية المتوفرة عن ونوع المتغيرات وقيمها.
- توفر بعض الأجهزة والأدوات التي تساعد في إنجاز الموضوع ومنها أجهزة قياس القوى والحاسوب والتصوير السينمائي أو الفديوي بالسرعات العالية 64 صورة في الثانية فما فوق.
- توفر عينة ممكن أن تكون قد استثمرت متطلبات الحركة الأخرى بنجاح مثل المسافة المتبقية من المسابقة.
- توفر البرمجيات المناسبة لتحليل المتغيرات واستنتاج المعارف

معنى التغذية الراجعة

لقد أكد العديد من الخبراء وجود بعض المتغيرات التي تؤثر بشكل مباشر في العملية التعليمية ومنها التغذية الراجعة باعتبارها احد الشروط الهامة والأساسية لإحداث عملية التعليم.

فقد دلت الكثير من نتائج الدراسات على أن معرفة المتعلم بنتائج تعليمه تساعده على تحسين إنتاجه، فيما يكون عدم معرفة المتعلم بنتائجه قد يعيق تعلمه وفي ذلك يشير الخبراء إلى أن معرفة النتائج تعد من أنواع التغذية الراجعة التي تجعل بالامكان الحصول على التطور المعرفي والمهاري. وتشير نتائج بعض الدراسات إلى أن تقديم التغذية الراجعة إلى المتعلمين تؤدي إلى حدوث تأثير فعال وايجابي لديهم، إذ تزداد اهمية ذلك بالنسبة للمتعلم المبتدىء وتساعده في سرعة تعلم المهارة الحركية والاستمرار في التدريب من اجل الحصول على النتائج المطلوبة.

اتفقت المصادر على أن المعلومات عن نتـــائج الحركـــة(Knowledge of Results) عبارة عن معارف تتضمن النتائج المستخلصة بعد إنجاز الحركـــة وهـــي تختلف عن (Knowledge of performance) والتي بمعنى معلومات عن الأداء حيث تختص هذه بطبيعة ومواصفات الأداء الحركي

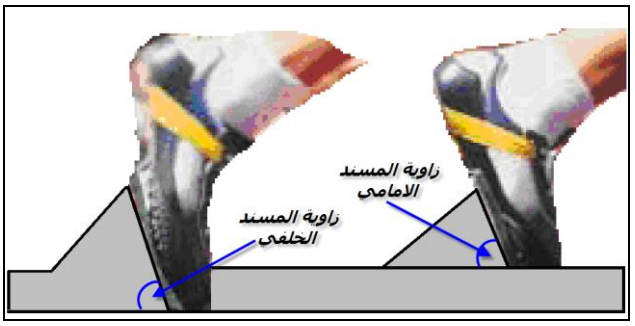
هناك دراسات سابقة منها دراسة Lyle. K. Sanderson., et al.

بعنوان:

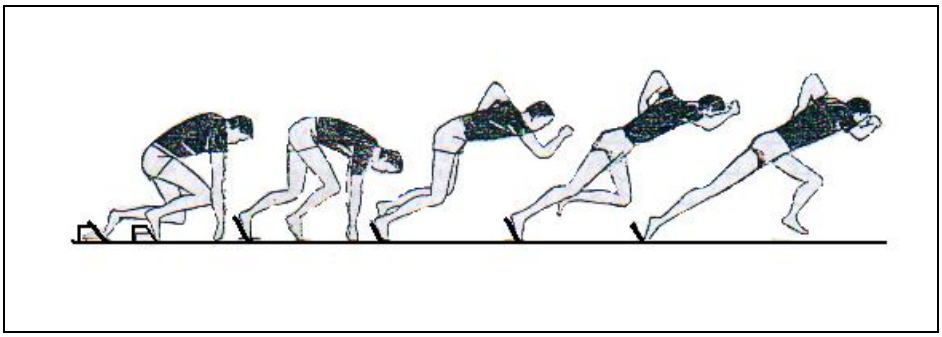
Development of apparatus to provide immediate accurate feedback to sprinters in the) normal training environment)

هذه الدراسة عبارة عن مشروع لتطوير جهاز البدء بالركض، وقـــد تناولـــت الدراسة بناء جهاز سمي بـــ(ساسكاجوان) وهو مشروع تعاوني بـــين مجموعـــة مـــن الباحثين في جامعة ساسكاجوان وشركة الالكترونيات في كندا، كان الهدف مـــن بنـــاء الجهاز هو تامين التغذية الراجعة الكينماتيكية والكيناتيكية للاعب والمدرب في ميـــدان التدريب.

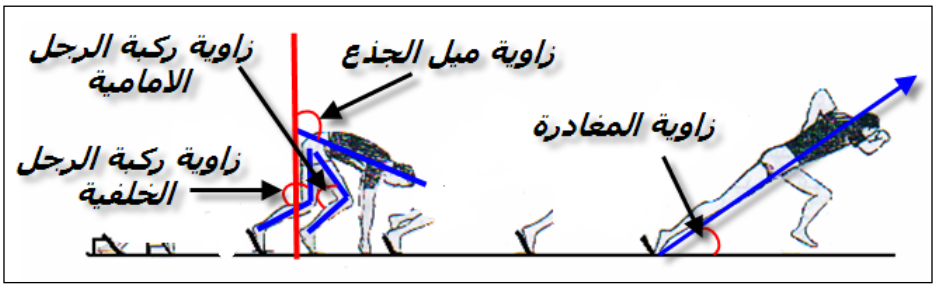
الجهاز عبارة عن صحن راداري مثبت خلف مسندي البدء على بعد مناســـب وموجه مباشرة إلى اللاعب، وترتبط مساند البدء والصـــحن الـــراداري بكومبيـــوتر، ولتحفيز جهاز قياس القوتين العمودية والأفقية بمسدس اطلاقة البدء، حيث يتم تكـــوين معلومات نظرية على شكل منحنيات بيانية لدالة القوة–الزمن مع تحليلهـــا و خزنهـــا، ويؤمن الصحن الراداري دراسة لعوامل التعجيل وتغيرها مـــع كـــل خطـــوة ويمكـــن ملاحظة هذه التغيرات في منحنيات بيانية أخرى.



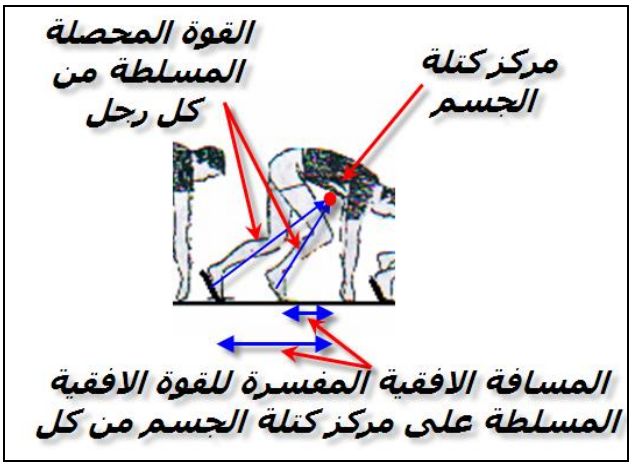
الشكل (4–1) : يوضح مسندي البدء



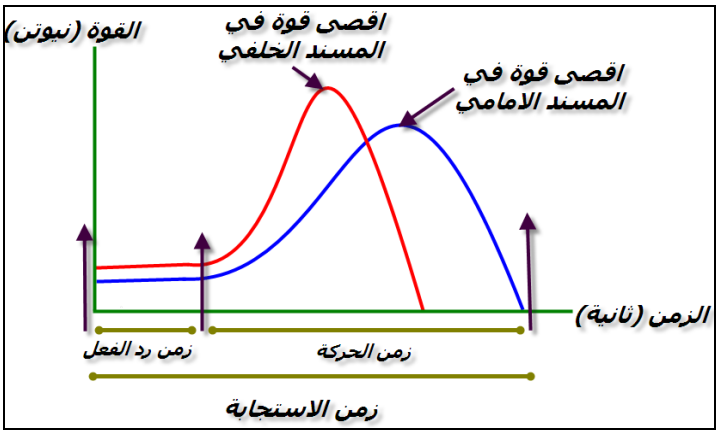
الشكل (4–2) : يوضح حركة الركض السريع من البداية المنخفضة



الشكل (4–3) : يوضح بعض المتغيرات الكينماتيكية التي يمكن اعتمادها في التغذية الراجعة



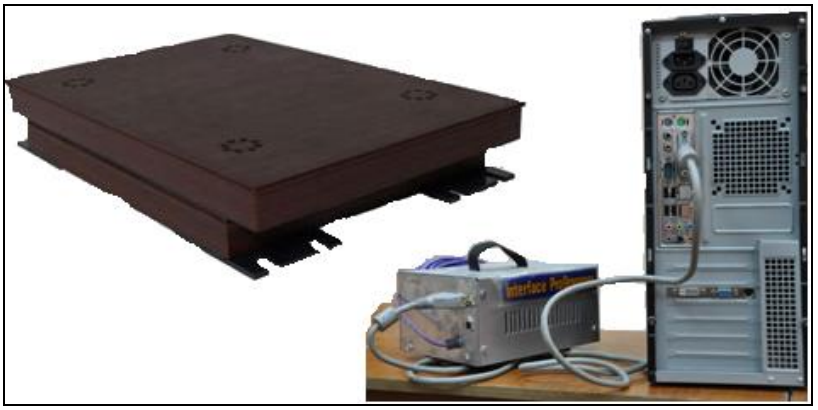
الشكل (4–4) : يوضح بعض المتغيرات الكيناتيكية التي يمكن اعتمادها في التغذية الراجعة



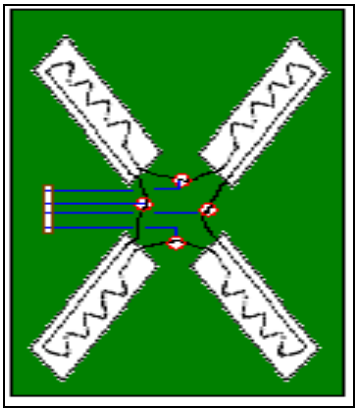
الشكل (4–5) : يوضح بعض المتغيرات الكينتيكية ودالة القوة–الزمن (الدفع)

منصة قياس القوى

ان منصات قياس القوة عبارة عن اجهزة لتسجيل مقادير القوة الداخلية المتولدة باثر من الانقباضات العضلية عند الحركة وعند الاستقرار أي ان لهذه المنصات القابلية على قياس القوة الثابتة مثل جهاز الداينموميتر الرقمي ، وتعمل هذه المنصات باسلوب الضغط المسلط على موضع معين وتتواجد في هذه المواضع متحسسات (Strain gauges) او (Load Cell) وهي اجهزة لها القابلية على التحسس باختلاف مقادير القوى المسلطة على المواضع المثبته عليها.



الشكل (4–6) : يوضح جهاز منصة القوة مع الاجهزة الملحقة



الشكل (4–7) : يوضح مشهد من خلف مسند البدء مع المتحسسات الأربعة

تم تثبيت المتحسسات (Strain gauges) في مساند البدء وبواقع (4 متحسسات) لكل مسند، ووضعت على شكل قنطرة لتحسس توازن القوة العمودية (ناقلتين لكل جهة من جهتي المسند)، إذ ارتبط كل مسند بوساطة موصلات سلكية بجهاز مفسر الجهد (التناظري) الحادث في ناقلات التحسس في المسندين لنقلها بعد تكبير الإشارات وتحويلها إلى الحالة الرقمية إذ تنقل الأخيرة إلى الحاسوب على شكل معلومات إلى مدخل في الحاسوب (قناتين) لتخزن في الذاكرة (RAM) على مواقع تسمى عناوين في شكل بيانات بهيئة أرقام (ستة عشرة) تعمل في مدى(00–FF) تطابق الأرقام العشرية (0–255) لايمكن تجاوزه في هذه الحاسبات وبذلك فأن أقصى جهد مسلط يتحمله الجهاز يكون مساويا إلى (9.81 ×255) نيوتن . تعتمد على القيم المخزونة في هيئة أرقام (ستة عشرة) بعد تحويلها إلى الأرقام العشرية كمقادير للقوة. ويوضح الشكل السابق انسياب المعلومات للأجهزة الثلاثة (جهاز التحسس بالاطلاقة ، منصة القوى والحاسوب). تبلغ الفترة الزمنية لنقل معلومة جهد مسلط على المسند (تحسس بالقوة أو القراءة) من المسند إلى العناوين في الحاسوب زمنا قدره (0.0013 ثانية)

إن القياسات الوزنية الموضوعة على المسند وبزيادات متدرجة من (5كغم إلى 50كغم) تعطي قيما رقمية على شاشة الحاسوب ويمكن تنظيمها لكي تمثل كل قيمة وزنية قياسية رقما مماثل، وتعطي مقارنة نتائج القياسات الحقيقية بنتائج القيم الرقمية

على شاشة الحاسوب دلالة على خطية الجهاز، وتمت معايرة الجهاز للتوصل إلى قيم رقمية صحيحة بقدر الامكان بعد تحويلها إلى أوزان بوحدات القوة (نيوتن).

يكون جهاز منصة القوة في حالة عمل دائم (انتقال مستمر للمعلومات من ناقلات التحسس إلى الحاسوب) ولايتم تكوين البيانات في ذاكرة الحاسوب إلا بعمل جهاز التحسس بصوت الاطلاقة حيث يعمل هذا الأخير مع الاطلاقة للسماح بتراكم متتال للبيانات في عناوين ذاكرة الحاسوب بين معلومات المسندين.

التزامن بين منصة قياس القوى وإلة التصوير السينمائي

نستطيع وضع تعريف بسيط للتزامن بأنه اشتراك جهازين مختلفين كل له هدف مختلف عن الأخر ولكنهما ينقلان حقيقة حدوث الظاهرة نفسها (مثل آلة التصوير ومنصة قياس القوى) فآلة التصوير تخصص لإيجاد الزوايا والمسافات ويمكن كذلك الزمن وما يشتق منها مثل السرعة والسرعة الزاوية والتعجيل وجميع المصطلحات التي لتشترك فيها مصطلح القوة، أما جهاز قياس القوى فيخصص لإيجاد مقادير القوى الأفقية والعمودية والمحصلة واتجاهاتها وتأثيرها

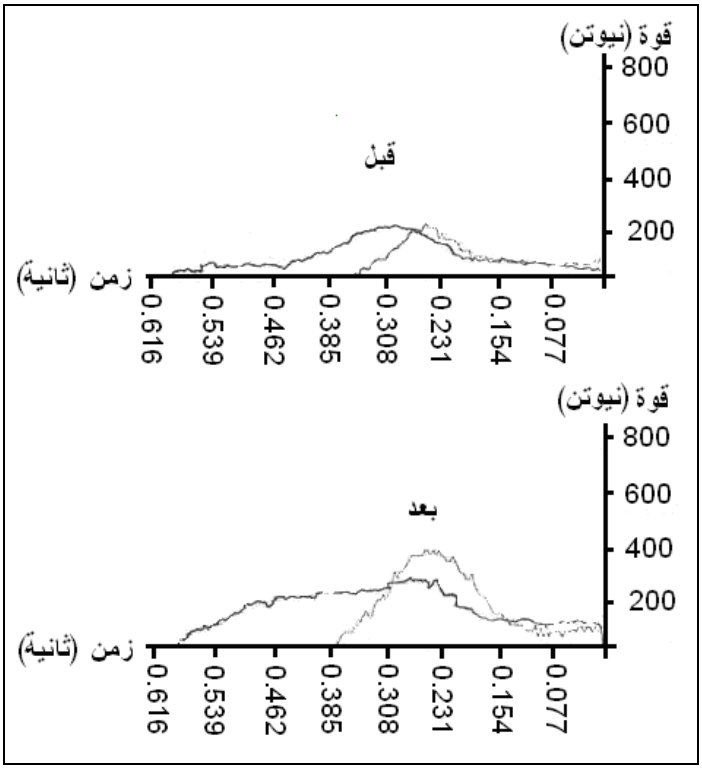
ويعني التزامن هنا إيجاد التداخل الزمني الحادث بين الجهازين فآلة التصوير تنقل الصور إلى الكاميرا بمقدار 64 صورة في الثانية آما جهاز قياس القوى فتنقل المعلومة من المنصة الواحدة إلى الحاسوب في زمن مقداره 0.0013 ثانية بين معلومة وأخرى. والزمن بين أي صورتين سيكون 0.015625.

ومعنى ذلك تطابق زمن كل (12 قراءة) في جهاز منصة القوة زمن صورة واحدة في جهاز التصوير السينمائي والبالغ (0.0156 ثانية).

مثال اخر : ان الات التصوير الحالية تصور بسرعة 25 صورة في الثانية وهذا يعني ان زمن الصورة الواحدة = 1÷25 = 0.04 أي اربعة بالمائة من الثانية ، فلو استخدمنا منصة قياس القوة وبسرعة 100 معلومة (رقم) في الثانية أي ان زمن المعلومة الواحدة = 1 ÷ 100 = 0.01 أي واحد بالمائة من الثانية فهذا يعني ان

الصورة التي رقمها واحد في الة التصوير تتزامن مع الرقم الرابع في المنصة ، ومـــن هنا نستطيع وضع الصورة على المنحنى للقوة في الزمن المناسب.

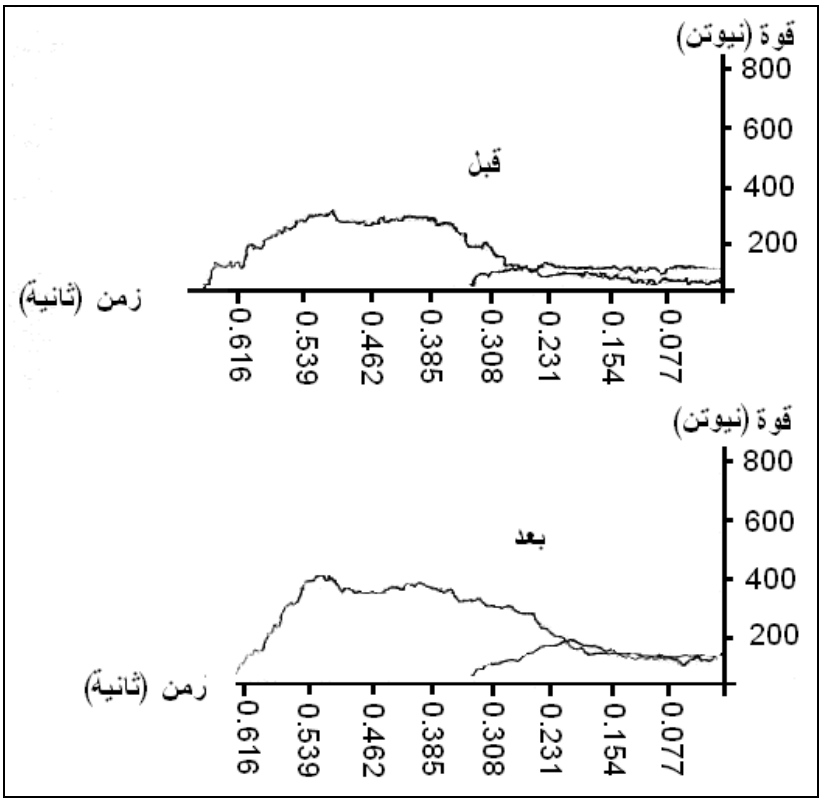
أما من أين نبدأ بالتزامن أو ننتهي فيكون باختيار نقطة واضحة بين الجهازين فمن الممكن مراقبة المسند الأمامي إذ عندما يترك اللاعب هذا المســند فـــي الصـــور السينمائية يسجل خط القوة صفرا أو اختيار البدء من خلال دخان الطلقة أو صـــوته إذ أن المنصة مرتبطة بالمسدس لتسجيل أول معلومة.



الشكل (4-8) : يوضح متغيرات اللاعب الاول قبل التغذية البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

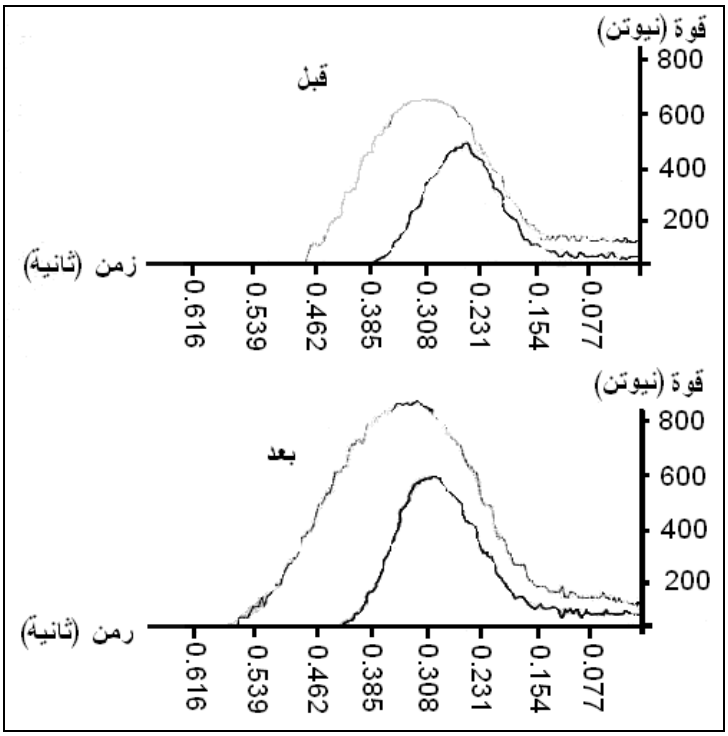
يلاحظ من الشكل إن اللاعب يستخدم قوتان متساويتين في المسندين، ويصح أن تظهر القوة الكبيرة في المسند الخلفي (اول مسند يترك) ، ويرجع سبب ذلـــك إلـــى الزاويـــة الكبيرة في مفصل الركبة – امتداد – حيث (يجب أن تتراوح هذه الزاوية بـــين 110-

120 درجة ، وتساهم زاوية الركبة في المسند الخلفي إظهار القوة القصوى العمودية في المسند الأمامي)



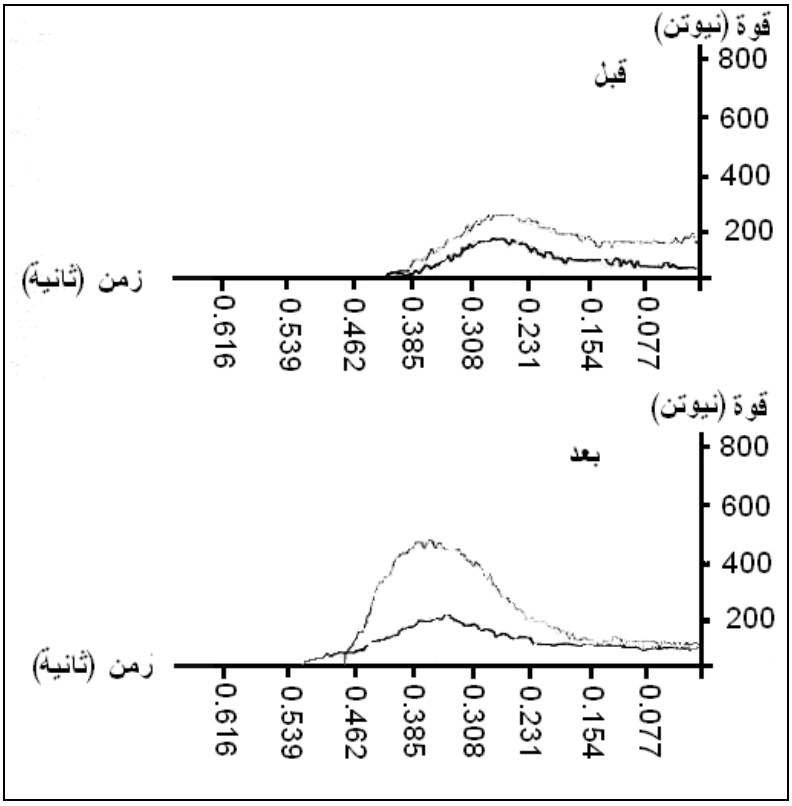
الشكل (4-9) : يوضح متغيرات اللاعب الثاني قبل التغذية البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

يلاحظ من الشكل أن اللاعب يرفع رجله عن المسند، ويصح دفع المسند كما يظهر أن زمن رد الفعل وزمن الاستجابة كبيرين مقارنة بالأشكال الأخرى، ويحدث ذلك بسبب (تقارب أو زيادة ارتفاع الكتف عن الورك –زاوية الجذع- مما يسبب استقرار لمركز ثقل الجسم مما يحتاج اللاعب إلى إزاحة زاوية كبيرة لإخراجه من حدود قاعدة الارتكاز ويحدث الجذع مع الأفق زاوية في متوسطها 23 درجة)



الشكل (4-10) : يوضح متغيرات اللاعب الثالث قبل التغذية البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

يلاحظ من الشكل انه لاعب جيد ويتمتع بقوة في المسندين متناسبة لأدائه، ويحـــدث أن عدم تزامن قمم القوتين في المسندين يفيد اللاعب في تتابع دفعات القوة لتحريك الجسم، إذ يبدأ الجسم بالامتداد عندما يظهر العمل الديناميكي للفخذ الأمامية.



الشكل (4-11) : يوضح متغيرات اللاعب الثالث قبل التغذية البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

يلاحظ من الشكل أن اللاعب يؤدي قفزة في ترك المسندين وهذا يتضح من تقارب زمن الاستجابة –نهاية المنحني البياني في المسندين، حيث يحدث (التغيير الفعلي في زاوية الركبة الأمامية حينما تتعدى ركبة القدم الخلفية الرجل الأمامية). كما يتضح من نفس الشكل أن الانخفاض الانسيابي للمنحنى يدل على بطء في عملية دفع المسند، ويصح عند وصول المنحني لقمته أن يحدث انخفاض على شكل قطع مباشر نحو الأسفل بقدر الامكان ويدل هذا الأداء على سرعة سحب الرجل إلى الأمام.

متطلبات التحليل الحركي

التحليل الحركي يعني دراسة المهارات والحركات الرياضية بالاستناد على وصفها على وفق أسلوب علمي يخضع الى مصطلحات المسافة والازاحة والزاوية والزمن ، ويسعى إلى دراسة أجزاء الحركة ومكوناتها من خلال القوانين والرسومات والوصول الى دقائق الحركة ، ويقدم المعلومات الكافية ويعالج حالات الضعف للمدرب واللاعب.

يمكننا إيجاز هذه المتطلبات الى عدة نقاط وهي:

1- معرفة الهدف من دراسة المهارة او الفعالية قيد الدراسة .
2- التعرف على المراحل الفنية للمهارة او الفعالية المطلوبة.
3- مراجعة في المصادر والدراسات السابقة لتحديد المتغيرات البايو ميكانيكية.
4- تصميم الميدان التجريبي وفقا للمتغيرات المطلوب تحليلها.
5- توفير الأدوات والبرمجيات اللازمة لتحديد المتغيرات البايو ميكانيكية.
6- الرجوع الى القوانين الميكانيكية والعلوم الاخرى لتفسير النتائج.

تحديد الهدف من الدراسة وفقا للمهارة او الفعالية المطلوبة:

قبل البدء بأي إجراء يتطلب من الباحث تحديد هدف البحث بعد ملاحظة المشكلة والتأكد من توقع أولي لحل المشكلة بدراسة متغيرات بايوميكانيكة.

التعرف على المراحل الفنية للمهارة او الفعالية المطلوبة:

لكل مهارة او فعالية مراحل فنية تصف الحركة من بدايتها حتى نهايتها وعلى الباحث ذكر المراحل بغض النظر عن خضوع جميع هذه المراحل للدراسة ، ثم عليه توضيح المرحلة المطلوبة.

مراجعة في المصادر والدراسات السابقة لتحديد المتغيرات البايوميكانيكية:

على الباحث ان ينطلق من المصادر والدراسات السابقة والمشابهة لوضع عدد من المتغيرات المهمة التي تتحكم بالحركة المطلوبة ، رغم انه قد اطلع على المراحل الفنية في فقرات سابقة إلا ان المطلوب في هذه المرحلة ان يتقصى عن المتغيرات التي تؤثر فعلا في الحركة.

تصميم الميدان التجريبي وفقا للمتغيرات المطلوب تحليلها:

وفقا للمتغيرات المطلوبة يمكن تحديد ميدان للتجربة من حيث كادر العمل والأدوات اللازمة مثل آلة التصوير وعددها وتحديد مواقع هذه الآلات وفقا للأبعاد الهندسية المطلوبة العمل وفقا للبعد الثنائي او البعد الثلاثي.

توفير الأدوات والبرمجيات اللازمة لتحديد المتغيرات البايوميكانيكية:

بعد الحصول على المعطيات من عينة البحث يجب ان تخضع هذه المعطيات التي تم الاحتفاظ بها في أقراص او كاسيتات للبرامج ربما تكون اغلبها في الحاسوب لغرض تحويلها إلى قيم رقمية صالحة للمعالجة والتفسير

الرجوع الى القوانين والعلوم لتفسير النتائج:

لحل المشكلة وبناءا على الافتراضات والإطار النظري المسبق يجب الاعتماد على النظريات والقوانين لتفسير النتائج ومن هذه العلوم ، الفيزياء ، الرياضيات ، التشريح ..... وغيرها .

مثال

لحل مشكلة تدني مستوى الانجاز الرقمي في فعالية الوثب الطويل لدى (فئة معينة جلبت اهتمام الباحث) ، نتبع الخطوات الآتية.

1- ان الهدف من هذه الدراسة هو تقديم النصائح الممكنة لتطوير الانجاز الرقمي من خلال إيجاد مكامن الضعف بمعالجة بايوميكانيكة لتصحيحها ومكان القوة لتعزيزها

2- ان المراحل الفنية لهذه الفعالية وفقا للمصادر تتكون من (سرعة الاقتراب ، الارتقاء ، الطيران ، الهبوط)

3- أبدت الدراسات السابقة اهتماما كبيرا بسرعة الركضة التقربية فلقد أوضحت بعضها ان السرعة المثالية في هذه المرحلة تراوحت (8) متر لكل ثانية تم دراستها وفقا للمسافة المقطوعة في وحدة الزمن ، كما ذكرت مصادر أخرى ان قياس السرعة في هذه المرحلة بنيت على طول وتردد الخطوات ، كما تبين ان الخطوات الثلاث قبل الارتقاء لم تكن متساوية اذ كانت الخطوة قبل الارتقاء اقصر من سابقتها وذلك لإعطاء مركز كتلة الجسم ارتفاعا عموديا مناسبا (مركبة عمودية) فضلا عن المركبة الأفقية ولقد ذكرت المصادر بعض المصطلحات مثل (ابتعاد مركز كتلة الجسم عن نقطة استناد قدم الارتقاء لحظة التماس) وكذلك زاوية الهبوط ، وعندما ينتقل اللاعب إلى الاستناد الخلفي يحسب له أيضا الإزاحة الأفقية وكذلك زاوية النهوض وسرعة الانطلاق والأزمنة والعديد من المصطلحات. فيحدد الباحث جميع هذه المصطلحات ويعد قائمة بها لغرض اعتمادها في التحليل. كما عليه ان يطلع على الدراسات المشابهة كفعالية الوثبة الثلاثية .

4- تبين ان هذه المتغيرات يمكن إيجادها باعتماد آلة تصوير واحدة توضع من الجانب القريب لرجل الارتقاء وعمديا عليها أي الاكتفاء بالبعد الثنائي ، وربما دعت الحاجة إلى استخدام آلة أخرى لضبط سرعة الاقتراب ، ويجب ألان إجراء تجربة استطلاعية بسيطة لضبط موقع التجربة من حيث عدد الآلات المطلوبة

ومقياس الرسم ان دعت الحاجة إليها وكذلك النقطة النسبية او نقطة ثابتة ، وإذا تطلب الأمر أجراء تداخل بين التي التصوير في حالة استخدام أكثر من الة.

5- بعد تصوير الفعالية او مرحلة من مراحلها يمكن نقل الفلم إلى الحاسوب وفقا لإمكانيات آلة التصوير اذ ان البرامج الملحقة والتي تباع مع آلة التصوير كفيلة بنقلها إلى الحاسوب من خلال مخارج (AV) او (Studio) او (USB) اذ يتم تحويلها إلى الحاسوب ، ان نقل الفلم من آلة التصوير إلى الحاسوب يتم بإحدى **الطريقتين الأولى** عن طريق كارت (بطاقة) خاصة تنصب داخل الحاسوب ويتم التعرف عليها كمكون مادي ومعها البرنامج الخاص بنقل الفلم الى الحاسوب اما الطريقة الثانية فهي مباشرة من خلال منافذ متاحة مثل (USB) مع البرنامج الخاص الملحق مع آلة التصوير اذ يتم التعرف عليها أيضا كمكون مادي. ولايكتفي الباحث بذلك بل يجب توفر برامج أخرى خاصة بتقطيع الفلم إلى صور متسلسلة وبرامج أخرى لغرض إيجاد الزوايا والأبعاد والأزمنة وبرامج أخرى لمعالجة النتائج ميكانيكيا او هي برامج يمكن ان تكتب قوانين خاصة على شكل معادلات لغرض معالجة القيم الرقمية المستنتجة ، وبرامج أخرى للإخراج الفني كالصور المتسلسلة والمنحنيات وبرامج أخرى للمعالجة الإحصائية وبرامج الطباعة.

6- ان الاعتماد على النظريات هو الحل الأمثل للتفسير اذ قد تكون النتائج الإحصائية غير كفيلة بتفسير النتائج فيلجأ الباحث الى القوانين مثل قوانين نيوتن في الحركة والعوامل المؤثرة فيها وقوانين المثلثات والعتلات والوضع التشريحي الأمثل للعضلات والمفاصل . ان الإحصاء يقدم الحلول الصحيحة فقط عند السيطرة على العوامل الدخيلة .

ملاحظات مهمة:

لقد تمكنت بعض الدول العربية من امتلاك معامل للتحليل الحركي ونسعى حاليا الى امتلاك مثل هذه المعامل التي تحتوي على تقنيات عالية مزدوجة الاستخدام أي إن العلوم الأخرى كالطب والهندسة يستفاد منها ولقد خصصت برمجيات منوعة او مختلفة في هذا الاتجاه من معالجات البعد الثنائي الى معالجات البعد الثلاثي مثل برامج (DARTFISH) و (APAS) وان هذا الأخير قد تميز عن البرامج ألسابقه بمميزات كثيرة يطول شرحها حاليا ولكن ببساطة يتم إيجاد بعض المتغيرات بل اغلبها دون تدخل الباحث. ولقد وضعت في مكتبتي الالكترونية بعض الإيضاحات.

قبل التصوير

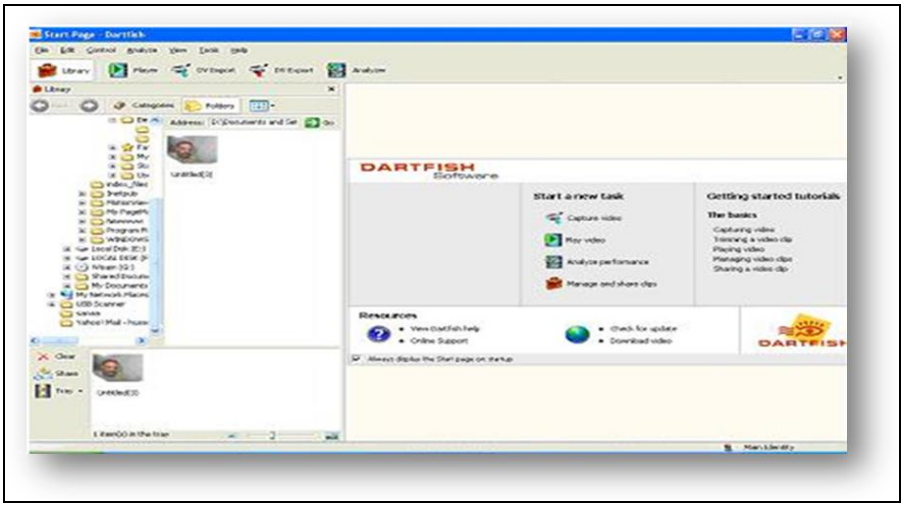
1- طبعا أنت بحاجة إلى آلة تصوير ويفضل ان تكون عالية السرعة مع برنامج للتحليل الحركي .
2- والى ميدان للتصويرو عينة للتصوير
3- والى متطلبات أخرى تحتاجها في ميدان التصوير مثل الخلفية والعلامات اللاصقة ومقياس الرسم ولوحات ترقيم وأدوات أخرى ، بحسب متطلبات الفعالية او الحركة او المهارة .

بعد التصوير

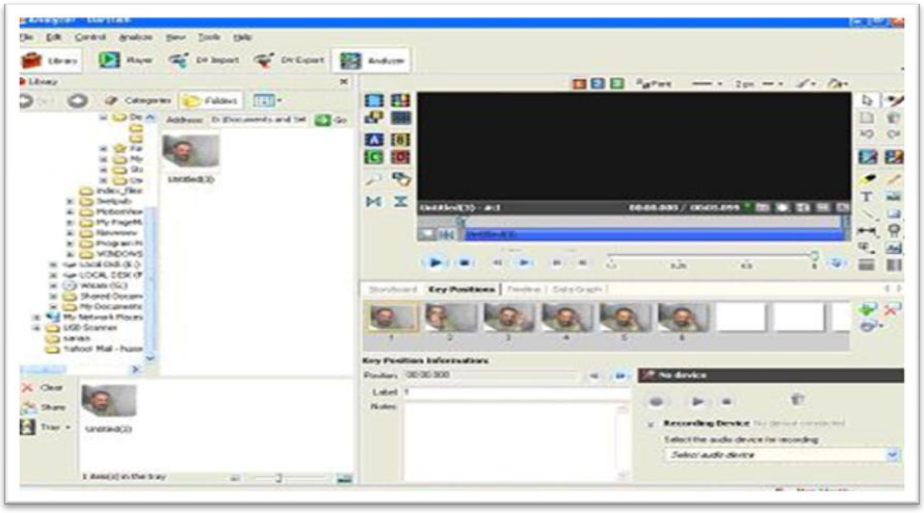
1- أنت بحاجة إلى حاسوب
2- أنت بحاجة إلى بطاقة معروفة كمكون مادي في الحاسوب لغرض إنزال الفلم إلى الحاسوب
3- او مكون مادي آخر معرف من خيارات آلة التصوير

البرمجيات

ان برامج التحليل الحركي في تطور مستمر فمن اشهر البرامج المستخدمة في مجال الهندسة (AutoCad) التي تمت الاستفادة منها في المجال الرياضي الى برنامج (Dartfish) الأكثر شهرة في تحليل الحركات و برنامج (MaxTRAQ) ، ولقد تنوعت هذه البرامج في إضافات مهمة تتعلق بتتبع النقاط وتوفير الرسوم البيانية لمسار أجزاء الجسم وقيم الزوايا والسرعة والتعجيل ، كما انها اضافت الكتلة للتوصل الى قيم كيناتيكية تخص تفسير القوة ، كما تنوعت في استخدام تقطيع المشاهد وتقطيع الصور المتسلسلة وبنائها من حيث العرض ، كذلك وفرت تقنية العرض السريع والبطيء ، ومن البرامج الاسها والأكثر والاشهر استخداما هو (Kinovea) .



الشكل (4-13) : يوضح واجهة البرنامج (Dartfish)



وهذه الشكل (4–14) : يوضح واجهة التحليل في برنامج (Dartfish)

مجموعة من الخدمات التي يقدمها البرنامج

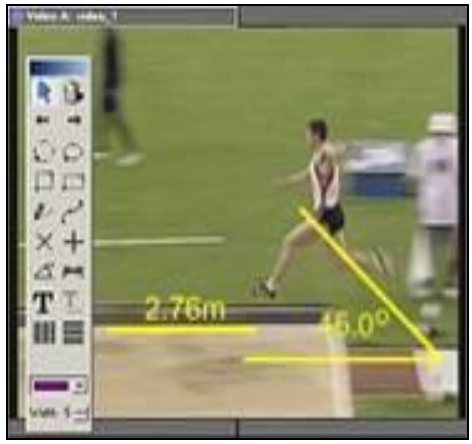
المزامنة في المشاهد (MultiPlay and Basic Overlay)

يسمح بمزامنة 4 فيديوات في نفس النافذة او أربعة مشاهد مختلفة لنفس الرياضي والمقارنة بين كل مشهدين معا بتحديد ومراقبة بمرور الوقت بين كل مشهدين معا وابراز نقاط الاختلاف عن طريق اسقاط صورة من مشهد على صورة لنفس المشهد من محاولة اخرى. وإسقاط الضوء على الأداء والحركة

الشكل (4–15) : يوضح المزامنة في المشاهد

ادوات التذييل والرسم (Drawing and Annotation Tools)

القابلية على القياس المباشر والادوات تتضمن رسم الخط وقياس المسافة والزوايا وامكانية اضافة الشبكات الافقية والعمودية لاغراض التحليل



الشكل (4–16) : يوضح ادوات التذييل والرسم

التقطيع والعرض المسلسل والمسلسل المدمج (Slide Show and Clipboard)

القابلية على التقطيع والعرض المسلسل والتنقيح والكتابة على المشاهد المقطعة والطباعة.

الشكل (4–17) : يوضح التقطيع والعرض المسلسل والمسلسل المدمج

التزامن

التزامن يعني تواجد أكثر من حدث أو عمل او اشتراك اكثر من كائن في الــزمن نفسه وفي المكان نفسه أو في مكانين مختلفين وهو على أنواع من هذه الأنواع:

1- بين آلة تصوير وأخرى (تعمل التي تصوير معا من مواقع مختلفة في الــزمن نفسه)
2- بين منصة قوة وآلة تصوير (تعمل منصة القوة وآلة التصوير معا في الــزمن نفسه)
3- بين منصة قوة وأخرى (تعمل منصتي القوة معا من مواقع مختلفة في الــزمن نفسه)
4- بين جهاز قياس التحفيز العضلي وآلة تصوير (يعمل جهاز تحفيــز العضــلات أثناء الحركة على إحدى العضلات وتكون الحركة مراقبة من الة تصوير فــي اللحظة نفسها)
5- بين جهاز قياس التحفيز العضلي ومنصة قياس القوة (يعمــل جهــاز تحفيــز العضلات أثناء الحركة على احدي العضلات وتسجل منصة القــوة رد فعــل الأرض في اللحظة نفسها)
6- بين الإنسان والحيوان (عند اجتياز الحصان في الفروسية للحاجز يعمل الفارس على تعجيل حركة الحصان)
7- بين الإنسان والأداة (عند صعود راكب الدراجة الى مرتفع يزيد مــن الوقــود ويميل بجسمه إلى الأمام)

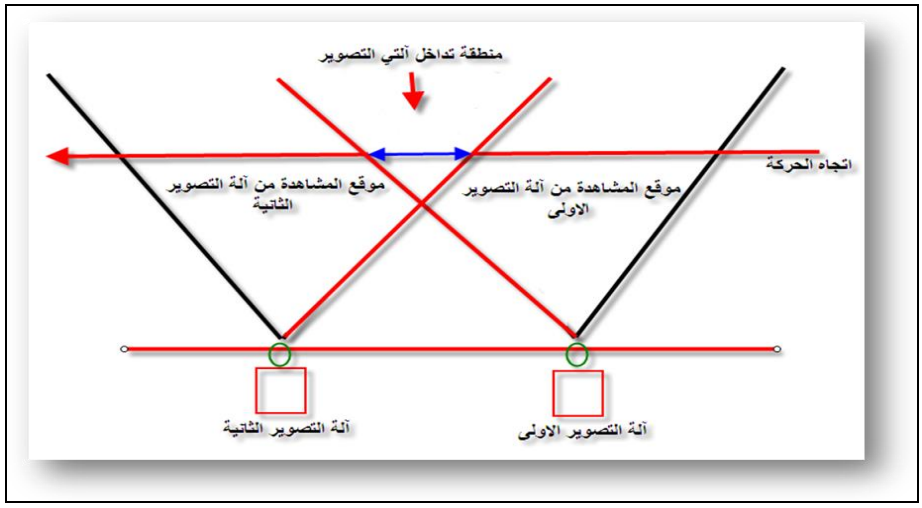
ونعطي بعض الأمثلة فمثلا التخاطر يعني أن اعرف ما يجــول فــي نفــس الشخص الأخر فإذا بدأ شخصان تخاطرا فيتطلب أن يكون في الزمن نفسه ولا يشترط أن يتواجد الاثنان في المكان نفسه.

وفي مجال التحليل الحركي نذكر بان التزامن يعني أن أقيس حركة لاعب بلاعب أخر في اللحظات الزمنية نفسها فيكون الزمن هو المعيار فنقول ان اللاعب (أ) وضعه منخفض مقارنة باللاعب (ب) في الثا في الثانية الثالثة ، وكذلك إن أقيس حركة لاعب أمام آلة تصوير جانبي وآلة تصوير أمامي أو أن اللاعب يتحرك مارا من أمام آلتي تصوير جانبيتين فينتقل من مجال احد الآتين إلى مجال الآلة الثانية ، أو أن أقيس حركة لاعب أمام آلة تصوير وفي اللحظة نفسها يكون متواجدا على منصة لقياس القوة أو أن أقيس حركة لاعب ينتقل من منصة قوة إلى أخرى أو يتحرك على منصتين مختلفتين في اللحظة نفسها مثل الانطلاق من مسندي البدء أو الرباع في رفع الأثقال وتحت كل قدم منصة ويتعدى مفهوم التزامن الى الحركات التوافقية بين الفارس والحصان وكذلك بين لاعب الدراجات والدراجة وغير هذه الأمور. ففي الوقت أللذي ينهض الحصان لعبور الحاجز يدفع الفارس جسمه إلى الأمام وكذلك عند صعود منحدر بالدراجة يلجأ المتسابق الى دفع جسمه الى الأمام ورفع مقعده عن الدراجة والضغط على مكبس الوقود.

سنتعامل مع آلتي تصوير للاعب ينتقل من آلة إلى أخرى عند السير الاعتيادي أو عند حركة معينة والغرض من تواجد آلتي تصوير كون أن الهدف من الحركة هو الاقتراب من الحركة اكبر ما يمكن لإظهار بعض المناطق آلتي تكون صغيرة الحجم مقارنة بالأجزاء الأخرى من الجسم فمثلا الرسغ أو الكاحل أو الجسم كله ولكن بشكل اكبر ما يمكن لكي تتضح جميع الأجزاء بشكل واضح جدا.

المثال هو في الجمناستك وحسب الشكل التالي فالحركة هي القفزة العربية يتبعها قلبه اليدين الخلفية ، وهنا وكما يبدو من الشكل يجب أن تتواجد آلتي التصوير بشكل صحيح في مكانين على الاستقامة نفسه وعلى الاقتراب والابتعاد والمواصفات الأخرى نفسها .

يمكن ضبط آلتي التصوير من حيث الميلان إلى الأمام أو الجانب من خلال ألقبان (ضبط الفقاعة) وهذا ضروري جدا وكذلك يجب أن تتم الحركة في منطقة التداخل أي أن المشهد الأخير من الحركة آلتي تتم مشاهدتها في الآلة الأولى يجب أن تكون مشاهدة كجزء أول في آلة التصوير الثانية ، وكما يتضح في الشكل أدناه.



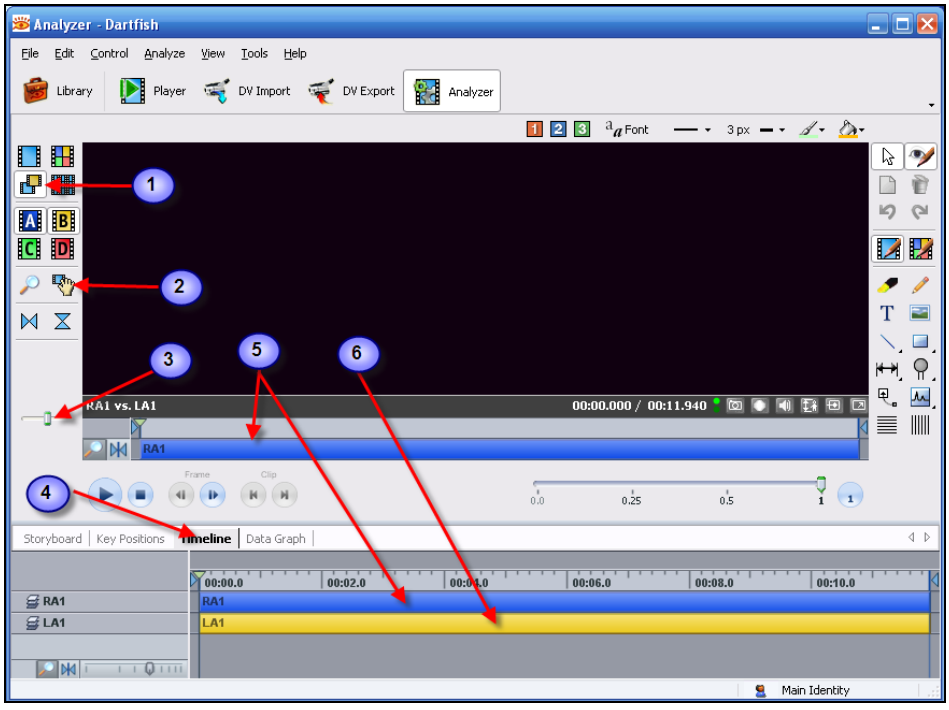
الشكل (4–18) : يوضح تصميم ميدان التجربة (منطقة التداخل)

كما يتضح من الشكل فاننا نتعامل مع المناطق المؤشرة فضلا عن تواجد الفلمين التي تم التصوير بهما ، اتبع الخطوات كما هي في الصور:

الشكل (4–19) : يوضح التصوير من التين

كيفية التزامن

نحتـــاج الـــى برنـــامج (DartFish) لكي نقـــوم بـــذلك واليـــك الخطوات والاجراءات المطلوبة:



الشكل (4–20) : يوضح مناطق العمل

1- اسحب الفلم الأول الى الشاشة الرئيسية

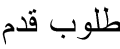
2- اسحب الفلم الثاني الى الشاشة الرئيسية ( )

3- تجد إن الفلمين باللون المائي (الشفاف)

4- اضغط على علامة الكف ( )

5- ابعد الفلمين عن بعضهما

6- ابدأ التشغيل ، ستجد ان اللاعب يظهر في جزء من حركته في الفلم الأول (الشاشة الأولى)

7- عن طريق () او باستخدام السحب بعد ظهور لون الفلم المطلوب قدم وآخر الفلم لكي تنطبق الحركة في الفلمين معا وانتقل بين الفلمين ( ) او تشغيل وإيقاف الفلم

8- تستطيع باستخدام عجلة التدوير في الفارة من تكبير او تصغير الفلم احد الفلمين

9- ابدأ بسحب الصورة المعينة على تكملته في الفلم الآخر باستخدام ( ) وحسب المراحل أدناه.

1

2

3

4

الشكل (4-21) : يوضح تسلسل سحب الفلمين

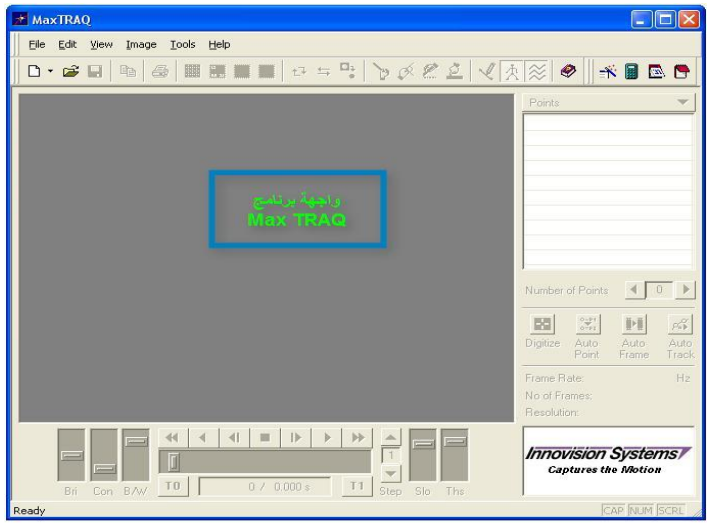
10- بعد الانتهاء من وضع الفلم الثاني على الفلم انتقل الى زر التبييض ( ) وأغلقه الى الجانب لكي يظهر العمل كفلم واحد كما في الصورة ادانه

الشكل (4-22) : يوضح الفلم المدمج من الفلمين (التزامن)

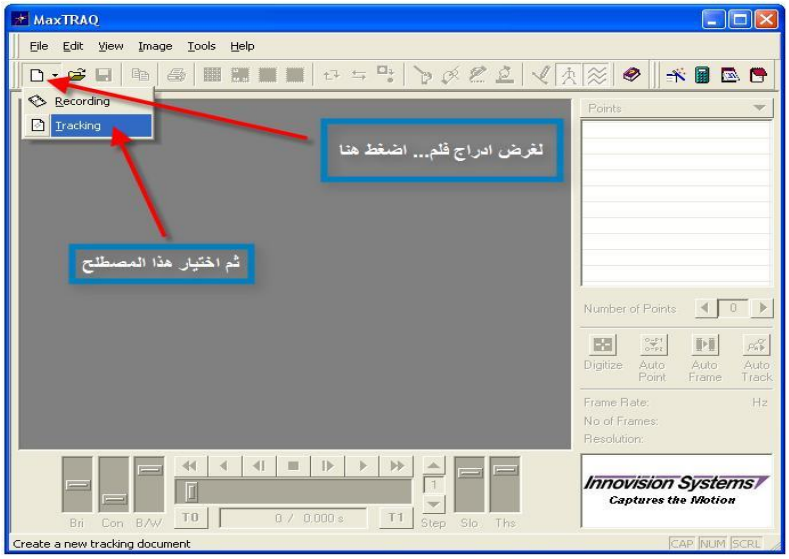
11- اخزن الفلم النهائي عن طريق (Save)

برنامج التحليلي الحركي (MaxTRAQ)

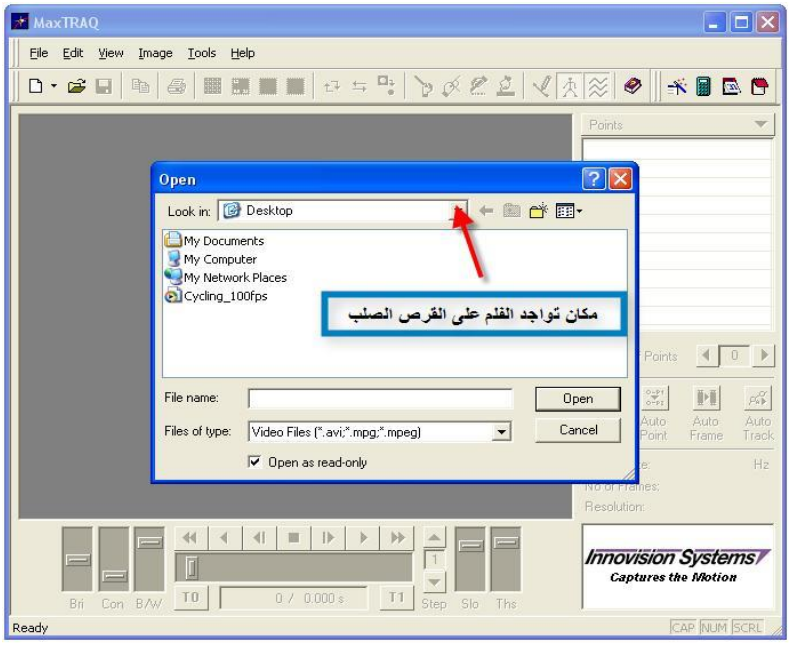
ينفرد هذا البرنامج بصفة مميزة وهي إمكانية تطبيق إجراءات التحليل على الصورة الأولى فقط لتنتشر تلقائيا على الصور الأخرى أي إن الباحث فقط يحدد نقاط مفاصل اللاعب في الصورة الأولى ليجد ان هذه النقاط قد تحددت تلقائيا في الصور الأخرى من الفلم وهكذا إذا تم تحديد زاوية معينة في الصورة الأولى من الفلم فان الصور الأخرى في الفلم تتحدد قيم الزوايا فيها تلقائيا ، يتطلب إجراءات دقيقة عند التصوير فمبدأ عمل هذا البرنامج يعتمد على اختلاف كمية الإضاءة على مناطق الجسم ويجب ان يرتدي اللاعب ملابس ضيقة سوداء ويتم صبغ مفاصل الجسم بصبغات بيضاء لكي يستطيع البرنامج من متابعة النقاط من صورة الى أخرى. وفي البرنامج إمكانيات أخرى مثل إيجاد مركز كتلة الجسم ، ورسم الدوال كدالة المسافة – الزمن (السرعة) وكذلك دوال الزوايا. يمكن الحصول على الصور من الموقع الالكتروني (www.husseinmardan.com) وهذه الاشكال من (4–23 ولغاية 4–52)



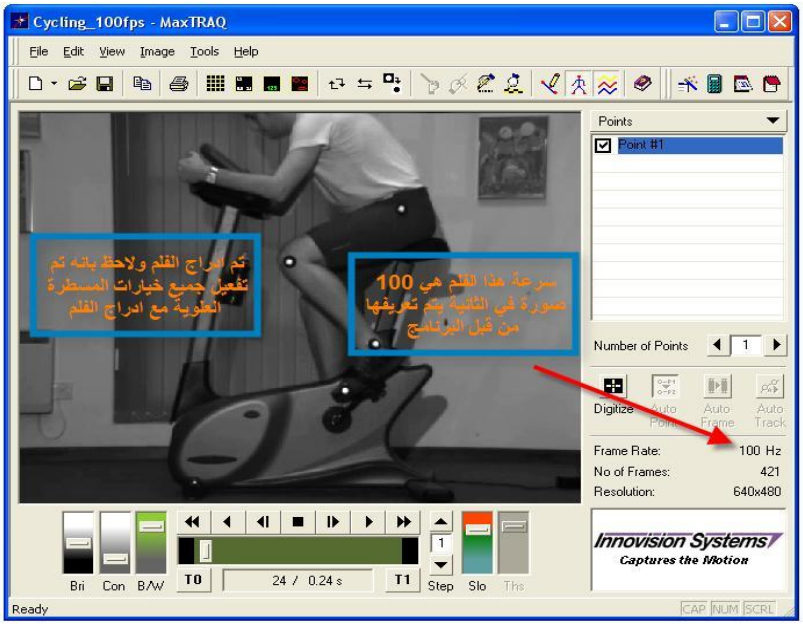
الشكل (4–23)



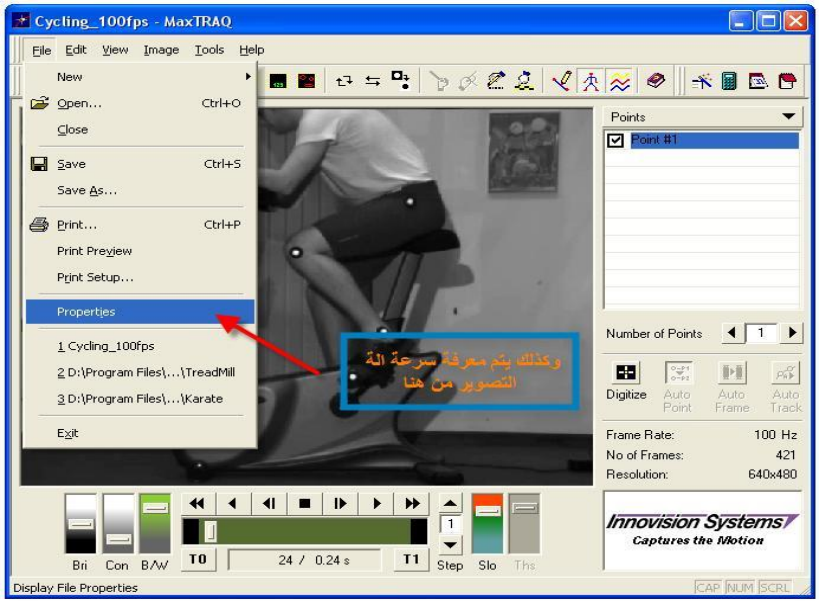
الشكل (4-24)



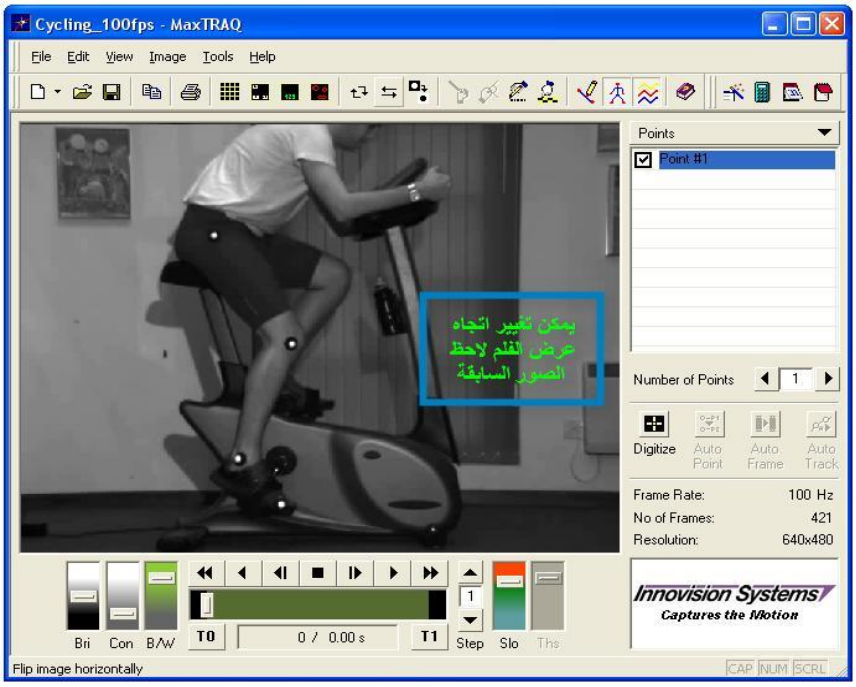
الشكل (4-25)



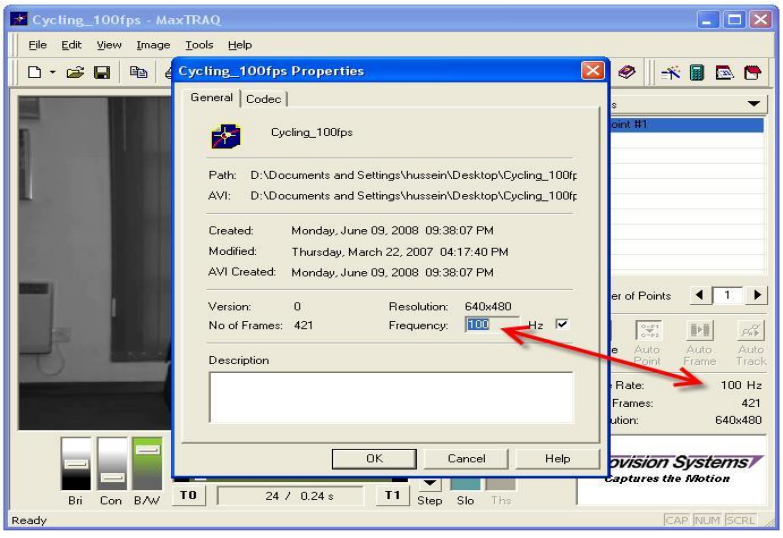
الشكل (4–26)



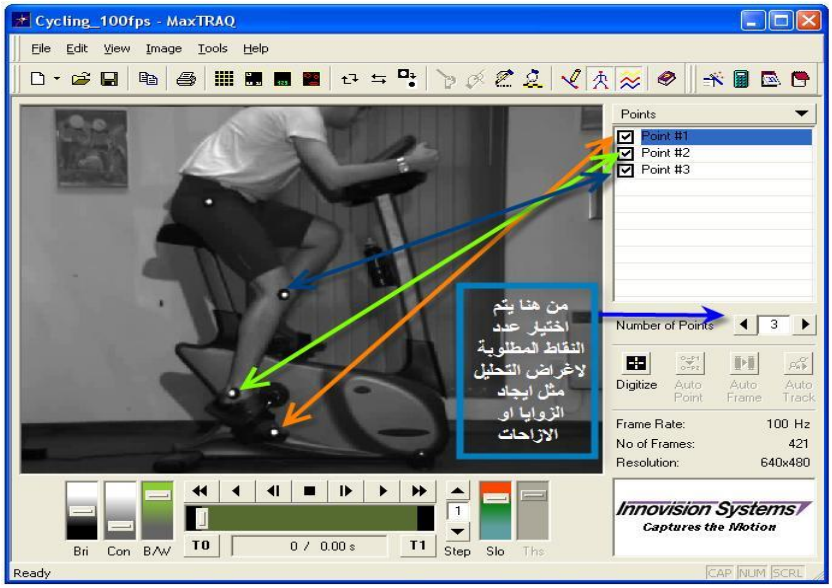
الشكل (4–27)



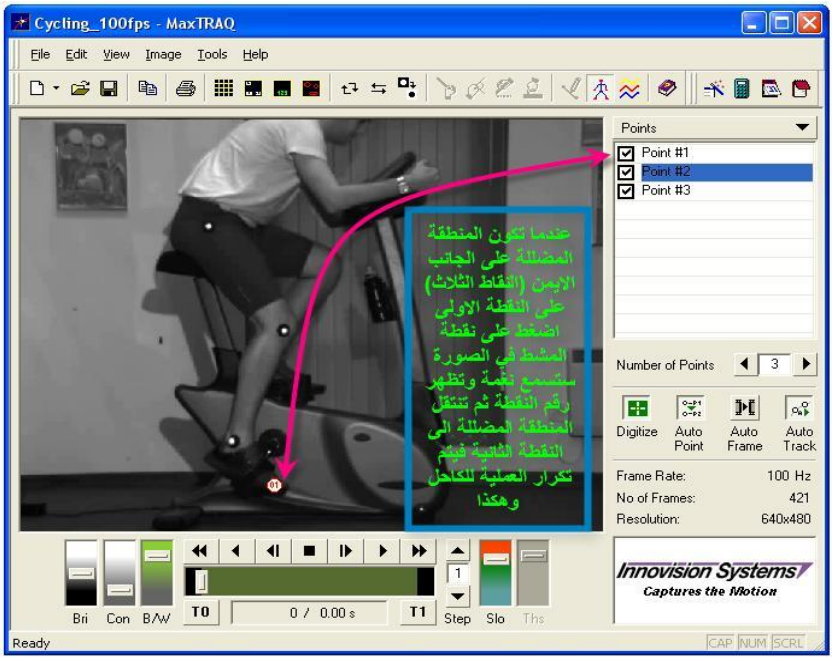
الشكل (4-28)



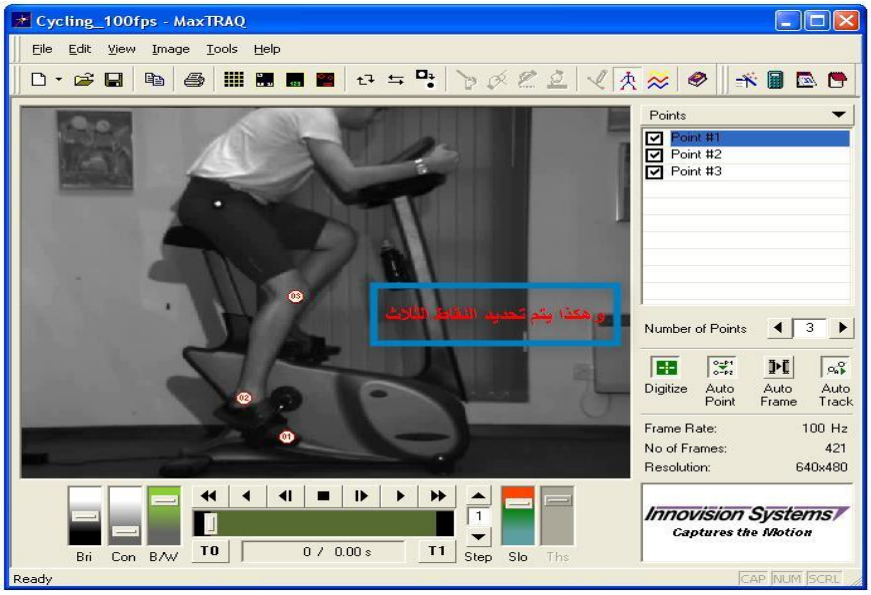
الشكل (4-29)



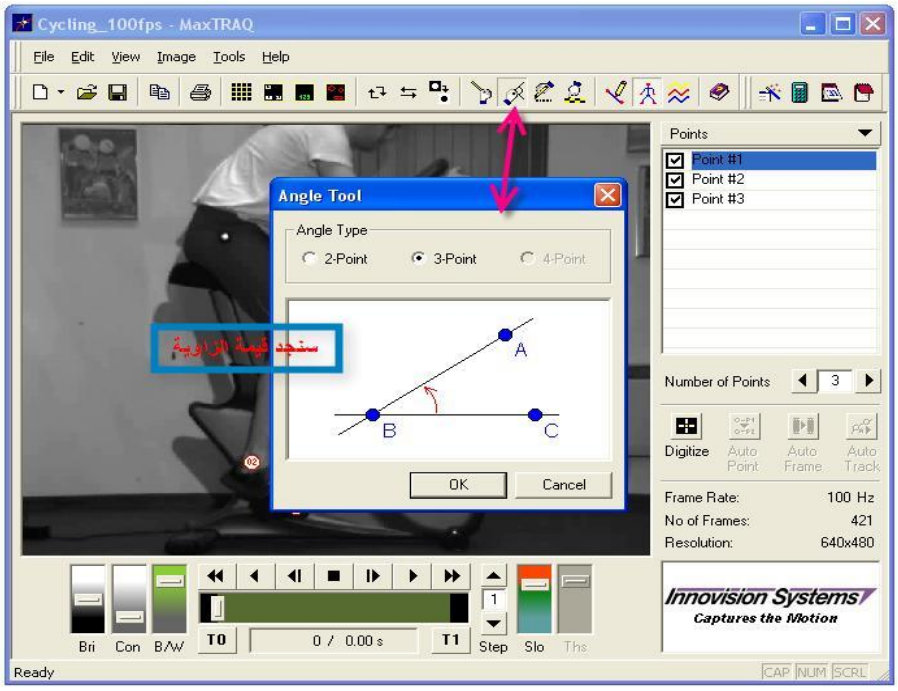
الشكل (4-30)



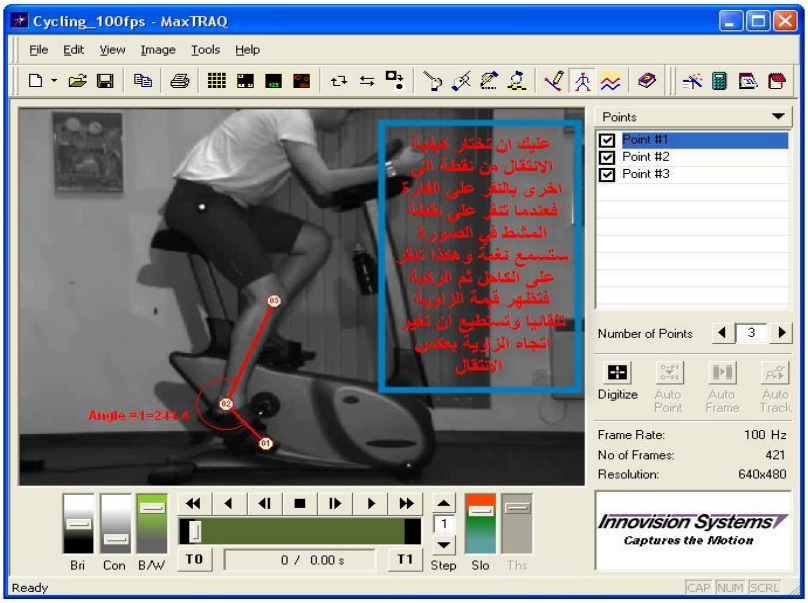
الشكل (4-31)



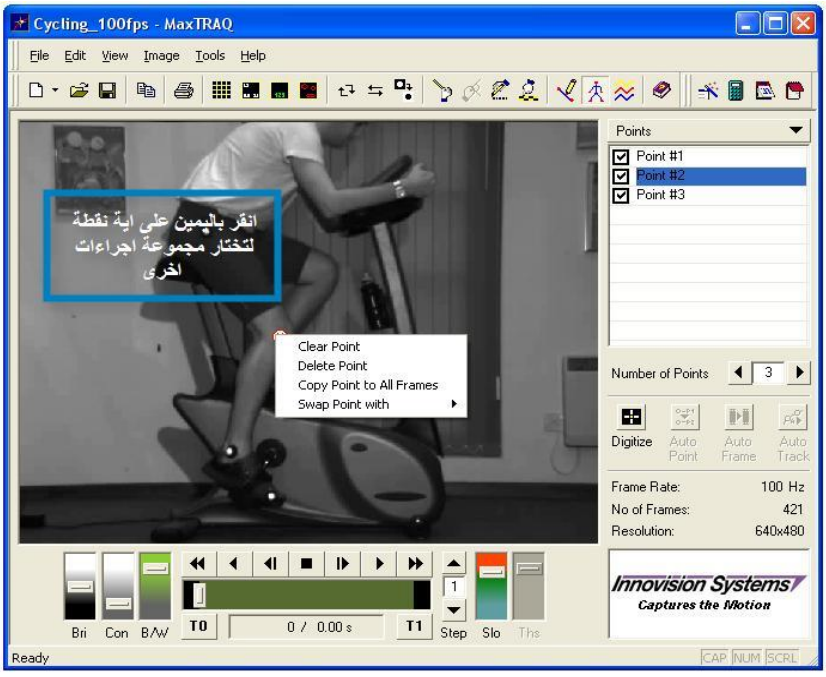
الشكل (4-32)



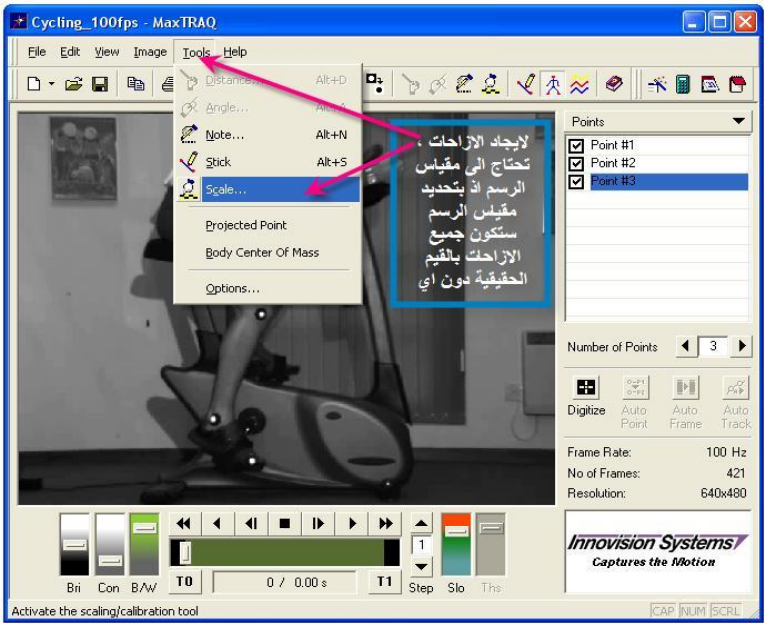
الشكل (4-33)



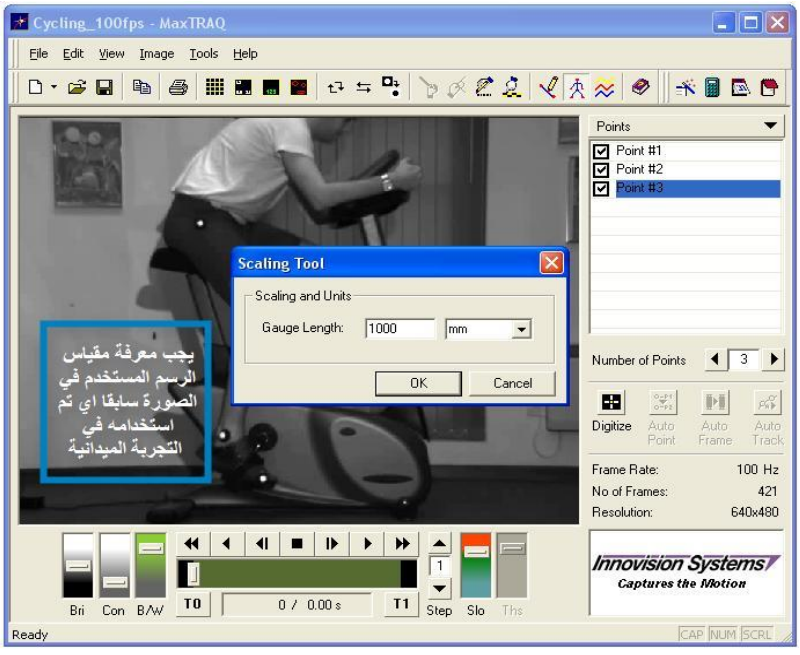
الشكل (4-34)



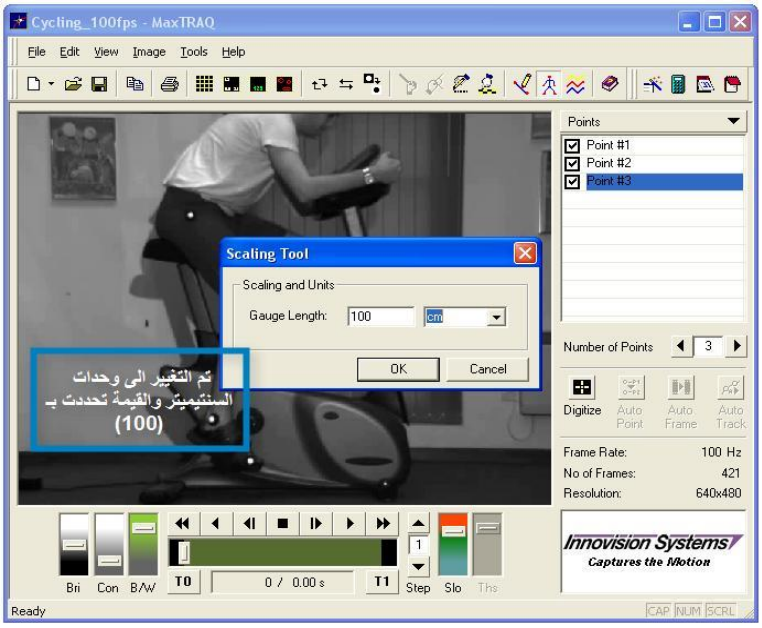
الشكل (4-35)



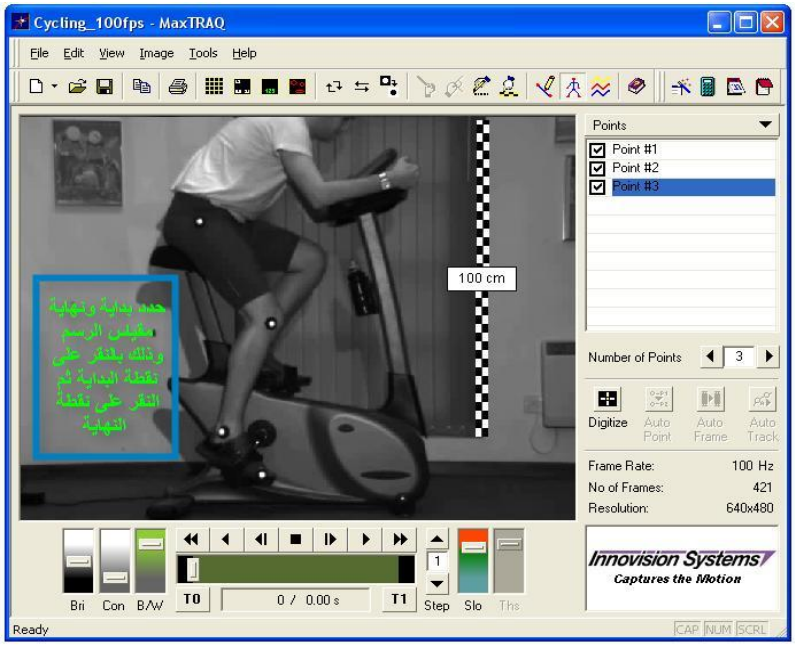
الشكل (4-36)



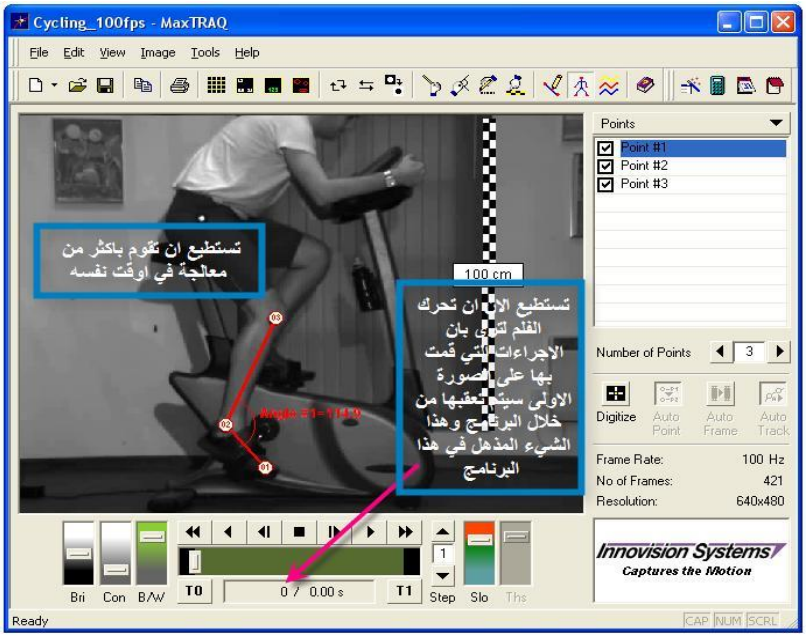
الشكل (4-37)



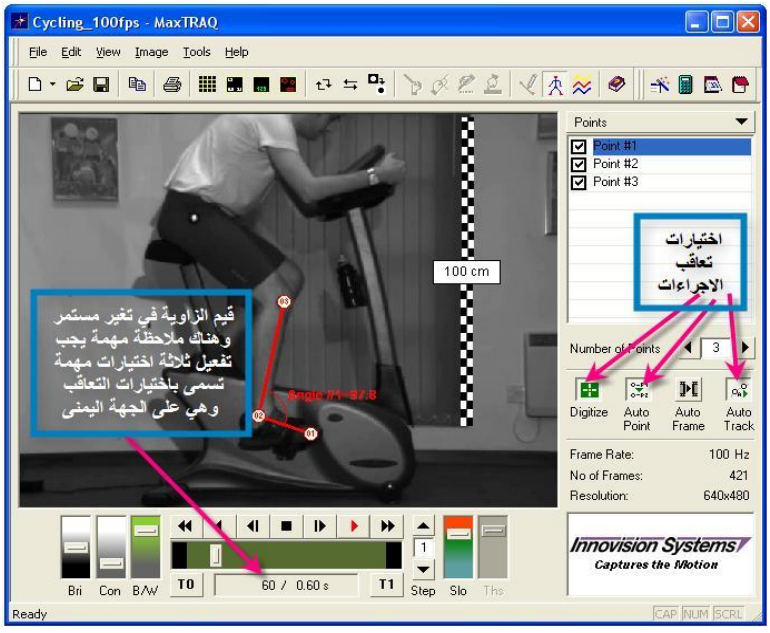
الشكل (4-38)



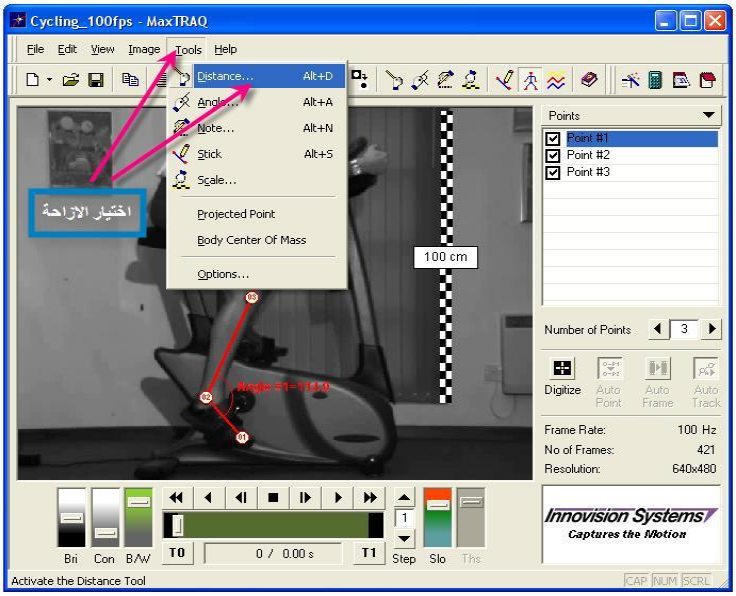
الشكل (4-39)



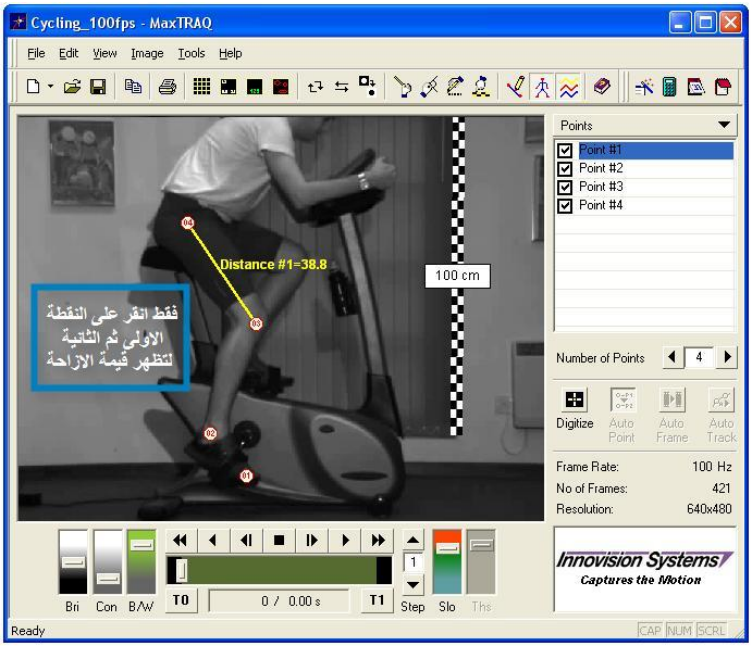
الشكل (4–40)



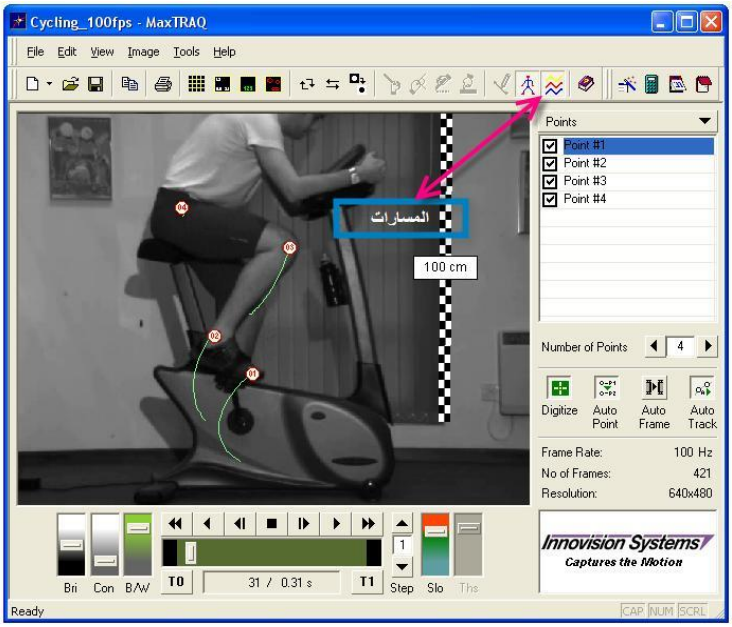
الشكل (4–41)



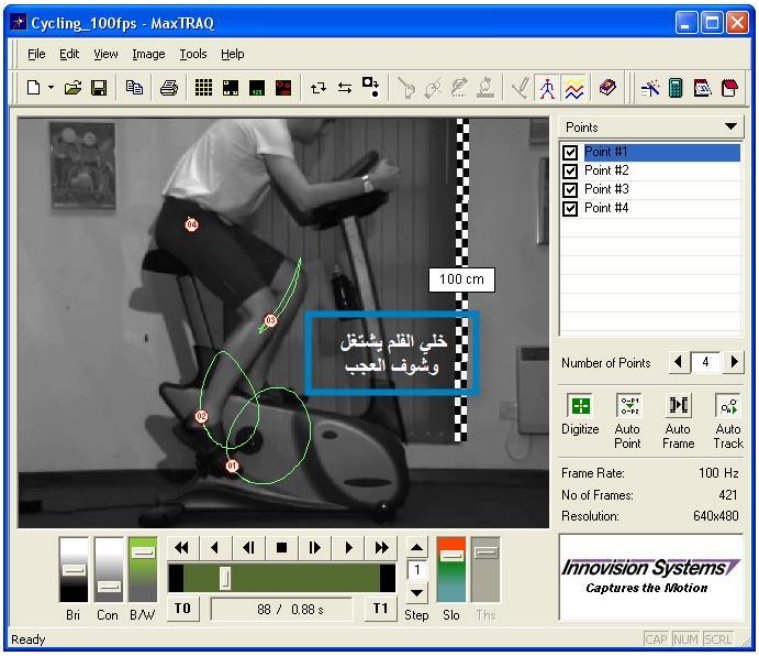
الشكل (4-42)



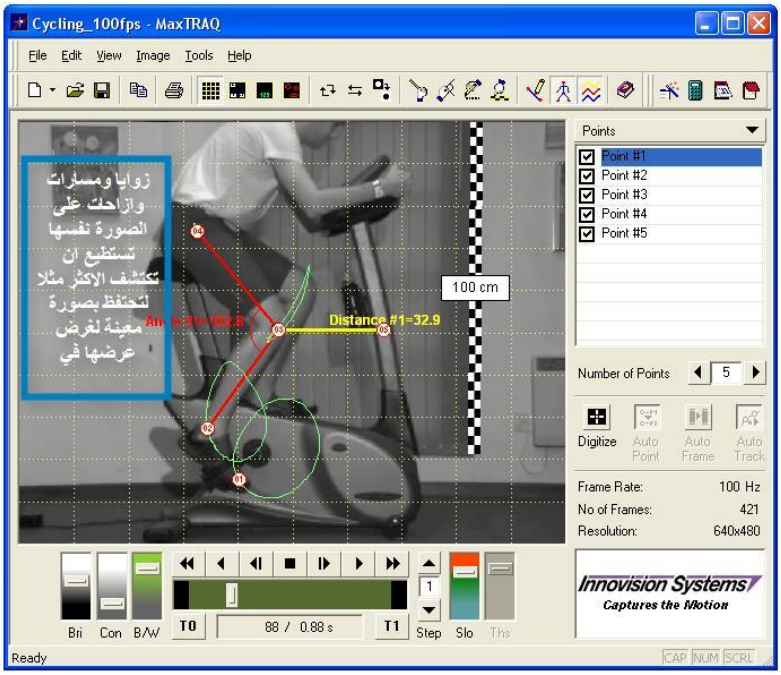
الشكل (4-43)



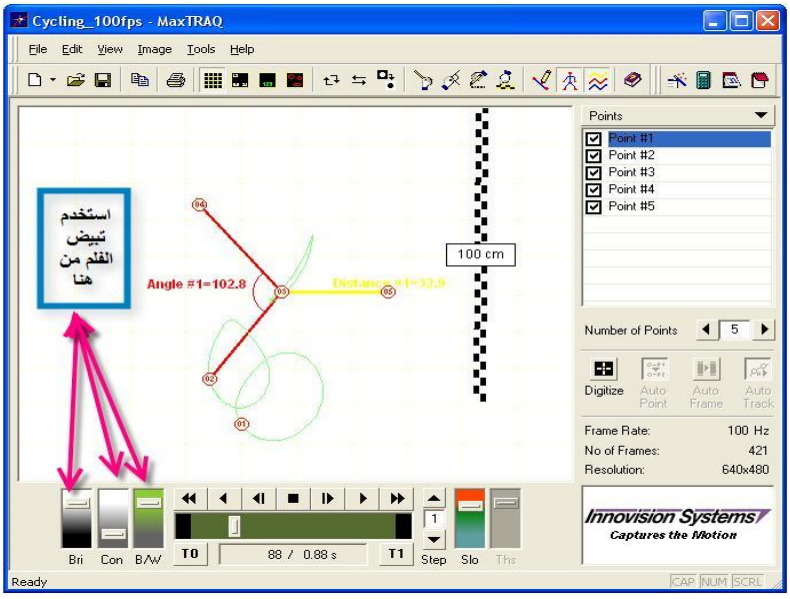
الشكل (4-44)



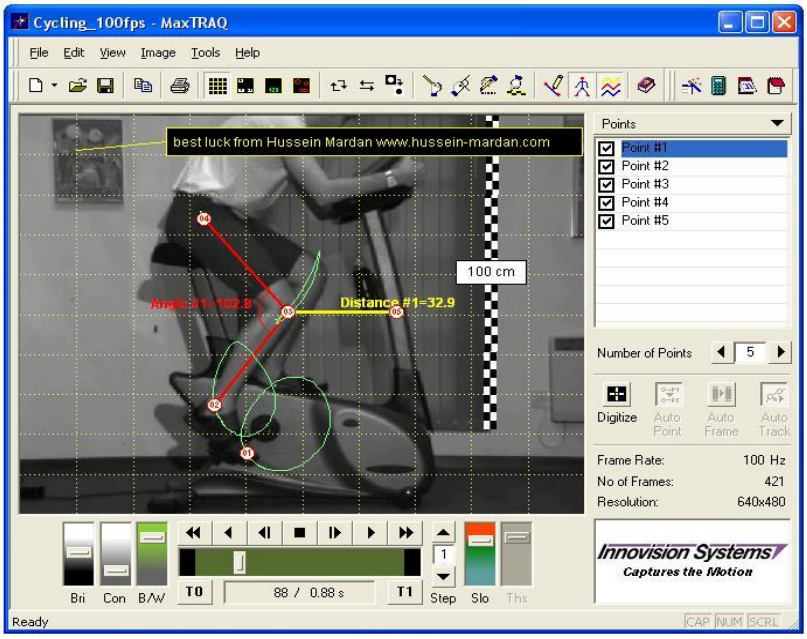
الشكل (4-45)



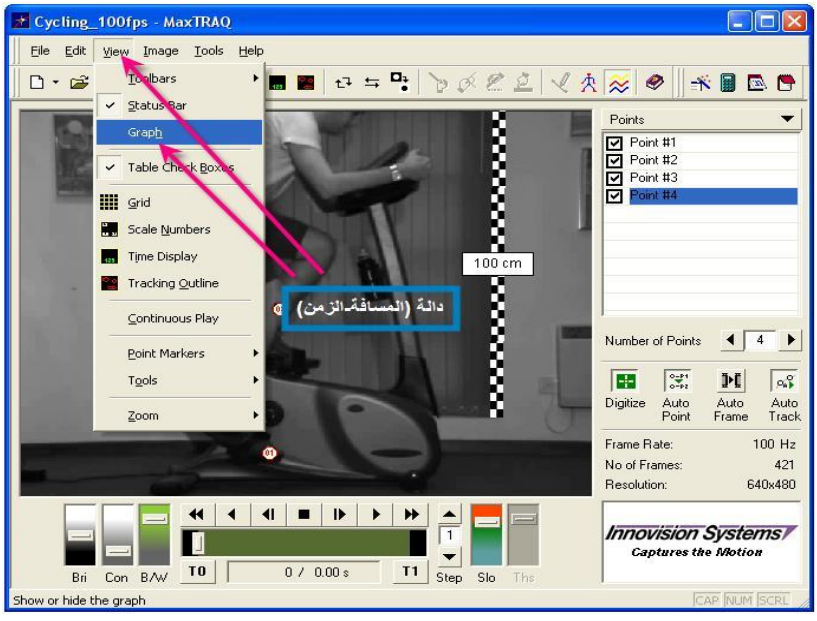
الشكل (4–46)



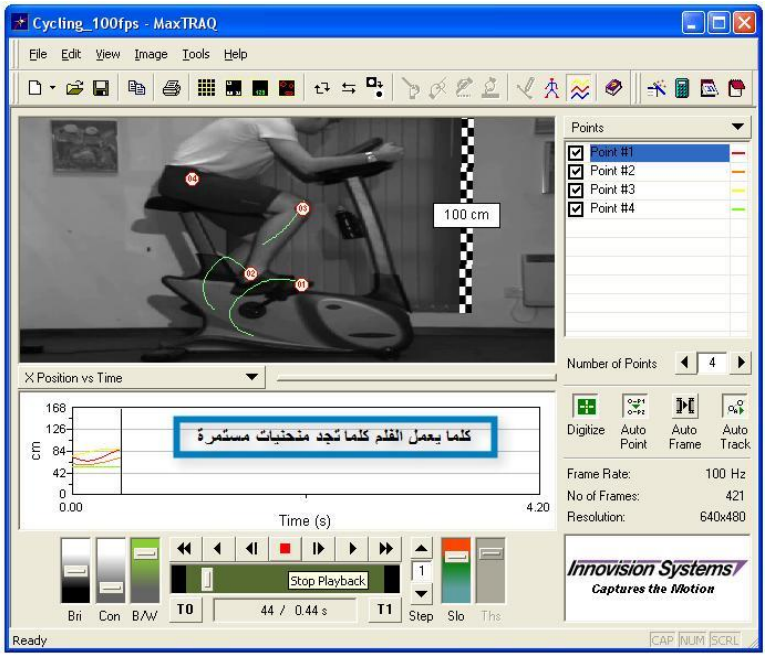
الشكل (4–47)



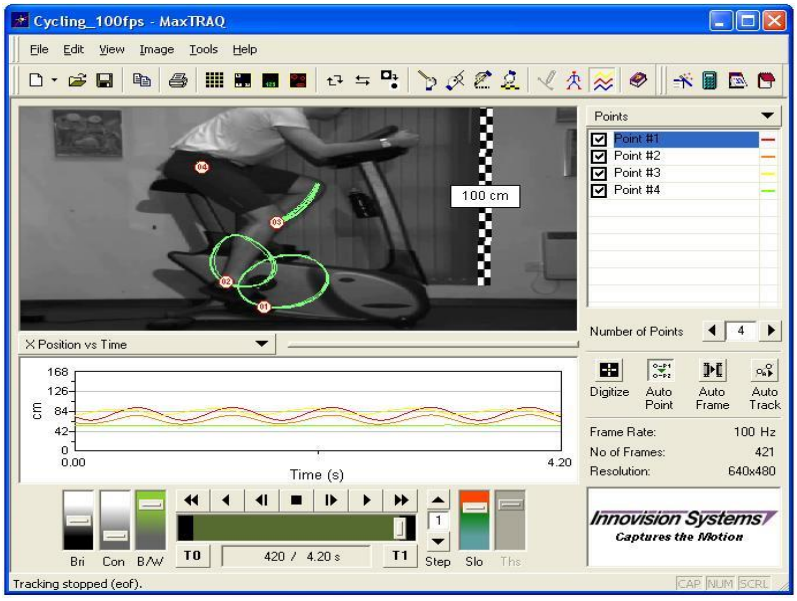
الشكل (4-48)



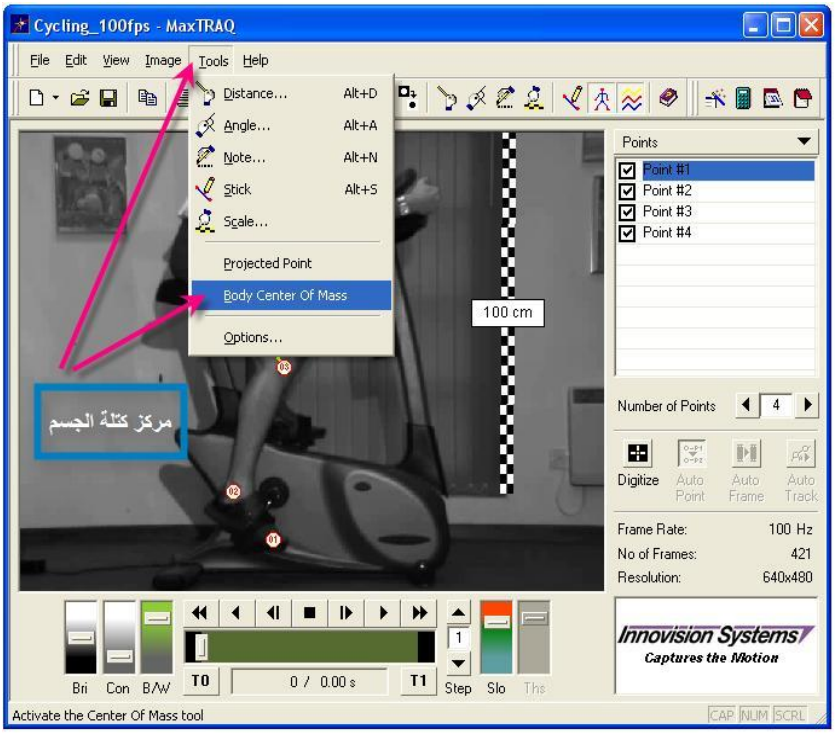
الشكل (4-49)



الشكل (4–50)



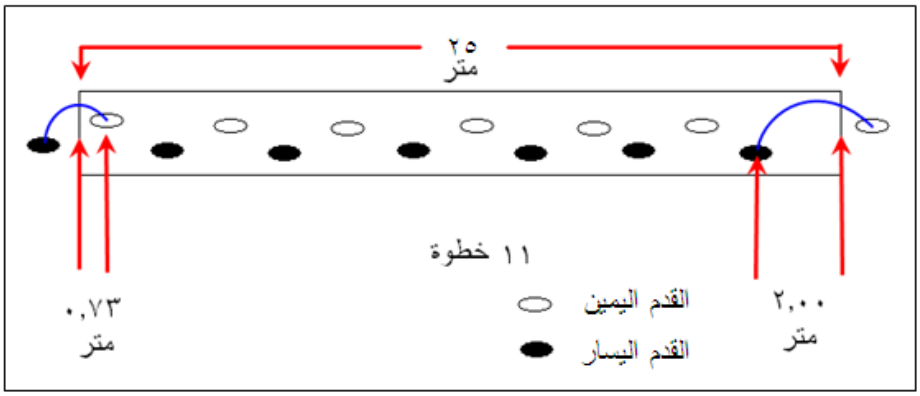
الشكل (4–51)


Cycling_100fps - MaxTRAQ
File Edit View Image Tools Help
Distance... Alt+D
Angle... Alt+A
Note... Alt+N
Stick Alt+S
Scale...
Projected Point
Body Center Of Mass
Options...
مركز كتلة الجسم
100 cm
Points
Point #1
Point #2
Point #3
Point #4
Number of Points 4
Digitize Auto Point Auto Frame Auto Track
Frame Rate: 100 Hz
No of Frames: 421
Resolution: 640x480
Innovision Systems
Captures the Motion
Bri Con B/W
T0 0 / 0.00 s T1
Step Slo Ths
Activate the Center Of Mass tool
CAP NUM SCRL

الشكل (4-52)

ايجاد المعدل الحقيقي لطول الخطوة

لو ان اختبارا يبدأ من خط البداية وينتهي في خط النهاية ويتم حساب عدد الخطوات ضمن هذه المسافة ! فهل ان جميع الخطوات ستكتمل داخل المسافة ام ان خطوتين على الاكثر ستتواجد بعض اجزائها خارج المسافة ؟ لاحظ الشكل ادناه



الشكل (4–53) : يوضح اختبار لحساب عدد الخطوات ضمن مسافة معينة

ولقد تبين ان

عدد الخطوات التامة كانت (11 خطوة)

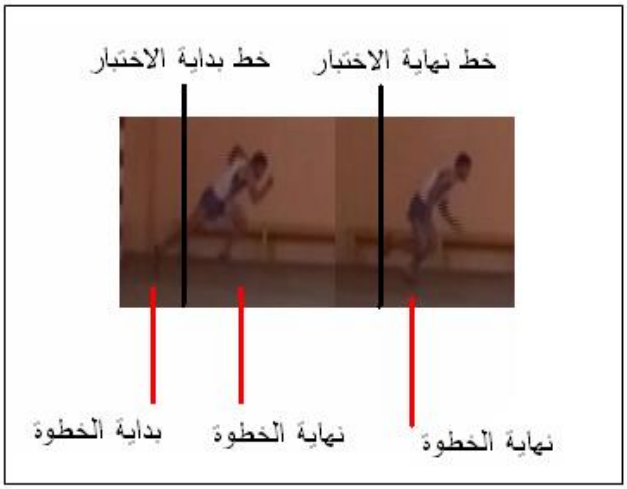
عدد الخطوات غير التامة (2 خطوة) احدهما في بداية الاختبار والاخر في نهايته

ما حكم هاتين الخطوتين غير التامتين؟

بما ان بعض الخطوات غير تامة أي ان جزء منها خارج خط البداية وجزء خارج خط النهاية ولان الزمن محسوب على مسافة (25 مترا) فاننا نلجأ الى الاجراءات الاتية:

لايجاد المعدل الحقيقي لطول الخطوات نتبع الخطوات ادناه

1. نحسب المسافة الحقيقية للاختبار (المسافة الحقيقية =25 مترا)
2. نحسب عدد الخطوات التامة في هذه المسافة (عدد الخطوات التامة =11 خطوة)
3. نحسب مسافة الخطوة غير التامة في بداية المسافة (مسافة الخطوة غير التامة في البداية =0.73 متر)
4. نحسب مسافة الخطوة غير التامة في نهاية المسافة (مسافة الخطوة غير التامة في نهاية الاختبار=2.00 متر)



الشكل (4–54) : يوضح اجزاء من الخطوات خارج الاختبار

5. يتم جمع المسافات للخطوتين غير التامتين (مجموع المسافات للخطوتين غير التامتين=0.73+2.00=2.73 متر)
6. لايجاد مسافة الخطوات التامة يتم طرح ناتج الفقرة السابقة (مجموع مسافة الخطوتين) من المسافة الحقيقية (مسافة الخطوات التامة = 25.00– 2.73=22.27 متر)
7. لايجاد عدد الخطوات المتوقعة غير المحسوبة في المسافتين خارج الاختبار(الخطوات غير التامة) في المسافة ، نعمل النسبة والتناسب بالطريقة

الطردية فيتم ضرب مجموع المسافة للخطوات غير التامة × عدد الخطوات التامة وتقسم النتيجة على مسافة الخطوات التامة (عدد الخطوات المتوقعة في المسافتين للخطوتين غير التامتين = 2.73×11\22.27=1.35)

8. لايجاد عدد الخطوات الصحيحة في كل المسافة يتم جمع عدد الخطوات غير التامة بعدد الخطوات التامة (العدد الصحيح للخطوات=11+1.35=12.35).
9. يتم حساب معدل طول الخطوات بقسمة المسافة الحقيقية على عدد الخطوات الحقيقية (معدل الطول الحقيقي = 25÷12.35)

ادناه اختبار لعدو مسافة 25 مترا من البدء الطائر. أي ان الاختبار يحتوي على خمسة امتار قبلية ثم تبداء مسافة 25 مترا

الجدول(4–1) : يبين خطوات حساب معدل طول الخطوات

ت	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	المسافة الحقيقية للاختبار	عدد الخطوات التامة	مسافة الخطوة غير التامة في بداية السباق	مسافة الخطوة غير التامة في نهاية السباق	مجموع مسافات الخطوات غير التامة	مسافة الخطوات التامة	عدد الخطوات المتوقعة في المسافتين غير التامتين	العدد الصحيح للخطوات	معدل طول الخطوات
1	25	11	0.73	2	2.73	22.27	1.35	12.35	2.02
2	25	11	0.94	2.22	3.16	21.84	1.59	12.59	1.99
3	25	11	0	2.28	2.28	22.72	1.1	12.1	2.07
4	25	12	0.83	0.83	1.66	23.34	0.85	12.85	1.95
5	25	13	0.72	0	0.72	24.28	0.39	13.39	1.87
6	25	13	0.75	0.26	1.01	23.99	0.55	13.55	1.85

حساب تردد الخطوة

يعتمد تردد الخطوة على الزمن وفقا لقانون معدل السرعة والتي تفصيله ادناه

معدل السرعة = معدل طول الخطوة × معدل تردد الخطوة

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

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

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

الجدول (4-2) : يبين خطوات حساب معدل تردد الخطوات ومعدل السرعة

ت	زمن 25 مترا	معدل تردد الخطوات	معدل السرعة
1	3.49	3.54	7.16
2	3.36	3.75	7.44
3	3.6	3.36	6.94
4	3.24	3.97	7.72
5	3.24	4.13	7.72
6	3.24	4.18	7.72

البايوميكانيك والتدريب الرياضي

تعد الشدة من مكونات حمل التدريب وتتنوع أدوات قياسها أو تقنينها فربما تقاس بالزمن أو بالوزن أو بالمسافة ، ففي ركض 100 متر تقاس الشدة بالزمن كانجاز قصوي ويتم تحديد الشدة المطلوبة بطريقة التناسب العكسي ، فمثلا انجاز لاعب 100 متر كان (10 ثانية) لتكرار هذا الانجاز بشدة اقل من القصوي ولنفترض (95%) يتم إتباع الطريقة العكسية في التناسب وذلك لان الزمن يتناسب عكسيا مع الشدة أي كلما قلت الشدة زاد الزمن

الانجاز(ثانية)	الشدة %
10	100
س	95

$$س = \frac{10 \times 100}{95}$$

س= 10.53 ثانية الزمن المطلوب انجازه وتكراره بشدة 95%

في الفعاليات التي تتطلب قياس الشدة فيها بالوزن أو المسافة او بالسرعة فان الطريقة المتبعة هي طريقة التناسب الطردي ، ويمكن تقنين الشدة من خلال قانون معدل السرعة

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

ان معدل سرعة اللاعب أعلاه سيكون 10 م\ثا ويمكن تقنين الشدة وفقا للسرعة بطريقة التناسب الطردي (ضرب الطرفين في الوسطين) وذلك لان السرعة تتناسب طرديا مع الشدة أي كلما قلت الشدة قلت السرعة والعكس صحيح

السرعة(متر\ثانية)	الشدة %
10	100
س	95

$$\text{س} = \frac{10 \times 95}{100}$$

س=9.50 م\ثا السرعة المطلوبة انجازها بشدة 95%

كما يمكن حساب معدل السرعة وفقا لمصطلح الخطوة

معدل السرعة = معدل طول الخطوة × ترددها

ولتطبيق ذلك يتم قياس عدد الخطوات وإيجاد معدل طول الخطوة بقسمة المسافة على عددها ولنفرض ان عداء استطاع إنهاء السباق بعدد (45 خطوة) وعند قسمة المسافة (100 متر) على عدد الخطوات نحصل على (2.22 متر\خطوة) معدل طول الخطوة ، ويلاحظ ان وحدة قياس معدل طول الخطوة هي (متر\خطوة)

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

100

$$\text{معدل طول الخطوة} = \frac{\quad}{45}$$

معدل طول الخطوة = 2.22 متراخطوة

أما تردد الخطوات فهي عدد الخطوات في وحدة الزمن أي نقسم عدد الخطوات على الزمن النهائي (الانجاز) والناتج هو (4.50 عدداثانية) أي ان اللاعب يقطع (4) خطوات ونصف الخطوة في كل ثانية

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

$$\text{تردد الخطوة} = \frac{45}{10}$$

تردد الخطوة = 4.5 خطوةاثانية

أما معدل السرعة فيتم حسابها على الشكل الاتي:

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

$$\text{معدل السرعة} = 2.22 \times 4.50$$

معدل السرعة = 9.99 ماثا (الاختلاف البسيط جدا يعود الى التجزئة في بعض الأرقام)

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

ان قياس السرعة تم على اعتبار ان الحركة منتظمة (أي ان المسافة الكلية تمت قسمتها على الزمن الكلي) وان القياس الصحيح هو تجزئة المسابقة إلى مسافات كون ان مراحل عدو 100 متر تبدأ برد الفعل ثم تزايد السرعة ثم السرعة القصوى ثم مطاولة السرعة وتتغير السرعة وفقا لهذه الأجزاء ومن عداء الى اخر وحينذاك تكون الحركة غير منتظمة ويكون حساب السرعة صحيحا .

وعندما نطلب من العداء في تقنين شدته إلى 95% فانه (وبنسبة إدراك معينة منه) سيجري بعض التعديلات على أطوال الخطوات وترددداتها لكي ينهي سباقه بزمن أكير من زمنه السابق أو بسرعة اقل من سرعته السابقة لإغراض التكرار، فهل يمكن تدريب العداء وفقا لطول وتردد الخطوات ؟ نعم هناك مجموعة من الدراسات اهتمت بإطالة الخطوة أو زيادة ترددها وكان الغرض منها هو تطوير السرعة ، كما استخدمت العديد من الدراسات المرتفعات صعودا ونزولا لغرض تطوير وكسر حاجز السرعة.

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

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

الكتلة كنظام لتقنين الشدة

كمية الحركة في حساب الزمن

ان الغرض من إدراج كمية الحركة كنظام بايوميكانيكي لتقنين الشدة هو وضع كتلة اللاعب ضمن النظام ، فهل يمكن استخدام كمية الحركة في حساب الزمن كنظام لتقنين الشدة (ورغم إننا سنراعي الكتلة ونخطأ في حسابات السرعة لأننا سنفترض ان السرعة منتظمة وهي بغير ذلك) فإننا نحصل على الزمن نفسه عند عكس المعادلة ، مما يدل على عدم جدوى استخدام كمية الحركة للاستفادة من كتلة اللاعب في تقنين الشدة فضلا عن سرعته.

كمية الحركة = الكتلة × السرعة

لو افترضنا ان كتلة عداء 100 متر هو 70 كغم وان معدل سرعته 10 م\ثا (وفقا لجهاز Sport Radar) فان ما يمتلكه من الزخم تساوي (700 كغم.م\ثا) وإذا كانت السرعة تساوي المسافة على الزمن فعكس المعادلة هو جعل الزمن مجهولا

الشكل (4–55) : يوضح مسدس رادار السرعة

$$\text{كمية الحركة} = \text{الكتلة} \times \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{الزمن} = \frac{\text{الكتلة} \times \text{المسافة}}{\text{كمية الحركة}}$$

$$\text{الزمن} = \frac{70 \times 100}{700}$$

الزمن = 10 ثانية

الطاقة الحركية في تقنين الشدة

كما يمكن احتساب الطاقة الحركية كأنظمة لتقنين الشدة فمن الممكن ان يحصل عدائين على الزمن نفسه رغم امتلاكهما كتل وسرع مختلفة كما حدث في كمية الحركة إلا ان الطاقة الحركية تعّظم السرعة وتنصف الكتلة وهذه الحسابات ستؤدي إلى بعض الأخطاء في حساب الزمن الحقيقي وربما بالتجارب تكون هذه الحسابات هي الصحيحة ، تدعم نظرية الطاقة الحركية علم التدريب الرياضي من خلال القانون البايوميكانيكي الأتي:

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

الطاقة الحركية لعدائنا السابق الذي يمتلك 10 ثانية في مسافة 100 مثلا وكتلته 70 كغم ، هي

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

$$\text{الطاقة الحركية} = \frac{70 \times (10)^2}{2}$$

الطاقة الحركية = 3500 جول الطاقة الحركية عند شدة 100 %

فلو أريد لهذا العداء إن يتدرب بـــ (95%) من طاقته الحركية:

95% من طاقته الحركية = 3500×0.95

= 3405 جول تمثل شدة 95% من طاقته الحركية الكلية

ويمكننا عكس المعادلة للتأكد من تطابق الزمن الناتج مع الزمن السابق المحسوب بطريقة التناسب العكسي أو الطردي :

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

$$3405 = \frac{1}{2} \times 70 \times \frac{(100)^2}{(\text{الزمن})^2}$$

$$3405 = \frac{35 \times (100)^2}{(\text{الزمن})^2}$$

$$(\text{الزمن})^2 = \frac{35 \times (100)^2}{3405}$$

$$(\text{الزمن})^2 = \frac{350000}{3405}$$

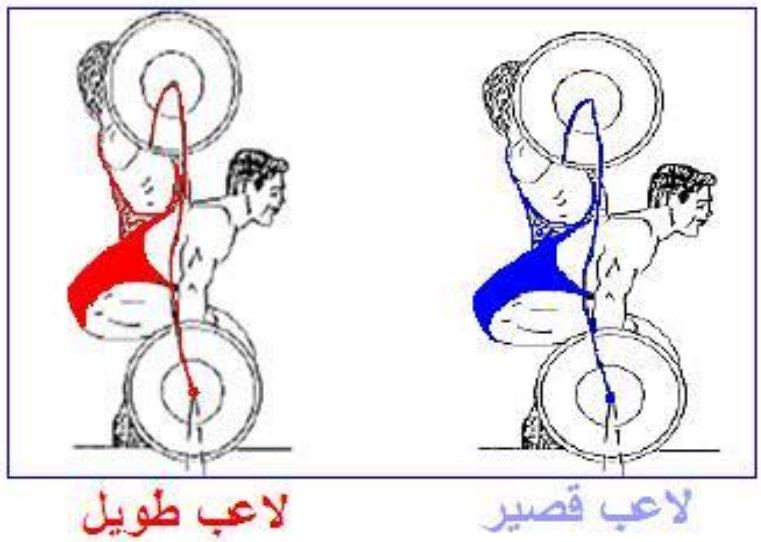
ن = 10.14 ثا الشدة المطلوبة للتدريب بنسبة 95% ، وهذا الزمن يختلف عن الزمن الذي تم إيجاده بطريقة التناسب العكسي والذي بلغ (10.53 ثا) وان السبب في هذا التغير هو نصف كتلة اللاعب وضعف سرعته. كيف حدث ذلك ولماذ لم يختلف الزمن في قانون كمية الحركة رغم استخدامنا لمصطلحي السرعة والكتلة ؟ الجواب بسيط وتفسرها النظرية النسبية (الخاصة) اذ أنه كلما زادت سرعة الجسم فان كتلته تزيد وتشاهد هذه الظاهرة عمليا في معجلات الجسيمات ، حيث صنعت اجهزة تعطي الجسيمات الأولية كالنيوترونات والبروتونات سرعات عالية كالتي تستخدم في التجارب النووية وهذه الجسيمات والتي هي متناهية في الصغر في كتلتها تزداد كتلتها بالتدريج كلما زادت سرعتها، حتى يصل الأمر إلى استحالة زيادة سرعتها عمليا بعد حد معين من الاقتراب لسرعة الضوء. ولكن ما مدى تطبيق ذلك في المجال الرياضي ؟ باعتقادي غير مجدية.

كما يمكن حساب الطاقة الحركية الزاوية وتقنين الشدة وفقا للتثقيل على الذراع مثلما يحدث في السرعة الحركية للذراعين أثناء السباق ويجب معرفة موقع الثقل الموضوع على الذراع هل هو على العضد أم الساعد؟ أم تقسيم مقدار الثقل على الجزئين؟ لان الطاقة الحركية الزاوية تعتمد على عزم القصور الذاتي أي تهتم بأنصاف الأقطار

التحديد البايوميكانيكي لقوة المثير وفترة دوامه

يمكن توظيف القوانين البايوميكانيكية في تقنين الشدة في أمثلة أخرى فمثلا في رفع الأثقال يكون التقنين بمقدار الثقل المطلوب رفعه أو التدريب عليه كرفعة ، ومن المعلومات السابقة فان الشغل والقدرة هي مواضيع يمكن ان تخدم الجانب أعلاه

ولنفترض ان رباع يستطيع خطف 100 كغم وهذا يشكل انجازه القصوي (100%) وان التدريب بأقل من هذه الشدة ولنفترض (95%) يعني ان الثقل المطلوب رفعه هو 95 كغم ، هل يمكننا باستخدام قانون الشغل بتقنين الشدة ؟ الجواب نعم فبما ان الشغل يعتمد على مصطلحي القوة والمسافة (طول الرفعة محسوبا من الطبلة إلى أقصى ارتفاع للثقل فوق الرأس في القرفصاء ثم إلى فوق الرأس عند الوقوف) فلو اختلف رباعين في الطول مع حصول الاثنين على الانجاز نفسه فهل ان تقنين الشدة هي نفسها للرباعين ؟ الجواب كلا ولكن الإجابة ليست بالعملية السهلة فان تقنين الشدة هنا تنصب على سرعة الانجاز إذ ان رفع الثقل بأسرع ما يمكن هو المطلوب لان التغلب على القصور الذاتي للثقل يتطلب قدرة انفجارية. وكما واضح من الشكل ادناه ففي كل مرحلة ستختلف الشدة بين الطويل والقصير باستخدام الوزن نفسه والسرعة نفسها وتكون هذه الشدة متعلقة بالزمن أيضا وأشارت بعض المصادر الى ان سحب الثقل الى الأعلى تشكل نسبة لا تقل عن 65% من طول الرباع.



الشكل (4–56) : يوضح مقارنة بين لاعبين مختلفين في الطول عند رفع الثقل

ان قانون القدرة هو أفضل مصطلح لتقنين الشدة لأنه يتعامل مع مصطلح القوة (والتي تتمثل هنا بالوزن المرفوع) والسرعة (والتي تتمثل بسرعة أداء الحركة)

القدرة الانفجارية = القوة × السرعة

وتتعاظم القدرة بأحد المكونتين إما بزيادة القوة مع ثبات السرعة أو بالعكس أو بالتناسب النسبي

ان تقنين الشدة لا يعتمد على مقدار الثقل فقط وإنما على انتقاله أيضا ؟ ولكن ما هي السرعة المطلوبة ؟ ربما يمتلك الربّاع الطويل سرعة اكبر لطول المسافة أي إذ كان المطلوب من القصير هو التغلب على مسافة المتر خلال ثانية فان الطويل يجب ان يتغلب على اكثر من ذلك في الزمن نفسه إذا جاز التعبير ، في مثالنا الحالي فان القوة اذا كانت ثابتة للرباعين يبقى الاختلاف على التدريب بالسرعة على القوة المطلوبة ، ان قانون القدرة هو الأفضل في هذه الناحية نظريا ولكن هل يصح ذلك عمليا ؟ على

الأغلب سيكون الاعتماد على قانون القدرة هي الأصح ويمكن اشتقاقه من قانون الشغل وكما موضح أدناه:

الشغل = القوة × المسافة

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

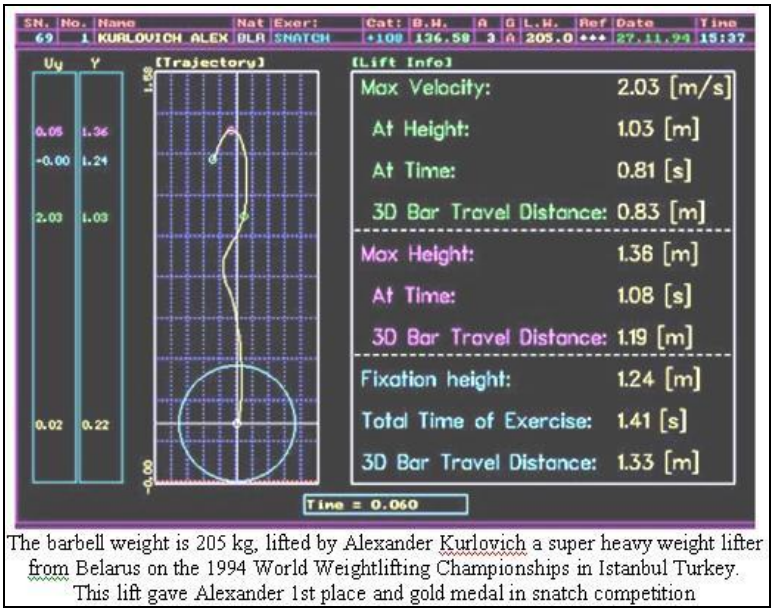
$$\text{القدرة} = \text{القوة} \times \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

القدرة = القوة × السرعة

ويلاحظ من المعادلة ان المسافة ستضل ثابتة للاعب نفسه (وفي المرحلة نفسها) اذن يتم التقنين وفقا لمقدار القوة والزمن ، وتؤخذ النسبة من القدرة وتعكس واليك المثالين ادناه

مثال

من معطيات جهاز (V-Scope VS-120 provides) تبين ان الرباع يرفع ثقل مقداره (205 كغم) وان المسافة المطلوبة للوصول الى القرفصاء بلغت (1.24 متر) وتنتهي المرحلة من لحظة انتزاع الثقل الى اقصى ارتفاع في القرفصاء بزمن قدره (1.41 ثا)



الشكل (4–57) : يوضح واجهة البرنامج (V-Scope VS-120 provides)

$$\text{القدرة} = \frac{1.24}{1.41} \times 9.81 \times 205$$

القدرة =1769 واط

مثال

لو افترضنا ان الكتلة المطلوب رفعها تقدر بـــ(100 كغم) وان المسافة المطلوبة للمرحلة الاولى (القرفصاء) لدى اللاعب القصير تقدر بـــ(0.90 متر) وتنتهي المرحلة من لحظة انتزاع الثقل الى اقصى ارتفاع في القرفصاء بزمن قدره (0.920 ثا)

$$\text{القدرة} = \frac{0.90}{0.92} \times 100 \times 9.81 \times$$

القدرة = 960 واط

ولإيجاد الزمن المطلوب لشدة 95% للقدرة البالغة 960 واط هناك طريقتان

الاولى نسبة الى القدرة أي (960 × 0.95 = 912 واط) وفي هذه الحالة تبقى القوة ثابتة

$$912 = \frac{0.90}{\text{الزمن}} \times 100 \times 9.81 \times$$

الزمن = 0.968 ثا أي حدثت زيادة في الزمن مما يعني بطئ الاداء

الثانية نسبة الى القوة المطلوب رفعها أي (100 × 9.81 × 0.95 = 932 نيوتن) وفي هذه الحالة تبقى القدرة ثابتة

$$960 = \frac{0.90}{\text{الزمن}} \times 932 \times$$

الزمن = 0.873 أي حدث تقليل في الثقل (اذ بلغ 95 كغم) وتقليل في الزمن أي ان الاداء اصبح اسرع.

نستنتج مما سبق انه يمكن تحقيق مبدأين يستخدمان في التدريب وهما

- زيادة في زمن الاداء مع الابقاء على الثقل(زيادة في فترة دوام المثير)
- تقليل القوة مع تقليل الزمن (خفض قوة المثير وفترة دوامها)

ولو كان ارتفاع الثقل في وضع القرفصاء للاعب طويل مقداره 1.02 متر ويوصل الثقل بنفس الزمن السابق فاننا نحصل على الزمن نفسه

$$\text{القدرة} = 100 \times 9.81 \times \frac{1.02}{0.92}$$

القدرة = 1088 واط

ولايجاد الزمن المطلوب لشدة 95% للقدرة البالغة 1088 واط أي (1088× 0.95 = 1034واط)

$$1034 = 981 \times \frac{1.02}{\text{الزمن}}$$

الزمن = 0.968 ثا وهو نفس زمن الرباع القصير

اما اذا بلغ زمن الاداء 0.98 ثانية وهذا متوقع للطويل فان الزمن يتغير وذلك بسبب تغير عاملين هما الطول والزمن

$$\text{القدرة} = 100 \times 9.81 \times \frac{1.02}{0.98}$$

القدرة = 1021 واط

ولايجاد الزمن المطلوب لشدة 95% للقدرة البالغة 1021واط أي (1021× 0.95 = 970 واط)

$$970 = \frac{1.02}{\text{الزمن}} \times 981$$

الزمن = 1.03 ثا أي حدثت زيادة في الزمن

ولايجاد الزمن المطلوب لشدة 95% للقوة البالغة 100 كغم أي (100 × 9.81 × 0.95 = 932 نيوتن)

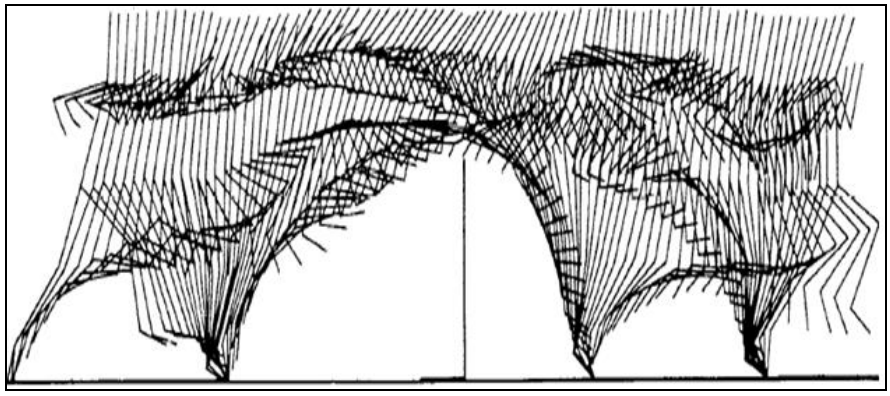
$$1021 = \frac{1.02}{\text{الزمن}} \times 932$$

الزمن = 0.931 ثا أي حدث تقليل في الثقل وتقليل في الزمن

نستنتج مما سبق ان فترة دوام المثير لدى الطويل والقصير تبقى مثلما هي في حالة ثبات زمن الاداء ، مما يعني ان القدرة تتأثر بزمن الاداء بشكل اكبر من تأثرها بمسافة الاداء . كما تبين ان تقنين الشدة بتغيير عاملين ممكن باستخدام قانون القدرة

الأسس الفنية والميكانيكية لركض 400 متر حواجز

تتميز فعالية 400 مترا حواجز لوجود مراحل فنية خاصة بها (وكما تمت الإشارة لها في المخطط السابق) حيث أن تنفيذ هذه المراحل يجب أن يكون منسجماً مع المظاهر الكينماتيكية للأداء والهدف منها وهذه الظاهرة لايمكن أن تتحقق دون امتلاك العداء الصفات البدنية والفسلجية ولهذا فأن التدريب يجب أن ينصب في تطوير هذا العداء بشكل مشترك ، ويرى الباحث أن هذه الأسس مشتركة بين ما يجب تطبيقه من أسس فنية وما يمكن تحقيقه من شروط ميكانيكية مصاحبة لهذه الأسس يمكن توضيحها من خلال النقاط التالية :



الشكل (4-58) : يوضح تحليل حركة خطوة الحاجز

ان أسرع طريقة لاجتياز الحاجز هي الطريقة التي يرتفع بها مركز الثقل أقل ما يمكن فوق الحاجز وهذا يتطلب السيطرة على زوايا الجسم المختلفة عند الاجتياز لتقليل عزوما قصورها والتي لايمكن تطبيقها دون ترابط في قوى العضلات العاملة على هذه المفاصل.

- إن راكض الحواجز الجيد يتصف بميلان الجذع الملحوظ نحو الأمام لحظة النهوض والعبور فوق الحاجز بالتوقيت الصحيح لحركات الذراعين والرجلين بحيث يكون مركز ثقله فوق الحاجز بقليل أثناء اجتيازه ثم يهبط بعد اجتياز الحاجز

راكضا ومحافظا على سرعته العالية هذه العملية في شأنها أن تقلل عزم الــوزن لمقاومة لحظة النهوض والعبور والهبوط.

- إن هناك تأثيرا للقياسات الجسمية في ترابط الجانب الفني والميكانيكي للرياضي طويل القامة وبخاصة الذي يتصف برجلين طويلتين سوف يستطيع اجتياز الحاجز بوقت أقصر لأنه سوف لا يضطر الى رفع مركز ثقله بقدر المسافة التي يرفع فيها الرياضي القصير مركز ثقله .
- كلما كانت سرعة الاقتراب عالية كلما كان اجتياز الحاجز اقتصاديا مع توافر الجوانب الميكانيكية الخاصة بانطلاق الجسم كمقذوف .
- كلما كانت سرعة حركة الرجل القائدة لحظة النهوض عالية كلما كان رد فعل الجذع والذراعين سريعاً أيضاً في نفس اللحظة ويتمكن العداء من اجتياز الحاجز بزمن أقل حيث ان ذلك يمكن من جعل النقطة العالية لمركز ثقله أثناء الطيران اقرب ما يمكن.
- إن ضبط المسافة بين الحاجز ونقطة النهوض أمام الحاجز تؤثر على الوقت الذي يقضيه العداء فوق الحاجز ويجعل مسار مركز ثقل الجسم للعداء مناسباً وانسيابيا عند اجتياز الحاجز .
- يجب ان تتحرك الرجلين بسرعة وباستمرارية أثناء اجتياز الحاجز ويجب ان يكون توقيت حركة الرجلين متقنا بحيث تلامس قدم الساق القائدة الأرض أمام مركز ثقل الجسم بقليل وفوقه وفي نفس الوقت يتم سحب رجل التغطية لأخذ خطوة الركض .
- إن فعالية ركض الحواجز كمعظم الفعاليات في الساحة والميدان تتطلب جهدا عضليا كبيرا بالإضافة الى المرونة العالية والتوافق العضلي العصبي .

التحليل الكينماتيكي لركض 400 متر حواجز

إن صعوبة ركض مسافة 400 مترا حواجز تكمن في ركض هذه المسافة بسرعة عالية وكذلك في اجتياز عشرة حواجز ارتفاع كل منها 91.14 سم وتبلغ المسافة بين حاجز وآخر 35 متر فمهارة أداء هذه الفعالية يشبه أداء ركض 110 متر حواجز إلا أن الفارق الرئيسي يظهر في انخفاض الحاجز عما عليه في فعالية 110 حواجز فالعداء بحاجة الى قوة دفع وجهد أقل إلا أن مسافة السباق أطول مما يتطلب من العداء الى مطاولة مميزة بالسرعة العالية. من أجل التعرف على المراحل الخاصة بالجانب الميكانيكي والتي يمكن الحصول عليها من خلال التحليل الحركي الدقيق لهذه الفعالية يمكن أن تكون فيها المراحل التالية :

مرحلة سرعة الاستجابة والانطلاق :

وهي مرحلة البدء وتكون من وضع الجلوس وعادة ما يتم الانطلاق من مكعبات البداية مما يسهل على العداء الحصول على أفضل وضعية للانطلاق من لحظة سماع صوت الانطلاق والاستجابة لها بسرعة ثم دفع المسند وعادة توضع القدم الساحبة (قدم الارتقاء) في المكعب الأمامي والهدف من وضع البداية في الجلوس هو وضع مركز ثقل الجسم بأفضل ما يمكن من خلال تقليل عزوم وقصور أجزاء الجسم وتحقيق الزوايا المناسبة خصوصاً في مفاصل الرجلين من أجل تحقيق الدفع المناسب لحظة الانطلاق 0

مرحلة التعجيل الى الحاجز الأول

في هذه المرحلة يتم التدرج بالسرعة من لحظة الانطلاق ، إذ يتطلب من العداء زيادة كل من طول الخطوة وترددها حتى يصل الى أقصى سرعة ممكنة وهذه تختلف من عداء الى آخر ويكون طول هذه المرحلة 45 مترا من البداية ولغاية الحاجز الأول ، فبعض العدائين يستخدم من 19 – 23 خطوة للوصول الى الحاجز الأول وعند تحقيق

هذا المعدل في عدد الخطوات فإن معدل أطوال الخطوات تتراوح (1.95 – 2.36) يمكن أن يحققها الرياضي في هذه المسافة.

إن الهدف الأساسي من الركض من خط البداية الى غاية نقطة النهوض قبل الحاجز الأول وهي جعل مركز ثقل اللاعب بمستوى مناسب عند الركض التهيؤ الصحيح ولعبور الحاجز فضلاً عن ذلك فإن تحقيق مسافة النهوض الجيدة أمام الحاجز يعتمد على:

1. طول الرياضي (طول ساقيه) .
2. سرعته.
3. الأداء الفني المستخدم .
4. مرونة مفصل الورك وارتفاع الحاجز .

ويعد الوصول الى الخطوات المناسبة من أكبر المشاكل لعدائي ركض 400مترآ حواجز حيث يتطلب من العداء الوصول الى الحاجز الأول بشكل طبيعي مادام يركض في المنحني في بداية الانطلاق مما يتطلب منه اجتياز الحاجز بشكل مسطح مع ميلان جانبي نحو اليسار للإقلال من قوة الجذب المركزية الطاردة عند الاجتياز ، حيث يجب أن تكون هي الصفة المميزة لعدائي هذه المسابقة والتي تكمن في إجبار العداء على استخدام الرجل اليسرى القائدة والرجل اليمنى للارتقاء من أجل تسهيل على هذه القوة المعيقة عند ركض المنحني .

مرحلة اجتياز الحاجز

يفقد العداء جزءا من سرعته لحظة النهوض واجتياز الحاجز والهبوط بكل حاجز وتتأثر عملية اجتياز الحاجز بعدة عوامل منها:

1- ارتفاع الحاجز.
2- أطوال أجزاء الجسم (الرجلين).

3- زاوية النهوض (الزاوية المحصورة بين الخط المسار من م.ث. الجسم ونقطة ارتكاز القدم) مع الخط الأفقي المار بنقطة الارتكاز والتي تحدد وضع الجسم أثناء الدفع.

4- سرعة طيران العداء (تظهر سرعة الطيران من جراء تناسب مركبتي الدفع العمودية والأفقية ومقدار قوة الدفع).

5- دفع القوة لحظة النهوض والذي يجب أن يكون ايجابيا في الحصول على أقل معدل سلبي في تناقص الزخم الحركي لمركز ثقل الجسم .

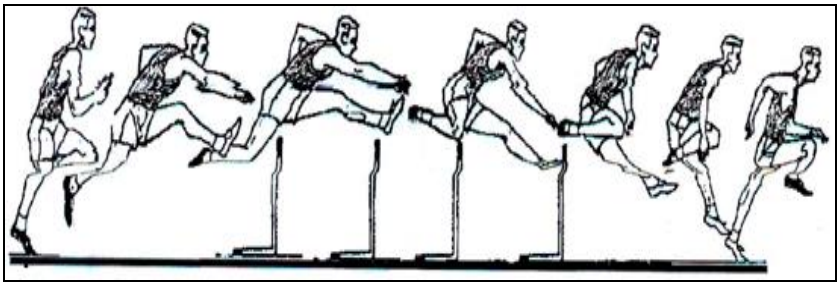
كما يتطلب الانتباه على زمن الطيران وهذا يعني:

أ. الحصول على المسافة المناسبة قبل الارتقاء واجتياز الحاجز.

ب. انتخاب زاوية الدفع وزاوية الطيران المثلى قدر الإمكان .

جـ . اتخاذ الأوضاع المناسبة للتقليل من عزم قصور الجسم في مرحلة الطيران .

د. انتخاب مسافة الدفع قبل الحاجز بصورة جيدة



الشكل (4-59) : يوضح خطوة الحاجز

ويطلق مصطلح خطوة الحاجز على عملية اجتياز الحاجز حيث تشير المصادر الى تقسيم خطوة الحاجز الى ثلاث مراحل :

1- مرحلة ماقبل الحاجز: وتبدأ من مرحلة الارتكاز الخلفي.

2- مرحلة عبور الحاجز: وهي مرحلة الطيران.

3- مرحلة مابعد الحاجز : وهي مرحلة الهبوط والارتكاز الأمامي.

فالمسافة القريبة بين نقطة الدفع للنهوض والحاجز تؤدي الى القفز وأن يكون مسار "م.ث.ج "عالياً وأشبه بعملية القفز من فوق الحاجز والمسافة البعيدة لحظة الدفع تؤدي الى ملامسة الحاجز أو دفعه وإسقاطه فضلا عن فقدان السرعة وعند الانطلاق وبدء مرحلة الطيران وعند عبور الحاجز تمتد ركبة الرجل القائدة أماما لترتفع الى مستوى مافوق الحاجز بقليل لتجنب مس الحاجز بها وهذه الحالة تحتم على العداء أن يكون مكان الارتقاء بعيد نسبيا وبشكل لايسبب إقلال السرعة لحظة النهوض الحاجز والذي يجب أن يكون بمسافة مناسبة لطول الرجل عند امتدادها.

إن المسافة الكلية التي بين نقطة النهوض ومكان الحاجز فتكون

مسافة الارتكاز الخلفي + طول الرجل +المسافة اللازمة لمد الركبة

فالمسافة اللازمة للدفع المناسب قبل الحاجز لتحقيق مسار مناسب لمركز ثقل الجسم لحظة الدفع تتعلق بالنقاط التالية:

1- قابلية سرعة اجتياز الحاجز حيث تختلف من عداء الى أخر .
2- درجة مستوى فن الأداء الفني الحركي الفردي الخاص بكل عداء.
3- طول الرجل والعلاقة بين طول الساق والفخذ (قصور أجزاء هذه الأقسام) .
4- تقصير الزمن لحظة الدفع والذي يؤدي الى تحقيق مسار الطيران بأقل وقت ممكن (الهبوط المبكر بعد الحاجز).

أما مرحلة عبور الحاجز تكون الرجل الحرة قد بدأ مرورها فوق الحاجز وهي شبه ممدودة كاملا للأمام ، وثم الإعداد له قبل ان تصل إليها بمد مفصل الركبة أماما وماصاحبها من ميل الجذع الى الأمام وامتداد الذراع المقابلة للرجل القائدة ويصل التوافق بين الذراع والجذع بين الرجل الأمامية غالبا عندما يصبح مركز الجذب الأرضي لكتلة الجسم فوق الحاجز حتى يصل الفخذ أقرب مايكون الى الصدر تقريبا وتصل الذراع المقابلة أقرب ماتكون الى القدم أو الساق للرجل المقابلة. إن السبب في اتخاذ هذه الزوايا هي الإقلال عزوم الدوران المعيقة حول مركز ثقل الجسم أي جعل عزوم دوران هذه الأجزاء قدر الإمكان حول م.ث.ج تساوي صفرا لغرض تحقيق

الاتزان الحركي المناسب والمطلوب لإحداث حالة التوافق لحظة الاجتياز (ك × نق^2) أما خطوة الحاجز الذي قد يصل طولها الى 3.20مترآ منها (2.5–2متر) بداية الارتقاء حتى الوصول للحاجز و(1.20 – 1.50) مترآ تقريبا عند الهبوط خلف الحاجز ·

مرحلة تحمل السرعة

تبدأ أهمية هذه المرحلة تقريباً من 80 – 100 مترآ الأخيرة من مسافة السباق أي منتصف المرحلة الثانية من مسافة السباق حيث يحاول العداء أن يزيد من سرعته بزيادة طول الخطوة الى أقصى ما يمكن الى خط النهاية إذ يتحدد مستوى اللاعب وكفاءته وقدرته الفردية في الأداء مقاوماً التعب وفي هذه المرحلة تظهر أهمية المطاولة الخاصة حيث تعد من أهم العناصر الأساسية المطلوبة في تدريب 400 مترآ حواجز وذلك من أجل المحافظة على نوعية الشدة المطلوبة في السباق ·

الخطوات بين الحواجز

عند أداء مرحلة اجتياز الحاجز خصوصاً في مرحلة الطيران لايتعرض العداء الى الفعل القوي فوق الحاجز إلا أن المشكلة الرئيسية التي تواجه العداء تكمن في عدد الخطوات التي بين الحواجز وهي"

أ. طبيعة تكرار خطوات العداء نسبة الى طولها.

ب. التوقيت الجيد للخطوات .

جـــ . مسافة الدفع قبل الحاجز.

د. تناقص طول الخطوة يتقدم السباق بسبب ظهور التعب (زيادة في عدد الخطوات)

هـــ . قابلية تحمل السرعة والقوة والتي تؤثر بشكل رئيسي في المحافظة على إيقاع الخطوات وعددها في هذه المسافات .

جدول (4-3) يبين عدد الخطوات التي يحققها عدائي 400مترآ حواجز على اختلاف مستوياتهم ومعدل طول الخطوة والمقترح وفقاً لعدد الخطوات

عدد الخطوات بين الحواجز	معدل طول الخطوة
13	2.42 سم
14	2.25 سم
15	2.10 سم
16	1.96 سم
17	1.85 سم

ويظهر في ركض 400 مترا حواجز ضبط الخطوات بصورة دقيقة حيث تطول المسافة البينية الى(31 مترا – 5.31 مترا) والتي يلزم لها على المستوى الجيد 15 خطوه وقد تكون أكثر من ذلك مع العدائين الأقل مستوى أو 13 خطوه بالنسبة للعدائين العالميين مع توافر الصفات البدنية الخاصة بأعلى مستوى .

طول الخطوة وترددها

ان الهدف الميكانيكي – والفني والقانوني في فعاليات الأركاض في العاب القوى هو قطع المسافات بأقل زمن ممكن ويتوقف ذلك لزمن السباق على سرعة العداء ، التي ترتبط بكل من "

1- طول الخطوة : أي المسافة المقطوعة في كل خطوة

2- تردد الخطوة: أي عدد الخطوات المنفذة في الثانية

ولزيادة سرعة الركض فان زيادة احد هذه العوامل (طول الخطوة أو ترددها) طول الخطوة يعتمد على طول الرجل وسرعتها والذي له علاقة مباشرة سرعة تردد

الانقباض والانبساط للعضلات العامة الانقباضات والارتخاء بتوافق وتنسيق عال أثناء أداء حركات الركض وميكانيكية الركض تختلف من لاعب الى آخر حيث أن التغير في السرعة يعتمد على:

1- مقدار نوع اتصال القدم بالأرض
2- مرونة ونوع اتصال القدم بالأرض
3- ميلان الجسم

ويستطيع العداء الوصول الى طول خطوه نموذجي من خلال ضبط الأداء الفني ولان سباقات الأركاض تبدأ من الثبات أي (سرعته الابتدائية = صفر) فإن العداء يبدأ بالزيادة التدريجية طول الخطوة من لحظة الانطلاق أي (يبدأ بالزيادة التدريجية في طول الخطوة وترددها الى ان تصل الى السرعة القصوى المنتظمة التي يكون فيها طول الخطوة وتردها ثابتا تقريبا) 0 وهناك خصوصية في طول الخطوة لدى كل عداء بما يمتلك من قياسات انثروبومترية ولياقة بدنية لاسيما القوة والتحمل الخاص والمرونة ، فالقوة بوصفها إحداهم عناصر اللياقة البدنية فان زيادتها تؤدي الى زيادة القوة المسلطة على الأرض مع كل خطوة ان زمـــــــن اتصال قليل مع الأرض مع زيادة نسبية مع زمن الطيران حيث أشارت بعض الدراسات ان نسبة زمن الاتصال الى زمن الطيران عند بداية الانطلاق تكون (1: 1.5) وتتغير هذه النسبة بعد الوصول الى سرعة منتظمة ويكون (1.50–1.20) أي ان زمن الطيران في المراحل اللاحقة تكون اكبر من زمن الدفع بما يجعل العداء يخطو بشكل ابعد مع كل خطوة ، أما المرونة فإنها تمنح مدى حركيا واسعا لطول الخطوة في أثناء الركض ، وعلى العكس إذا انخفضت المرونة فأن الخطوة ستصغر :

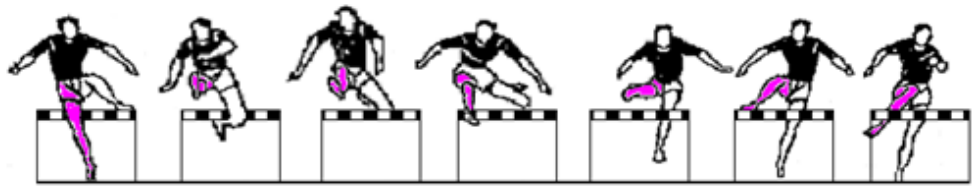
لقد اتفق العاملون في مجال التدريب الرياضي البايوميكانيكي على انه كلما كانت العلاقة بين طول وتردد الخطوة نموذجية ازداد تحسين السرعة القصوى في

أعلى قيمه لها وهذا ماأكده (vinery) على ان الموازنة المثالية بين طول الخطوة وترددها يساهم مساهمة فعالة في تحسين السرعة القصوى .

كما ان تحسين وتطوير إنجاز الركض في المسافات القصيرة وركض الحواجز يكون من الممكن تحقيقه عندما يكون في الإمكان زيادة طول الخطوة أو تردد الخطوة أو زيادتها معا خلال التدريب والمنافسات.

وبذلك يجب ان يكون التركيز في أثناء التدريب على طول الخطوة ونسبه محدودة دون ان يؤثر ذلك على معدل تردد الخطوة بغية الوصول الى سرعة عالية وهذا يعني بأن يكون هناك انسجام بين زيادة كل من طول الخطوة وترددها في اثناء الوحدة التدريبية ويتطلب من عداء الحواجز ان يمتلك قدرة عضلية على الإحساس الحركي فيما يتعلق بالتحكم بطول الخطوة على مدى مراحل السباق المختلفة وخصوصا في سباق 400 مترا حواجز.

الأداء الفني والميكانيكي في ركض القوس



الشكل (4-60) : يوضح وضعية جسم العداء فوق الحاجز في منحنى السباق

يعد الأداء الفني الصحيح في فعاليات الأركاض بشكل عام وفعالية ركض 400م حواجز وبشكل خاص من العوامل المهمة التي تحقق الإنجاز العالي فيها.

وركض مسافة 400 مترا حواجز تستعمل البداية من الجلوس ولان وضع البداية بالمنحنى لذا يوضع مسند البداية أقرب الى الجهة اليمنى الخارجية للمجال متجه الى الجهة اليسرى (الداخلية) للمجال على نحوها..

يبدأ العداء خطواته الأولى كما يبدأها عداء الـــ100 م أي ان الخطوتين الأوليتين تكونان بخط مستقيم وينطلق عداء الـــ400 مترآ حواجز بأقصى قوة وسرعة

مندفعا الى الأمام قريبا من الحافة الداخلية للمجال (اليسرى) وتكون أطوال الخطوات الأولى قصيرة وترددها عال ، ويكون الجسم مائلا الى الأمام والركض على أمشاط القدمين ، قريبا من المسقط الوهمي مركز ثقل الجسم على الأرض وتدريجيا مع التقدم بالمسافة ويزداد طول الخطوة ، ويرتفع جذع العداء مع كل خطوة بعد الانطلاق الى ان يصل الى الوضع الطبيعي للركض داخل المنحنى ، ويجب ان يكون الركض بانسيابية واسترخاء .

ومن الناحية الميكانيكية تؤثر على جسم العداء في ركض المنحنى الى قوتين هما القوة الطاردة التي تحاول إبعاد م0ت0ح العداء الى خارج المنحنى والأخرى تبذل من العداء جذب "م.ث.ج" نحو الداخل ويجب ان تكون القوتان الطاردة المركزية والجاذبية المركزية متعادلتين كما ان " كلما زادت القوة الطاردة ازداد ميل الجسم للداخل والذي يؤدي الى تقليل القوة الطاردة والمحافظة على السرعة " ٠حيث ان القوه الطاردة المركزية يتناسب تناسبا طرديا مع كل من كتلة الرياضي وسرعته وعكسيا من نصف القطر حسب العلاقة التالية:

وتتناسب زاوية ميلان العداء تناسبا طرديا مع السرعة وعكسيا مع نق وحسب القانون التالي:-

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

ومن المعروف انه في ركض المنحنى تختلف حركات أجزاء جسم العداء اليمنى عن اليسرى خلافا لما يحدث في ركض المستقيم والذي تكون حركات أجزاء الجسم فيه متماثلة .إذ أن الاختلاف بين حركات أجزاء الجسم اليمنى عن اليسرى في ركض القوس يكون سبب الاختلاف في تنفيذ الخطوات كما ان قدم الرجل الخارجية تظهر وكأن الجزء الأكبر من اتصالها مع الأرض يقع في الجانب الإنسي للقدم اليمنى أما الرجل الداخلية اليسرى فيكون اتصالها اكبر على الجانب الوحشي ٠وفـــي الركض

داخل المنحنى تنحرف مقدمة الرجل اليسرى الى الاتجاه الداخلي للمنحنى وترتكز على الجهة الوحشية الأمشاط ويرجع هذا الى طبيعة وقوة الدفع والميل الى الداخل، ويتم الدفع بحافتها الخارجية للوصول الى مرحلة الطيران ، وفي حالة ارتكاز القدم اليمنى (الخارجية بالنسبة للمركز) فإنها ترتكز على حافتها الداخلية والسبب يعود الى سقوط مركز ثقل الجسم على الحافة القريبة من المركز للقدم اليسرى من تتم بسهولة الحركة بسهولة وانسيابية وتطبيق النواحي الميكانيكية للركض في المنحنى.

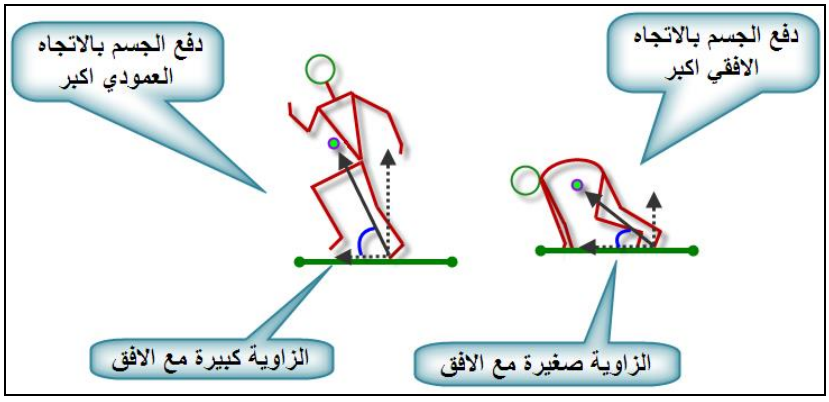
وتكون مرجحة الذراع على شكل حركة بندوليه .. أن تحريك الذراع الخارجية اليمنى يكون أسرع وبمدى أكبر من حركة الذراع الداخلية اليسرى القريبة من مركز الدائرة. وذلك نتيجة للميلان الحاصل في الجسم باتجاه المركز ولكي يبقى الجسم داخل محيط الدائرة (ضمن المجال) يجب ان لا تساوي حركة الذراع اليمنى مع حركة الذراع اليسرى، فكف الذراع اليمنى تكون متجهة في المرجحة الأمامية الى داخل الجسم باتجاه المركز ويرتفع الكف الى أعلى من مستوى ارتفاع كف الذراع اليسرى التي تكون باتجاه خارج الجسم نحو المركز وكلما كانت حركة الذراعين أسرع كانت حركة الرجلين أسرع أيضا ، وذلك للعلاقة القوية بين تبادل حركات الذراع اليمنى مع الرجل اليسرى والذراع اليسرى مع الرجل اليمنى في اثناء الركض كل هذه الحركات هدفها اتخاذ الأوضاع الميكانيكية الصحيحة للتغلب على قوه الطرد المركزية ولمحاولة إبقاء الجسم في حالة اتزان حركي عال دون الإقلال بسرعته.

أن لاعبي 400 مترآ حواجز يؤدون مجموعة من الحركات المتتالية والمتكررة وتشمل على تعجيل تزايدي وثم اجتياز الحواجز وبسرعة بعدها يأتي مطاولة السرعة الحركية بين الحواجز والذي لايوجد فيه أي عائق يمنع اللاعب من أخذ أطول مسافة في خطوات مابين الحواجز فالمسافات بين الحواجز (35 مترآ) تفترض على اللاعبين حدودا ثابتة نوعا ما لطول الخطوة وترددها مع الأخذ بنظر الاعتبار بعد المسافة بين قدم الارتقاء والحاجز ومكان الهبوط.

التحليل البايوميكانيكي (البايوكينماتيكي والبايوكيناتيكي) للانطلاق من مسندي البداية

في فعاليات المسابقات القصيرة لالعاب 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 المتجاهات فكلما قلت الزاوية كلما زادت المحصلة وعليه فان البدء المنخفض افضل.



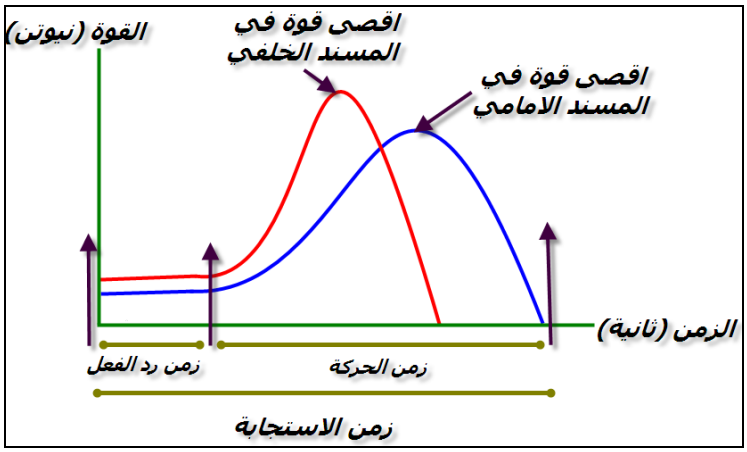
الشكل (4-61) : يوضح المتغيرات البايوكينماتيكية في البدء المنخفض والعالي

في وضع (تهيأ) ترتفع نقطة مفصل الورك (الحوض) الى الاعلى قليلا عن مستوى الكتفين وتحدد الزاوية المحصورة بين الخط الافقي الموازي للارض وارتفاع

الحوض بين (18–15 درجة) ، اما زاوية مفصل ركبة الرجل الامامية فتصل الى (90 درجة) تقريبا وتحدد زاوية مفصل ركبة الرجل الخلفية بين (120–110 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 ، فالفائدة 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.

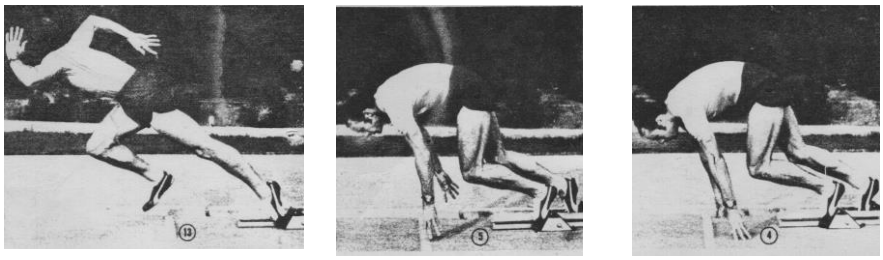
قبل اطلاقة المسدس يكون العداء في وضع تهيئ وبعد الاطلاقة فانه يخضع الى عدد من المتغيرات منها زمن رد الفعل (RT) (وهو الزمن من الاطلاقة حتى لحظة قبل البدء بالحركة) ، وزمن الحركة (MT) (وهو الزمن من لحظة البدء بالحركة لحين انهاء الواجب الحركي) ، ويسمى مجموع الزمنين بزمن الاستجابة (Response Time).



الشكل (4–62) : يوضح ازمنة الاستجابة

الجدول (4–4) : يبين التفاوت في ازمنة رد فعل الاجزاء

ت	اجزاء الجسم	متوسط زمن الترك (ثانية)
1	اليد اليسرى	0.17
2	اليد اليمنى	0.22
3	القدم الخلفية	0.29
4	القدم الامامية	0.44



الشكل (4–63) : يوضح مراحل الانطلاق من مسندي البداية

ان وقت سماع الاطلاقة 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 واخيرآ اثارة العضلة وحدوث النشاط الميكانيكي ويشكل زمن دفع الرجل الخلفية ثلث زمن دفع الرجلين ، ويخرج العداء من مساند البداية بزاوية ميل(45درجة).

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 عنفآ في سرعة بذلها (سرعة قوة) وهذا بالتالي يؤدي الى نقصان زمن بذل القوة مما يؤثر سلبا في الدفع.

يرتبط الدفع بكمية الحركة في علاقة مشتقة بعلاقة

القوة × الزمن = الكتلة × السرعة

حيث يمثل الطرف الايمن مصطلح الدفع والطرف الايسر يمثل كمية الحركة . وقد عرف (نيوتن) حاصل ضرب الكتلة في السرعة بانها كمية الحركة ، ان وجود القوة ككمية متجهة في معادلة الدفع يقودنا الى اعتبار الدفع كمية متجهة ايضا 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 قدمي العداء وتوصل الى النتائج ادناه من تجاربه على (30 عداء) متقدم من اوضاع البدء الثلاثة (القصير – المتوسط – الطويل).

- يتم الدفع بواسطة القدمين معا مهما كانت الاوضاع المستخدمة والمسافة بين القدمين.
- قوة الدفع على المسند الامامي كانت ثابتة نسبيا مهما كان الوضع المستخدم.
- اختلفت القوى المبذولة على المسند الخلفي اختلافا مباشرا 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 ايضا ، ومن خلال متابعتنا لمراحل القانون ادناه نكتشف ان العلاقة بين القوة والزمن علاقة عكسية وتساهم القوة طرديا في كمية الحركة .

القوة = الكتلة × التعجيل

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

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

$$\text{القوة} = \frac{\text{كمية الحركة}}{\text{الزمن}}$$

جدول (4–5) : 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	0.123
Marc Burns	10	0.165
Darvis Patton	10.34	0.149

ان معدل زمن رد الفعل في بطولة العالم روما 1987– كان 0.185 ثانية

ان معدل زمن رد الفعل في بطولة العالم برلين 2009 – كان 0.139 ثانية رغم التعديل الذي حدث على اخطاء الانطلاق

جدول (4–6) :ازمنة المسندين لعينة من ابطال العراق في سنة 1996

المتغيرات	العينة					
	1	2	3	4	5	6
زمن رد الفعل في المسند الخلفي	0.1027	0.1222	0.1092	0.1313	0.1209	0.1469
زمن رد الفعل في المسند الامامي	0.1170	0.1469	0.1417	0.1456	0.2010	0.2041
زمن الحركة في المسند الخلفي	0.2405	0.2210	0.1560	0.1870	0.1755	0.2119
زمن الحركة في المسند الامامي	0.3978	0.3523	0.3107	0.3217	0.2821	0.3419
زمن الاستجابة	0.5148	0.4992	0.4524	0.4680	0.4836	0.5460

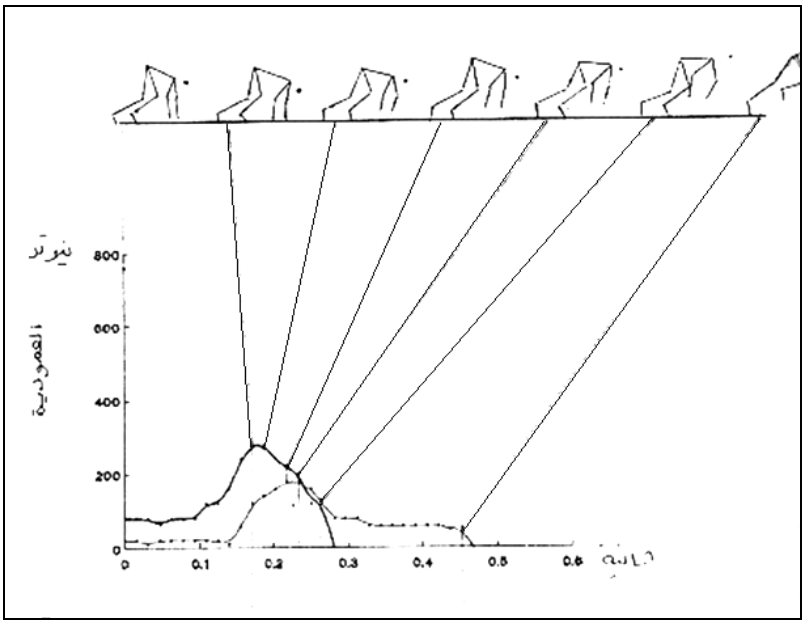
يتبين من الجدول :

- تراوح زمن رد الفعل بين (0.1027 – 0.146 ثا)
- تراوح زمن الاستجابة بين (0.4524 – 0.5460 ثا)
- يحدث اكبر انقباض عضلي في زمن (0.2028 – 2652.0 ثا) وهو زمن بلوغ المحصلة لاقصاها .
- أقصى محصلة للقوى تراوحت بين (564 – 1294 نيوتن).
- القوتين العمودية والافقية في المسند الخلفي اكبر.
- زاوية مغادرة المسند الامامي تراوحت بين (40 – 48 درجة).
- تراوحت زاوية اتجاه محصلة الدفع بين (47 – 57 درجة)

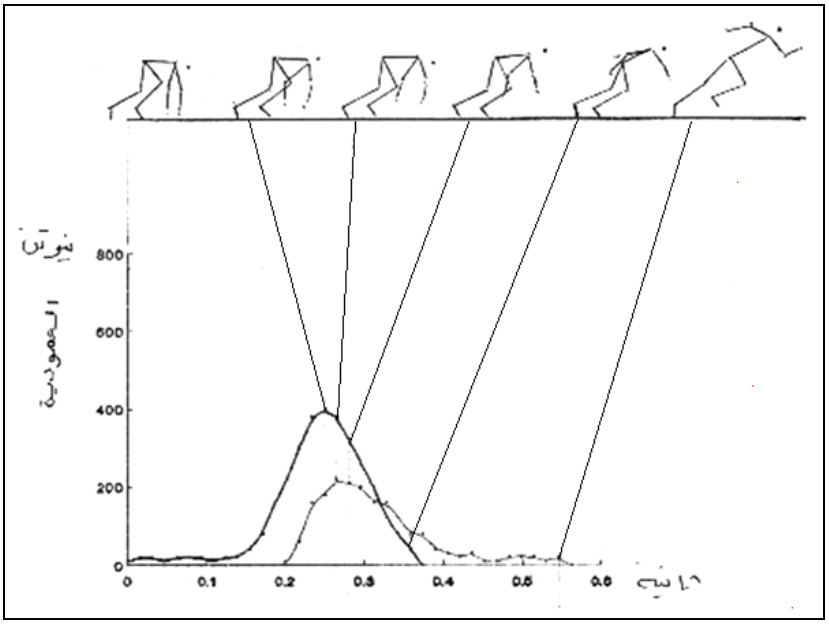
تبين ان العدائين قد اخفقوا فيما يأتي:

- كبر زمن الاستجابة.
- انخفاض منحنى دالة القوة.
- كبر الزمن قبل عبور الرجل الخلفية للرجل الامامية.
- صغر زاوية الجذع في وضع (تهيأ).
- زاوية الركبة الامامية تقل عن (90 درجة) لبعض الحالات.
- الاعتماد على الزمن الكبير بديلا عن القوة الكبيرة.
- كميات الدفع لم تكن كافية للتغلب على سرعة الخطوة الاولى.
- تفوق كمية الدفع في المسند الخلفي على المسند الامامي.
- زمن رد الفعل في المسند الخلفي اقل من زمن رد الفعل في المسند الامامي.
- تأثر زمن رد الفعل في المسند الامامي بزاوية الركبة عكسياً (كلما قلت هذه الزاوية زاد زمن رد الفعل).
- تأثر زمن رد الفعل في المسند الامامي بزاوية الجذع طردياً (انخفاض نقـــطة الورك يسبب زيادة في زاوية الجذع).

- تأخر زمن رد الفعل في المسندين يسبب تأخراً في ظهور قمة أقصى قوة محصلة.
- يرافق زيادة زمن الحركة ظهور اكبر انقباض عضلي .
- تحدث بسبب الزمن الكبير للاستجابة قلة في السرعة الى تماس الخطوتين الاولى والثانية.
- ارتبط زمن أقصى قوة عمودية في المسند الامامي بزاوية مغادرة المسند ايجابياً.
- ارتبط زمن أقصى قوة افقية في المسند الخلفي سلبياً بكتلة اللاعب.
- ارتبطت قيمة أقصى قوة عمودية في المسند الخلفي مع زاوية مغادرة المسند وزاوية اتجاه الدفع.
- ارتبطت قيمة أقصى قوة عمودية في المسند الامامي بزاوية ركبة الرجل الخلفية.
- ارتبطت قيمة أقصى قوة أفقية في المسند الخلفي بزاوية اتجاه الدفع.
- ارتبطت قيمة أقصى قوة افقية في المسند الامامي بكتلة اللاعبين.
- ارتبط كل من متغيري الدفع والمساحة تحت المنحنى للقوة الافقية في المسند الامامي بكتلة اللاعبين.
- ارتبط كل من متغيري الدفع والمساحة تحت المنحنى للقوة المحصلة بزاوية المغادرة وزاوية اتجاه الدفع.
- ارتبط طول الخطوة الاولى بأقصى قوة افقية ومعدلها ودفعها في المسند الامامي وبكتلة اللاعبين .



الشكل (4–64) : يوضح المتغيرات الكينماتيكية عند الانطلاق من مسندي البداية



الشكل (4–65) : يوضح المتغيرات الكينماتيكية (القوة – الزمن) عند الانطلاق من مسندي البداية

(248)

المصادر العربية والأجنبية

1. إياد عبد الرحمن الشمري : التحليل الكينماتيكي للركلات الحرة المباشرة (القوسية) بكرة القدم ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة بغداد ، كلية التربية الرياضية ، 1998.
2. إياد عبد الرحمن الشمري:تأثير منهج تدريبي مقترح لتطوير اهم القدرات البدنية الخاصة على بعض المتغيرات الكينماتيكية في انجاز فعالية 400م حواجز ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة بغداد ، كلية التربية الرياضية ، 2005م .
3. جيرد هوخموث: الميكانيكا الحيوية (ترجمة) كمال عبد الحميد ، القاهرة ، دار المعارف ، 1999.
4. حسين مردان عمر : دراسة تحليلية لبعض المتغيرات الديناميكية من البدء الى اجتياز المانع الاول ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة البصرة ، كلية التربية الرياضية ، 1996.
5. سمير مسلط الهاشمي : البايوميكانيك الرياضي ، ط3 ، بغداد ، مطبعة النبراس للطباعة والتصميم ، 2010.
6. سوسن عبد المنعم وآخرون : البايوميكانيك في المجال الرياضي ، القاهرة ، دار المعارف ، 1977.
7. صريح عبد الكريم الفضلي: تطبيقات البيوميكانيك في التدريب الرياضي والأداء الحركي .ط2 ، بغداد دار الكتب والوثائق ، 2010.
8. طلحة حسام الدين : الأسس الحركية والوظيفية للتدريب الرياضي ، القاهرة ، دار الفكر العربي ، 1994 .
9. طلحة حسام الدين : الميكانيكا الحيوية (الأسس النظرية والتطبيقية) ، دار الفكر العربي ، القاهرة ، ط1 ، 1993.

10. طلحة حسام الدين:علم الحركة التطبيقي ج1 القاهرة ,مركز الكتاب للنشرط1 1998.
11. عادل عبد البصير : المدخل لتحليل ثلاثي الأبعاد ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر والتوزيع ، 1998 .
12. عادل عبد البصير : الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق في المجال الرياضي ، القاهرة ، دار الكتب للنشر ، 1998.
13. علي سلوم جواد :البايوميكانيك :الأسس النظرية والتطبيقية في المجال الرياضي ,العراق، 2007.
14. قاسم حسن حسين ، إيمان شاكر : مبادئ الأسس الميكانيكية للحركات الرياضية ، عمان ، دار الفكر للطباعة والنشر ، ط1 ، 1998.
15. قاسم حسن حسين وآخرون : تحليل الميكانيكا الحيوية في فعاليات الساحة والميدان ، ط1 ، دار الحكمة للطباعة والنشر ، البصرة ، 1991.
16. كمال عبد الحميد ، سليمان علي : الميكانيكا الحيوية وطرق البحث العلمي للحركات الرياضية ، ط2 ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر ، 1999.
17. لؤي الصميدعي : البايوميكانيك والرياضة ، الموصل ، دار الكتب للطباعة والنشر ، 1987.
18. نجاح مهدي شلش : مبادىء الميكانيكا الحيوية في تحليل الحركات الرياضية ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، 1987.
19. نجاح مهدي شلش ، حسين مردان عمر ، ايمان صبيح : تأثير التغذية الراجعة بأستخدام المنحنيات البايوميكانيكية لنتيجة الاداء في الانطلاق من مسندي البدء ، مجلة دراسات وبحوث التربية الرياضية ، العدد التاسع ، جمهورية العراق ، جامعة البصرة ، كلية التربية الرياضية ،1999.
20. وجيه محجوب : التحليل الحركي الفيزياوي الفسلجي للحركات الرياضية ، بغداد ، مطابع التعلم العالي ، 1990.

21. يوسف الشيخ : الميكانيكا الحيوية وتطبيقاتها ، القاهرة ، دار المعارف ، 1982.

22. CLAYNE .R . Jensen : Applied Kinesiology and Biomechanics New york 3 ed edition , 1983
23. Doris I Miller , Richard C Nelson : Biomechanics of Sport – LEA and FEBIGER – Philadelphia 1973.
24. Dyson Geoffrey , The Mechanics of Athletics, London university of London. Press ItD1977
25. Ecker, T, Basic track and field Biomechanics, Losatostaf New press.1985
26. Ellen kreighbaum ,Katharine M. Barthels: Biomechanics,USA 1996
27. James G Hay : Biomechanics of sport techniques, (second edition N Y 1985)
28. Jams Hay; the Bio mechanics of sport techniques third edition,N.Y.1988
29. Simon Coleman ; kinematics Analysis of the volley Ball jump. serve, university of Scotland 2001
30. Simon Coleman : Kinematics Analysis of the Volley Ball Jump Serve character of character of Solano 2001.
31. Susan J .Hull; basic biomechanics, 2nd edition U.S.A McCrae-Hill companies ,1995
32. Vihori ,g, sprinting has round table, New studies in athletics 1995
33. Watson S.W; Physical fitness and A athletics performance (London, Long Man) 1993

ملحق

(تعريفات وقوانين ميكانيكية)

- البايوميكانيك(biomechanics) : وعلم البايوميكانيك علم يبحث في حركة جسم الانسان او الحيوان او بعض أجزائه بطريقة موضوعية ملموسة سواء على سطح الارض ، او في الماء ، او في الفضاء ، بهدف تحديد التكنيك المثالي للحركة.
- ديناميكية الحركة(dynamic movement): وهو تاثر الحركة بالقوى الداخلية او الخارجية فعندما تتأثر الحركات بقوى الجاذبية ووضع مركز ثقل الجسم والقوة الناتجة من الانقباض العضلي ترتبط بأسس الميكانيكا وقوانينها.
- الاستاتيك ("static"): وهو علم السكون الذي يبحث في حالة استقرار وشروط واتزان الاجسام تحت تأثير القوى الدافعة بمستوى واحد والتي تتلاقى في نقطة ولما كان الجسم البشري جسم حي وعندما تطبق هذا العلم على الجسم الحي.
- الكينماتيك ("kinematics"): فرع من فروع الديناميك ، يدرس الحركة ويصفها وصفا مجردا دون البحث في مسبباتها وهو يصف حركة الاجسام من جوانب الزمن والازاحة والانطلاق ويطبق على الحركات الخطية والدائرية .
- ألكينيتيك (kinetic) : وهو العلم الذي يدرس القوى التي تسبب الحركة وأنه يصف حركة الاجسام من جوانب الوزن والكتلة والزخم والقوة والشغل والطاقة.
- التحليل الحركي(movement analysis): هو تناول الظاهرة الحركية المراد دراستها بعد تجزئتها الى عناصرها الأولية الاساسية المؤلفة لها وقد يكون التحليل تشريحيا ، فسيولوجيا ، كيميائيا ، نفسيا ، تربويا ، ميكانيكيا.
- 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..

- التحليل الكمي (quantity analysis): هو التحليل الذي يعتمد على الحكم من خلال القيم الرقمية المؤثرة فيها ومدى الترابط بين هذه القيم وتشمل قيم الزوايا والأزمنة والمسافات والمصطلحات التي تشتق منها.
- الحركة(movement): وتعني هي انتقال الجسم او أي جزء منه من مكان الى مكان اخر وباتجاه معين .
- الحركة المنتظمة (uniform motion): وهي الحركة التي يتحرك فيها الجسم بشكل منتظم أي يقطع نفس الوحدات المكانية في نفس الوحدات الزمانية ، أي يتحرك بمعدل سرعة متساو بحيث لا يحدث تغير في سرعته .
- الحركة غير المنتظمة : وهي الحركة التي يقطع فيها الجسم مسافات غير متساوية في نفس الوحدات الزمانية ، وتقسم الى : حركة بتعجيل ثابت (تزايدي او تناقصي) ، حركة بتعجيل متغير (تزايدي او تناقصي) .
- الحركة الخطية (linear motion): وفيها يتم انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزائه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية متوازنة خلال انتقالها وان سرعة هذه الاجزاء متساوية وتحدث في خط مستقيم .
- الحركة الدائرية(rotation motion): وهي الحركة التي يسير بها الجسم بشكل دائري حول محور داخل الجسم او محور خارجة بحيث يرسم الجسم ككل او مراكز ثقله او اجزاءه في حركته مسارات وخطوط دائرية ذات أنصاف أقطار غير متساوية وان اجزاء الجسم تنتقل هنا بسرع مختلفة تبعا لاختلاف بعدها عن محور الدوران .
- السرعة(speed) : هي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن .
- السرعة المتجهة (velocity): هي الازاحة المقطوعة في وحدة الزمن .
- السرعة اللحظية (الآنية) : اقل مسافة ممكنة في اقل زمن ممكن .
- محصلات السرعة :(net speed)
- المحصلة: هو مقدار القيمة الناتجة من جمع اوطرح متجهات للسرعة او القوة سواء كانت على خط مسار واحد او متعامدة اوتشكل زاويا بينها
- التعجيل (acceleration): هو التزايد او التناقص في السرعة ، وقد يكون التعجيل موجب (تصاعدي) او سالب (تناقصي) ، وقد يكون منتظم او غير منتظم .

- السرعة الزاوية(angular velocity): هي معدل الانتقال الزاوي للجسم .
- السرعة المحيطية : هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط دائرة الى الزمن المستغرق .
- الزاوية نصف القطرية : هي الزاوية المقابلة لقوس الدائرة الذي قطعه الجسم في حركته والذي يساوي طوله نصف قطر الدائرة .
- التعجيل القطري (العمودي) : هي مركبة التعجيل التي تتأثر بنصف القطر .
- المقذوف :جسم حر الحركة في الهواء انطلق بتأثير قوة .

(1) المقذوفات الرأسية (vertical projection): هي المقذوفات التي تأخذ المسار العمودي (راسي) .

(2) المقذوفات الأفقية (horsetail projection): هي المقذوفات التي تحدث مسارا أفقيا .

- العتلات(levers): وهي سلسة عمل تحتوي على ثلاث نقاط هي نقطة الارتكاز ، نقطة تأثير القوة ، نقطة تأثير المقاومة ، ولكي تبقى العتلة في حالة توازن يجب ان يكون ذراع القوة مساويا الى ذراع المقاومة وعلى أساس المعادلة التالية :
- القوة (force): وتعني كل ما يغير او يحاول ان يغير من شكل الجسم او حالته الحركية مقدارا او اتجاها .
- القوة المركزية(central force): وهي القوى التي تحاول الحد من تأثير القوى اللامركزية (الطاردة) ، أي التي تسحب الجسم الى مركز الدوران .
- القوة الطاردة (centrifugal force): وهي القوة الناتجة من حركة الجسم بشكل دائري والتي تعمل على سحب الجسم الى الخارج بعيدا عن المركز .
- النيوتن: قوة اذا أثرت على جسم كتلته 1 كيلوغرام اكسبته تعجيلا مقداره 1م/ث2.
- الداين : قوة اذا أثرت على جسم كتلته 1 غرام اكسبته تعجيلا مقداره 1سم/ث2.
- الشغل (work): لو أثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تأثير القوة فأنها تكون قد انحزت شغلا . ويقاس بالجول
- القدرة (power): وهي الشغل المنجز في وحدة الزمن . وتقاس بوحدة الواط .

- الطاقة(energy): هي قابلية الجسم على انجاز شغل . وينص القانون العام للطاقة بأنــه :الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تتحول من شكل الى اخر.
- الطاقة الحركية (motion energy) : وهي الطاقة المسببة للحركة في الجســم . ويعبــر عنها في
- الطاقة الكامنة(energy latent) : وهي الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثنــاء الثبات (طاقة ميكانيكية) ويعبر عنها :
- قوة الاحتكاك(force friction): وهي القوة الناشئة بين الجسم المتحرك والسطح الــذي تتم عليه الحركة وتساوي هذه القوة ، القوة الدافعة للجسم بالمقدار وتعاكسها في الاتجاه
- معامل الاحتكاك : هي ناتج قسمة قوة الاحتكاك على مقدار الضغط الذي يســلطهُ الجســم على السطح . وان معامل الاحتكاك يختلف اذا كانت الجسم ساكناً او متحركا ، فاذا كــان الجسم في حالة الثبات عندئذ يكون معامل الاحتكاك اكبر مما لو كان الجســم فــي حالــة حركة .
- عزم القصور الذاتي (moment of inertia) : يفهم من القصور الــذاتي هــو مقــدار المقاومة التي يمتلكها الجسم للحفاظ على السكون او الحركة ضد التغيير . اما عزمه فهو عبارة عن مجموع اجزاءه وهذا يتوقف على مقدار كتلة الجسم ويكــون عــزم القصــور الذاتي كما يلي :
- التصادم (impact): أي جسم في حالة حركة عند ملامسة لجسم اخر سواء كان كامنا او متحركا تطلق عليه التصادم .
- الزخم (moment): عبارة عن كمية الحركة التي يمتلكها الجسم اثناء حركته .
- عزم الدوران : ان العزم هو حاصل ضرب القوة في المسافة العمودية بين خــط عملهــا ومركز دوران الجسم . ويعرف هذا الناتج في الاستاتيك عزم القوة او عــزم الانحنــاء . وينشأ عزم الدوران عند تأثير قوة على جسم حر الحركة ويكون خــط تاثيرهــا بمســافة عمودية عن مركز ثقل الجسم .
- دفع القوة : هي القوة التي تؤثر في فترة زمنية معينة

- زاوية السقوط : وهي الزاوية التي تتكون من البعد العمودي لمركز ثقل الجسم عن سطح الارتكاز ومن البعد الافقي له عندما يكون وافقا فوق حافة السقوط ، وان لكل جسم زاوية سقوط ويمكن تحديدها بمعرفة ظلها .
- قانون الجاذبية الارضية : كل كتلة في الكون تجذب أي كتلة اخرى بقوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسيا مع مربع البعد بين مركزيهما.
- التوازن والسكون : ان التوازن والسكون في الحركات الرياضية المختلفة ، يمكن معرفة عن طريق العلاقة بين الجاذبية وموضع مركز الثقل :ان التوازن يتم عندما تكون محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الجسم تساوي صفرا. .
- قانون الطفو "أرخميدس : اذا اغمر جسم في سائل فانه يفقد من وزنه بقدر وزن السائل المزاح.
- الوزن النوعي : من حيث العلاقة بين وزن الجسم ومقدار ما يزيحه من الماء نتيجة انغماره .
- الضغط : اذا أثرت قوة في جسم وكانت نقطة تأثيرها أي المساحة التي يقع عليها التأثير الفعلي للقوة صغيرة 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" .

ملحق (2) : جدول بالجيب وجيوب التمام والظل

ظل tan	جيب تمام cos	جيب sin	الدرجة	ظل tan	جيب تمام Cos	جيب Sin	الدرجة	ظل tan	جيب تمام cos	جيب Sin	الدرجة
1.73	0.5	0.86	**60**	0.57	0.86	0,5	**30**	0	1	0	0
1.8	0.48	0.87	**61**	0.6	0.85	0.56	**31**	0.02	0.99	0.02	**1**
1.88	0.46	0.88	**62**	0.63	0.84	0.52	**32**	0.03	0.99	0.03	**2**
1.96	0.45	0.89	**63**	0.64	0.83	0.54	**33**	0.05	0.99	0.05	**3**
2.05	0.43	0.89	**64**	0.67	0.82	0.55	**34**	0.06	0.99	0.07	**4**
2.14	0.42	0.9	**65**	0.7	0.81	0.57	**35**	0.08	0.99	0.09	**5**
2.24	0.4	0.91	**66**	0.73	0.8	0.58	**36**	0.1	0.99	0.1	**6**
2.35	0.39	0.92	**67**	0.75	0.79	0.6	**37**	0.12	0.99	0.12	**7**
2.47	0.37	0.92	**68**	0.78	0.78	0.61	**38**	0.14	0.99	0.12	**8**
2.6	0.35	0.93	**69**	0.8	0.77	0.62	**39**	0.15	0.98	0.15	**9**
2.74	0.34	0.93	**70**	0.83	0.76	0.64	**40**	0.17	0.98	0.17	**10**
2.9	0.32	0.94	**71**	0.86	0.75	0.65	**41**	0.19	0.98	0.19	**11**
3.07	0.3	0.95	**72**	0.9	0.74	0.66	**42**	0.21	0.97	0.2	**12**
3.3	0.29	0.95	**73**	0.93	0.73	0.68	**43**	0.23	0.97	0.22	**13**
3.4	0.27	0.96	**74**	0.96	0.71	0.69	**44**	0.24	0.97	0.24	**14**
3.7	0.25	0.96	**75**	1	0.7	0.7	**45**	0.26	0.96	0.25	**15**
4.01	0.24	0.97	**76**	1.03	0.69	0.71	**46**	0.28	0.96	0.27	**16**
4.23	0.22	0.97	**77**	1.07	0.68	0.73	**47**	0.3	0.95	0.29	**17**
4.7	0.2	0.97	**78**	1.11	0.66	0.74	**48**	0.32	0.95	0.3	**18**
5.64	0.19	0.98	**79**	1.15	0.65	0.75	**49**	0.34	0.94	0.33	**19**
5.67	0.17	0.98	**80**	1.19	0.64	0.76	**50**	0.36	0.93	0.34	**20**
6.31	0.15	0.98	**81**	1.23	0.63	0.77	**51**	0.38	0.93	0.35	**21**
7.11	0.13	0.99	**82**	1.27	0.61	0.78	**52**	0.4	0.92	0.37	**22**
8.14	0.12	0.99	**83**	1.33	0.6	0.79	**53**	0.42	0.92	0.39	**23**
9.51	0.1	0.99	**84**	1.3	0.58	0.8	**54**	0.44	0.91	0.4	**24**
11.43	0.08	0.99	**85**	1.42	0.57	0.81	**55**	0.46	0.9	0.42	**25**
14.2	0.06	0.99	**86**	1.48	0.55	0.82	**56**	0.48	0.89	0.43	**26**
19.08	0.05	0.99	**87**	1.53	0.54	0.83	**57**	0.5	0.89	0.45	**27**
28.64	0.02	0.99	**88**	1.6	0.52	0.84	**58**	0.53	0.88	0.46	**28**
57.29	0.01	1	**89**	1.66	0.51	0.85	**59**	0.55	0.87	0.48	**29**
	0	1	**90**								

٢٠١٨

مطبعة شركة المارد ـ النجف الاشرف
الرقم التسلسلي لدى مطبعة شركة المارد (٢٠٧) لسنة ٢٠١٨
ISBN 978-9922-20-207-5
رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد (٧١٢) لسنة (٢٠١٩ م)