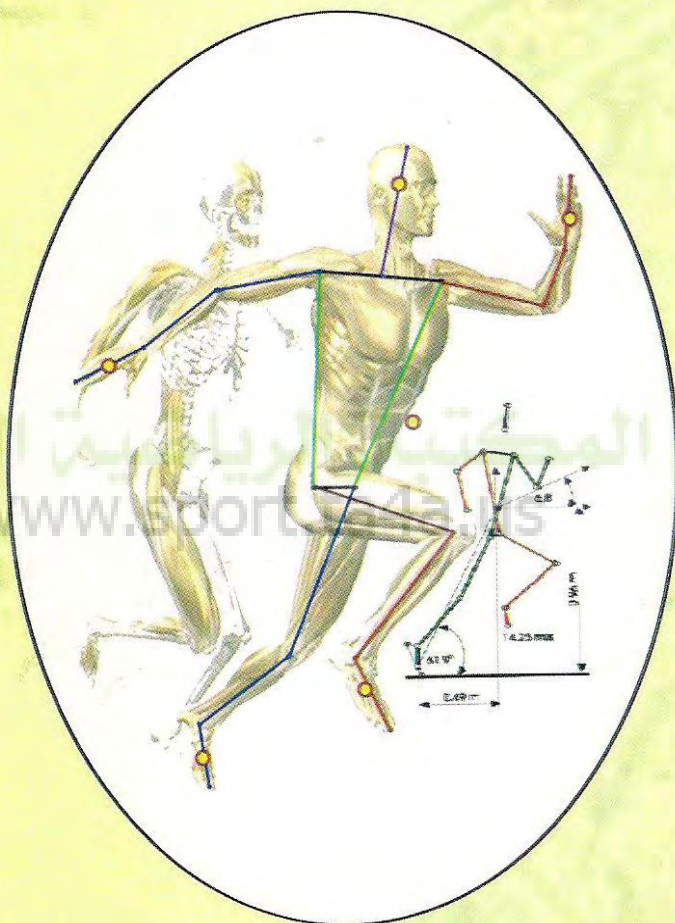


البايوميكانيك

في الحركات الرياضية



تأليف

الدكتور

أياد عبد رحمن

أستاذ مادة البايوميكانيك المساعد

جامعة المثنى

الدكتور

حسين مردان عمر

أستاذ مادة البايوميكانيك

جامعة القادسية

٢٠١١

تم التحميل من موقع

المكتبة الرياضية الشاملة

www.sport.ta4a.us

ابحث في جوجل عن

المكتبة الرياضية الشاملة

البايوميكانيك في الحركات الرياضية

المكتبة الرياضية الشاملة
www.sport.ta4a.us

تأليف

الدكتور

اياد عبد رحمن

استاذ مادة البايوميكانيك المساعد

جامعة المثنى

الدكتور

حسين مردان عمر

استاذ مادة البايوميكانيك

جامعة القادسية

٢٠١١ م

المكتبة الرياضية الشاملة
www.sport.ta4a.us

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد (٢٠٧١) لسنة ٢٠١١ م

اسم الكتاب.....البايوميكانيك في الحركات الرياضية

المطبعة.....مطبعة النجف الاشرف ٠٧٨١٠٠٠٨٠٩٧

الطبعة الاولى

عدد النسخ (١٠٠٠ نسخة)

(٣)

المقدمة

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

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

(٤)

وزادت المنافسات أهتمام الباحثين فأصبحت الحاجة ملحة الى تدخل العلوم الاخرى لتقديم المشورة لغرض تفسير و تحليل بعض الحوادث ، ولجأ علم البايوميكانيك بعد تحسينه لاداء الفعاليات الى تحقيق الانجازات فشارك علم التدريب الرياضي و أضاف اليه واصبح العمل الواقع على عاتق الاجهزة العضوية يتطلب تنظيماً حتى في مفردات الحياة اليومية.

ان الكثير من النواحي الفنية للفعاليات الرياضية تكون غير واضحة مالم تتوفر لها السبل العلمية الكافية لتساهم في كشفها وفن حدوثها ، وان عدم توفر المعلومات الحركية (الديناميكية) عن مرحلة معينة في فعالية ما يعني بقاء تلك المرحلة غامضة من الناحية العلمية الدقيقة ، نحاول في هذا الكتاب التطرق الى مواضيع متنوعة ومختارة بدقة ومفصلة ومركزة عن هذا العلم ونرجو من الله ان

يوفقنا

(٥)

الفهرست

الفصل الاول

البايوميكانيك (٩)

أغراض البايوميكانيك (١٢)

فروع البايوميكانيك (١٣)

السكون او الاستاتيک (١٣)

المتحرك او الديناميك (١٣)

الکينماتيک (Kinematics) (١٣)

الکينيتيک (Kinetics) (١٤)

الحركة (١٤)

أشكال الحركات (١٤)

أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي (١٤)

الحركة بالمسار الخطي (١٤)

الحركة بالمسار المنحني (١٥)

الحركة بالمسار الدائري (١٥)

الحركة بالمسار المتعدد (١٥)

أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني (١٧)

الحركة المنتظمة (١٧)

الحركة غير المنتظمة (١٧)

العوامل المؤثرة في نوع الحركة (١٨)

الحركات الأساسية في جسم الإنسان (١٨)

نسبية الحركة (٢٢)

الأبعاد الأساسية للحركة (٢٢)

المستويات التي تحدث فيها الحركة (٢٣)

(٦)

- المحاور والمستويات في بعض الحركات (٢٤)
- الحركة والعمل العضلي (٢٥)
- العضلات المثبتة او الساندة (٢٦)
- العضلات المعادلة (المكافئة) (٢٦)
- العضلات المضادة او المقابلة (٢٦)

الفصل الثاني

- الكينماتك الخطي (٢٧)
- المسافة والازاحة (٢٧)
- التمثيل البياني للمسافة او الازاحة (٣٢)
- السرعة (٣٤)
- السرعة كمية متجهه (٣٩)
- التمثيل البياني للسرعة (٤٢)
- العلاقة بين السرعة والدقة في الأداء الحركي (٤٦)
- التحليل الميكانيكي لسرعة الركض (٤٩)
- التعجيل (Acceleration) (٥٣)
- العلاقة بين المسافة والسرعة والتعجيل (٥٤)
- العلاقة بين السرعة والتعجيل (٥٥)
- المسافة والازاحة الزاوية (الدائرية) (٥٩)
- علاقة السرعة المحيطية بالسرعة الزاوية (٦٤)
- المقدوفات في المجال الرياضي (٧٠)
- تباين مستويات الانطلاق والهبوط (٧٩)

الفصل الثالث

- (الكينيتيك Kinetics) (٨١)
- قوانين نيوتن في الحركات الخطية (٨١)

(٧)

قوانين نيوتن في الحركات الدائرية (٨٨)

عزم القصور الذاتي (٨٨)

القوة (Force) (٨٩)

مواصفات القوة (٨٩)

محصلة القوى (٩٠)

تحليل القوى (٩٥)

القوى الخارجية والداخلية في الحركات الرياضية (٩٧)

القوة الطاردة والقوة المركزية (٩٦)

التأثير المتبادل للقوى الخارجية والداخلية (١٠٢)

الجاذبية الأرضية (١٠٨)

قوة الاحتكاك (Fiction Force) (١٠٨)

أنواع الاحتكاك (١٠٩)

القوى المقاومة للحركة (١١١)

تأثير ماجنوس (Magnus effect) (١١٣)

الاصابات الرياضية (١١٥)

انواع القوى المسببة للإصابات (١١٨)

العتلات (Levers) (١٢٠)

التدريب بذراع المقاومة (١٢٢)

تطبيقات الروافع (العتلات) على جسم الانسان (١٢٥)

مركز كتلة الجسم (١٢٥)

الابعاد والاوزان النسبية لاتزان اجزاء الجسم (١٢٥)

اللاتزان (١٣٣)

زاوية السقوط (١٣٤)

قياس درجات ثبات الاجسام (١٣٦)

(٨)

العزم (١٣٦)

الدفع وكمية الحركة (١٣٨)

الشغل Work (١٤٠)

القدرة Power (١٤٢)

الطاقة (١٤٦)

التصادم والارتداد (١٥٣)

زاوية السقوط وزاوية الارتداد (١٥٩)

الفصل الرابع

التغذية البايوميكانيكية الراجعة لنتيجة الأداء (١٦١)

معنى التغذية الراجعة (١٦١)

منصة قياس القوى (١٦٤)

التزامن بين منصة قياس القوى وآلة التصوير السينمائي (١٦٦)

متطلبات التحليل الحركي (١٧٢)

البرمجيات (١٧٦)

التزامن (١٨١)

برنامج التحليلي الحركي (MaxTRAQ) (١٨٨)

ايجاد المعدل الحقيقي لطول الخطوة (٢٠٤)

البايوميكانيك والتدريب الرياضي (٢٠٨)

الكتلة كنظام لتقنين الشدة (٢١٢)

الطاقة الحركية في تقنين الشدة (٢١٤)

قوة المثبر وفترة دوامه (٢١٧)

الأسس الفنية والميكانيكية لركض ٤٠٠ متر حواجز (٢٢٤)

التحليل الكينماتيكي لركض ٤٠٠ متر حواجز (٢٢٦)

التحليل البايوميكانيكي للانطلاق من مسندي البداية (٢٣٦)

(٩)

الفصل الاول

البايوميكانيك

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

(١٠)

من العلماء العرب أمثال (الخوارزمي ٧٨٠ - ٨٥٠ م) و(ثابت بن قرة ٨٣٦ - ٩٠١ م) و (ابن الهيثم ٩٦٥ - ١٠٣٩ م) حيث ساهموا في تطوير علم الميكانيكا الحيوية.

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

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

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

ويمكننا وضع تعريف شامل للبايوميكانيك في المجال الرياضي فهو العلم الذي يهتم بتحليل الحركة وفقاً للوضع التشريحي للعضلات العاملة ويعمل على

(١١)

تشخيص نقاط القوة والضعف بغرض تقويمها ووضع القوانين المناسبة لتحديد هدف الحركة وتطويرها.



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

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

(١٢)

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

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

أغراض البايوميكانيك

في المجال الرياضي نستفاد من علم البايوميكانيك في :

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

(١٣)

فروع البايوميكانيك

تم تقسيم علم البايوميكانيك الى فرعين رئيسيين هما :

- (١) السكون او الاستاتيک (Static's) .
- (٢) المتحرك أو الديناميك (Dynamics).

(١) السكون او الاستاتيک

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 .

(٢) 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 تزايدى او تناقصى 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) .

(١٤)

(ب) الكينتيك (Kinetics) :

وهو العلم الذي يدرس القوى التي تنتج أو تغير الحركة وانه يصف حركة الأجسام من جوانب الوزن والكتلة والزخم والقوة والشغل والطاقة ، وقد يكون 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 او الزاوية او الاثنان معا في وحدات مساحية او وحدات زمنية وينتج عن هذه الوحدات او المصطلحات مقادير للسرعة والتعجيل الخطي والزاوي.

www.sport.ta4a.us

أشكال الحركات :

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

(١) أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي :**(أ) الحركة بالمسار الخطي.**

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

(١٥)

(ب) الحركة بالمسار المنحي.

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

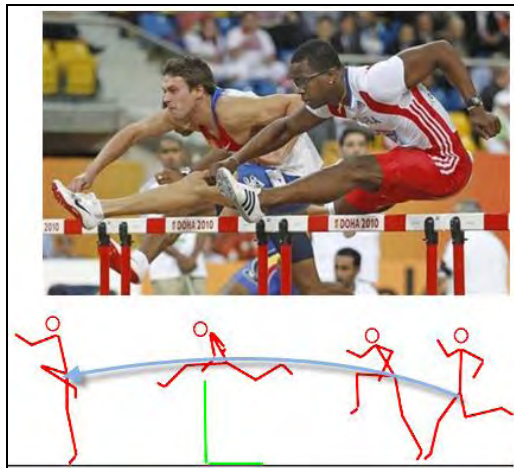
في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم او مراكز ثقله او أجزاءه من وضع الى اخر بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية دائرية منتظمة او غير منتظمة وان سرعة هذه الأجزاء لا تكون متساوية وتحدث حول محور داخل الجسم او خارجه وان الجزء البعيد عن المحور يكون أسرع من الجزء القريب منه لأن المدى الحركي للجزء البعيد 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 لا تكون متساوية لتعدد مدياتها ، وربما ان الجزء نفسه ينتقل في الحركة نفسها من مسار الى اخر. ومثال ذلك مفصل القدم ومفصل الورك في الدراجات وكذلك مفصل اليد ومفصل الكتف في حركات الذراعين في السباحة حيث ان مسار مفصل اليد دائري في حين مفصل الكتف منحنى ، وكذلك مسار مفصل الورك في القفز على حصان القفز فهو شبه

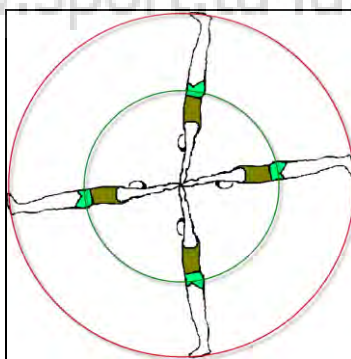
(١٦)

مستقيم في سرعة الركضة التقريبية ثم منحني الى الارتكاز باليدين على الحصان ثم دائري في حالة اداء دورة خلفية في الهواء وكذلك الغطس في السباحة.



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

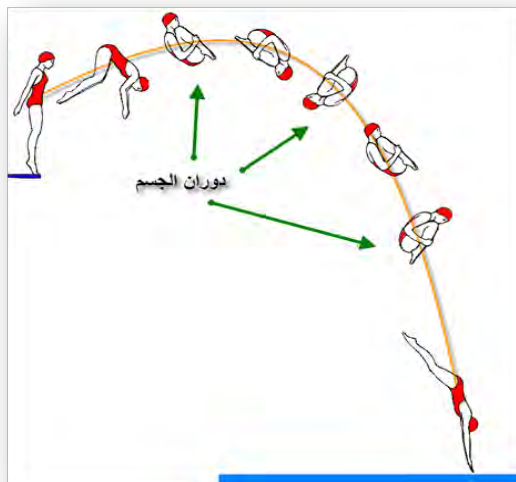
انتقالية منحنية



الشكل (١-٣) : يوضح الدورة العظمى في الجمناستيك

وهي حركة دائرية حول محور خارجي

(١٧)



الشكل (١-٤) : يوضح فعالية الغطس وهي حركة مركبة انتقالية ومنحنية

مع دوران الجسم حول محور داخلي

(٢) أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني :

(أ) الحركة المنتظمة :

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

(ب) الحركة غير المنتظمة :

ويقطع الجسم فيها مسافات غير متساوية في ازمة 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) .

(١٨)

العوامل المؤثرة في نوع الحركة:

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



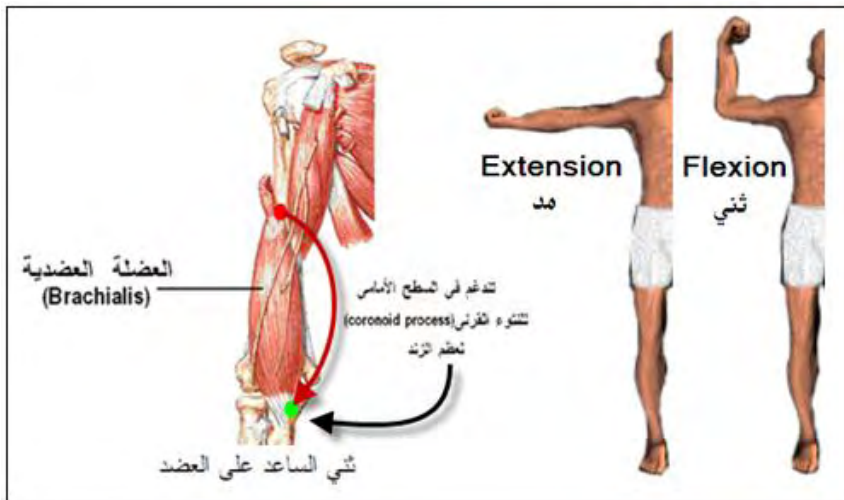
الشكل (١-٥) : يوضح بعض القوى المؤثرة في الأداء

الحركات الأساسية في جسم الإنسان :

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

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

(١٩)



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



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

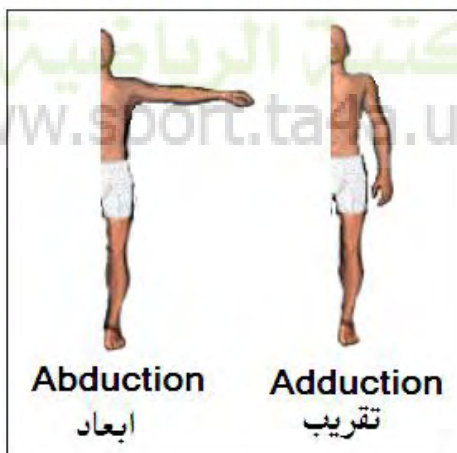
٢. المد : أبعاد العظمين المتمفصلين عن بعضهما بحيث تكبر الزاوية بينهما. وتقوم العضلة ذات الرؤوس الثلاثة (Triceps) بإبعاد الساعد عن عظم العضد.

(٢٠)



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

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



الشكل (٩-١) : يوضح حركتي الابعاد والتقريب

٤. الابعاد : أبعاد أجزاء الجسم بالاتجاه البعيد عن محوره الشاقولي.

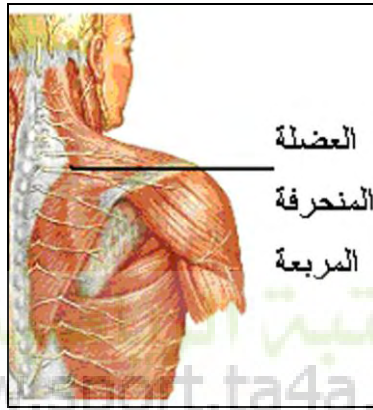
٥. الرفع : وهو رفع أجزاء الجسم الى الأعلى .مثل حركة حزام الكتف.

٦. الخفض : وهو خفض أجزاء الجسم الى الأسفل.

تقوم العضلة المنحرفة المربعة (Trapezius) بمجموعة من الحركات الاساسية وتتواجد خلف العنق وفي أعلى الجذع وتتشأ من تنوء

(٢١)

العظم المؤخرى ومن الرباط القفوى والنتؤات الشوكية(spines) للفقرات الصدرية والفقرة العنقية السابعة وتتدغم فى الثلث الخلفى والوحشى للترقوة والحرف العلوى لشوكة عظم اللوح والحرف الأنسى للنتوء الاخرى وعمل هذه العضلة هو رفع الكتف بواسطة أليافها العليا وخفضه بواسطة أليافها السفلى أما الألياف الوسطى فتقرب اللوح للخط الأوسط من الجسم .



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

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

(٢٢)

نسبية الحركة

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

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

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

الأبعاد الأساسية للحركة

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

(٢٣)

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



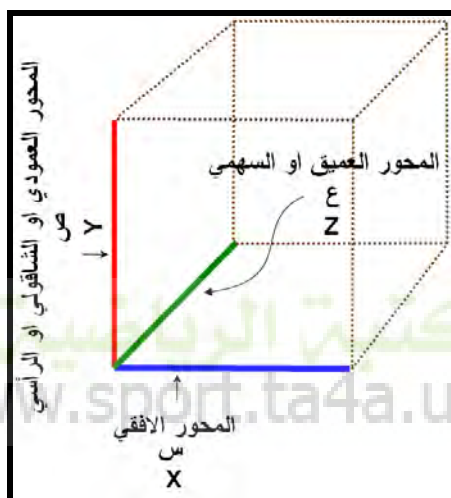
الشكل (١-١١) : يوضح نسبية الحركة وفقا للاعب زميل او لنقطة معينة في السباق

المستويات التي تحدث فيها الحركة

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

(٢٤)

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

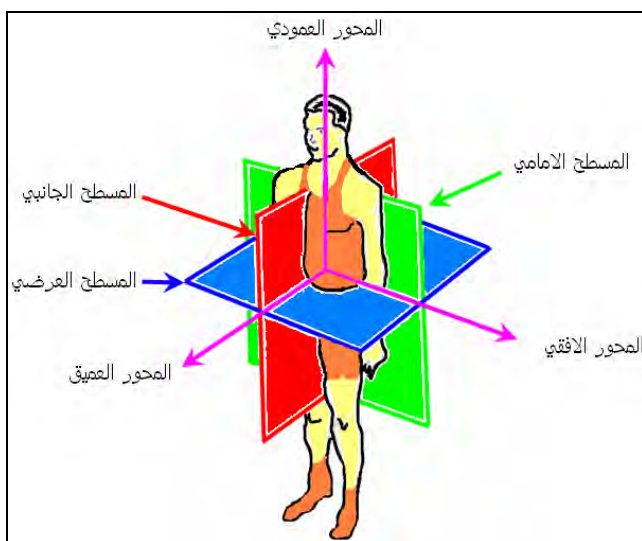


الشكل (١٢-١) : يوضح البعد الثلاثي (المحاور الثلاثة)

المحاور والمستويات في بعض الحركات

- ثني الرقبة أماما خلفا يحدث حول المحور الأفقي ، 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.
- الدرجة الأمامية المتكورة (حول المحور الأفقي وفي المستوى الجانبي)
- العجلة البشرية (حول المحور العميق وفي المسطح الأمامي)
- الدوران حول النفس (المحور عمودي والمسطح عرضي)

(٢٥)



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

الرياضية

www.sport.ta4a.us

الحركة والعمل العضلي.

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

(أ) العضلات المحركة الأساسية (Prime Movers):

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

(٢٦)

(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 التباعد تعمل في هذه الحالة كعضلة معادلة لإلغاء الجزء الخاص بالتقريب كعمل غير مرغوب فيه .

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

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

(٢٧)

الفصل الثاني

الكينماتك الخطي

المسافة والازاحة

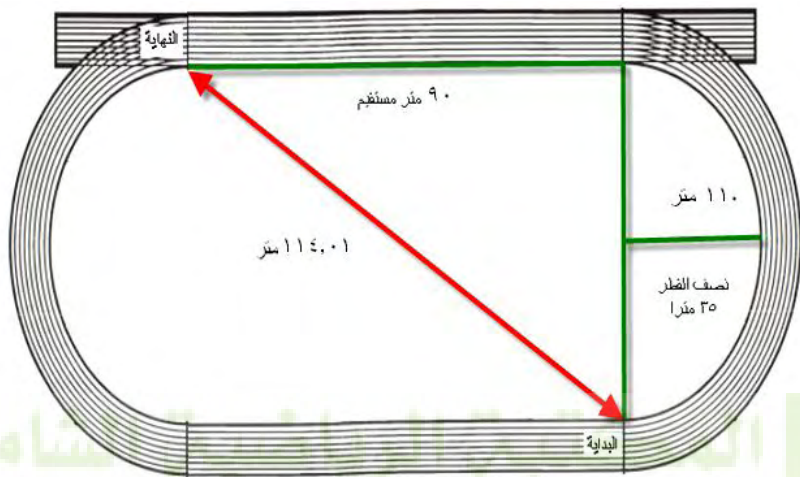
المصطلح الانكليزي للمسافة (Distance) والازاحة (Displacement) ، وتعرف المسافة بأنها الفراغ المتاح بين نقطتين اما الازاحة فتعرف بأنها الفراغ الموجود بين نقطتين ، ويجب ان نفرق بين المتاح والموجود فالمتاح يعني عدم القدرة على تخطي الموانع و الحواجز الطبيعية او المصطنعة مباشرة إلا بالمرور من فوقها او تحتها او جوانبها مثلما يحدث في تمارينات 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 الازاحة او تكون متساوية في بعض الأحيان ، وفي المجال الرياضي فان المسار الحركي (المسافة) هي المهمة لأنها تفسر الحركة الصحيحة المتاحة.

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

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

(٢٨)

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



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

مربع الإزاحة = مربع ٧٠ متر + مربع ٩٠ متر

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

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

الإزاحة = ١١٤,٠١ متر

(٢٩)

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

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

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

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

المجاور (٧٠ متر)

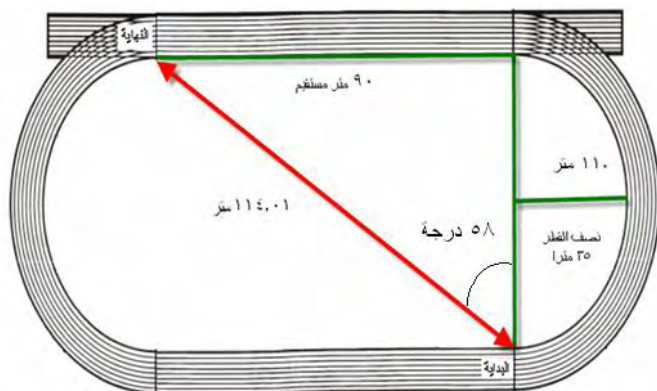
جثا ه =

الوتر (١١٤,٠١)

جثا ه = ٠,٦١٢

اتجاه الإزاحة = ٥٨ درجة عن الخط العمودي

(٣٠)



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

مثال

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

المسافة

الزمن =

السرعة

٢٠٠

الزمن =

٨

الزمن = ٢٥ ثانية

عداء الازاحة سيركض ازاخه قدرها

مربع الازاحة = مربع ٧٠ متر + مربع ٩٠ متر

(٣١)

$$\sqrt{٢٩٠ + ٢٧٠} = \text{الازاحة}$$

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

$$\text{الازاحة} = ١١٤,٠١ \text{ متر}$$

عداء الازاحة سينهي السباق في زمن قدره

$$\frac{\text{الازاحة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}} = \frac{١١٤,٠١}{٨}$$

$$\frac{١١٤,٠١}{٨} = \text{الزمن}$$

$$\text{الزمن} = ١٤,٢٥ \text{ ثانية}$$

وعندما ينهي احد العدائين السباق يكون الاخر على بعد

$$\text{الفرق} = ١١٤,٠١ - ٢٠٠$$

$$\text{الفرق} = ٨٥,٩٩ \text{ متر موقع تواجد عداء المسافة محسوبة من خط النهاية}$$

(٣٢)

التمثيل البياني للمسافة او الازاحة

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

الازاحة



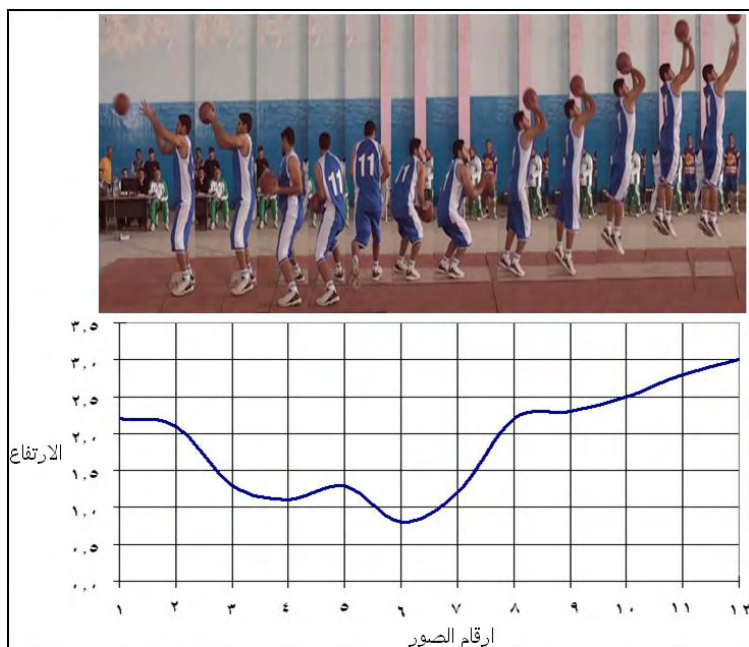
الشكل (٣-٢) : يوضح صور متسلسلة للتصويب من الدوران في كرة السلة



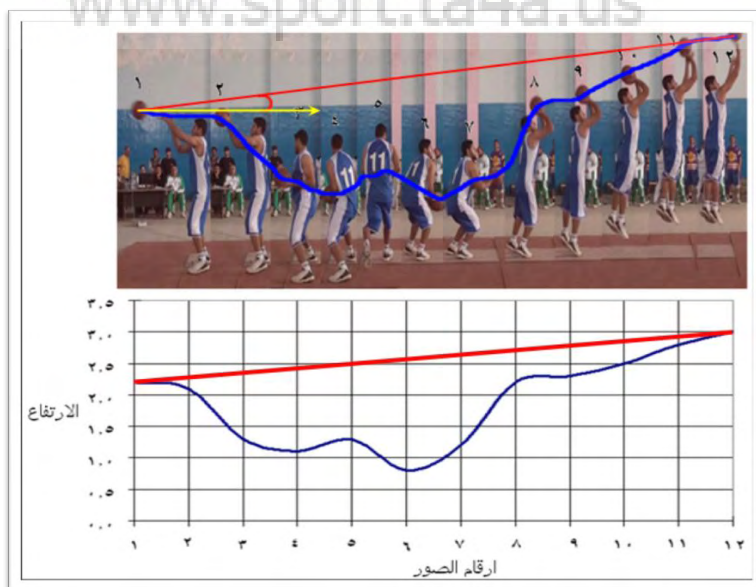
الشكل (٤-٢) : يوضح المسافة التي تقطعها كرة السلة من بداية الحركة وحتى

اطلاقها

(٣٣)



الشكل (٢-٤) : يوضح التمثيل البياني للمسافة التي تقطعها كرة السلة من بداية الحركة وحتى إطلاقها



الشكل (٢-٥) : يوضح التمثيل البياني للمسافة والازاحة التي تقطعها كرة السلة

(٣٤)

السرعة

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

المسافة

السرعة =

الزمن

الازاحة

السرعة المتجهة =

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 ألعاب 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 .

(٣٥)

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

وعندما تتغير سرعة العداء من نقطة الى اخرى يتم احتساب السرعة وفقا 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 احتساب السرعة خلال فترات معينة عند حصول زيادة او نقصان فيها وتسمى بالسرعة اللحظية

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

(٣٦)

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

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

* سرعة الحركة (كما في الالعاب الجماعية)

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

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

١- مرحلة سرعة رد الفعل

٢- مرحلة التدرج في السرعة

٣- مرحلة السرعة القصوى

٤- مرحلة تحمل السرعة

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

مثال:

يقطع عداء ١٠٠ متر ٥٠ متر الاولى بزمن قدره ٦,١٢ ثانية و ٥٠ متر

الثانية بزمن قدره ٥,١٨ ، احسب معدل سرعته في ركض ١٠٠ متر

٥٠

السرعة الاولى =

٦,١٢

السرعة الاولى = ٨,١٧ م/ثا

(٣٧)

$$\frac{50}{5,18} = \text{السرعة الثانية}$$

$$\text{السرعة الثانية} = 9,65 \text{ م/ثا}$$

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

$$\frac{9,65 + 8,17}{2} = \text{معدل السرعة}$$

$$\frac{17,82}{2} = \text{معدل السرعة}$$

$$\text{معدل السرعة} = 8,91 \text{ م/ثا}$$

مثال:

ينطلق عداء ١٠٠ متر من مكعبات البداية ليقطع ٥٠ متر الاولى بزمان قدره ٦,١٢ ثانية ، احسب معدل سرعته في ركض ٥٠ متر بما ان العداء ينطلق من الثبات فسرعته الابتدائية صفر

(٣٨)

$$\frac{50}{6,12} = \text{السرعة النهائية}$$

$$\text{السرعة النهائية} = 8,17 \text{ م/ثا}$$

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

$$\frac{0 - 8,17}{2} = \text{معدل السرعة}$$

$$\text{معدل السرعة} = 4,09 \text{ م/ثا}$$

مثال:

تبين ان اقل زمن يستغرقه الثقل عند انطلاقه من يد الرامي الى لحظة اجتيازه مسافة بقدر قطره قد بلغ ٠,٠٢ ثانية ، احسب السرعة اللحظية لانطلاق الثقل.

بما ان قطر الثقل (١٢ سم) أي (٠,١٢ متر) فان السرعة اللحظية ستبلغ

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

(٣٩)

$$\frac{0,12}{0,02} = \text{السرعة اللحظية}$$

السرعة اللحظية = ٦ م/ثا

السرعة كمية متجهه

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

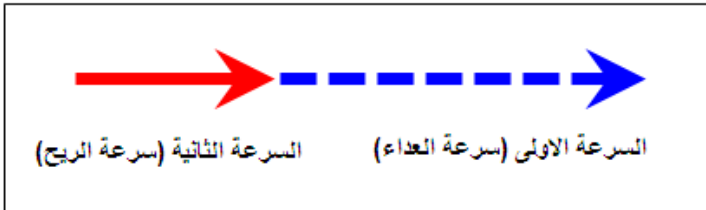
أ- إذا كانت سرعتان في اتجاه واحد فأن محصلتها هي عبارة عن مجموعهما
هندسيا

www.sport.ta4a.us

س(المحصلة) = س١ + س٢

$$= 4 \text{ م/ثا} + 1 \text{ م/ثا}$$

$$= 5 \text{ متر / ثا}$$



الشكل (٦-٢) : يوضح جمع المتجهات

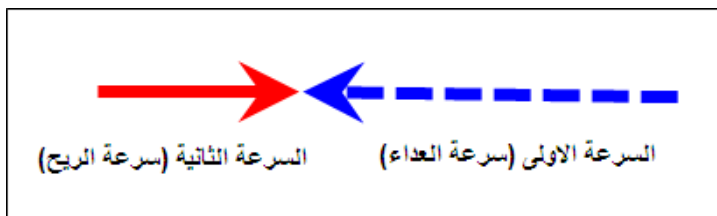
ب- إذا كانت سرعتين متعاكستين فأن محصلتهما النهائية هي الفرق بينهما .

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

$$= 4 \text{ م/ثا} - 1 \text{ م/ثا}$$

$$= 3 \text{ م/ثا}$$

(٤٠)



الشكل (٧-٢) : يوضح طرح المتجهات

ج- اذا كانت سرعتين متعامدتين فيتم استخراج المحصلة عن طريق تطبيق نظرية فيثاغورس

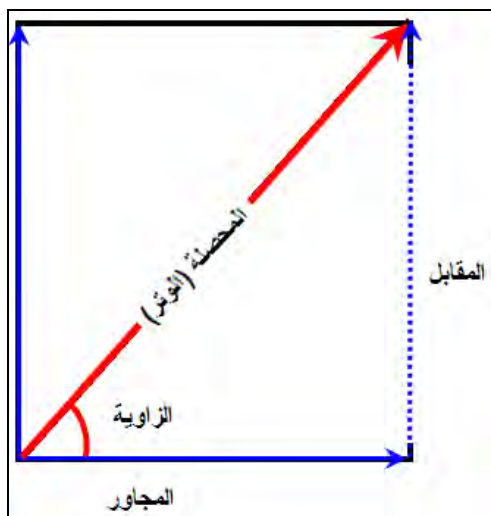
$$\text{محصلة السرعة} = \sqrt{\text{السرعة الاولى}^2 + \text{السرعة الثانية}^2}$$



الشكل (٨-٢) : يوضح تعامد المتجهات

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

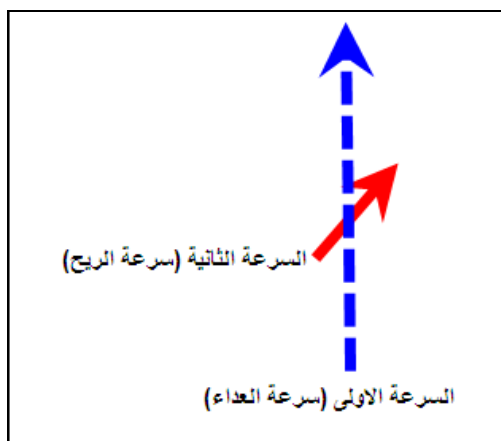
(٤١)



الشكل (٢-٩) : يوضح المحصلة عند تعامد المتجهات

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

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



الشكل (٢-١٠) : يوضح المتجهات بزوايا اقل او اكبر من ٩٠ درجة

(٤٢)

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

السرعة العمودية = الوتر $\times$ جا الزاوية

السرعة الأفقية = الوتر $\times$ جتا الزاوية

$$\left. \begin{array}{l} \text{محصلة} \\ \text{السرعة} = \sqrt{\text{سرعة أولى}^2 + \text{سرعة ثانية}^2} + 2 \times \text{سرعة أولى} \times \text{سرعة ثانية} \times \text{جتا الزاوية} \end{array} \right\}$$

اما الاتجاه فنجد من قانون الظل السابق



الشكل (٢-١١) : 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 ومسافته المختلفة او بين العداء مع عداء اخر ، ويتم تمثيل المحور الافقي (س) للزمن او للنقاط والمحور العمودي (ص) لقيم السرعة ، وكما موضح في المثال ادناه:

(٤٣)

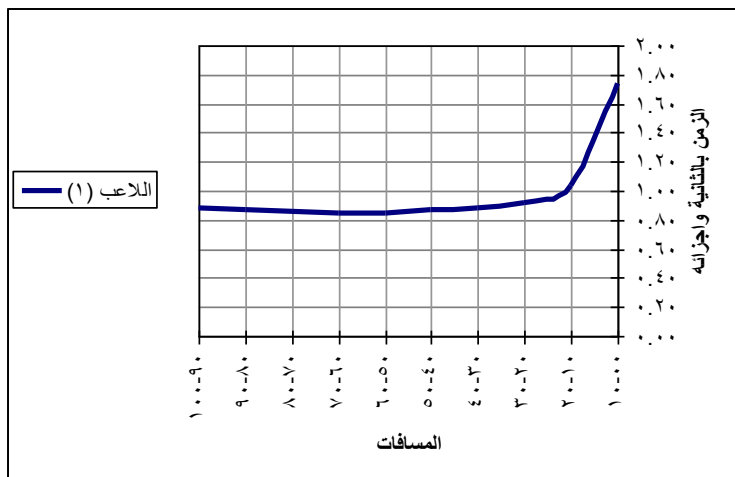
مثال

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

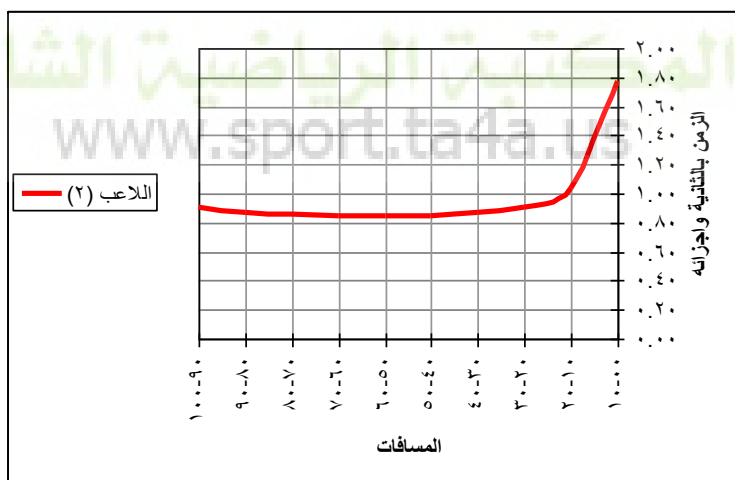
الجدول (١-٢) يبين المقارنة في الزمن ومعدل السرعة بين لاعبين في عدو ١٠٠ متر

معدل السرعة		الزمن				المسافات
اللاعب (٢)	اللاعب (١)	اللاعب (٢)		اللاعب (١)		
		الزمن تراكمي	الزمن لكل جزء	الزمن تراكمي	الزمن لكل جزء	
٥,٦٥	٥,٧٥	١,٧٧	١,٧٧	١,٧٤	١,٧٤	١٠-٠٠
٩,٧١	٩,٦٢	٢,٨	١,٠٣	٢,٧٨	١,٠٤	٢٠-١٠
١٠,٩٩	١٠,٨٧	٣,٧١	٠,٩١	٣,٧	٠,٩٢	٣٠-٢٠
١١,٤٩	١١,٣٦	٤,٥٨	٠,٨٧	٤,٥٨	٠,٨٨	٤٠-٣٠
١١,٧٦	١١,٤٩	٥,٤٣	٠,٨٥	٥,٤٥	٠,٨٧	٥٠-٤٠
١١,٧٦	١١,٧٦	٦,٢٨	٠,٨٥	٦,٣	٠,٨٥	٦٠-٥٠
١١,٧٦	١١,٧٦	٧,١٣	٠,٨٥	٧,١٥	٠,٨٥	٧٠-٦٠
١١,٦٣	١١,٦٣	٧,٩٩	٠,٨٦	٨,٠١	٠,٨٦	٨٠-٧٠
١١,٤٩	١١,٤٩	٨,٨٦	٠,٨٧	٨,٨٨	٠,٨٧	٩٠-٨٠
١١,١١	١١,٣٦	٩,٧٦	٠,٩	٩,٧٦	٠,٨٨	١٠٠-٩٠

(٤٤)

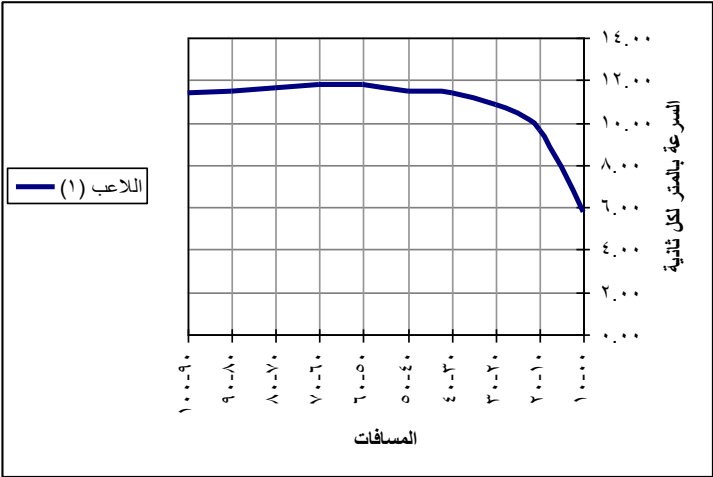


الشكل (٢-١٢) : يوضح المنحنى البياني للزمن وفقا لمسافات السباق للعداء الاول

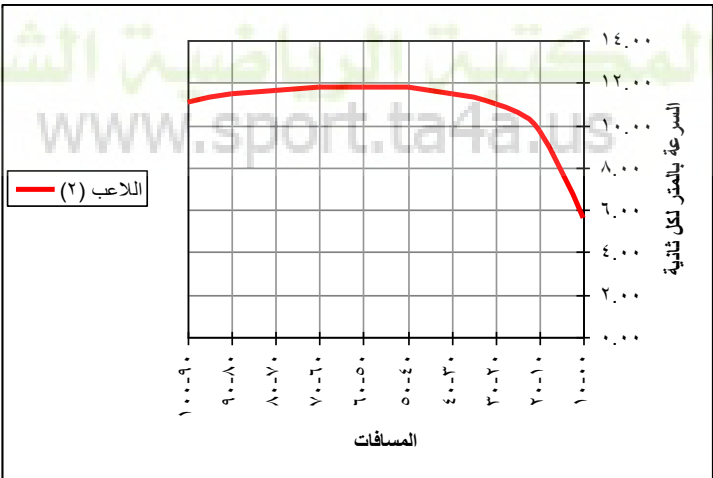


الشكل (٢-١٣) : يوضح المنحنى البياني للزمن وفقا لمسافات السباق للعداء الثاني

(٤٥)

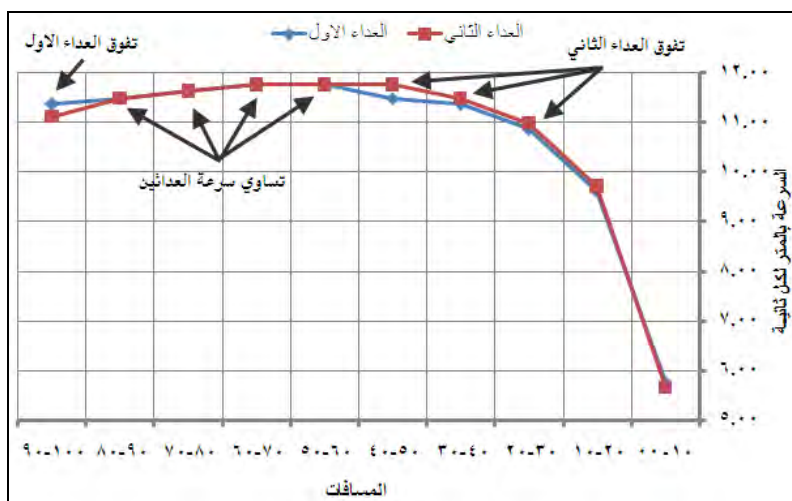


الشكل (٢-١٤) : يوضح معدل السرعة للعداء الاول



الشكل (٢-١٥) : يوضح معدل السرعة للعداء الثاني

(٤٦)



الشكل (٢-١٦) : 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 تؤدي وفق أسس القانون التي تنص على أن يقف اللاعبون على بعد عشرة ياردات عن مكان تواجد الكرة على نقطة الجزاء وإن يكون اللاعب المنفذ معرف من قبل الحكم وإن لا يتحرك حارس المرمى إلى الإمام قبل تنفيذ الركلة وإن

(٤٧)

لا يدخل 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 سبعة أمتار واثان وثلثون سنتمترا وارتفاعه مترين وأربع وأربعون سنتمترا .. والمسافة بين خط المرمى ونقطة الجزاء هي احد عشر مترا ومحيط الكرة (٦٨) - (٧٠) سنتمترا .. وان غالبية الكرات التي تسدد من نقطة الجزاء تتراوح سرعتها بين خمس وسبعون إلى تسعون مترا بالثانية أي بوسط حسابي يبلغ ثمانون مترا بالثانية وهذا يعني إن الكرة تصل إلى خط المرمى في 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 ان حارس المرمى يجب ان تكون سرعته (٣٥) متر في الثانية ليصل إلى حافة القائم أو أكثر من (٣٦) مترا في الثانية للوصول إلى الكرة فيما لو اتجهت إلى الزاوية العليا للمرمى 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 صعبا للغاية إن لم يكن مستحيلا حسابيا وفيزيائيا .. لكن الحقيقة مختلفة تماما حيث أجريت دراسة على (٢٨٦) ركلة جزاء سددت في بطولات دولية مختلفة في معظم أرجاء العالم حيث اكتشفوا حقيقة مهمة وهي إن حراس المرمى اللذين لا يتحركون قبل التسديد يتصدون بنجاح لركلات الجزاء أكثر من اللذين 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

(٤٨)

أربع ركلات جزاء .بيما سجلت ثمان ركلات جزاء من أصل عشرة حتى نهاية الدور الاول في بطولة كاس العالم ٢٠١٠ في جنوب أفريقيا ونسبة ٨٠% ..

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

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



شكل رقم (٢-١٧) : يوضح الكيفية التي يتم بها ركل الكرة والمتغيرات الكينماتيكية

(٤٩)

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 :

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

المكتبة الرياضية الشاملة
www.sport.ta4a.us

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

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

ولتطبيق ذلك يتم قياس عدد الخطوات وإيجاد معدل طول الخطوة بقسمة عددها على المسافة ولنفرض ان عداء استطاع إنهاء السباق بعدد (٤٥ خطوة)

(٥٠)

وعند قسمة المسافة (١٠٠ متر) على عدد الخطوات نحصل على (٢,٢٢ متر/خطوة) معدل طول الخطوة ، ويلاحظ ان وحدة قياس معدل طول الخطوة هي (متر/خطوة)

المسافة

_____ = معدل طول الخطوة

عدد الخطوات

١٠٠

_____ = معدل طول الخطوة

٤٥

المكتبة الرياضية الشاملة
www.sport.ta4a.us

معدل طول الخطوة = ٢,٢٢ متر/خطوة

أما تردد الخطوات فهو عدد الخطوات في وحدة الزمن أي نقسم عدد الخطوات على الزمن النهائي (الانجاز) والنتج هو (٤,٥٠ خطوة/ثانية) أي ان اللاعب يقطع (٤) خطوات ونصف الخطوة في كل ثانية

عدد الخطوات

_____ = معدل تردد الخطوة

الزمن

٤٥

_____ = معدل تردد الخطوة

١٠

(٥١)

معدل تردد الخطوة = ٤,٥ خطوة/ثانية

أما معدل السرعة فيتم حسابها على الشكل الاتي:

$$\text{معدل السرعة} = \frac{2,22}{\text{خطوة}} \times \frac{\text{خطوة}}{4,50} \text{ ثانية}$$

معدل السرعة = ٩,٩٩ م/ثا (الاختلاف البسيط جدا يعود الى التجزئة في بعض الارقام)

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

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

(٥٢)

جدول (٢-٢) : يبين طول وتردد الخطوة في نهائيات عدو ١٠٠ متر

إناث بطولة برلين ٢٠٠٩

Stewart Kerron			Fraser Shelly-Ann			
المسافات	معدل طول الخطوة	معدل تردد الخطوة	السرعة	معدل تردد الخطوة	معدل طول الخطوة	السرعة
٠ - ٢٠	١,٥٩	٤,١٥	٦,٦	١,٥٩	٤,٠٥	٦,٤٤
٢٠ - ٤٠	٢,٠٩	٤,٩١	١٠,٢٦	٢,١٧	٤,٧	١٠,٢
٤٠ - ٦٠	٢,١٩	٤,٨٢	١٠,٥٦	٢,٢٨	٤,٦٥	١٠,٦
٦٠ - ٨٠	٢,١٨	٤,٨٦	١٠,٥٩	٢,٣٣	٤,٦٢	١٠,٧٦
٨٠ - ١٠٠	٢,٢	٤,٦٥	١٠,٢٣	٢,٤٢	٤,٢٨	١٠,٣٦
معدل السرعة كحركة غير منتظمة			٩,٦٥			٩,٦٧
معدل السرعة كحركة منتظمة			٩,٣٢			٩,٣
زمن رد الفعل			٠,١٥			٠,١٧
الانجاز			١٠,٧٣			١٠,٧٥

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

(٥٣)

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 الآخر للحصول على السرعة نفسها وهذا يعود إلى الفروق الفردية في عاملي الطول والقوة المبذولة بين العدائين.

التعجيل (Acceleration)

يعرف بأنه المعدل الزمني لتغير السرعة ، او المعدل الزمني للزيادة او النقصان في السرعة ويسمى بالتعجيل السلبي او الايجابي وهو من الكميات الميكانيكية المتجهة ووحدات قياسه هي م/ثا^٢ او سم/ثا^٢

السرعة

_____ = التعجيل

الزمن

او

السرعة النهائية - السرعة الابتدائية

_____ = التعجيل

الزمن

(٥٤)

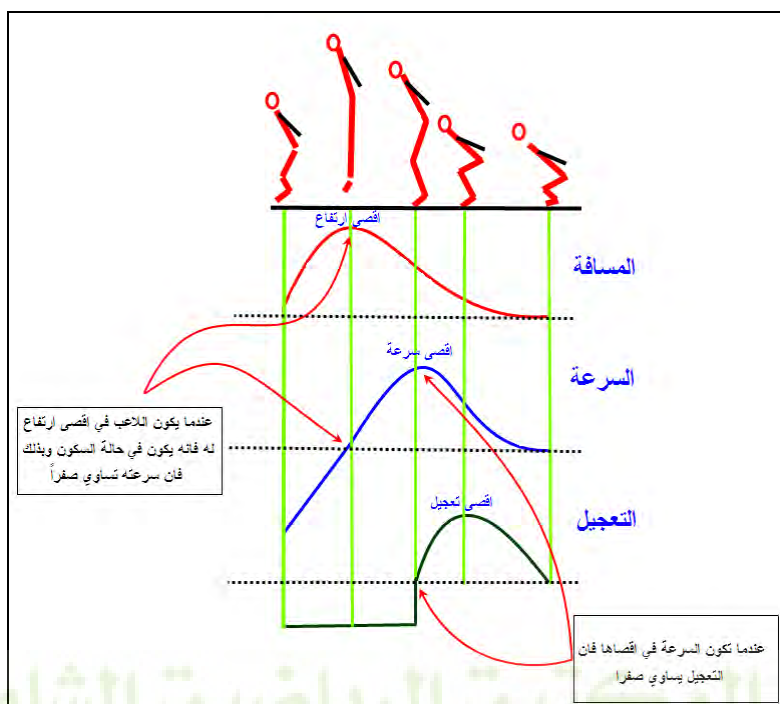
ان وحدة التعجيل هي عبارة عن وحدة سرعة مقسومة على وحدة زمن.

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 ستنتهي بعد وضعه على الارض وصولا الى اقصى انثناء ثم تبدأ هذه الزاوية بالانفراج وفي لحظة اجتياز مركز كتلة الجسم للخط العمودي الوهمي القائم على رجل الاستناد وزيادة الانفراج في زاوية الركبة تؤدي الى ارتفاع مسار نقطة الورك ، ولذلك فان مسار نقطة الورك سيكون على شكل منحنى في تزايد وتناقص ووفقا لذلك فان السرعة ستظهر على شكل مسار منحنى أي في المشي والركض نجد اكثر من منحنى ويتناوب التعجيل وفقا لذلك.

(٥٥)



شكل رقم (٢-١٨) : يوضح العلاقة بين المسافة و السرعة والتعجيل

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

العلاقة بين السرعة والتعجيل

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

(٥٦)

جدول (٣-٢) يبين نتائج العدائين (بولت) و (باول) في بطولة برلين ٢٠٠٩

معدل السرعة		الزمن		المسافة
Powell	Bolt	Powell	Bolt	
٥,٣٥	٥,٢٩	١,٨٧	١,٨٩	١٠
٩,٧١	١٠,١	٢,٩	٢,٨٨	٢٠
١٠,٨٧	١١,١١	٣,٨٢	٣,٧٨	٣٠
١١,٣٦	١١,٦٣	٤,٧	٤,٦٤	٤٠
١١,٧٦	١٢,٠٥	٥,٥٥	٥,٤٧	٥٠
١١,٩	١٢,٢	٦,٣٩	٦,٢٩	٦٠
١١,٩	١٢,٣٥	٧,٢٣	٧,١	٧٠
١١,٧٦	١٢,٢	٨,٠٨	٧,٩٢	٨٠
١١,٦٣	١٢,٠٥	٨,٩٤	٨,٧٥	٩٠
١١,١١	١٢,٠٥	٩,٨٤	٩,٥٨	١٠٠

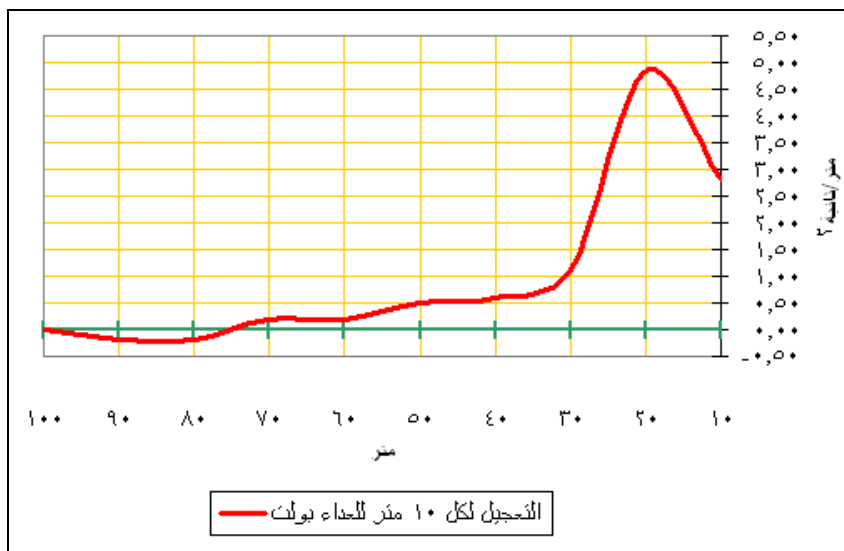
جدول (٤-٢) يبين التعجيل للعداء الجاميكي (بولت) في بطولة برلين ٢٠٠٩

المسافات	الازمنة	السرعة	فرق الزمن	فرق السرعة	التعجيل
١٠	١,٨٩	٥,٢٩	١,٨٩	٥,٢٩	٢,٨
٢٠	٢,٨٨	١٠,١	٠,٩٩	٤,٨١	٤,٨٦
٣٠	٣,٧٨	١١,١١	٠,٩	١,٠١	١,١٢
٤٠	٤,٦٤	١١,٦٣	٠,٨٦	٠,٥٢	٠,٦
٥٠	٥,٤٧	١٢,٠٥	٠,٨٣	٠,٤٢	٠,٥١
٦٠	٦,٢٩	١٢,٢	٠,٨٢	٠,١٥	٠,١٨
٧٠	٧,١	١٢,٣٥	٠,٨١	٠,١٥	٠,١٩
٨٠	٧,٩٢	١٢,٢	٠,٨٢	٠,١٥-	٠,١٨-
٩٠	٨,٧٥	١٢,٠٥	٠,٨٣	٠,١٥-	٠,١٨-
١٠٠	٩,٥٨	١٢,٠٥	٠,٨٣	٠	٠

(٥٧)

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

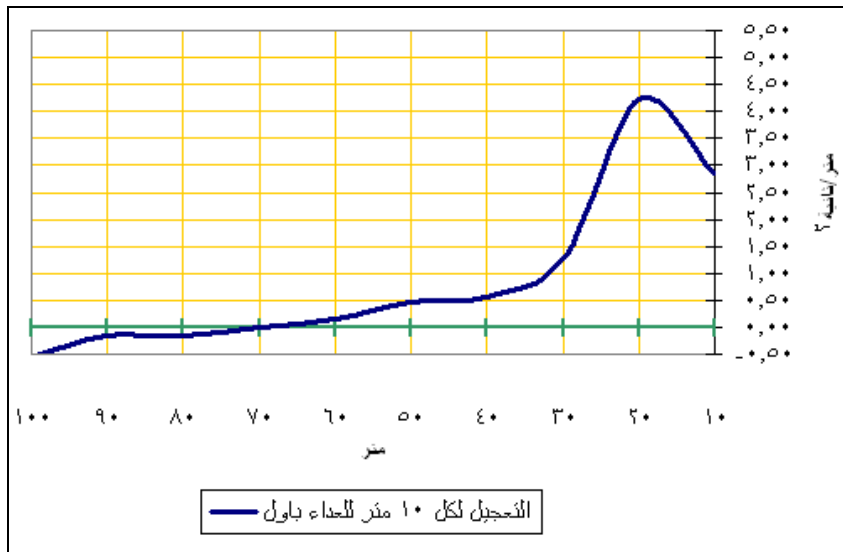
المسافات	الازمنة	السرعة	فرق الزمن	فرق السرعة	التعجيل
١٠	١,٨٧	٥,٣٥	١,٨٧	٥,٣٥	٢,٨٦
٢٠	٢,٩	٩,٧١	١,٠٣	٤,٣٦	٤,٢٣
٣٠	٣,٨٢	١٠,٨٧	٠,٩٢	١,١٦	١,٢٦
٤٠	٤,٧	١١,٣٦	٠,٨٨	٠,٤٩	٠,٥٦
٥٠	٥,٥٥	١١,٧٦	٠,٨٥	٠,٤	٠,٤٧
٦٠	٦,٣٩	١١,٩	٠,٨٤	٠,١٤	٠,١٧
٧٠	٧,٢٣	١١,٩	٠,٨٤	٠	٠
٨٠	٨,٠٨	١١,٧٦	٠,٨٥	٠,١٤-	٠,١٦-
٩٠	٨,٩٤	١١,٦٣	٠,٨٦	٠,١٤-	٠,١٦-
١٠٠	٩,٨٤	١١,١١	٠,٩	٠,٥٢-	٠,٥٧-



شكل رقم (٢-١٩) : يوضح المنحنى البياني للتعجيل للعداء (بولت) بطولة برلين

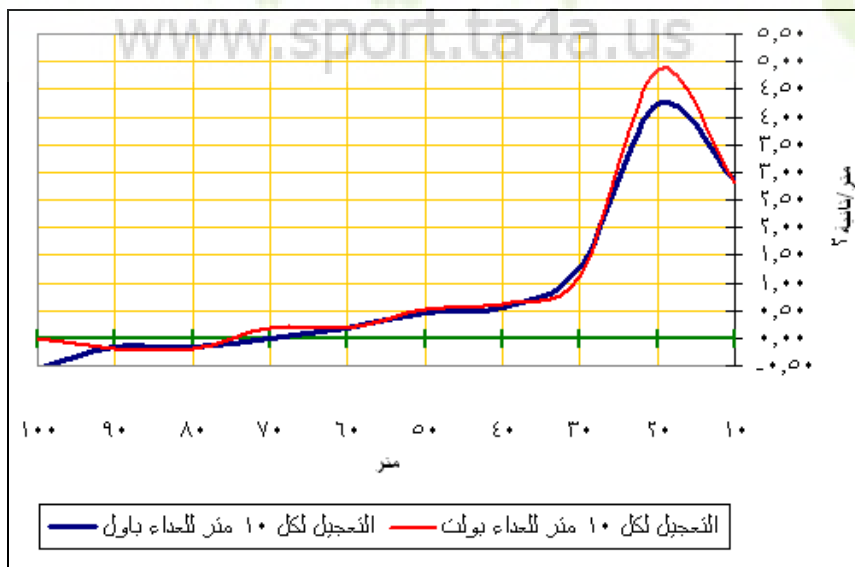
٢٠٠٩

(٥٨)



شكل رقم (٢٠-٢) : يوضح المنحنى البياني للتسريع للعداء (باول) بطولة برلين

٢٠٠٩



شكل رقم (٢١-٢) : منحنى بياني يوضح المقارنة بالتسريع بين العداء (بولت

وباول)

(٥٩)

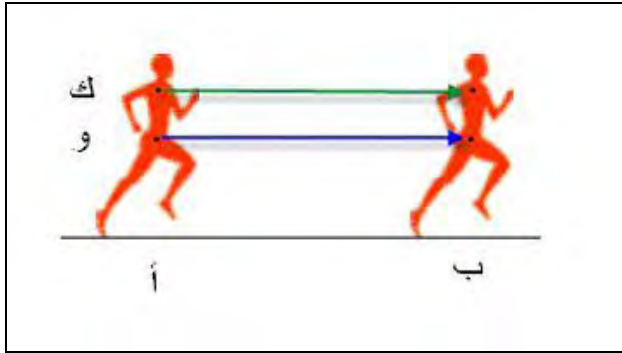
من الأشكال السابقة يمكن وصف التعجيل بأنه السرعة التي يكتسبها الجسم تحت تأثير قوة خارجية يتحرك بها وتكون في حالة تزايد في بداية السباق ثم يتناقص وفقا لميل السرعة الى الثبات حتى يصل الى قيمة الصفر عندما تثبت او تتكرر قيمة السرعة وتبقى العلامة موجبة (+) ولكن تقل مقاديرها ثم تبدأ السرعة بالتناقص بعد انتهاء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

المسافة والازاحة الزاوية (الدائرية)

جميع الحركات التي تؤدي على محور وهمي أو حقيقي، خارجي أو داخلي فإنها حركات دائرية.

إن لأية دائرة بداية ونهاية، ومن المعروف أن زاوية أية دائرة هي (٣٦٠ درجة) تبدأ من (الصفر) بعكس عقرب الساعة وتنتهي في (٣٦٠ درجة).

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

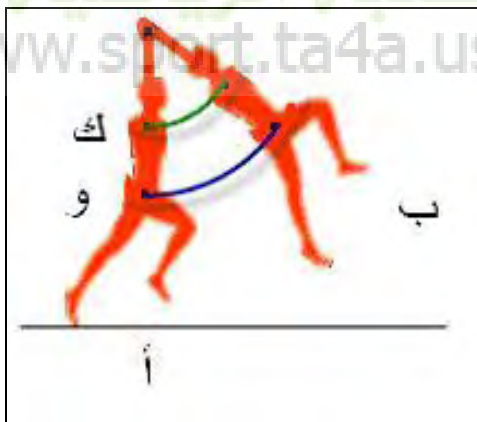


شكل رقم (٢-٢٢) : يوضح المسار الخطي لمفصل الورك والكتف في الركض

(٦٠)

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

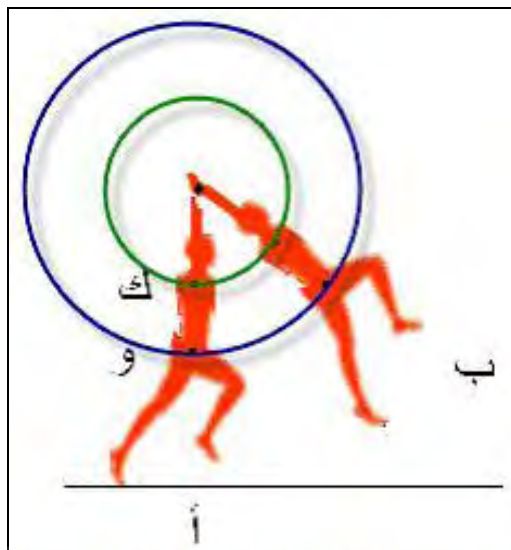
أما إذا راقبنا هاتين النقطتين على اللاعب نفسه وهو يؤدي المرحجة على جهاز العقلة وكما في الشكل التالي ، فإننا نلاحظ اختلاف في مدى حركة النقطتين فالمدى الحركي لنقطة الورك اكبر من المدى الحركي لنقطة الكتف أو بصياغة أخرى فإن المسافة التي تتحركها نقطة الورك اكبر من المسافة التي تتحركها نقطة الكتف، قارن الاشكال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



شكل رقم (٢-٢٣) : يوضح المسار الدائري لمفصل الورك

والكتف في المرحجة على العقلة

(٦١)



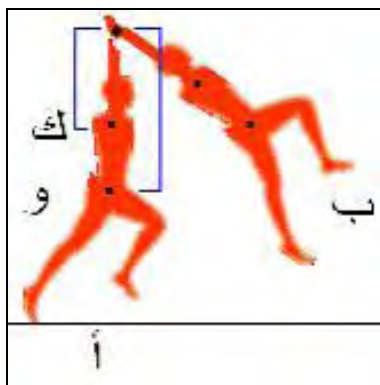
شكل رقم (٢-٢٤) : يوضح الدوائر التي يمكن رسمها لمفصل الورك والكشف في المراجعة على العقلة

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 إلا أن سرعة النقطة (و) لا تساوي سرعة النقطة (ك)، وهذا هو الاختلاف الثاني بين الحركات الخطية والحركات الدائرية، فالاختلاف الأول وجود المحور. أما الاختلاف الثاني فهو نصف القطر

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

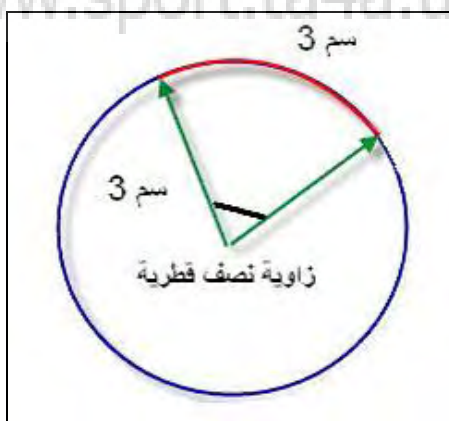
- ١- مدى حركة (و) اكبر من مدى حركة (ك)
- ٢- بعد نقطة (و) اكبر من بعد نقطة (ك)
- ٣- سرعة نقطة (و) اكبر من سرعة نقطة (ك)

(٦٢)



شكل رقم (٢-٢٥) : يوضح اختلاف ابتعاد لمفصل الورك والكتف من محور العقلة

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



شكل رقم (٢-٢٦) : 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 :

(٦٣)

قيمة الزاوية

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

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

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

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

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

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

إن وحدة الزاوية في المعادلة رقم (١) بالدرجة أما قيمة الزاوية في المعادلة رقم (٢) فإنها بدون وحدة لان طول القوس بالمتراً أو السنتيمتر وكذلك وحدة نصف القطر فتكون وحدة هذه الزاوية هي (م/م=١). اما المساحة المحصورة بين ضلعي نصف القطر وطول القوس تسمى بالقطاع ، ونلاحظ وجود عدد (٦,٢٨) قطاعا في الدائرة الواحدة وزاوية كل قطاع (زاوية نصف قطرية) هي ٥٧,٣٢٤ درجة

(٦٤)

علاقة السرعة المحيطية بالسرعة الزاوية

نفترض بان

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية

أي أن م / ثا = درجة / ثا

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

نعرف مسبقا بان

قيمة الزاوية

السرعة الزاوية =

الزمن

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

www.sport.ta4a.us

الزاوية نصف قطرية

السرعة الزاوية = - - (٢)

الزمن

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

١

السرعة الزاوية = × م

ثا

(٦٥)

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

الآن

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

من المعادلة أعلاه نستنتج ما يأتي

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

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

ولكي نثبت ذلك نفترض السؤال الآتي:

تحرك جسم من نقطة (أ) إلى نقطة (ب) بزمّن قدره (٠,٣ ثا) وقطع زاوية مقدارها (٩٠ درجة) وكان بعد هذا الجسم عن محور الدوران (٠,٠٦ متر). احسب السرعة المحيطية واحسب السرعة المحيطية عند مضاعفة نصف القطر.

الحل:

نحول قيمة الزاوية من وحدة الدرجة إلى وحدة نصف قطرية

الزاوية = طول القوس \ نصف القطر

$$\text{طول القوس} = ٠,٠٦ \times ٩٠$$

$$= ٥,٤ \text{ م.درجة}$$

نقسم الرقم أعلاه على قيمة القطاع (درجة الزاوية نصف القطرية والبالغة ٥٧,٣

وهي ثابتة فنتخلص من وحدة الدرجة

$$٥,٤$$

$$\text{طول القوس} =$$

$$٥٧,٣$$

(٦٦)

طول القوس = ٠,٠٩ م

٠,٠٩

قيمة الزاوية نصف قطرية =

٠,٠٦

قيمة الزاوية نصف قطرية = ١,٥ بدون وحدة

١,٥

السرعة المحيطية =

٠,٣

السرعة المحيطية = ٠,٣٠ م/ثا

أما إذا كان نصف القطر (٠,١٢ = ٢ × ٠,٠٦)

طول القوس = ٠,١٢ × ٩٠

طول القوس = ١٠,٨ درجة.م

١٠,٨

طول القوس =

٥٧,٣

طول القوس = ٠,١٩ م

٠,١٩

قيمة الزاوية نصف قطرية =

٠,١٢

(٦٧)

قيمة الزاوية نصف قطرية = ١,٥٨ بدون وحدة

$$1,58$$

$$\text{السرعة المحيطية} = \frac{1,58}{0,3} \times 0,12$$

$$\text{السرعة المحيطية} = 0,63 \text{ م/ثا}$$

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

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

أما إذا تكررت هذه الدورة مثلا لعدة مرات فان الإزاحة الزاوية تكون لمرة واحدة مطرقة تدور ٣ دورات ، إذا علمنا إن كل دورة هي ٣٦٠ درجة فان المسافة الزاوية هي (٣ × ٣٦٠)

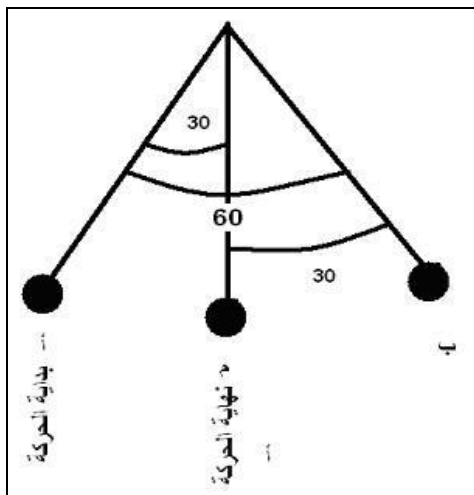
أما الإزاحة الزاوية فهي (١ × ٣٦٠)

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

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

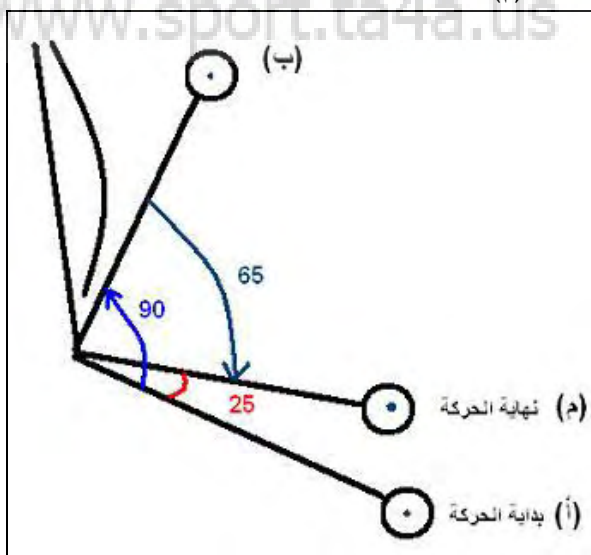
$$\text{الازاحة الزاوية} = ٣٠$$

(٦٨)



شكل رقم (٢-٢٧) : يوضح الزوايا المتوقعة في مرجحة حرة لجسم (بندول)

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



شكل رقم (٢-٢٨) : يوضح الزوايا المتوقعة في تمرين رفع الثقل على الذراع

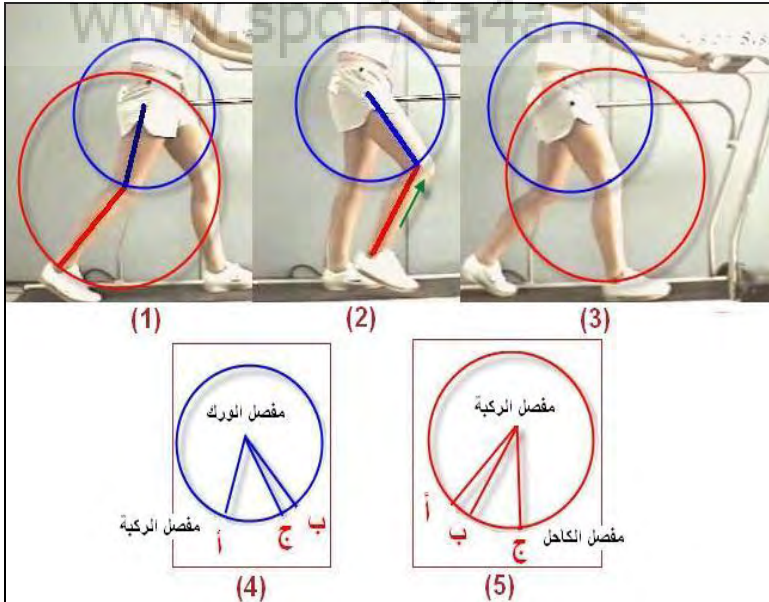
(كيرل)

(٦٩)

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

تحليل مسار نقطتين في الجسم عند الركض على جهاز الحزام السيار

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



شكل رقم (٢٩-٢) : يوضح مسار نقطتين في الجسم عند الركض على جهاز الحزام السيار

(٧٠)

- الصورة رقم (١) بداية الحركة نلاحظ دائرة كبيرة لمفصل الكاحل ودائرة صغيرة لمفصل الركبة ، وسبب ذلك ان الساق اطول من الفخذ
- الصورة رقم (٢) اثناء الحركة نلاحظ ان اتجاه حركة الكاحل يكون بشكل مباشر الى مركز الدائرة مما يجعلنا نتوقع ان المسار على محيط الدائرة سيكون صغيرا ويتزامن مع هذا الحدث انتقال كبير في مسار الركبة ، يلاحظ الصورة رقم (٤) المسافة بين نقطة (أ وب) للركبة ويقارن مع المسافة بين النقطتين نفسيهما في الصورة (٥) اذ نجد ان المسافة قليلة بين (أ و ب) وهذا يعود لعدم وجود مرجحة في الساق وانما رفع مباشر من خلال الفخذ.
- الصور رقم (٣) يحدث مرجحة في الساق وتتجه الركبة في حركة الى الخلف (قارن مع الصورة رقم (٤) لتجد ان (ج) وهي نهاية الحركة ستكون قبل (ب) كحدث مكاني وليس زمني) ، اما في الصورة رقم (٥) فنجد ان الحدث المكاني بين (ب و ج) حدث متسلسل . علما ان اتجاه الحركة من اليمين الى اليسار . ونستنتج من ذلك ان الازاحة الزاوية للركبة هي (أ) و (ج) ، اما للكاحل فهي ايضا (أ) و (ج) ولكنهما مختلفان في الحدث المكاني ومتفقان في الحدث الزمني وان الازاحة الزاوية في الصورة (٤) والخاصة بمفصل الركبة اصغر من الازاحة الزاوية في الصورة رقم (٥) لمفصل الكاحل مناسب لتلك اللعبة.

المقذوفات في المجال الرياضي

أي أداة أو جسم يكسر اتصاله مع شيء آخر وبزاوية معينة يسمى أو تسمى مقذوف ، فمثلا لاعب الوثب الطويل يكسر اتصاله مع لوحة الارتقاء في مرحلة الارتقاء بزاوية معينة وهنا نطلق على اللاعب مصطلح مقذوف ، كذلك عند المناولة في كرة السلة او الاعداد في الكرة الطائرة فان الاداة يكسر اتصاله مع يد

(٧١)

اللاعب فتسمى الكرة مقذوف ، ولا يختلف الموضوع كثيرا عندما يطلق الحكم في بداية الشوط كرة السلة الى الاعلى فان الكرة ستنتقل إلى الأعلى بزواوية قائمة (الطيران الحر) وبسرعة معينة تتباطأ وتتوقف ثم تبدأ بالرجوع بتسارع إلى نقطة انطلاقها او نقطة اعلى من نقطة انطلاقها (السقوط الحر) وكذلك يحدث عند لاعب الترامبولين واللاعب الذي يؤدي مهارة الضرب الساحق بالكرة الطائرة والفرد الخاضع لاختبار سارجنت (الوثب العمودي) ، ان هذا العمل بشكل بسيط سيقع تحت تأثير قانون الجذب ، والذي ينص على ان الأداة أو الجسم يسقط في الفراغ بتعجيل ثابت مقداره (٩,٨١) متر في الثانية لكل ثانية، ومثلما أسلفنا سابقا فان كرة السلة عند سقوطها من السكون فان سرعتها ستبلغ بعد ثانية واحدة (٩,٨١) م/ثا وفي الثانية الثانية تصبح سرعتها (٩,٨١+٩,٨١=١٩,٦٢) ، فلو استغرقت الكرة عند سقوطها زمنا قدره (٣ ثانية) فانها ستصدم الأرض بسرعة مقدارها (٢٩,٤٣ م/ثا). وفقا للقانون:

www.sport.ta4a.us

السرعة

_____ = الجذب

الزمن

السرعة = الجذب × الزمن

السرعة = ٩,٨١ × ٣

السرعة = ٢٩,٤٣ م/ثا

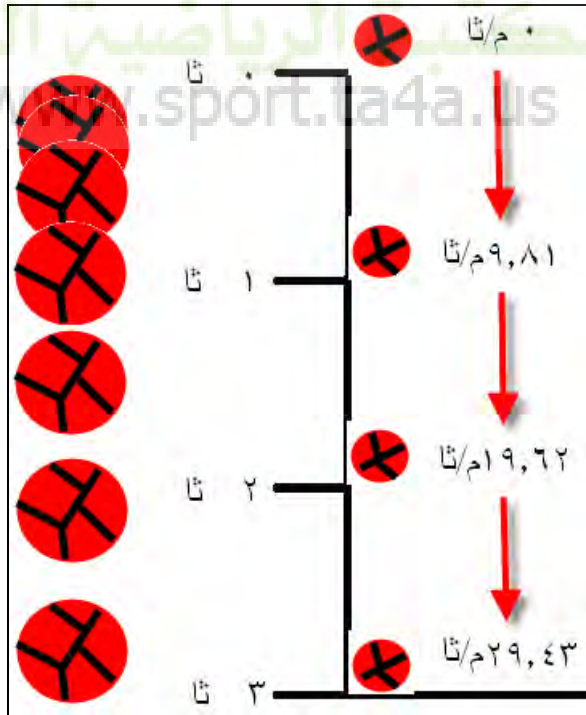
والمقذوفات بزوايا اقل من القائمة تحدث في شكلين اولهما تساوى نقطتي الانطلاق والهبوط والآخر تباين النقطتين ففي تباين النقطتين قد تكون نقطة الانطلاق اعلى من نقطة الهبوط مثلما يحدث في دفع الثقل او رمي الرمح او قد

(٧٢)

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

- ١- الزمن الذي يستغرقه المقذوف.
- ٢- أقصى ارتفاع يبلغه الجسم المقذوف.
- ٣- المسافة الأفقية التي يقطعها الجسم المقذوف.



شكل رقم (٢-٣٠) : يوضح السقوط الحر لكرة السلة

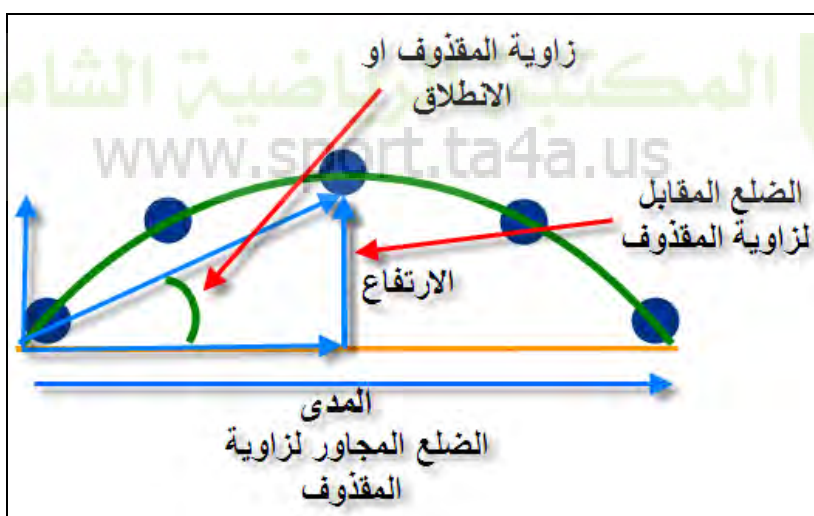
(٧٣)

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

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

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

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



شكل رقم (٣١-٢) : يوضح مصطلحات المقذوف

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

(٧٤)

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

٥- طالما ان الارتفاع العمودي أو السرعة العمودية تحددها الجذب الأرضي فإن زمن الوصول الى أقصى ارتفاع (الارتفاع العمودي) يتم حسابه بوجود الجذب الأرضي.

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

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

٨- يتم حساب أقصى ارتفاع يصله المقذوف من خلال القانون الآتي

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

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

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

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

(٧٥)

السرعة × جيب الزاوية

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

١١- يتم حساب المسافة الأفقية وفقا للقانون ادناه:

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

١٢- عندما تكون زاوية المقذوف (٩٠ درجة) فان قيمة جيب الزاوية هي (١) وعندما تكون زاوية المقذوف (٤٥) درجة فان قيمة جيب الزاوية (٠,٥) لذلك فان أي قيمة نضربها في جيب الزاوية (٩٠) تبقى مثلما هي اما عند ضربها في جيب الزاوية (٤٥) فان القيمة تقل الى النصف ، وعليه فان افضل زاوية للحصول على افضل مسافة افقية محسوبة بـ (٢ × جيب الزاوية) .

مثال :

في الشكل ادناه لاعب مهاجم يحاول ان يعطي مناوله عالية الى زميله وهذا يعني ان الكرة ستصبح مقذوفا أي بحاجة الى سرعة وزاوية ، ومن وجهة فان زميله يجب ان يتحرك كما ان اللاعب المدافع قد اكتشف خطة المناولة فتتحرك لحظة المناولة لقطع مسار الكرة فلو افترضنا ان اللاعب المدافع سيقطع مسار الكرة في منتصف المسافة أي يحتاج الى التوقيت المناسب وهذا يتطلب معرفة زمن وصول الكرة لأقصى ارتفاعها ، ومن ناحية اخرى فان المطلوب من اللاعب المهاجم هو

(٧٦)

القفز لقطع المسار لان مسار الكرة عالي . فلو بلغت السرعة الابتدائية للكرة (١٢ م/ثا) وبزاوية (٣٥ درجة) . ما هو المطلوب من اللاعب المدافع؟



شكل رقم (٢-٣٢) : يوضح التخطيط لقطع الكرة في كرة القدم وفقا لقانون المقذوفات

(السرعة × جيب الزاوية)²

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

٢(٠,٥٧٣٦ × ١٢)

$$\frac{\quad}{9,81 \times 2} = \text{أقصى ارتفاع}$$

(٧٧)

$$\frac{(12 \times 0,5736)^2}{9,81 \times 2} = \text{أقصى ارتفاع}$$

المطلوب من اللاعب المدافع ان يرتفع
أقصى ارتفاع = ٢,٤١ متر اعلى من (٢,٤١ متر) لقطع مسار الكرة

السرعة × جيب الزاوية

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

$$12 \times 0,5736$$

$$\frac{12 \times 0,5736}{9,81} = \text{زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع}$$

$$9,81$$

زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع = ٠,٧٠ ثانية
المطلوب من اللاعب المدافع ان يصل خلال اقل من (٠,٧٠ ثانية) لأقصى ارتفاع للكرة

$$2 \times 0,70 = \text{الزمن الكلي (للمسافة الأفقية)}$$

الزمن الكلي = ١,٤٠ ثانية الى المكان المتوقع لتواجد الكرة خلال (للمسافة الأفقية)
المطلوب من اللاعب الزميل ان يصل (١,٤٠ ثانية)

(٧٨)

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

$$1,40 \times 0,8192 \times 12 = \text{المسافة الأفقية}$$

الكرة ستقطع مسافة قدرها
 (١٣,٧٦ مترا) هل هذه مسافة
 كافية لكي يستلم الزميل الكرة
 دون مشاكل من اللاعب المدافع

المسافة الأفقية = ١٣,٧٦ متر

اللاعب المهاجم الذي
 سيسلم الكرة يجب ان
 يتحرك من مكانه الى
 الموقع المتوقع لسقوط
 الكرة بسرعة مقدارها

١٣,٧٦ متر

معدل سرعة الكرة = $\frac{9,83 \text{ م/ثا}}{1,40 \text{ ثانية}}$ =

(٧٩)

تباين مستويات الانطلاق والهبوط

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

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

$$\frac{(السرعة \times جيب الزاوية)^2 + (السرعة \times جيب الزاوية) + (الارتفاع \times فرق الارتفاع)}{2}$$

الزمن

= الكلي

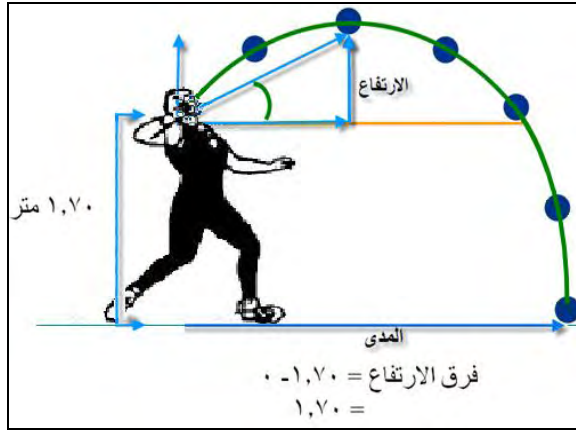
ان القانون اعلاه يصلح حتى اذا كان فرق الارتفاع صفرا أي ان مستوى الانطلاق يساوي مستوى الهبوط

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

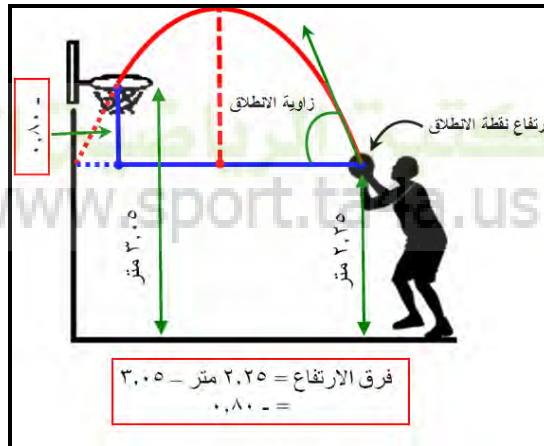
$$المسافة = السرعة المحصلة \times جيب تمام زاوية المقذوف \times الزمن الكلي$$

الأفقية

(٨٠)



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



شكل رقم (٢-٣٤) : يوضح نقطة ارتفاع المقذوف (كرة السلة) وفرق الارتفاع عن الارض

(٨١)

الفصل الثالث

(الكينيتيك Kinetics)

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

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

قوانين نيوتن في الحركات الخطية

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

- القانون الاول (قانون القصور الذاتي inertia) :

(كل جسم يحاول الاستمرار في سكونه او حركته ما لم تؤثر فيه قوة اخرى لتغير حالته)

ان القصور يعني العجز والذات يعني الشيء نفسه ويعني ذلك ان الجسم قاصر على تحريك ذاته بذاته الا بوجود قوة كما انه عاجز على ايقاف ذاته بذاته الا

(٨٢)

بوجود قوة ، فعاء المائة متر لا يمكنه الانطلاق من مسندي البداية الا بتسليط قوة مع اتجاه الحركة ولايستطيع بعد تحركه التوقف الا بتسليط قوة معاكسة لاتجاه حركته ، ويعتمد طول الفترة الزمنية وطول المسافة التي يتوقف فيها على مقدار القوة التي يستخدمها للايقاف . وتساعد الاستمرارية في تكامل الواجب الحركي فمثلا يصعب على قافز العريض ان يقفز الى مسافة معينة ويتكنيك 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 ١٠م/ثا يتطلب الامر قدرا معيناً من القوة ، اما اذا كان الجسم نفسه في حالة حركة ولو بطيئة فلاكسابه السرعة نفسها عندئذ تكون القوة المستخدمة اقل من الحالة الاولى ، وهذا يفسر لنا اهمية الحركات التحضيرية في كثير من الفعاليات الرياضية.

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

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

وهي :

- كتلة الجسم ... كلما كانت الكتلة كبيرة كلما امتلك الجسم قصورا كبيرا مثل رياضة السومو او المصارعة بالاجسام الضخمة.
- طبيعة الارض او السطح الذي تتم عليه الحركة ... يمتلك الجسم قصورا كبيرا على الاراضي الخشنة أي يصعب تحريكه بسهولة في حين يمتلك قصورا اقل في الاراضي الزلقة او الجليدية.

(٨٣)

- 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:-

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

$$ق = ك \times ج$$

ق

$$\frac{\text{ق}}{\text{ك}} = ج$$

ك

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

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

(٨٤)

$$ق = ك \times ج$$

بما ان

$$س٢ - س١$$

$$ج = \frac{\quad}{\quad}$$

ن

اذن

$$(س٢ - س١)$$

$$ق = ك \times \frac{\quad}{\quad}$$

ن

ويوضح القانون اعلاه العلاقة العكسية بين القوة والزمن

ق × ن = ك × (س٢ - س١)
 ان الطرف اليمين من المعادلة اعلاه يعني (الدفع) اما الطرف اليسار
 فيعني (التغير في الزخم او كمية الحركة)

مثال :

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

$$ك \times س$$

$$ق = \frac{\quad}{\quad}$$

الزمن

$$ك \times ٦$$

$$\frac{\quad}{\quad} = ١٢٠$$

٣

(٨٥)

$$ك \times 6 = 3 \times 120$$

$$\frac{3 \times 120}{6} = ك$$

$$ك = 60 \text{ كغم كتلة الجسم}$$

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

مثال :

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

القوة الذي يبذلها العداء ذو الكتلة ٩٠ كغم

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

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

(٨٦)

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

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

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

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

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

$$900 \text{ نيوتن} = \text{القوة}$$

القوة الذي يبذلها العداء ذو الكتلة ١٠٠ كغم

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

$$1000 \text{ نيوتن} = \text{القوة}$$

(٨٧)

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

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

ان القيام بحركة معينة تتم من خلال قوة يصدرها الرياضي ويعبر عن تلك القوة بمصطلح الفعل ونتيجة لهذا الفعل يحصل على قوة مضادة ومساوية لمقدار الفعل يطلق عليها رد الفعل ، وفي المجال الرياضي قد يكون هذا الفعل كيميائيا ويكون رد الفعل ميكانيكيا ، فاثارة موقع معين من الجسم بنبضة كهربائية او اثارته بصوت الاطلاقه يقابله حركة في العضلة بنفس قوة الاثارة فاذا كانت الاثارة كبيرة قوبلت برد كبير والعكس صحيح ، وقد تكون عملية الفعل ورد الفعل بين عظمين تشدهما عضلة ، اما الاستفادة من المحيط في تعزيز رد الفعل فيتضح كثيرا في المجال الرياضي 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 لا يأخذ 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 .

(٨٨)

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 :

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

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

وفي حركات الوثب والقفز تساهم حركات الذراعين من خلال الممرجة في زيادة كمية الحركة الدورانية لحظة النهوض ، فنجد ان واثب الطويل يقوم بحركات بندولية ودورانية للذراعين والرجلين في الطيران مما يؤدي الى ايقاف الدوران حول المحور الجانبي ، ويحاول الواصلب المحافظة على توازنه اثناء طيرانه بالمحافظة على وضع الجذع قبل الهبوط ، فعند المشي في الهواء تكون قيمة عزم القصور الذاتي مختلفة عما عليه في التعلق حيث تعمل رجل النهوض والذراع المقابلة لها على ايقاف حركة الدوران للأمام ، بينما في الانواع الاخرى عند المشي

(٨٩)

فان الفعل الاساسي لاييقاف الدوران هي حركة رجل النهوض والذراع الاخرى ،
وكمية الحركة الدورانية لحظة النهوض (الارتقاء) تنتج عن اتصال القدم مع سطح
الارض وحركة الذراعين تزيد من كمية الحركة الزاوية لحظة النهوض .
كمية الحركة الدورانية = الكتلة $\times$ نق $\times$ السرعة الزاوية

القوة (Force):

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

يمكننا تقسيم تأثير القوة الى :-

١ . التأثير الديناميكي (الحركي) : ان تأثير القوة في هذه الحالة يسبب

حدوث الحركة كما في حالة دفع الجسم او تحريك جزء من اجزاء

الجسم لاداء حركة معينة.

٢ . التأثير الاستاتيكي (الثابت) : يحدث هذا النوع من التأثير عندما

تستخدم قوة للتغلب على مقاومة كبيرة جدا بحيث لا تتمكن القوة من

التغلب على القصور الذاتي لتلك المقاومة .

مواصفات القوة

للقوة اربعة مواصفات مهمة وهي:

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

(٩٠)

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



شكل (١-٣) 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 :-

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

$$م = ق١ + ق٢$$

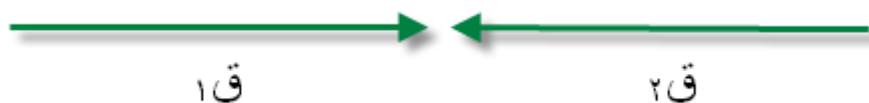
(٩١)



شكل (٢-٣) يوضح جمع القوى

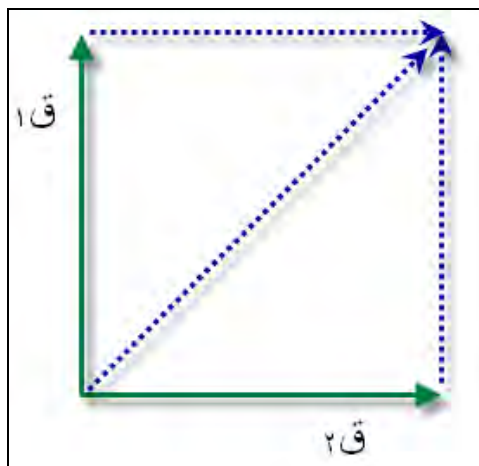
- إذا أثرت قوتان في جسم ، وكانت القوتان في اتجاه متعاكس ، فإن محصلة القوتان أي الفعل التأثيري لهما هي الفرق الجبري بينهما ، واتجاه المحصلة باتجاه القوة الكبيرة.

$$Q_2 - Q_1 = Q$$



شكل (٣-٣) يوضح طرح القوى

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



شكل (٤-٣) يوضح تعامد القوى

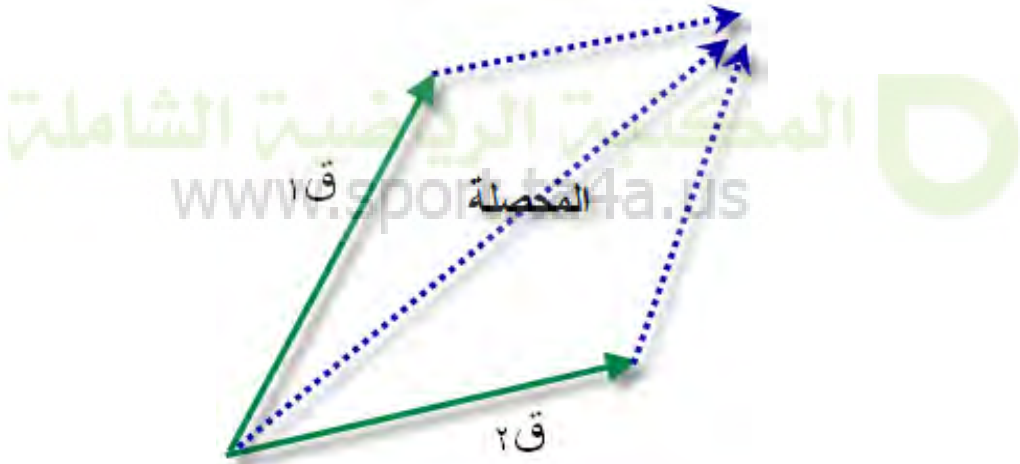
(٩٢)

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

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

(في الزوايا الحادة) أقل من ٩٠ درجة

$$\sqrt{ق_1^2 + ق_2^2 + ٢ ق_١ ق_٢ \times جتا هـ} = \text{المحصلة}$$



شكل (٣-٥) يوضح رسم المحصلة في الزوايا التي تقل عن ٩٠ درجة بين القوى

مثال :

أثرت قوتان (ق١ ، ق٢) وقيمتها (٢٠ نيوتن ، ٣٠ نيوتن) في جسم وكانت الزاوية بينهما هي ٨٥ درجة ، ثم اصبحت ٩٠ درجة ، وبعدها أصبحت ٩٥ درجة جد محصلة القوتين في الحالات الثلاثة .

(٩٣)

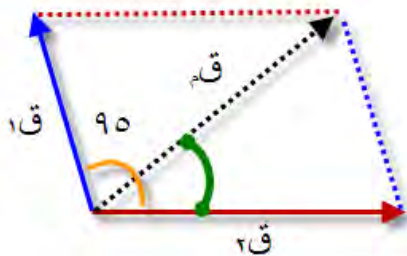
ان الملاحظة الاولى عن الحالات الثلاث هي انه كلما كبرت الزاوية بين القوتين فان المحصلة تقل كون ان القوتين تميلان الى الاتجاه المعاكس عن بعضهما



شكل (٦-٣) يوضح قيمة المحصلة واتجاهها في الزوايا التي تقل عن ٩٠ درجة



شكل (٧-٣) يوضح قيمة المحصلة واتجاهها في الزوايا التي تساوي ٩٠ درجة



شكل (٨-٣) يوضح قيمة المحصلة واتجاهها في الزوايا التي تزيد عن ٩٠ درجة

(٩٤)

قيمة المحصلة للزاوية ٨٥ درجة

$$\sqrt{0,087 \times 30 \times 20 \times 2 + {}^2(30) + {}^2(20)} = \text{المحصلة}$$

م = ٣٧,٤٨ نيوتن

قيمة المحصلة للزاوية ٩٠ درجة

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

م = ٣٦,٠٥ نيوتن

قيمة المحصلة للزاوية ٩٥ درجة

$$\sqrt{(0,087-) \times 30 \times 20 \times 2 + {}^2(30) + {}^2(20)} = \text{المحصلة}$$

م = ٣٤,٥٨ نيوتن

من المهم جدا ملاحظة علامة السالب (٠,٠٨٧-) فإذا كانت الزاوية اكبر من ٩٠ درجة تحدث هذه العلامة وذلك لان الزاوية كلما كبرت بين القوتين قلت المحصلة والعكس صحيح
مثال:

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

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

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

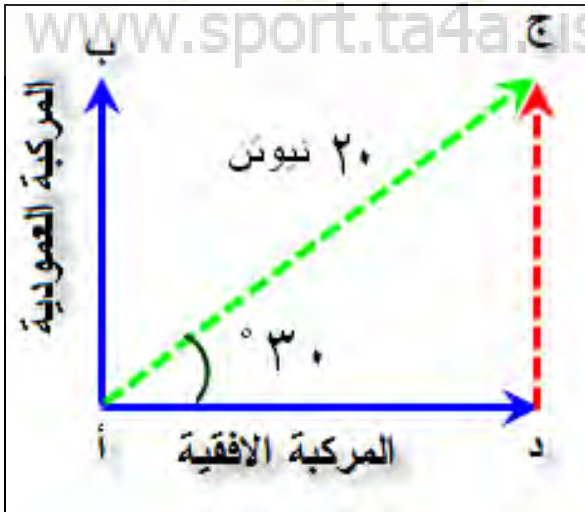
(٩٥)

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

م = ١٠٠ 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 ٢٠ نيوتن بزاوية مقدارها ٣٠° مع الخط الافقي ، والمطلوب حساب مركباتها الافقية والعمودية؟



شكل (٩-٣) يوضح تحليل القوة المحصلة الى مركباتها

(٩٦)

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

المقابل

جيب الزاوية =

الوتر

المجاور

جيب تمام الزاوية =

الوتر

المركبة العمودية

جيب الزاوية = (١) -----

المحصلة

المركبة الافقية

جيب تمام الزاوية = (٢) -----

الوتر

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

جيب الزاوية

المركبة العمودية =

المحصلة

(٩٧)

$$\text{المركبة العمودية} = \text{جا } 30^\circ \times \text{الوتر}$$

$$\text{المركبة العمودية} = 0,5 \times 20 \text{ نت}$$

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

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

جيب تمام الزاوية

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

الوتر

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

$$\text{المركبة الافقية} = 0,76 \times 20 \text{ نت}$$

$$\text{المركبة الافقية} = 15,2 \text{ نت}$$

www.sport.ta4a.us

القوى الخارجية والداخلية في الحركات الرياضية:

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

(أ) القوى الخارجية وهي :

* الجاذبية الأرضية .

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

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

(٩٨)

(ب) القوى الداخلية وهي :

* قوة العضلات .

* قوة مقاومة الأجهزة والأعضاء الداخلية .

* قوة ردود الفعل الداخلية (مقاومة المفاصل والأوتار) .

(أ) القوى الخارجية :

وهي تلك القوى التي تأتي من الخارج وتؤثر على جسم الإنسان وان تأثير هذه القوى والقوى المضادة لها تسلط على جسم الإنسان والمحيط الذي هو فيه ، لذلك تتمكن القوى الخارجية من تغيير خط سير مركز ثقل الرياضي .

ان القوى الخارجية تقسم إلى :

- القوى الخارجية الايجابية : وهي تلك القوى التي تتمكن من أن تأتي بحركة

كالجاذبية الأرضية ، قوة الزميل ، قوة الخصم ، قوة مجرى الماء في النهر .

- القوى الخارجية السلبية : وهي تلك القوى التي تأتي على أساس رد فعل لقوى

أخرى او في أكثر الأحيان رد فعل لقوة عضلات الرياضي ، كنقطة الارتكاز

في القفز ، قوة الاحتكاك في الركض ، مقاومة الماء بالسباحة .

القوة الطاردة والقوة المركزية

ان حدوث الحركة هو عبارة عن مزيج من تأثيرات قوى معينة في الجسم

اثناء حركته فمنها ما يؤثر بشكل ايجابي ، وهنا يعمل الرياضي على تعزيز هذه

القوى ورسم مسار حركته بما يتفق والطبيعة الايجابية لتلك القوى المؤثرة ومنها ما

يؤثر بشكل سلبي وهي القوى التي يحاول الرياضي ان يحد منها ، فنجد ان القوى

المؤثرة في حركة الجسم اثناء الحركة المستقيمة تكاد تكون متوازنة مقارنة بتأثير

القوى الخارجية فيه اثناء حركة الدوران ، فنتيجة لدوران الجسم حول محور نجد

(٩٩)

ان الجسم يقع تحت تأثير القوة الطاردة الى الخارج ، فلاستمراره في مساره الدائري نفسه يجب عليه ان يوازن بين قوتي الفعل (المتتملة بالقوة الطاردة) و رد الفعل (المتتملة بدرجة الميلان)



شكل (٣-١٠) 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 :

(١٠٠)

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

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

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

وعلى هذا الاساس يعد معرفة درجة ميلان الرياضي عند ركضه في الاقواس ضرورية جدا لمعرفة زاوية الميل التي يجب ان يكون وضع جسم

(١٠١)

الرياضي فيها لكي يتجنب تأثير القوة الطاردة ، ويمكن استخراج درجة ميلان الجسم حسب العلاقة التالية:

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

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

مثال:

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

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

$$٠,١٢٥ = \text{ظل زاوية الميلان}$$

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

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

(١٠٢)

مثال :

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

$$٧٠ \text{ كغم} \times (٩)^2$$

$$\text{٦٠ نت} = \text{_____}$$

نصف القطر

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

$$٨١ \times ٧٠$$

$$\text{_____} = \text{نق}$$

$$٦٠$$

$$\text{نق} = ٤,٥ \text{ م}$$

التأثير المتبادل للقوى الخارجية والداخلية

عندما يسلط الرياضي قوة على الأرض للنهوض إلى الأعلى فهذا يعني أن رد فعل الأرض يساوي القوة المسلطة ويعاكسه في الاتجاه، ومن المعلوم لدينا أن اتجاه الوزن (وزن الرياضي) دائماً إلى الأسفل كتوضيح لمفهوم جذب الأرض للأشياء 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:

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

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

(١٠٣)

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 وافترضنا أن وزن الرياضي كان ١٠٠٠ نيوتن وكانت قوة العضلات في لحظة الثني ٨٠٠ نيوتن فان علامة رد الفعل ستكون سالبة لان:

رد الفعل = قوة العضلات - وزن الجسم

$$\text{رد الفعل} = ٨٠٠ - ١٠٠٠$$

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

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

رد الفعل = قوة العضلات - وزن الجسم

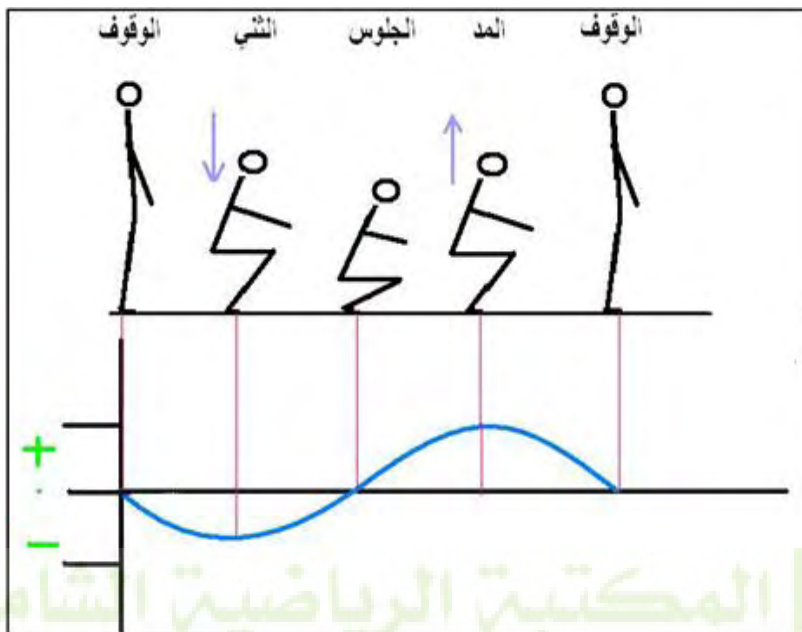
$$\text{رد الفعل} = ١٢٠٠ - ١٠٠٠$$

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

ونستنتج من ذلك أن رد الفعل سيكون اكبر من وزن الجسم في حالة المد وبالضبط سيكون (١٢٠٠=٢٠٠+١٠٠٠) نيوتن) وكما موضح في الشكل (٣-١١).

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 يوشر 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)

(١٠٤)



شكل (٣-١١) يوضح مسار التعجيل عن وزن الجسم عند الوقوف والجلوس

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

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

القوة

$$\text{_____} = \text{التعجيل}$$

الكتلة

ولو عوضنا عن القوة برد الفعل

رد الفعل

$$\text{_____} = \text{التعجيل}$$

الكتلة

(١٠٥)

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

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{قوة العضلات - وزن الجسم}}{\text{الكتلة}} \quad \text{بوحدة ماثا}^2$$

مثال :

ما مقدار التعجيل (محسوبة بوحدة ماثا²) لجسم وزنه ٨٠٠ نيوتن يسلط على الأرض قوة مقدارها ٨٧٠ نيوتن .

الحل:

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

نجد الكتلة من خلال قسمة وزن الجسم على الجذب (٩,٨١ ماثا²)

القوة

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

التعجيل

٨٠٠

$$\text{الكتلة} = \frac{800}{9.81}$$

٩,٨١

الكتلة = ٨٢ كغم تقريبا

(١٠٦)

$$870 - 800$$

$$\frac{\quad}{82} = \text{التعجيل}$$

$$70$$

$$\frac{\quad}{82} = \text{التعجيل}$$

التعجيل = ٠,٨٥ م^٢ بما أن التعجيل موجب فإن 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 فإن القوة تتحلل إلى مركبتين (إذا كانت تمر بمركز كتلة الجسم) أحدهما المركبة الأفقية والتي ستتفاعل 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:

قوة العضلات

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

(١٠٧)

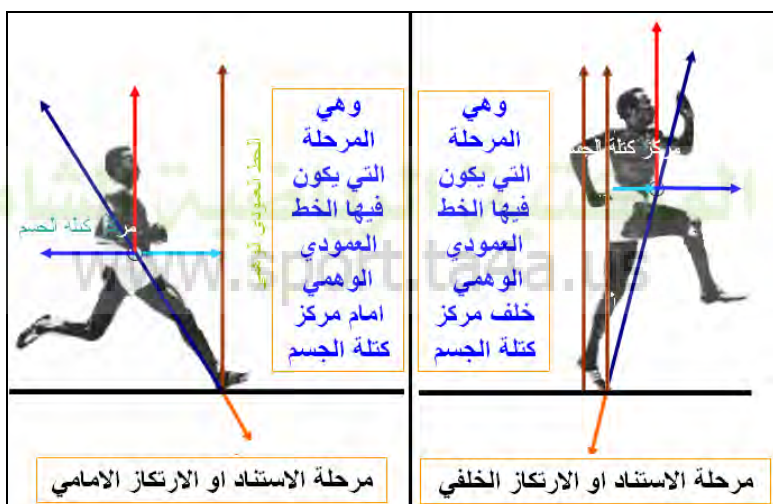
على الأغلب فان التعجيل الأفقي سيتعامل مع قوة الاحتكاك والذي تم

إهماله

قوة العضلات - وزن الجسم

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

وعن طريق قانون فيثاغورس يمكننا من ايجاد المحصلة



الشكل (٣-١٢) : يوضح مرحلة الاستناد الامامي والخلفي لحظة الارتقاء في

الوثب العريض

(١٠٨)

الجاذبية الأرضية

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

ان مقدار الجاذبية في القطب هو ٩,٨٣م/ثا^٢ ، وفي خط الاستواء ٩,٧٧م/ثا^٢ ، وكذلك يتعلق مقدار هذا التعجيل بارتفاع المكان عن مستوى سطح البحر ، والتحليل الحركي الدقيق لابد أن يؤخذ بنظر الاعتبار مقدار الجاذبية الأرضية بصورة مضبوطة في المكان الذي تجري فيه التمارين .
أما اتجاه الجاذبية الأرضية فهو يؤشر إلى مركز الأرض ، وبالنسبة لنقطة تأثيرها فهي وسط كتلة الجسم أو مركز ثقل الجسم .

قوة الاحتكاك (Fiction Force):

الاحتكاك كقوة ميكانيكية تعمل بعكس اتجاه الحركة وتؤثر قوة الاحتكاك تأثيراً ايجابياً وسلبياً على الحركات الرياضية ، والاحتكاك مصطلح يربط بين مكونين للقوة بين جسمين ماديين متصلين مع بعضهما يسببان الترحلق 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

(١٠٩)

يجب ان تكون متوازيتان ومتساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وبدونه لا يمكن أن تمشي أو تجري أو نعمل على السيطرة على حركاتنا بشكل عام .

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

أنواع الاحتكاك

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

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

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

حيث ان مح = معامل الاحتكاك ويعتمد على نوع المساحتين المتماستين

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

(١١٠)

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

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

$$= ١٦٦,٢٥ \text{ نيوتن}$$

يجب بذل قوة اكبر من هذه القيمة

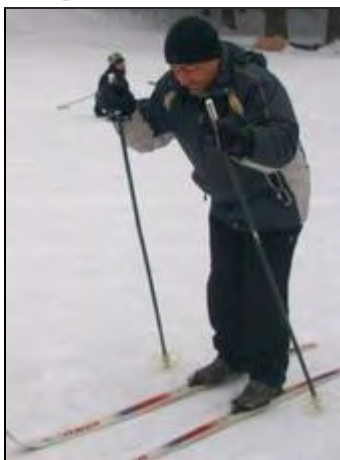
$$\text{القوة المطلوبة لاستمرار الآلة} = (٢٥ + ٨٥٠) \times ٠,١٦$$

$$= ١٤٠ \text{ نيوتن}$$

يجب بذل قوة اكبر من هذه القيمة

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

www.sport.ta4a.us



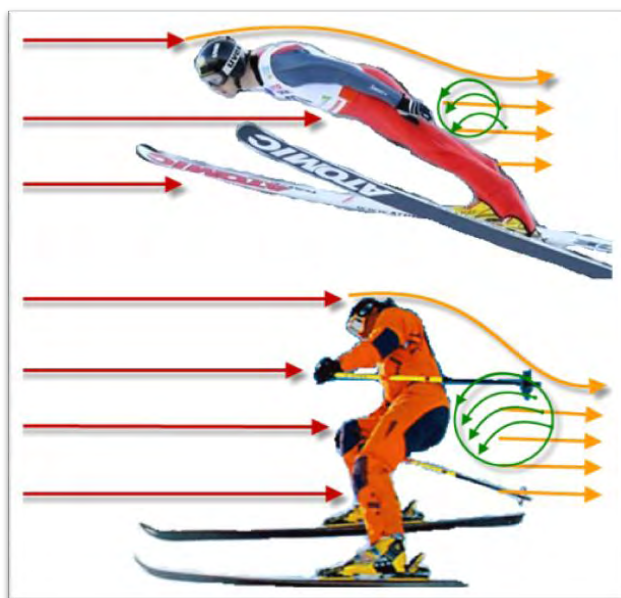
الشكل (٣-١٣) : يوضح معامل الاحتكاك في رياضة التزلج

(١١١)

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

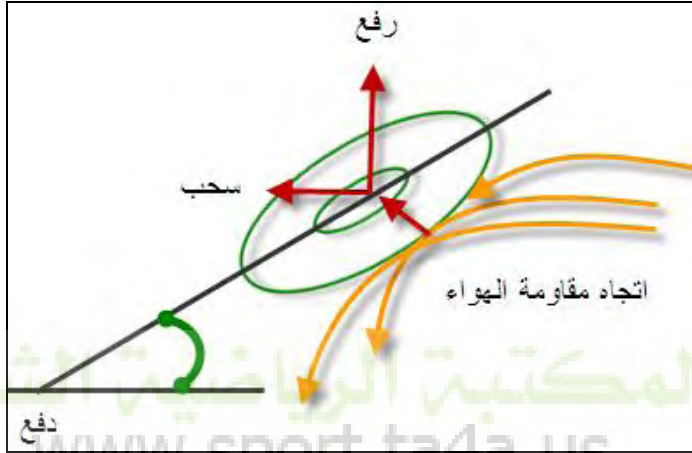
- القفز على الثلج والغطس بالتكور : يفضل امالة الجسم الى الامام للتقليل من مقاومة الهواء كما واضح من الشكل ادناه وفي الغطس يفضل ان يكون التكور اقصى ما يمكن للسبب اعلاه ، ويرجح ان المساحة الاسقاطية (مساحة اصطدام الهواء) ان يكون في اقل ما يمكن فضلا عن ان الطيران المناسب للجسم يوفر دفعا مناسباً من قوة الهواء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



الشكل (٣-١٤) : يوضح مقاومة الهواء عند القفز على الثلج

(١١٢)

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



الشكل (٣-١٥) : 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 المجذاف على سطح الماء في دخوله وخروجه وهذا ينطبق على ذراع السباح.
- الركض والدراجات : فضلا عن مقاومتهم للهواء فان سرعة الرياح مؤثر في الاركاض والدراجات ولا تعتمد بعض الانجازات بسبب السرعة الكبيرة للرياح ووفقا لمستويات الجسم في المنحنيات فانها اقل تعرضا الى مقومة الرياح في حين تبقى مقاومة الهواء ثابتة.

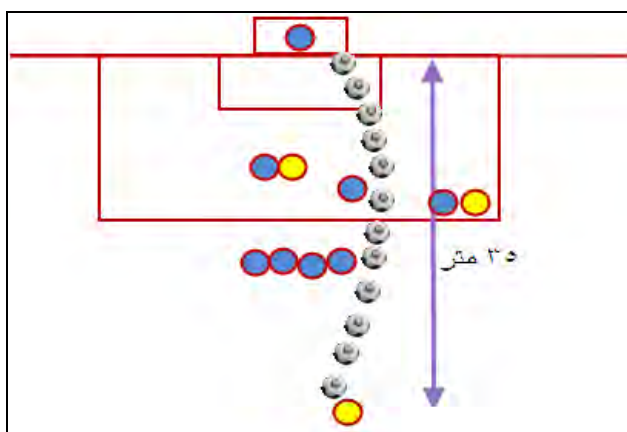
(١١٣)

- دوران الكرات : عندما تضرب الكرة خارج مركز ثقلها أي من الجانب فان هذه القوة ستحدث دوراناً في الكرة حول احد محاورها فينزلق في الهواء بشكل اسرع.

تأثير ماجنوس (Magnus effect)



الشكل (٣-١٦) : يوضح ركل الكرة على يمينها بالحافة الخارجية
للقدم اليسرى للاعب روبرتو

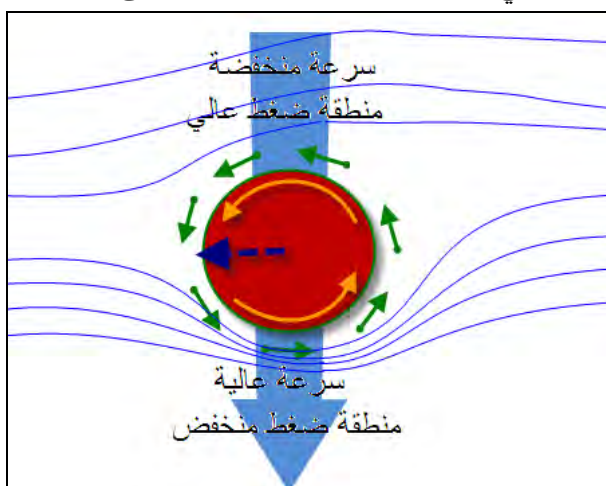


الشكل (٣-١٧) : يوضح ركل الكرة بمسار منحنى

(١١٤)

حدث في الثالث من يونيو ١٩٩٧ في لعب ودي بين البرازيل وفرنسا وقبل مونديال ١٩٩٨ ان ضرب روبرتو كارلوس كرة القدم من على بعد تراوح بين (٣٠ - ٣٥ 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.

تم تفسير الانحناء في مسار الكرة عند انتقالها في الهواء إلى اختلاف سرعة الهواء على جانبيها بحيث يكون الهواء سريعا على أحد جانبيها و بطيئا في الجانب الآخر ، واختلاف السرعة ادى حسب مبدأ برنولي الذي ينص (إن زيادة السرعة على طول خط الانسياب للهواء تحدث انخفاضا 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 (٣-١٨) : يوضح تأثير مكنوس في ركلة الزاوية

(١١٥)

لقد درس الفيزيائي الألماني (ماكنوس Magnus) في (١٨٥٢) القوس الجانبي في تساؤله لماذا يسرع المقذوف بالانحراف (الكرة او الرصاصة) إلى جانب واحد ، ان التفسير المعتمد في هذه الركلة هو ان الكرة التي تسرع حول محورها العمودي تؤدي إلى تدفق الهواء حولها تنحرف يسارا فالضغط الجوي الخارجي يكون أسرع نسبة إلى مركز الكرة حيث أن محيط الكرة يتحرك في نفس اتجاه التيار الهوائي ، هنا الضغط الجوي ينخفض طبقاً لمبدأ (برنولي Bernoulli) ، يحدث التأثير المعاكس على الجانب الآخر للكرة ، حيث يكون الضغط أبطأ نسبة إلى مركز الكرة لذا فان عدم التوازن في القوى تؤدي الى انحراف الكرة . يمكن افتراضا حساب القوى المؤثرة في انحراف الكرة ، فلو كانت سرعة الكرة ٢٥-٣٠ مترا في الثانية وتدور من ٨-١٠ دورات وركلت من بعد ٣٠ مترا فان القوة المؤثرة تحرف الكرة بمقدار ٤ 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، فخرج اللاعب عن قمة مستواه الأدائي نتيجة الإصابات الرياضية أيا كان نوعها وأيا كانت فترة علاجها يعني إلى جانب هبوط المستوى الأدائي احتمال تكرار إصابة اللاعب مرة أخرى سواء في نفس مكان الإصابة ومرتبة عليها وخاصة إذا لم تكتمل مراحل علاج الإصابة وإعادة إعداده وإعادته للمستوى المطلوب منه وفقاً لمتطلبات مراحل الإعداد للموسم الرياضي. ولعل من أكثر الموضوعات التي تحتاج الى دراسة وتأتي أكثر هو موضوع الأسباب التي تؤدي إلى الإصابات من وجهة نظر البيوميكانيك، وبمعنى اصح الأسباب الفيزيائية التي تؤثر على أنسجة الجسم البشري بأنواعها المختلفة

(١١٦)

(عضلات-أربطة-عظام) ،وتؤدي إلى حدوث إعاقة ما في هذه الأنسجة تمنع من تحقيق أعلى أداء وكفاءة ممكنة .وان أمام المدرب واللاعب بتفاصيل البيئة الميكانيكية المحيطة بالأداء والتأثيرات المختلفة لمتغيرات هذه البيئة يعتبر من أهم مقومات تجنب عدد كبير من الإصابات ،خاصة إذا ما علمنا إن تصنيف الأسباب التي تؤدي إلى الإصابات من وجهة نظر البيوميكانيك من الممكن ان تكون على النحو الآتي

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

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

-أسباب ترتبط بأخطاء فنية في الأداء

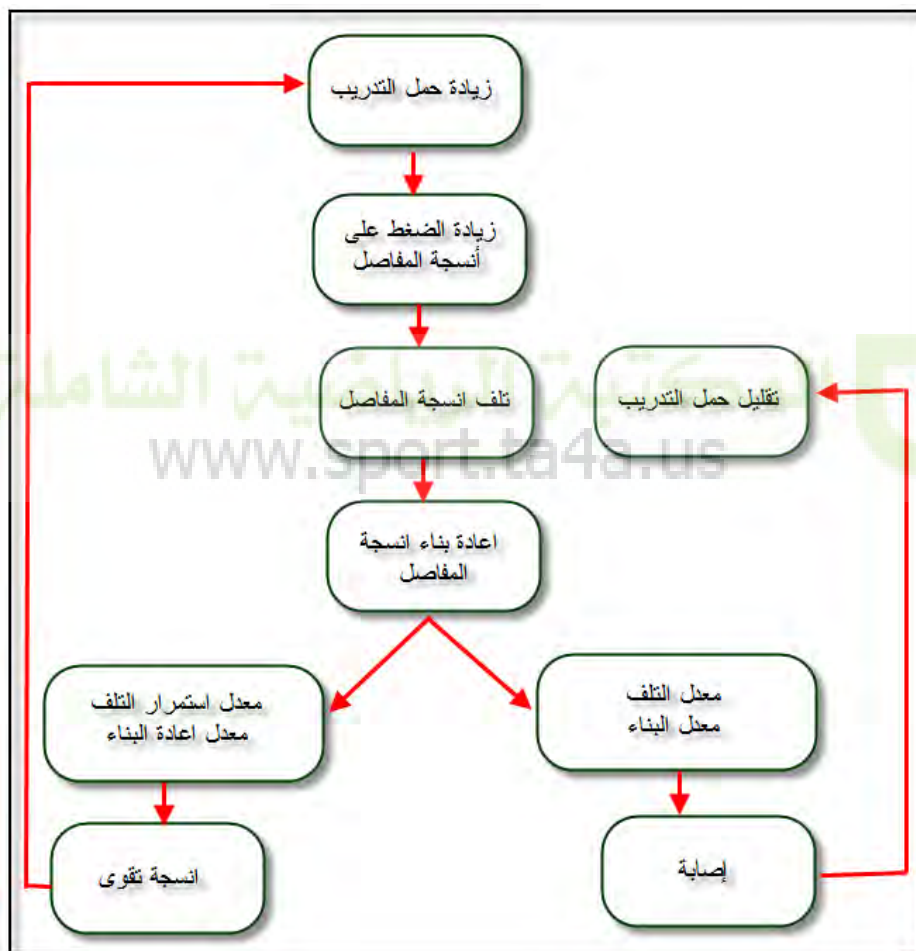
-أسباب ترتبط بالاحتكاك المباشر بالخصم

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

والمقصود بإجراءات التدريب ذلك التراكم الذي يتم على مدى فترات تدريبية طويلة لا يراعى فيها المدرب درجات تحميل اللاعبين وعدم تحقيق التوازن المناسب بين مكونات الإعداد البدني لهم كأساس لبناء اللياقة البدنية. ومن أكثر الأخطاء انتشاراً إغفال المدرب لأهمية صفة المرونة للمفاصل ومطاطية العضلات ونعني في هذا المقام مدى اهتمام المدرب بوضع برنامج خاص لتطوير وتنمية المدى الحركي للمفاصل بما يتلاءم ومتطلبات الأداء المهاري ، واكتفائه باستخدام

(١١٧)

أنواع مختارة من تمارين المرونة خلال عمليات الإحماء دون تخطيط وتنظيم محدد، ولهذا المدى المسميان الرئيسيان هما المدى السالب والمدى الموجب فالمدى السالب لأي مفصل هو المدى الذي يمكن إن يتحرك فيه المفصل تحت تأثير قوة خارجية، أما المدى الموجب فهو المدى الذي يكون تحت السيطرة بدون عامل خارجي .



الشكل (٣-١٩) : يوضح مخطط الإصابات الركض

(١١٨)

انواع القوى المسببة للإصابات

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

١. 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.

٢. 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.

٣. قوة القص (Shearing force) : اذا اثرت قوتان متساويتان في

المقدار ومتعاكستان في الاتجاه متوازيتين أي ليستا على خط العمل نفسه ، (مثال ذلك تعاكس الذراع مع الرجل في السباحة) يسببان في تشويه (deformation) الجزء او الاجزاء المتصلة.

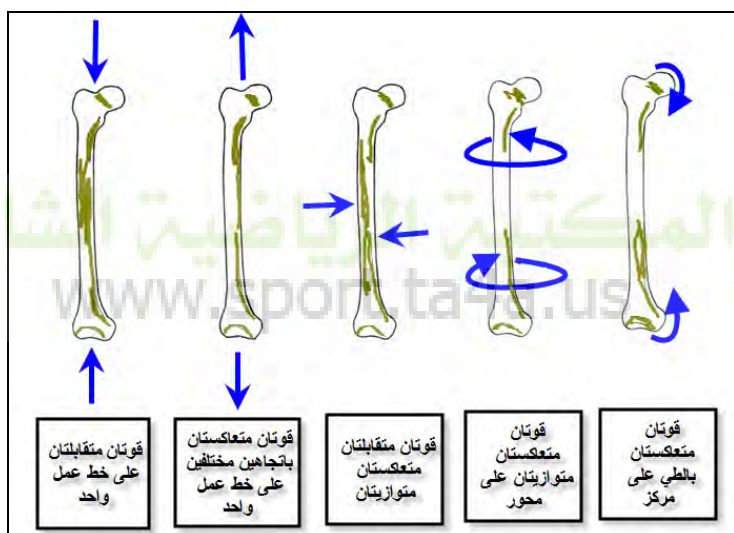
٤. قوة اللي (Torsion force) : اذا اثرت قوتان متساويتان في المقدار

ومتعاكستان في الاتجاه متوازيتين أي ليستا على الخط نفسه (مثل الدوران في رمي المطرقة) واثرتا على محيط محور (قوة عمودية على محور الجسم) تؤديان الى لي الجسم (دورانه على محوره) ويسببان في

(١١٩)

تشويه الاجزاء المتصلة بالفقرة أي تؤدي الى تمزق في العضلات والاربطة.

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



الشكل (٣-٢٠) : يوضح القوى المسببة للإصابات

(١٢٠)

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

للعنلة 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 (٣-٢١) : يوضح انواع العتلات

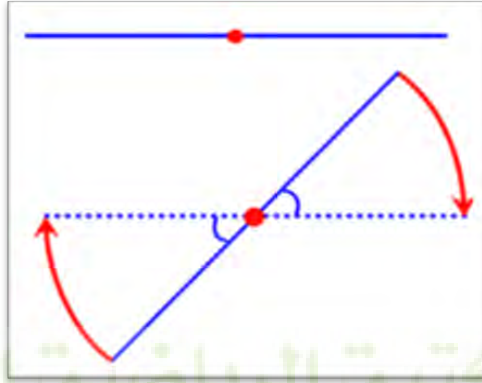
(١٢١)

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.

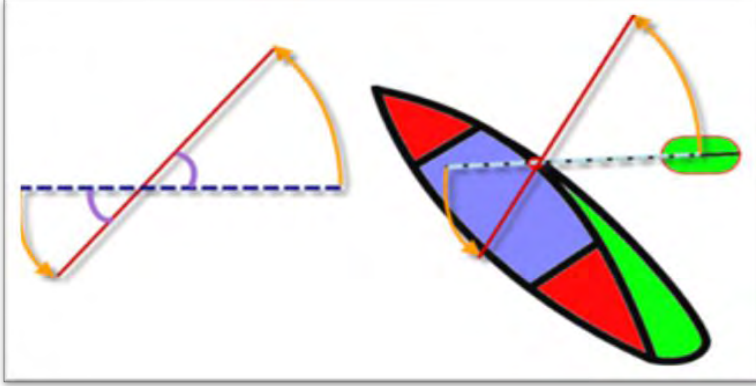


الشكل (٣-٢٢) : يوضح العتلة من النوع الاول

- كسب السرعة

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

(١٢٢)



الشكل (٣-٢٣) : تغيير الاتجاه في العتلة من النوع الاول

مثال:

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

- كسب القوة

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

(١٢٣)

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

مثال:

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

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

$$القوة \times 2 = 20 \times 1$$

$$القوة = \frac{1 \times 20}{2}$$

القوة = ١٠ نيوتن

التدريب بذراع المقاومة

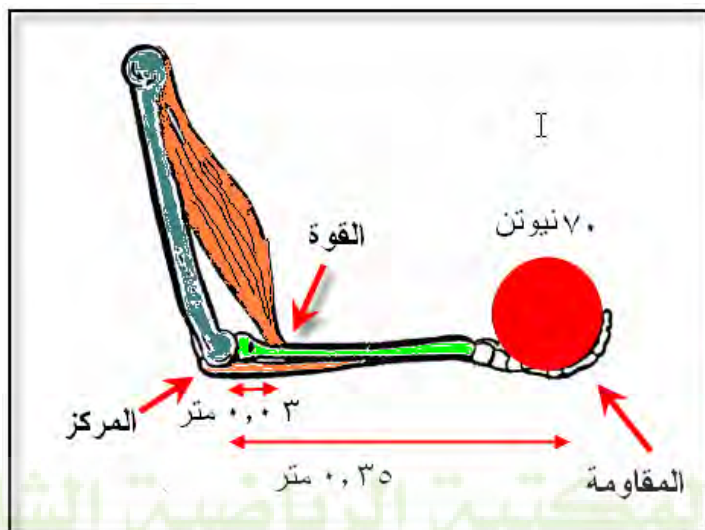
تعد المقاومة في التدريب بمثابة الشدة ضمن مكونات الحمل ، ويمكننا بثبات مقدار المقاومة تغيير الشدة اذ يتم تغيير موقع او نقطة القوة او تقصير ذراع القوة مما يؤدي الى تغيير الشدة وفقا لقانون (القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها).

مثال:

احسب مقدار القوة المطلوبة لثبات عضلة ذات الرأسين العضدية عند مقاومتها لقوة مقدارها ٧٠ نيوتن (اهمل كتلة الذراع) تبتعد بمقدار ٠,٣٥ متر عن مفصل المرفق

(١٢٤)

إذا علمت ان مدغم العضلة تبتعد بمقدار ٠,٠٣ متر عن مفصل المرفق وبزاوية قائمة مع عظم الساعد.



الشكل (٣-٢٤): عمل العضلة ذات الرأسين العضدية كعتلة من النوع الثالث

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

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

$$\text{_____} = \text{القوة}$$

$$\text{ذراع القوة}$$

$$0,35 \times 70$$

$$\text{_____} = \text{القوة}$$

$$0,03$$

القوة = ٨١٦,٧ نيوتن أي ان التدريب بالقوة الثابتة اكبر من ٧٠ نيوتن

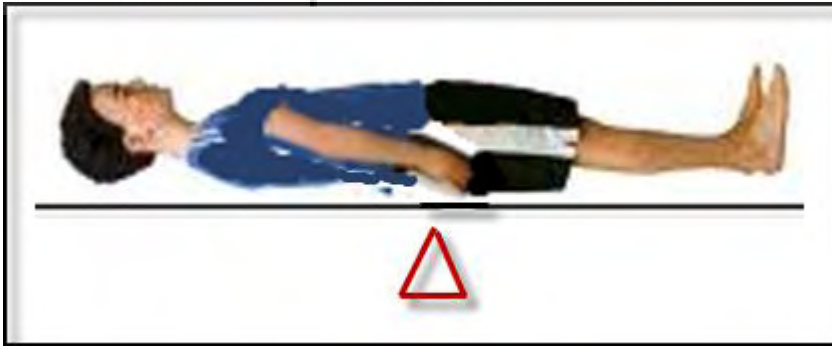
(١٢٥)

تطبيقات الروافع (العتلات) على جسم الانسان

- ١- العتلة من النوع الاول لاتوجد في جسم الانسان لانها عتلة محورها على العظم نفسه أي لا يوجد عظم مثقوب من المنتصف
- ٢- العتلة من النوع الثاني موجود فقط في عضلات القدم ويعتمد ذلك على موقع الاتزان
- ٣- جميع العضلات في جسم الانسان تعمل مع العظام عتلات من النوع الثالث أي ان ذراع القوة فيها قصيرة فهي عتلة المدى الحركي او عتلة السرعة

مركز كتلة الجسم

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



الشكل (٣-٢٥) : عمل العتلة من النوع الاول في ايجاد مركز ثقل الاجسام

الابعاد والاوزان النسبية لاتزان اجزاء الجسم

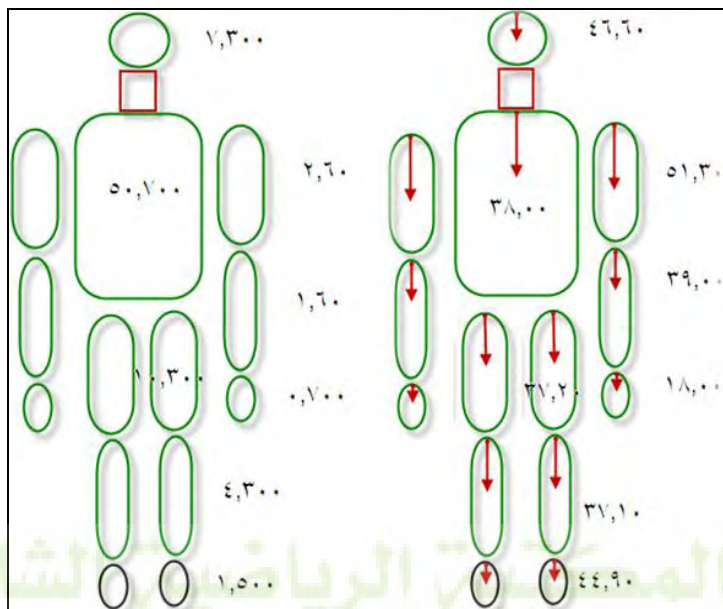
وفقا للعديد من الدراسات على الجنث توصل العلماء في هذا المجال الى موقع اتزان كل عظم من عظام جسم الانسان وكل كتلة مبروطة بمجموعة عظام كالرأس والجذع والكف والقدم وأدناه جدول اتزان هذه العظام

(١٢٦)

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

التسلسل	الجزء	الكتلة النسبية (كغم)	البعد النسبي (سم)
١	الرأس والرقبة	٧,٣٠٠	٤٦,٦٠
٢	الجذع	٥٠,٧٠٠	٣٨,٠٠
٣	عضد أيمن	٢,٦٠٠	٥١,٣٠
٤	عضد أيسر	٢,٦٠٠	٥١,٣٠
٥	ساعد أيمن	١,٦٠٠	٣٩,٠٠
٦	ساعد أيسر	١,٦٠٠	٣٩,٠٠
٧	يد يمنى	٠,٧٠٠	١٨,٠٠
٨	يد يسرى	٠,٧٠٠	١٨,٠٠
٩	فخذ أيمن	١٠,٣٠٠	٣٧,٢٠
١٠	فخذ أيسر	١٠,٣٠٠	٣٧,٢٠
١١	ساق أيمن	٤,٣٠٠	٣٧,١٠
١٢	ساق أيسر	٤,٣٠٠	٣٧,١٠
١٣	قدم يمنى	١,٥٠٠	٤٤,٩٠
١٤	قدم يسرى	١,٥٠٠	٤٤,٩٠

(١٢٧)



الشكل (٣-٢٦) : يوضح كيفية القياس لايجاد مركز كتلة الجسم

مثال:

جد كتلة فخذ لاعب كتلته ٧٥ كغم اذا علمت ان طول فخذه ٤٤ سم ،

وجد موقع اتزان الفخذ

بما ان الكتل المعروضة في الجدول اعلا هو مثال لشخص كتلته ١٠٠ كغم فان

النسبة والتناسب يؤدي الغرض المطلوب ووفقا لما يأتي

$$١٠,٣٠٠ \times ٧٥$$

_____ = كتلة الفخذ

$$١٠٠,٠٠$$

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

(١٢٨)

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

$$٣٧,٢٠ \times ٤٤$$

مسافة اتزان الفخذ = _____

$$١٠٠$$

مسافة اتزان الفخذ او مركز الفخذ = ١٦,٤ سم أي على بعد ستة عشرة سنتيمترا و
اربعة مليمترا عن المفصل العلوي من اصل طول الفخذ ٤٤ سم
ومن الامثلة اعلاه يمكن ايجاد مركز كتلة الانسان وقد تبين من الدراسات السابقة
ان متوسط ارتفاع مركز كتلة الرجل في الوضع التشريحي هو ٥٦,٨% من طوله
الطبيعي و ٥٥,٤٤% من الطول الطبيعي للنساء .

المكتبة الرياضية الشاملة
www.sport.ta4a.us

مثال:

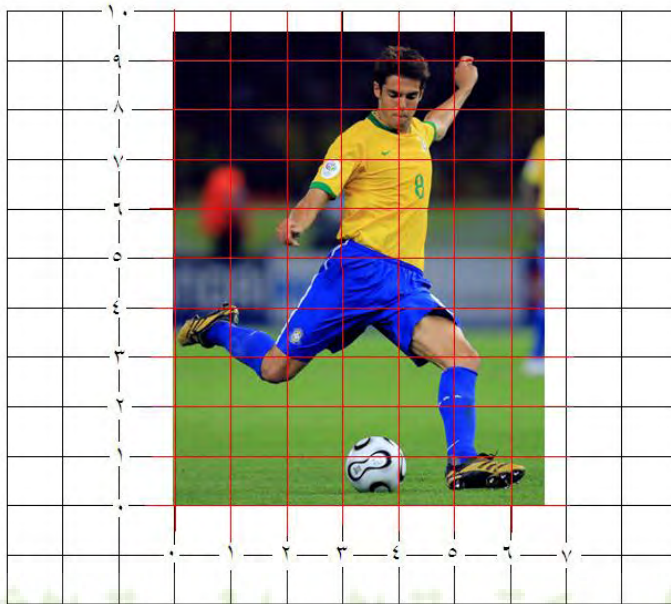
عين مركز كتلة الجسم في الشكل ادناه:



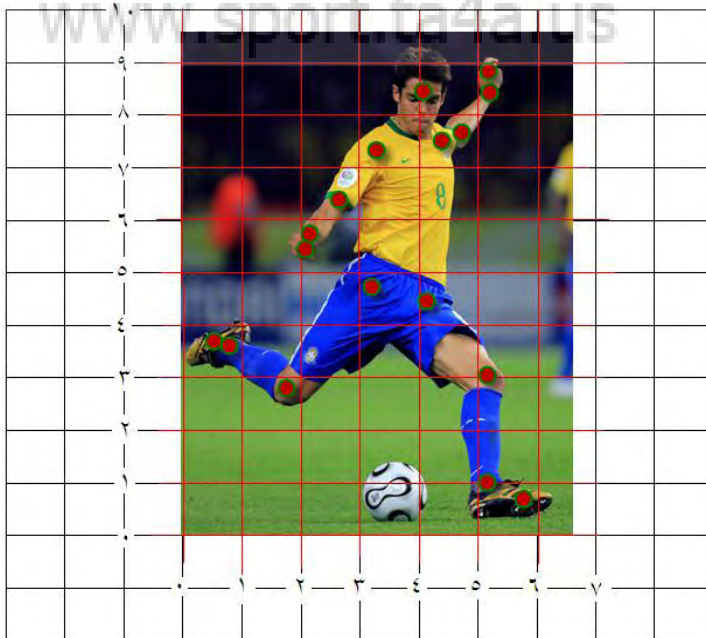
الشكل (٣-٢٧) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم

(١٢٩)

يتم وضع الصورة على الورق البياني



الشكل (٣-٢٨) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم على الورق البياني



الشكل (٣-٢٩) : يوضح صورة احد لاعبي كرة القدم على الورق البياني مع
وضع النقاط على مفاصل الجسم

(١٣٠)

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

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

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

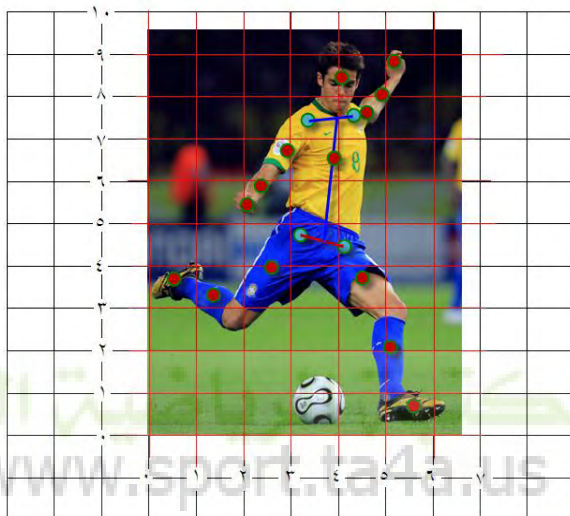
(۱۳۱)

الجدول (٣-٢) يبين الكتلة والبعد النسبي والحقيقي لايجاد مركز الكتلة

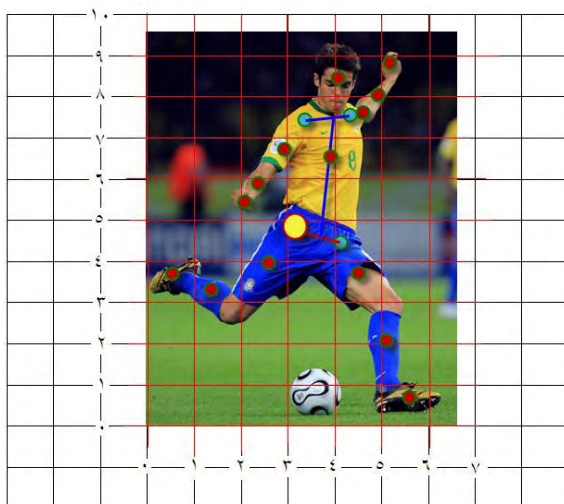
ت	الجزء	الكتلة النسبية (كغم)	الكتلة الحقيقية (كغم)	البعد النسبي (سم)	البعد الافقي (سم)	البعد العمودي (سم)	الكتلة الحقيقية × البعد الافقي (كغم×سم)	الكتلة الحقيقية × البعد العمودي (كغم×سم)
١	الرأس والرقبة	٧,٣	٦,٢١	٤٦,٦	٤	٨,٥	٢٤,٨٢	٥٢,٧٤
٢	الجذع	٥٠,٧	٤٣,١	٣٨	٣,٨	٦,٥	١٦٣,٧٦	٢٨٠,١٢
٣	عضد أيمن	٢,٦	٢,٢١	٥١,٣	٣	٦,٦	٦,٦٣	١٤,٥٩
٤	عضد أيسر	٢,٦	٢,٢١	٥١,٣	٤,٥	٧,٥	٩,٩٥	١٦,٥٨
٥	ساعد أيمن	١,٦	١,٣٦	٣٩	٢,٤	٥,٩	٣,٢٦	٨,٠٢
٦	ساعد أيسر	١,٦	١,٣٦	٣٩	٥	٨	٦,٨	١٠,٨٨
٧	يد يمنى	٠,٧	٠,٦	١٨	٢,١	٥,٥	١,٢٥	٣,٢٧
٨	يد يسرى	٠,٧	٠,٦	١٨	٥,١	٨,٨	٣,٠٣	٥,٢٤
٩	فخذ أيمن	١٠,٣	٨,٧٦	٣٧,٢	٢,٥	٤	٢١,٨٩	٣٥,٠٢
١٠	فخذ أيسر	١٠,٣	٨,٧٦	٣٧,٢	٤,٥	٣,٨	٣٩,٤	٣٣,٢٧
١١	ساق أيمن	٤,٣	٣,٦٦	٣٧,١	١,٤	٣,٤	٥,١٢	١٢,٤٣
١٢	ساق أيسر	٤,٣	٣,٦٦	٣٧,١	٥,١	٢	١٨,٦٤	٧,٣١
١٣	قدم يمنى	١,٥	١,٢٨	٤٤,٩	٠,٥	٣,٦	٠,٦٤	٤,٥٩
١٤	قدم يسرى	١,٥	١,٢٨	٤٤,٩	٥,٦	٠,٧	٧,١٤	٠,٨٩
المجموع								
المجموع بعد قسمتها على ١٠٠								
		١,٥	١,٢٨	٤٤,٩	٥,٦	٠,٧	٧,١٤	٠,٨٩
		١,٥	١,٢٨	٤٤,٩	٠,٥	٣,٦	٠,٦٤	٤,٥٩
		٤,٣	٣,٦٦	٣٧,١	١,٤	٣,٤	٥,١٢	١٢,٤٣
		١٠,٣	٨,٧٦	٣٧,٢	٤,٥	٣,٨	٣٩,٤	٣٣,٢٧
		١٠,٣	٨,٧٦	٣٧,٢	٢,٥	٤	٢١,٨٩	٣٥,٠٢
		٠,٧	٠,٦	١٨	٥,١	٨,٨	٣,٠٣	٥,٢٤
		٢,٦	٢,٢١	٥١,٣	٣	٦,٦	٦,٦٣	١٤,٥٩
		٥٠,٧	٤٣,١	٣٨	٣,٨	٦,٥	١٦٣,٧٦	٢٨٠,١٢
		٧,٣	٦,٢١	٤٦,٦	٤	٨,٥	٢٤,٨٢	٥٢,٧٤

(١٣٢)

- * إيجاد مجموع (الوزن الحقيقي $\times$ البعد الافقي) = ٣١٢,٣٢
- * استخراج نقطة البعد الافقي = ٣,١٢ $\div$ ١٠٠ = ٣,١٢ تقريباً
- * إيجاد مجموع (الوزن الحقيقي $\times$ البعد العمودي) = ٤٨٤,٩٤
- * استخراج نقطة البعد العمودي = ٤,٨٥ $\div$ ١٠٠ = ٤,٨٥ تقريباً
- * نقطة التقاء البعدين الافقي والعمودي يمثل مركز ثقل كتلة الجسم .



الشكل (٣-٣٠) : يوضح مراكز كتل الاجزاء لصورة احد لاعبي كرة القدم



الشكل (٣-٣١) : يوضح مراكز كتل الاجزاء ومركز كتلة الجسم لصورة احد لاعبي

كرة القدم

(١٣٣)

اللاتزان



الشكل (٣-٣٢) : يوضح استخدام العصا في اللاتزان

لا تتجح الحركات الرياضية مالم يتوفر عنصر الاتزان واللاتزان هو قابلية الفرد على التحكم بوضع جسمه ضمن محيط حركته .
 والجسم يكون متزنًا عندما تكون محصلة القوى المؤثرة فيه تساوي صفراً
 فمثلاً ان الارض تجذب كتلة الجسم نحو الاسفل بمقدار (٩,٨١ كغم.م^٢/ثا^٢)
 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 متزنًا، ولو حاولنا دفع اللاعب
 نحو اليمين بقوة مقدارها (ق ١) من اليسار فان اللاعب يقوم بعمل قوة مضادة
 بدفع الارض بالقدم اليمنى ليوفر قوة مقداره (ق ٢) تساوي (ق ١) 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 تواجدته ، ويحافظ
 رامي النّقل والرمح في نهاية حركتهما على اتزانهما بتقديم الرجل المتأخرة

(١٣٤)

للحفاظ على الاتزان وإيقاف 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 أو النزول منها لغرض تطوير طول الخطوة أو تردها فإن حالة التوازن يختلف عند الصعود عنها عند الهبوط ففي الصعود يقترب مركز ثقل الجسم من حافة السقوط أما في النزول فإن مركز ثقل الجسم يبتعد عن حافة السقوط.

زاوية السقوط

وهي الزاوية المحصورة بين الخط العمودي الوهمي النازل من الأعلى الى الأسفل 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 أو 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 (٣-٣٣) : يوضح زاوية السقوط

(١٣٥)

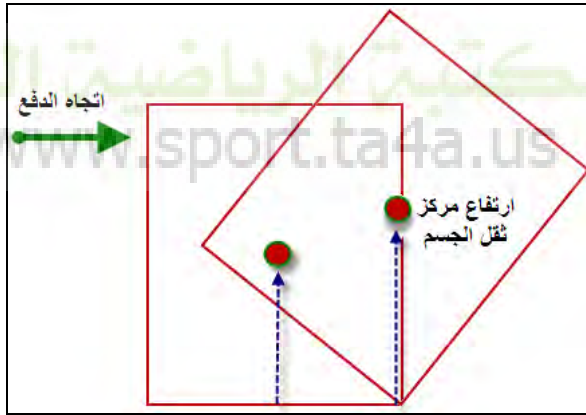
العوامل المؤثرة في الاتزان

يتأثر التوازن بعدة عوامل نذكر منها

- ١- كتلة الجسم
- ٢- مساحة القاعدة (طولا وعرضا)
- ٣- زاوية السقوط (الابتعاد والارتفاع)
- ٤- معامل الاحتكاك (للجسام 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 (٣-٣٤) : 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 درجة الكرة او الصندوق عندما يؤثر الدفع في مركز الاداة فلا يتغير موضع مركز ثقل الجسم.

(١٣٦)

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 :

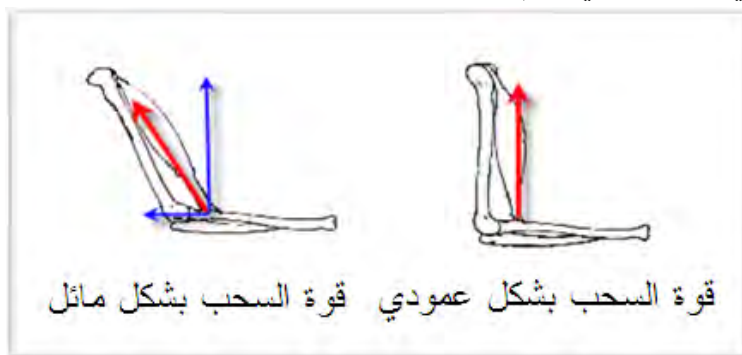
١- المقياس الهندسي : باستخدام قيمة زاوية السقوط

٢- المقياس الديناميكي : من خلال مقارنة عزم وزن الجسم مع عزم القوة المطلوبة لاخلال التوازن

٣- مقياس الطاقة : باستخدام قانون الشغل من خلال قياس التغير الحاصل على مسافة مركز ثقل جسم الاداة من موضع لآخر عند محاولة تغيير اتزانه والقوة المطلوبة لذلك.

المكتبة الرياضية الشاملة
www.sport.ta4a.us

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



الشكل (٣-٣٥) : يوضح تحليل القوة الى مركبتين في

العضلة ذات الرأسين العضدية

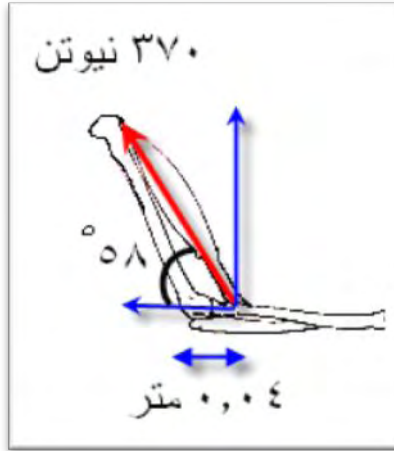
العضلة تكون في اقصى شد عندما تكون الزاوية ٩٠ درجة بين نقطة اندغامها والعظم وذلك لثلاثة اسباب مهمة:

(١٣٧)

- ١- ان جيب الزاوية ٩٠ درجة هو ١ مما يعني ان اية قيمة تضرب في جيبها تبقى مثلما هي بعكس الزوايا اقل او اكبر من ٩٠ درجة اذ تقل قيمها
- ٢- ان المركبة في الزاوية ٩٠ درجة تكون عمودية في حين ان اية زاوية اقل من ٩٠ درجة او اكبر تتحلل الى مركبتين مما تضعف المركبة العمودية المطلوبة للاتزان
- ٣- ان ذراع القوة تكون في اقصى امتداد لها اذا كانت الزاوية ٩٠ درجة اما اذا رفعنا الذراع او خفضناها تغيرت قيمة الامتداد العمودي للمسافة بين القوة والمركز

مثال:

احسب العزم المتولد على مفصل المرفق اذا علمت ان الشد الموجود على العضلة ذات الرأسين العضدية تقدر ٣٧٠ نيوتن وبزاوية مائلة مع عظم الساعد بمقدار ٥٨ درجة وان نقطة القوة تبتعد بمقدار ٠,٠٤ متر عن مفصل المرفق



الشكل (٣-٣٦) : يوضح زاوية شد العضلة ذات الرأسين العضدية

القوة العمودية = القوة العضلية $\times$ جيب الزاوية

العزم = القوة العمودية $\times$ ذراعها

عندما تكون الزاوية قائمة فأن القوة العضلية تساوي القوة العمودية

(١٣٨)

القوة العمودية = ٣٧٠ × جيب ٩٠ درجة

$$1 \times 370 =$$

$$370 =$$

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

القوة العمودية = ٣٧٠ × جيب ٥٨ درجة

$$0,79 \times 370 =$$

$$292,3 =$$

$$العزم = 292,3 \times 0,04 =$$

العزم = ١١,٦٩٢ نيوتن لكل متر العزم المتولد على مفصل المرفق

الدفع وكمية الحركة

سبق وان عرفنا ان كمية حركة الجسم عبارة عن حاصل ضرب كتلته في سرعته... ويمكن ان نقول ان كمية الحركة التي تمتلكها مطرقة كتلتها ٢٠كغم وبسرعة ١٠م/ثا هي نصف كمية حركة المطرقة نفسها فيما اذا تحركت بسرعة ٢٠م/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 اثرا في جسم بقوة مقدارها ١٠٠ نيوتن وكان زمن فعل التأثير ٢ثانية ، فان الجسم سيتحرك بكمية حركية معينة (زخم معين) . ولو اردنا ان تكسب الجسم نفسه كمية الحركة الاولى نفسها ولكن بزمن فعل قدره ثانية واحدة ، فعندئذ يجب ان نضاعف مقدار القوة او العكس اذا اردنا ان نستخدم قوة تأثيرية مقدارها ٥٠ نيوتن ففي هذه الحالة ينبغي ان يطول زمن تأثير القوة ليصل الى

(١٣٩)

٤ثواني ... 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 ، فهما يعبران عن الحالة نفسها وبما ان المساحة تحت المنحنى عبارة عن مقادير قوى لحظية فيتم جمعها وايجاد معدلها ثم ضربها في الزمن الكلي فان الدفع يساوي معدل القوة في الزمن.

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

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

أي ان :

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

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

اذن

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

بحذف ن

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

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

اذن

$$\text{الدفع} = \text{كمية الحركة}$$

(١٤٠)

الشغل Work

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

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

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

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

$$\text{ش} = ٢٠٠ \times ٤٠$$

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

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

تقاس المسافة في اتجاه القوة العاملة بغض النظر عن المسار الذي يسلكه الجسم المقاوم والمتغلب عليه ... فعلى سبيل المثال عند يرفع رياح وزن قدره ١١٠٠ نيوتن من الارض ووضعها فوق الرأس بارتفاع ٢م فالشغل المنجز هو ٢٢٠٠ جول. الشغل المنجز في نفس اتجاه الجسم المتحرك يسمى بالشغل الموجب اما اذا انجز الشغل في اتجاه معاكس فيسمى بالشغل السالب ، فلو سلط الرياضي قوة مقدارها ١٠٠٠ نيوتن في البينج بريس لرفع ثقل الى الاعلى مسافة (٠.٣م) كان

(١٤١)

الشغل المنجز هو ٣٠٠ جول ، ويطلق عليه بالشغل الايجابي لان اتجاه القوة المسلطة على الثقل تكون باتجاه حركة الثقل . اما اذا سلط نفس الرياضي قوة مقدارها ١٠٠٠ نيوتن لخفض الثقل الى الاسفل مسافة ٠.٣ م ، فالشغل المنجز هو ٣٠٠ جول ويطلق عليه بالشغل السلبي لان اتجاه القوة المسلطة كان باتجاه معاكس لحركة الثقل . من الضروري ان نعرف بان مصطلح المسافة هو المستخدم بدلا من مصطلح الازاحة.

مثال :

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

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

$$= ١٠٠ \text{ نت} \times ١٠ \text{ م}$$

$$= ١٠٠٠ \text{ جول في الحالة الاولى}$$

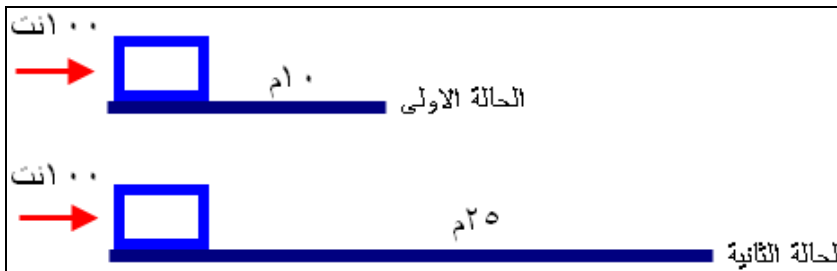
$$\text{الشغل} = \text{ق} \times \text{م}$$

$$= ١٠٠ \text{ نت} \times ٢٥ \text{ م}$$

$$= ٢٥٠٠ \text{ جول في الحالة الثانية}$$

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

المسافة في الحالة الثانية اكبر .



الشكل (٣-٣٧) : يوضح مدى اعتماد الشغل على المسافة

(١٤٢)

مثال:

يتطلب من عداء ١٠٠ متر ان يصدر قوة مقدارها ضعف كتلته ويستمر حتى نهاية السباق علما ان كتلته ٨٢ كغم وانجازه ١٠,١٤ ثانية ، وعداء ٢٠٠ متر يصدر قوة مقدارها ٧٦٥ نت وينهي السباق بزمن قدره ٢٢,٤٨ ثانية ، المطلوب حساب فيما ادناه لكل عداء

١- كمية الحركة

٢- الشغل

كمية الحركة = الكتلة × السرعة

١٠٠

كمية الحركة = ٨٢ × —

١٠,١٤

كمية الحركة = ٧٦٥ × —

٢٢,٤٨ ٩,٨١

الشغل = القوة × المسافة

الشغل = ٨٢ × ٢ × ٩,٨١ × ١٠٠

الشغل = ٧٦٥ × ٢٠

القدرة Power

ان الشغل المنجز سواء انجز في ثانية او في دقيقة او في ساعة هو نفس الشغل من حيث كمية الشغل ، ولكن الذي يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار وفي كثير من الفعاليات في مجالنا الرياضي هو ليس التفاضل بين مقدار الشغل المنجز ، ولكن بالزمن الذي انجز فيه هذا الشغل ، فالذي ينجز الشغل بفترة زمنية اقل افضل

(١٤٣)

من الذي ينجز الشغل نفسه ولكن بفترة زمنية اطول حيث يطلق على العلاقة بين الشغل والزمن بالقدرة ، وعليه فيمكننا تعريف القدرة ميكانيكيا بانها القابلية على انجاز شغل خلال زمن معين.. أي ان :

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

او

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

او

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

او

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

او

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

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

(١٤٤)

كبيرة) فالقدرة هنا تكون اعظم اذا ما استخدمت القوة لمسافة طويلة ولفترة زمنية قصيرة او كليهما .

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

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

مثال:

ما هي القدرة للرياضي الذي ينجز شغلا مقداره (٦٠٠ جول) في رفع ثقل فوق رأسه بزمان قدره (١,٥ ثانية) .

الشغل

القدرة = —

الزمن

٦٠٠

القدرة = —

١,٥

القدرة = ٤٠٠ واط قدرة الرياضي

(١٤٥)

مثال:

عداء ١٠٠ متر وزنه ٨٢٠ نيوتن ينهي السباق في زمن قدره ١٠,١٤ ثانية ،
لو انهى العداء نفسه سباق ٢٠٠ متر بزمن قدره ٢٢,٤٨ ثانية ، في أي
السباقين يبذل زحما اكبر ؟ وفي ايهما يبذل شغلا اكبر ؟ ولماذا؟.

كمية الحركة = الكتلة × السرعة

$$\frac{٨٢٠}{١٠٠} \times \frac{١٠,١٤}{١} = \text{كمية الحركة } ١..$$

$$\frac{٨٣,٥٩}{٩,٨٦} \times \frac{٩,٨٦}{١} = \text{كمية الحركة } ١..$$

كمية الحركة ١.. = ٨٢٤,٢٠ كغم.م.ثا

$$\frac{٨٢٠}{٢٠٠} \times \frac{٢٢,٤٨}{١} = \text{كمية الحركة } ٢..$$

$$\frac{٨٣,٥٩}{٨,٩٠} \times \frac{٨,٩٠}{١} = \text{كمية الحركة } ٢..$$

كمية الحركة ٢.. = ٧٤٣,٩٥ كغم.م.ثا

الشغل = القوة × المسافة

$$٨٢٠ \times ١٠٠ = \text{الشغل } ١..$$

$$٨٢٠٠٠ = \text{الشغل } ١..$$

$$٨٢٠ \times ٢٠٠ = \text{الشغل } ٢..$$

$$١٦٤٠٠٠ = \text{الشغل } ٢.. \text{ جول}$$

(١٤٦)

الشغل

القدرة =

الزمن

٨٢٠٠٠

القدرة ١٠٠ =

١٠,١٤

القدرة ١٠٠ = ٨٠٨٦,٧٨ واط

١٦٤٠٠٠

القدرة ٢٠٠ =

٢٢,٤٨

القدرة ٢٠٠ = ٧٢٩٥,٣٧ واط

الطاقة

وتعني (قدرة الجسم على انجاز شغل ما) . والطاقة لا تخلق من العدم ولا تفنى ويمكن تحويل الطاقة من شكل الى اخر ، وهناك اشكال متعددة للطاقة والذي يهمننا في هذا المجال هو الطاقة الميكانيكية ... فعند اداء الرياضي لحركة معينة فإنه يمتلك طاقة ميكانيكية ولكن تختلف انواع هذه الطاقة التي يمتلكها باختلاف وضعه اثناء الحركة فعندما يكون الجسم في حالة حركة فإنه يمتلك طاقة تدعى بالطاقة الحركية ويختلف مقدار هذه الطاقة تبعا لاختلاف كتلة الجسم المتحرك وسرعته اثناء الاداء ، حيث ان مفهوم الطاقة الحركية بشكل عام يعني حاصل

(١٤٧)

ضرب نصف الكتلة الجسم في مربع سرعته ، وان الطاقة الحركية للجسم اثناء حركته الخطية تختلف عن طاقة الجسم اثناء الحركة الدائرية . فعلى سبيل المثال اذا كانت كتلة عداء ١٠٠ كغم يركض بسرعة ٦ م اثا يمتلك طاقة حركية اقل مما لو كانت سرعته ٨ م اثا ، من هنا يمكننا ان نعبر عن مقدار الطاقة الحركية بالمعادلة التالية :

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

او

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

المكتبة الرياضية الشاملة
www.sport.ta4a.us

وتقاس الطاقة بوحدات كتلة (كيلوغرام) ووحدات سرعة (مترائانية) وتسمى بـ(ال جول) أي وحدة قياس الشغل نفسها.

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

كما ويمكن توضيح درجة الاختلاف في مقدار الطاقة التي يمتلكها الجسم في الحركات الخطية كما هو عليه في الحركات الدائرية من خلال المثال التالي : فالراكض اثناء الحركة الخطية نجد ان سرعة كل جزء من اجزاء جسمه يتحرك بسرعة اجزاء الجسم الاخرى ، واذا رمزنا لكل جزء برقم ما ، فان الطاقة الحركية لكل جزء يحمل رقما معيناً وهي الطاقة (١) ، والطاقة (٢) والطاقة (٣) ... وهكذا

(١٤٨)

وحيث ان الطاقة الحركية للجسم ككل تعادل مجموع الطاقة الحركية لاجزائه ، لذلك يمكننا الحصول على الطاقة الحركية الكلية وفقا للعلاقة التالية :

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

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

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

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

ويلاحظ بان

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

مثال تطبيقي :

لوحظ ان عداء يركض احدى اجزاء السباق بسرعة قدرها ١٠ م/ثا ، علما ان كتلته ٨٦ كغم ، احسب طاقة حركته.

(١٤٩)

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

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

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

$$\frac{8600}{2} = \text{الطاقة الحركية} = 4300 \text{ جول}$$

مثال :

لوحظ ان عداء يبذل طاقة مقدارها ٤٣٠٠ جول خلال ركضه احدى اجزاء السباق ، علما ان كتلته ٨٦ كغم ، احسب سرعته.

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

بضرب الوسطين في الطرفين

(١٥٠)

$$\text{الطاقة الحركية} \times ٢ = \text{الكتلة} \times (\text{السرعة})^2$$

$$\frac{\text{الطاقة الحركية} \times ٢}{\text{الكتلة}} = (\text{السرعة})^2$$

$$\sqrt{\frac{\text{الطاقة الحركية} \times ٢}{\text{الكتلة}}} = \text{السرعة}$$

$$\sqrt{\frac{٢ \times ٤٣٠٠}{٨٦}} = \text{السرعة}$$

$$\sqrt{\frac{٨٦٠٠}{٨٦}} = \text{السرعة}$$

$$\sqrt{١٠٠} = \text{السرعة}$$

$$\text{السرعة} = ١٠ \text{ م/ثا}$$

(١٥١)

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

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

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

$$ط_ك = و \times ع$$

واخيرا من الجدير بالذكر ان هناك اشكالا من الطاقة الكامنة فهناك الطاقة الكامنة المطاطية والطاقة الكامنة للجاذبية الارضية . فعلى سبيل المثال ان نزول لاعب الجمناستيك على (الترامبولين) يؤدي الى تقعره نتيجة المطاطية التي تمتلكها المادة ويؤدي ذلك الى اتساع مساحة رقعة الترامبولين . ان هذا التقعر ما هو الا عملية خزن للطاقة اي تحويل الطاقة الحركية الى طاقة كامنة، وعندما يبدأ اللاعب

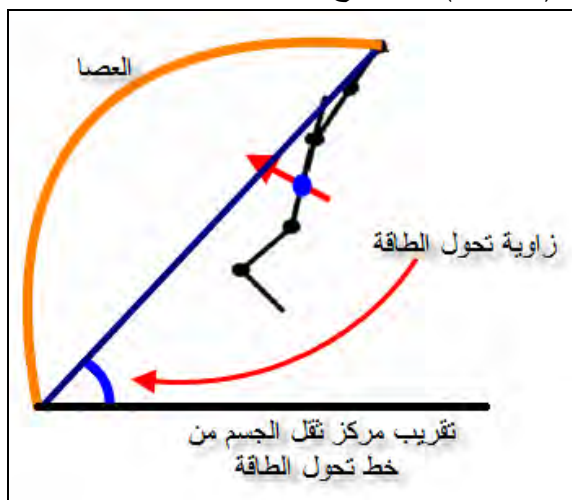
(١٥٢)

بالصعود الى الاعلى فأن الطاقة التي تم تخزينها في الترامبولين تتحرر الى شكل طاقة حركية تساعد على قفز اللاعب عاليا بشكل اقوى .

ان مقدار الطاقة الكامنة التي يمتلكها الجسم وهو على ارتفاع معين عن سطح الارض يتناسب تناسبا طرديا مع ذلك الارتفاع لأن العوامل المؤثرة في مقدار تلك القوة هي وزن الجسم وارتفاعه كما في المعادلة الرياضية المشار اليها سابقا .
ان المثال الشائع في المجال الرياضي هو الاستفادة من الطاقة المخزونة في عصا الزانة ليستفاد منها اللاعب في ارتفاعه.

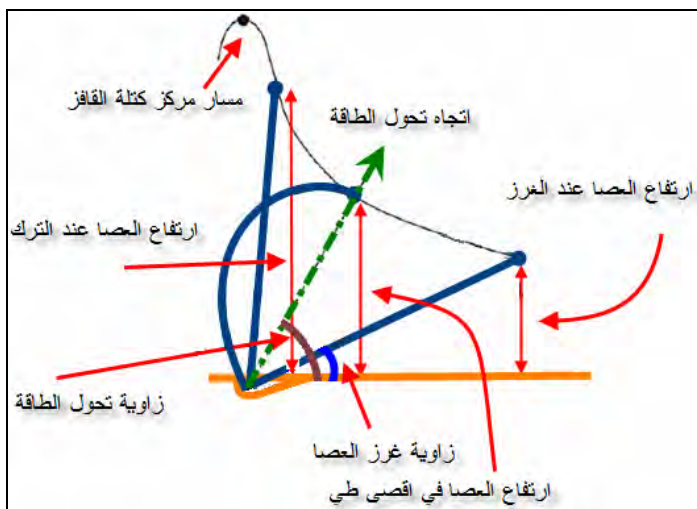


الشكل (٣-٣٨) : يوضح عصا الزانا كمثال للطاقة الكامنة



الشكل (٣-٣٩) : يوضح بعض المتغيرات في فعالية القفز بعصا الزانا

(١٥٣)



الشكل (٣-٤٠) : يوضح تحول مسار مفصل الورك وفقا لتحول الطاقة في عصا الزانا

المكتبة الرياضية الشاملة
www.sport.ta4a.us
التصادم والارتداد

- ان كثيرا من الحركات في المجال الرياضي تخضع الى اسس التصادم والارتداد سواء كان بجسم اللاعب نفسه او باجزاء منه او بالادوات التي يستخدمها اثناء ادائه للفعالية او للمهارة الرياضية ، 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 ذلك ضرب الكرة بجانب القدم .

(١٥٤)

ان امثلة التصادم والارتداد كثيرة في المجال الرياضي ... ففي كرة السلة مثلا تعد المناولة المرتدة احد اشكال التصادم بين الكرة والارض وارتدادها ثانية باتجاه الزميل ، ان قوة التصادم هي عبارة عن القوة التي ترتطم بها الكرة بالارض ، اما القوة التي تعيد الكرة الى وضعها الاصلي بعد حدوث التغيير في شكلها نتيجة التصادم فانها تدعى قوة الارتداد ، ويمكننا توضيح ذلك من خلال التصادم بين المضرب والكرة ، فان قوة المضرب على الكرة تكون بمثابة قوة الفعل ، اما عملية استعادة الكرة الى وضعها تكون بمثابة قوة رد الفعل التي ترد فيه الكرة على المضرب .



الشكل (٣-٤١) : يوضح تحول كمية الحركة من جسم الى اخر

فلو اخذنا على سبيل المثال التصادم الحادث بين مضرب التنس والكرة ، فمن المعروف ان كلا من المضرب والكرة يمتلكان كمية حركة معينة هي عبارة عن كتلتيهما في سرعتيهما ، فلو فرضنا ان كتلة المضرب (ك١) وسرعته قبل التصادم (س١) وكتلة الكرة قبل التصادم (ك٢) وسرعتها (س٢) فان مجموع كمية حركتيهما = ك١س١ + ك٢س٢ . ولكن الذي يحدث بعد التصادم هو تغير سرعة المضرب والكرة حيث تكون سرعة المضرب (س٣) وسرعة الكرة (س٤) فان مجموع كمية حركتيهما = ك١س٣ + ك٢س٤ ... ما يجب الانتباه اليه هو ان مقدار

(١٥٥)

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 هذا الاساس يمكننا ان نذكر :-

كمية الحركة قبل التصادم = كمية الحركة بعد التصادم

$$١ \text{ س } ١ + ٢ \text{ س } ٢ = ١ \text{ س } ٣ + ٢ \text{ س } ٤$$

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

السرعة بعد التصادم

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

ويمكن صياغة المعادلة بالنسبة للارتفاعات القبلية والبعدية بما يلي :-

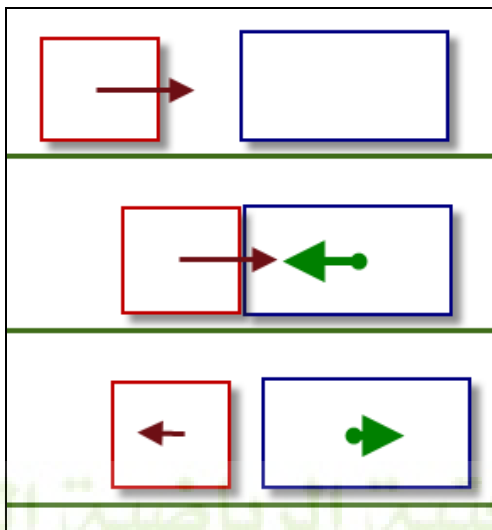
$$\text{معامل الارتداد} = \frac{\text{ارتفاع الارتداد}}{\text{ارتفاع السقوط}}$$

ومعامل الارتداد تساوي (١) عند الاصطدام تام المرونة أي ان الجسم يحافظ على شكله دون تغيير ، واقل من (١) 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 المرن أي ان الجسم لا يستعيد شكله.

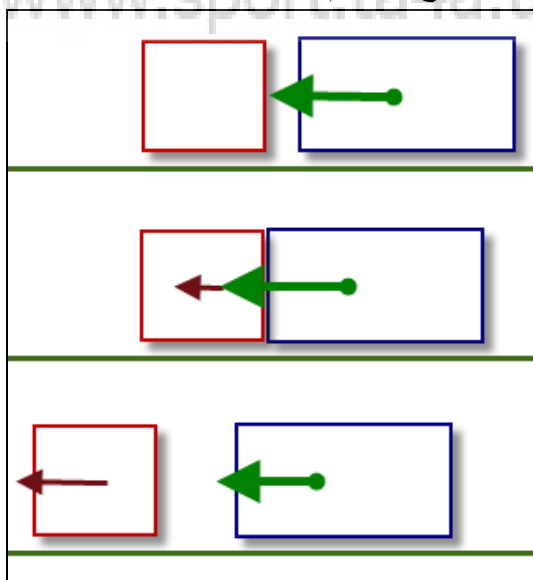
في الشكل ادناه عندما تتدحرج كتلة صغيرة بمقدار من القوة تساوي وزن الاداة وتصلب بكتلة كبيرة وزن كبير يحدث ان تنتقل كمية الحركة الى الكتلة

(١٥٦)

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 (٣-٤٢) : يوضح الصادم والارتداد عند تحرك الكتلة الصغيرة



الشكل (٣-٤٣) : يوضح الصادم والارتداد عند تحرك الكتلة الكبيرة

(١٥٧)

في الشكل اعلاه عندما تتدحرج كتلة كبيرة بمقدار من القوة تساوي وزن الاداة وتصادم 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 ك١ يتحرك بسرعة ع١ بجسم آخر مرن ساكن كتلته ك٢ فإن :

سرعة الجسم الأول بعد التصادم تعطى بالعلاقة :

$$ك١ - ك٢$$

سرعة الجسم الأول بعد التصادم = $\frac{ك١ \times ع١}{ك١ + ك٢}$

$$ك١ + ك٢$$

سرعة الجسم الثاني بعد التصادم تعطى بالعلاقة :

$$ك١ \times ع١$$

سرعة الجسم الثاني بعد التصادم = $\frac{ك١ \times ع١}{ك١ + ك٢}$

$$ك١ + ك٢$$

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

$$٢ - ١$$

سرعة الجسم المتحرك بعد التصادم = $\frac{١ \times ع١}{٣}$

$$٣$$

= - ٠,٣٣ أي ان الجسم المتحرك سيرتد بسرعة مقدارها ٠,٣٣ م/ثا

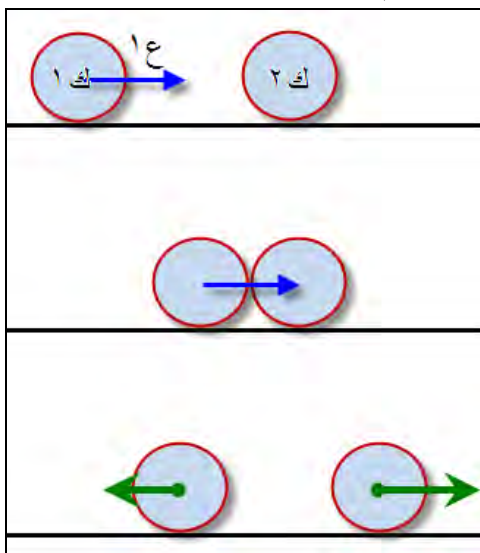
$$١ \times ٢$$

سرعة الجسم الثابت بعد التصادم = $\frac{١ \times ع١}{٣}$

$$٣$$

(١٥٨)

= + ٠,٦٦ أي ان الجسم الثابت سيكتسب سرعة مقدارها ٠,٦٦ م/ثا



الشكل (٣-٤٤) : يوضح بعض حالات الاصطدام والارتداد

مثال

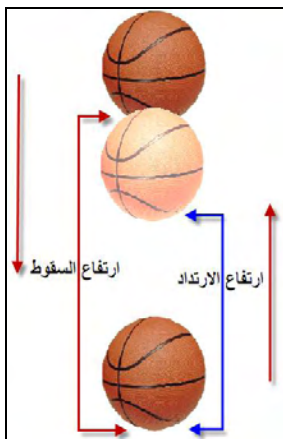
سقطت كرة السلة من ارتفاع (٢ متر) محسوبا من اسفلها وارتدت الى ارتفاع (١,٢٢ متر) جد معامل الارتداد

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

$$\frac{1,22}{2,00} = \text{معامل الارتداد}$$

$$0,781 = \text{معامل الارتداد}$$

(١٥٩)



الشكل (٣-٤٥) : يوضح ارتفاعي السقوط والارتداد

زاوية السقوط وزاوية الارتداد



الشكل (٣-٤٦) : يوضح زاويتي السقوط والارتداد

العوامل المؤثرة على زاوية الارتداد

١- زاوية سقوط الكرة بالنسبة للسطح المضروب

٢- تركيب السطح المضروب

٣- تركيب ومرونة الاداة

٤- محيط وشكل السطح المضروب

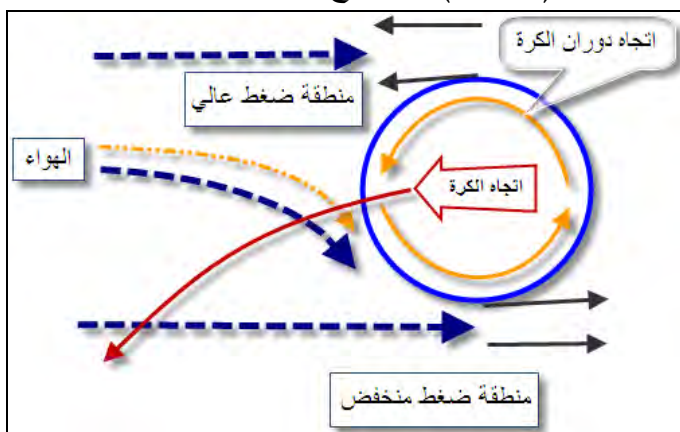
٥- دوران الجسم

(١٦٠)

ان زاوية الارتداد تتناسب طرديا مع زاوية السقوط الى اقل من ٩٠ 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 الاصطدام 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 اصطدام الكرة التي تدور الى الامام بالارض فان اتجاه الجزء السفلي يكون بعكس ارتداد الكرة وتتولد قوة معاكسة من الارض الى اتجاه الكرة فتزداد سرعتها والعكس صحيح



الشكل (٣-٤٧) : يوضح ارتداد الكرة بعد دورانها



الشكل (٣-٤٨) : يوضح اتجاه الكرة بعد دورانها

(١٦١)

الفصل الرابع

التغذية البايوميكانيكية الراجعة لنتيجة الأداء

متطلبات الخوض في هذا الموضوع

- الخبرة المتراكمة من المصادر العلمية والمعلومات النظرية المتوفرة عن ونوع المتغيرات وقيمتها.
- توفر بعض الأجهزة والأدوات التي تساعد في إنجاز الموضوع ومنها أجهزة قياس القوى والحاسوب والتصوير السينمائي أو الفديوي بالسرعات العالية ٦٤ صورة في الثانية فما فوق.
- توفر عينة ممكن أن تكون قد استثمرت متطلبات الحركة الأخرى بنجاح مثل المسافة المتبقية من المسابقة.
- توفر البرمجيات المناسبة لتحليل المتغيرات واستنتاج المعارف

معنى التغذية الراجعة

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

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

(١٦٢)

تعلم المهارة الحركية والاستمرار في التدريب من اجل الحصول على النتائج المطلوبة.

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

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

بعنوان:

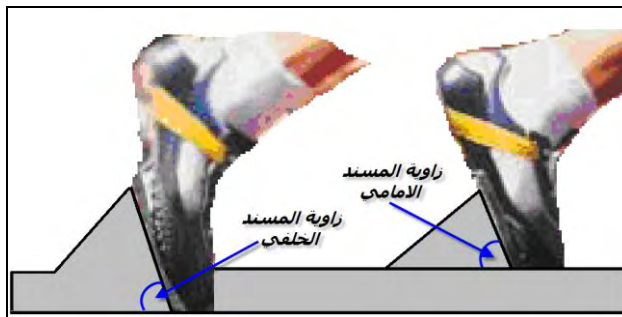
Development of apparatus to provide immediate accurate feedback to sprinters in the) normal training environment)

هذه الدراسة عبارة عن مشروع لتطوير جهاز البدء بالركض، وقد تناولت

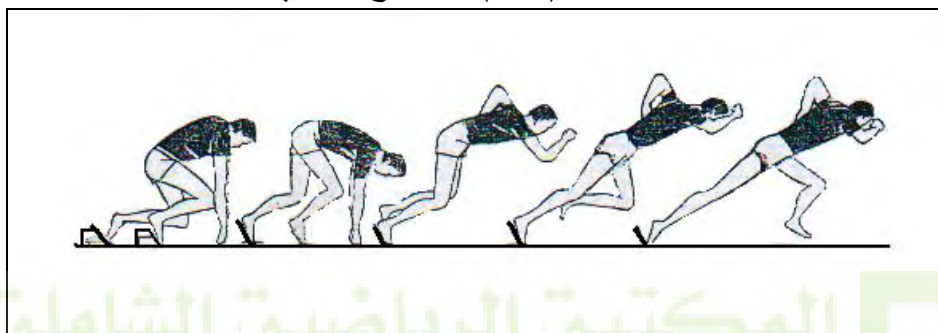
الدراسة بناء جهاز سمي بـ(ساسكاجوان) وهو مشروع تعاوني بين مجموعة من الباحثين في جامعة ساسكاجوان وشركة الالكترونيات في كندا، كان الهدف من بناء الجهاز هو تأمين التغذية الراجعة الكينماتيكية والكيناتيكية للاعب والمدرب في ميدان التدريب.

الجهاز عبارة عن صحن راداري مثبت خلف مسندي البدء على بعد مناسب وموجه مباشرة إلى اللاعب، وترتبط مساند البدء والصحن الراداري بكمبيوتر، ولتحفيز جهاز قياس القوتين العمودية والأفقية بمسدس اطلاق البدء، حيث يتم تكوين معلومات نظرية على شكل منحنيات بيانية لدالة القوة-الزمن مع تحليلها و تخزينها، ويؤمن الصحن الراداري دراسة لعوامل التعجيل وتغيرها مع كل خطوة ويمكن ملاحظة هذه التغيرات في منحنيات بيانية أخرى.

(١٦٣)



الشكل (١-٤) : يوضح مسندي البدء

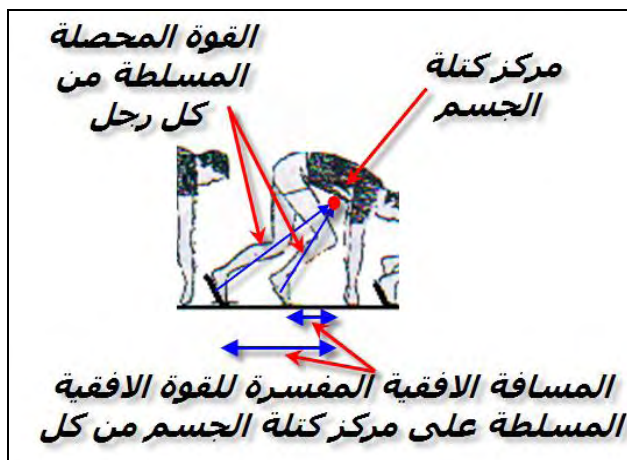


الشكل (٢-٤) : يوضح حركة الركض السريع من البداية المنخفضة

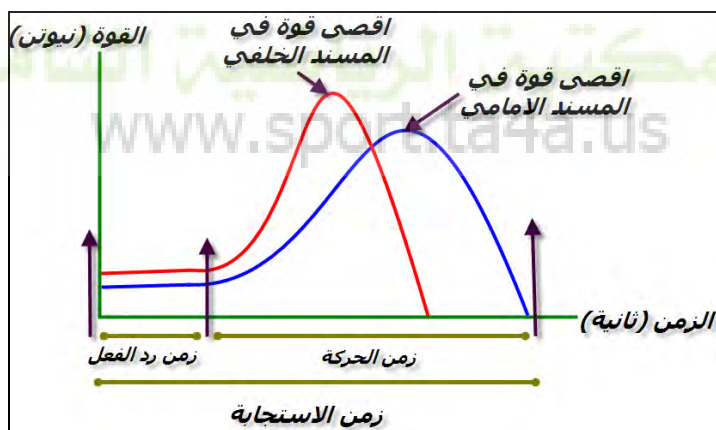


الشكل (٣-٤) : يوضح بعض المتغيرات الكينماتيكية التي يمكن اعتمادها في التغذية الراجعة

(١٦٤)



الشكل (٤-٤) : يوضح بعض المتغيرات الكيناتيكية التي يمكن اعتمادها في التغذية الراجعة



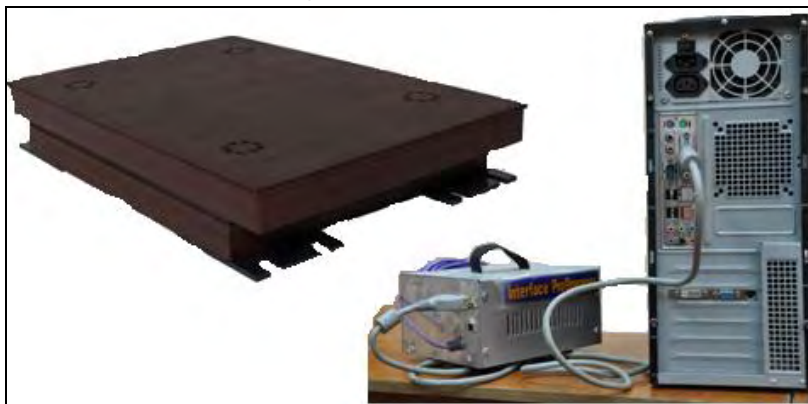
الشكل (٤-٥) : يوضح بعض المتغيرات الكيناتيكية ودالة القوة-الزمن (الدفع)

منصة قياس القوى

ان منصات قياس القوة عبارة عن اجهزة لتسجيل مقادير القوة الداخلية المتولدة باثر من الانقباضات العضلية عند الحركة وعند الاستقرار أي ان لهذه المنصات القابلية على قياس القوة الثابتة مثل جهاز الداينوميتر الرقمي ، وتعمل هذه المنصات بأسلوب الضغط المسلط على موضع معين وتتواجد في هذه المواضع

(١٦٥)

متحسسات (Strain gauges) او (Load Cell) وهي اجهزة لها القابلية على التحسس باختلاف مقادير القوى المسلطة على المواضع المثبتة عليها.



الشكل (٤-٦) : يوضح جهاز منصة القوة مع الاجهزة الملحقة

تم تثبيت المتحسسات (Strain gauges) في مساند البدء وبواقع ٤ (متحسسات) لكل مسند، ووضعت على شكل قنطرة لتحسس توازن القوة العمودية (ناقلتين لكل جهة من جهتي المسند)، إذ ارتبط كل مسند بوساطة موصلات سلكية بجهاز مفسر الجهد (التناظري) الحادث في ناقلات التحسس في المسندين لنقلها بعد تكبير الإشارات وتحويلها إلى الحالة الرقمية إذ تنقل الأخيرة إلى الحاسوب على شكل معلومات إلى مدخل في الحاسوب (قناتين) لتخزن في الذاكرة (RAM) على مواقع تسمى عناوين في شكل بيانات بهيئة أرقام (ستة عشرة) تعمل في مدى (٠٠-FF) تطابق الأرقام العشرية (٠-٢٥٥) لا يمكن تجاوزه في هذه الحاسبات وبذلك فإن أقصى جهد مسلط يتحمله الجهاز يكون مساوياً إلى (٩,٨١ × ٢٥٥) نيوتن . تعتمد على القيم المخزونة في هيئة أرقام (ستة عشرة) بعد تحويلها إلى الأرقام العشرية كمقادير للقوة. ويوضح الشكل السابق انسياب المعلومات للأجهزة الثلاثة (جهاز التحسس بالاطلاق، منصة القوى و الحاسوب). تبلغ الفترة الزمنية لنقل معلومة جهد مسلط على المسند (تحسس بالقوة أو القراءة) من المسند إلى العناوين في الحاسوب زمناً قدره (٠,٠٠١٣ ثانية)

(١٦٦)

إن القياسات الوزنية الموضوعة على المسند وزيادات متدرجة من (٥ كغم إلى ٥٠ كغم) تعطي قيما رقمية على شاشة الحاسوب ويمكن تنظيمها لكي تمثل كل قيمة وزنية قياسية رقما مماثل، وتعطي مقارنة نتائج القياسات الحقيقية بنتائج القيم الرقمية على شاشة الحاسوب دلالة على خطية الجهاز، وتمت معايرة الجهاز للتوصل إلى قيم رقمية صحيحة بقدر الامكان بعد تحويلها إلى أوزان بوحدات القوة (نيوتن).

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



الشكل (٤-٧) : يوضح مشهد من خلف

مسند البدء مع المتحسسات الاربعة

التزامن بين منصة قياس القوى وآلة التصوير السينمائي

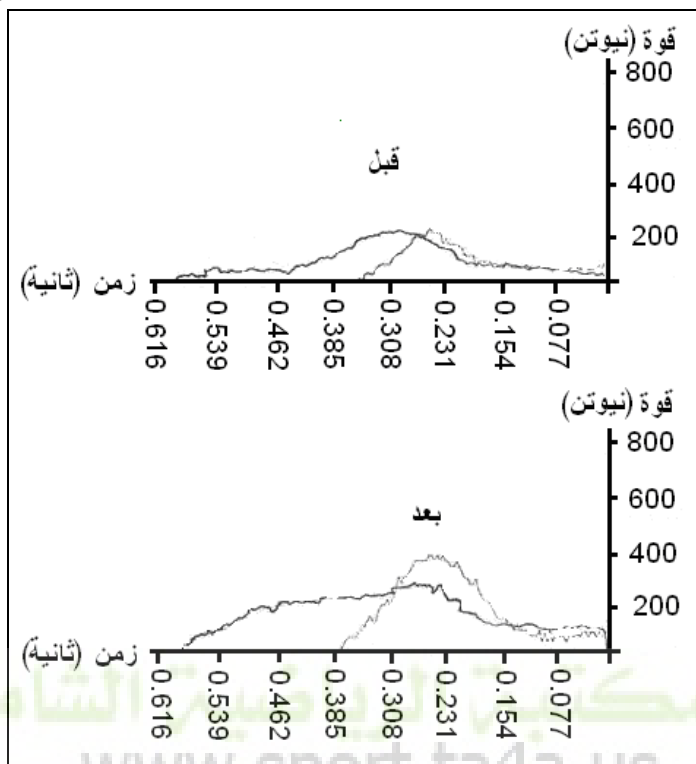
نستطيع وضع تعريف بسيط للتزامن بأنه اشتراك جهازين مختلفين كل له هدف مختلف عن الآخر ولكنهما ينقلان حقيقة حدوث الظاهرة نفسها (مثل آلة التصوير ومنصة قياس القوى) فآلة التصوير تخصص لإيجاد الزوايا والمسافات ويمكن كذلك الزمن وما يشترك منها مثل السرعة والسرعة الزاوية والتعجيل وجميع

(١٦٧)

المصطلحات التي لتشارك فيها مصطلح القوة، أما جهاز قياس القوى فيخصص لإيجاد مقادير القوى الأفقية والعمودية والمحصلة واتجاهاتها وتأثيرها ويعني التزامن هنا إيجاد التداخل الزمني الحادث بين الجهازين فآلة التصوير تنقل الصور إلى الكاميرا بمقدار ٦٤ صورة في الثانية أما جهاز قياس القوى فتنتقل المعلومة من المنصة الواحدة إلى الحاسوب في زمن مقداره ٠,٠٠١٣ ثانية بين معلومة وأخرى. والزمن بين أي صورتين سيكون ٠,٠١٥٦٢٥. ومعنى ذلك تطابق زمن كل (١٢ قراءة) في جهاز منصة القوة زمن صورة واحدة في جهاز التصوير السينمائي والبالغ (٠,٠١٥٦ ثانية).

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

(١٦٨)

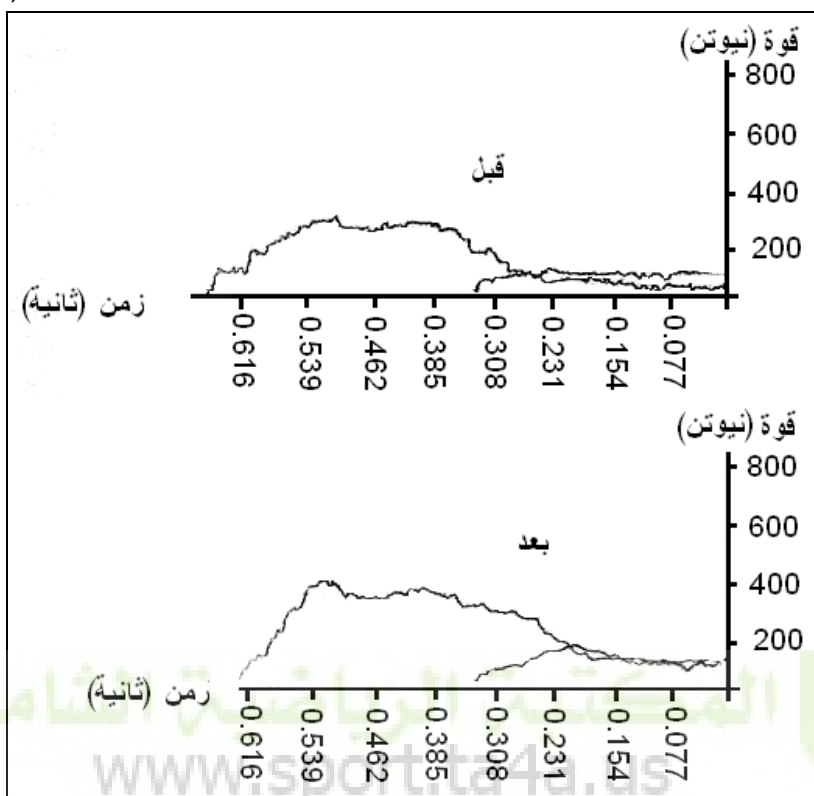


الشكل (٨-٤) : يوضح متغيرات اللاعب الاول قبل التغذية

البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

يلاحظ في الشكل أعلاه إن اللاعب يستخدم قوتان متساويتين في المسدين، ويصح أن تظهر القوة الكبيرة في المسند الخلفي (اول مسند يترك) ، ويرجع سبب ذلك إلى الزاوية الكبيرة في مفصل الركبة - امتداد - حيث (يجب أن تتراوح هذه الزاوية بين ١٢٠-١١٠ درجة ، وتساهم زاوية الركبة في المسند الخلفي إظهار القوة القصوى العمودية في المسند الأمامي)

(١٦٩)

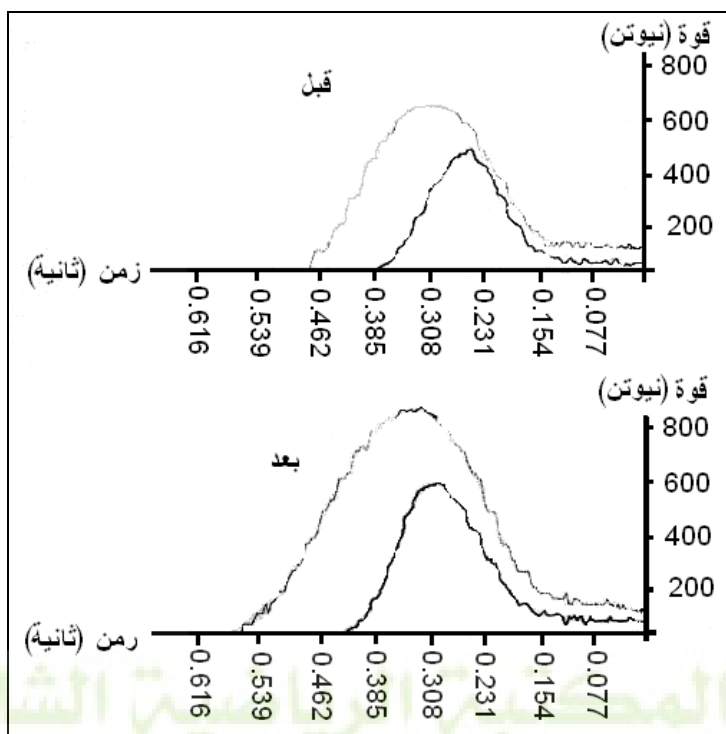


الشكل (٩-٤) : يوضح متغيرات اللاعب الثاني قبل التغذية

البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

يلاحظ في الشكل أعلاه أن اللاعب يرفع رجله عن المسند، ويصح دفع المسند كما يظهر أن زمن رد الفعل وزمن الاستجابة كبيرين مقارنة بالأشكال الأخرى، ويحدث ذلك بسبب (تقارب أو زيادة ارتفاع الكتف عن الورك -زاوية الجذع- مما يسبب استقرار لمركز ثقل الجسم مما يحتاج اللاعب إلى إزاحة زاوية كبيرة لإخراجه من حدود قاعدة الارتكاز ويحدث الجذع مع الأفق زاوية في متوسطها ٢٣ درجة)

(١٧٠)

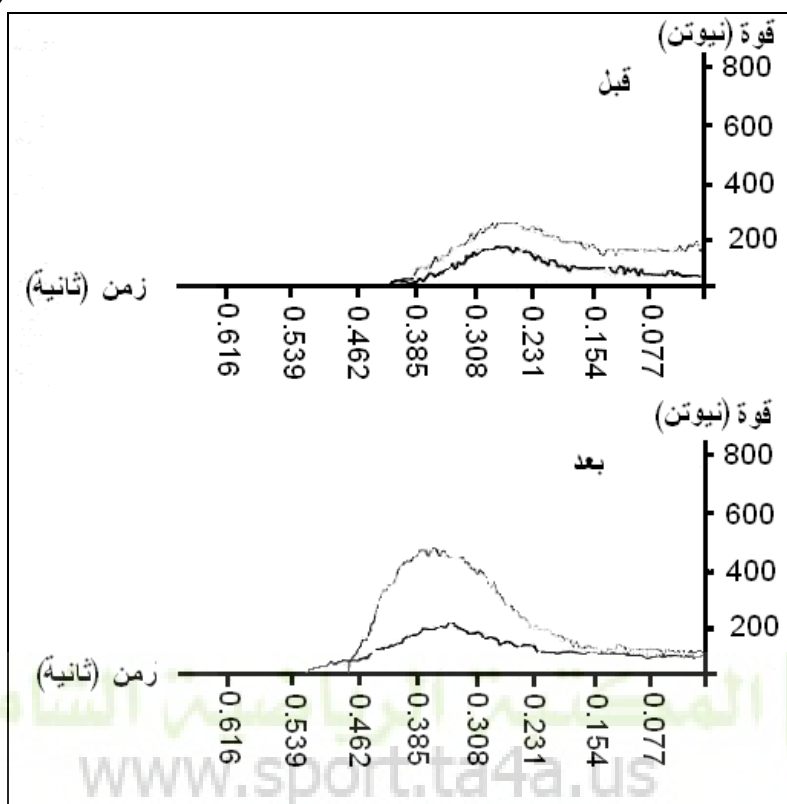


الشكل (١٠-٤) : يوضح متغيرات اللاعب الثالث قبل التغذية

البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

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

(١٧١)



الشكل (٤-١١) : يوضح متغيرات اللاعب الثالث قبل التغذية

البايوميكانيكية الراجعة وبعدها

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

(١٧٢)

متطلبات التحليل الحركي

يمكننا إيجاز هذه المتطلبات الى عدة نقاط وهي:

- ١- معرفة الهدف من دراسة المهارة او الفعالية قيد الدراسة .
- ٢- التعرف على المراحل الفنية للمهارة او الفعالية المطلوبة.
- ٣- مراجعة في المصادر والدراسات السابقة لتحديد المتغيرات البايو ميكانيكية.
- ٤- تصميم الميدان التجريبي وفقا للمتغيرات المطلوب تحليلها.
- ٥- توفير الأدوات والبرمجيات اللازمة لتحديد المتغيرات البايو ميكانيكية.
- ٦- الرجوع الى القوانين الميكانيكية والعلوم الاخرى لتفسير النتائج.

تحديد الهدف من الدراسة وفقا للمهارة او الفعالية المطلوبة:
 قبل البدء بأي إجراء يتطلب من الباحث تحديد هدف البحث بعد ملاحظة المشكلة والتأكد من توقع أولي لحل المشكلة بدراسة متغيرات بايوميكانيكية.

التعرف على المراحل الفنية للمهارة او الفعالية المطلوبة:

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

مراجعة في المصادر والدراسات السابقة لتحديد المتغيرات البايوميكانيكية:

على الباحث ان ينطلق من المصادر والدراسات السابقة والمشابهة لوضع عدد من المتغيرات المهمة التي تتحكم بالحركة المطلوبة ، رغم انه قد اطلع على

(١٧٣)

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 أو 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 أو كاسيتات للبرامج ربما تكون أغلبها في الحاسوب لغرض تحويلها إلى قيم رقمية صالحة للمعالجة والتفسير

الرجوع الى القوانين والعلوم لتفسير النتائج:

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

مثال

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

١- ان الهدف من هذه الدراسة هو تقديم النصائح الممكنة لتطوير الانجاز

الرقمي من خلال إيجاد مكامن الضعف بمعالجة بايوميكانيكية لتصحيحها

ومكان القوة لتعزيزها

(١٧٤)

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

٣- أبدت الدراسات السابقة اهتماما كبيرا بسرعة الركضة التقريبية فلقد أوضحت بعضها ان السرعة المثالية في هذه المرحلة تراوحت (٨) متر لكل ثانية تم دراستها وفقا للمسافة المقطوعة في وحدة الزمن ، كما ذكرت مصادر أخرى ان قياس السرعة في هذه المرحلة بنيت على طول وتردد الخطوات ، كما تبين ان الخطوات الثلاث قبل الارتقاء لم تكن متساوية اذ كانت الخطوة قبل الارتقاء اقصر من سابقتها وذلك لإعطاء مركز كتلة الجسم ارتفاعا عموديا مناسباً (مركبة عمودية) فضلا عن المركبة الأفقية ولقد ذكرت المصادر بعض المصطلحات مثل (ابتعاد مركز كتلة الجسم عن نقطة استناد قدم الارتقاء لحظة التماس) وكذلك زاوية الهبوط ، وعندما ينتقل اللاعب إلى الاستناد الخلفي يحسب له أيضا الإزاحة الأفقية وكذلك زاوية النهوض وسرعة الانطلاق والأزمنة والعديد من المصطلحات. فيحدد الباحث جميع هذه المصطلحات ويعد قائمة بها لغرض اعتمادها في التحليل. كما عليه ان يطلع على الدراسات المشابهة كفعالية الوثبة الثلاثية

٤- تبين ان هذه المتغيرات يمكن إيجادها باعتماد آلة تصوير واحدة توضع من الجانب القريب لرجل الارتقاء وعمديا عليها أي الاكتفاء بالبعد الثنائي ، وربما دعت الحاجة إلى استخدام آلة أخرى لضبط سرعة الاقتراب ، ويجب ألان إجراء تجربة استطلاعية بسيطة لضبط موقع التجربة من حيث عدد الآلات المطلوبة ومقياس الرسم ان دعت الحاجة إليها وكذلك النقطة النسبية او نقطة ثابتة ، وإذا تطلب الأمر إجراء تداخل بين التي التصوير في حالة استخدام أكثر من آلة.

٥- بعد تصوير الفعالية او مرحلة من مراحلها يمكن نقل الفلم إلى الحاسوب وفقا لإمكانيات آلة التصوير اذ ان البرامج الملحقة والتي تباع مع آلة

(١٧٥)

التصوير كفيلة بنقلها إلى الحاسوب من خلال مخارج (AV) أو (Studio) أو (USB) إذ 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 إذ يتم التعرف عليها أيضا كمكون مادي. ولا يكتفي 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 أو هي برامج يمكن ان تكتب قوانين خاصة على شكل معادلات لغرض معالجة القيم الرقمية المستنتجة ، وبرامج أخرى للإخراج الفني كالصور المتسلسلة والمنحنيات وبرامج أخرى للمعالجة الإحصائية وبرامج الطباعة.

٦- ان الاعتماد على النظريات هو الحل الأمثل للتفسير إذ قد تكون النتائج الإحصائية غير كفيلة بتفسير النتائج فيلجأ الباحث الى القوانين مثل قوانين نيوتن في الحركة والعوامل المؤثرة فيها وقوانين المثلاثات 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 متنوعة أو مختلفة في هذا الاتجاه من معالجات البعد الثنائي الى معالجات البعد الثلاثي مثل

(١٧٦)

برامج (DARTFISH) و (APAS) وان هذا الأخير قد تميز عن البرامج السابقة بمميزات كثيرة يطول شرحها حاليا ولكن ببساطة يتم إيجاد بعض المتغيرات بل اغلبها دون تدخل الباحث. ولقد وضعت في مكتبتني الالكترونية بعض الإيضاحات.

قبل التصوير

١- طبعا أنت بحاجة إلى آلة تصويريفضل ان تكون عالية السرعة مع برنامج للتحليل الحركي .

٢- والى ميدان للتصوير عينة للتصوير

٣- والى متطلبات أخرى تحتاجها في ميدان التصوير مثل الخلفية والعلامات اللاصقة ومقياس الرسم ولوحات ترقيم وأدوات أخرى بحسب متطلبات الفعالية او الحركة او المهارة

www.sport.ta4a.us

بعد التصوير

١- أنت بحاجة إلى حاسوب

٢- أنت بحاجة إلى بطاقة معروفة كمكون مادي في الحاسوب لغرض إنزال الفلم إلى الحاسوب

٣- او مكون مادي آخر معرف من خيارات آلة التصوير

البرمجيات

وهي متنوعة مثل (IFlim ، Adobe Primeire) وغيرهما ولكن اصغر هذه البرامج حجما وأسهلها عملا هو (Hero 2001) للبرنامج القابلية على عرض الفلم بالسرعات المختلفة بطيئة عادية سريعة وكذلك تقطيع الفلم إلى أجزاء وأخيرا تقطيع الفلم إلى صور متسلسلة ، وهناك برمجيات خاصة بتقطيع مجموعات من الافلام من الفلم الواحد ثم دمجها ببعضها مثل (VCD cuteer).

(١٧٧)



الشكل (٤-١٢) : يوضح واجهة البرنامج (Hero 2001)
أفضل واجهة تعمل مع winXP



الشكل (٤-١٣) : يوضح مناطق تشغيل وامكانيات البرنامج (Hero 2001)

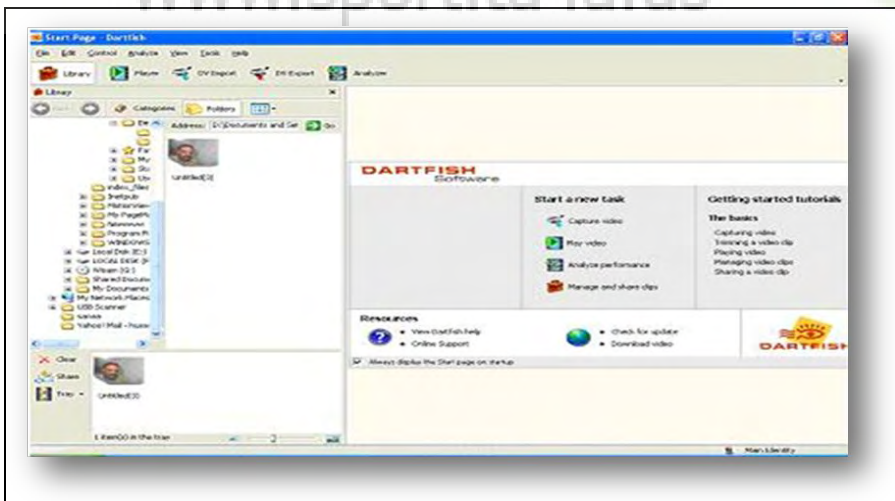
١- لفتح الملفات

٢- تشغيل الفلم

(١٧٨)

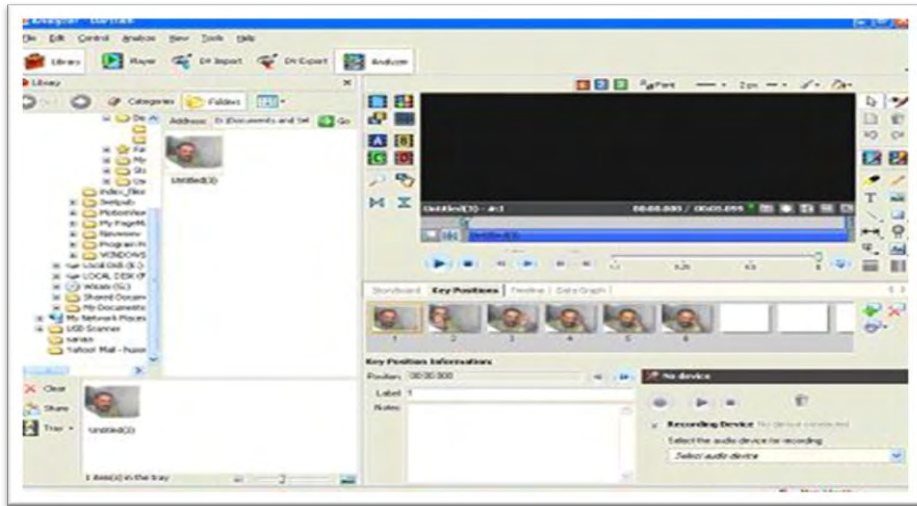
- ٣- إيقاف الفيلم
- ٤- عرض سريع
- ٥- عرض بطيء
- ٦- تحديد مجال الفيلم وسيتضح في الميزاب المرقم (٧)
- ٧- ميزاب الفيلم
- ٨- تحديد نقطة بداية قطع الفيلم
- ٩- تحديد نقطة نهاية قطع الفيلم
- ١٠- حفظ الفيلم الذي تم تحديد نقطتي البدء والنهاية
- ١١- من هنا يتم تقطيع الفيلم إلى صور متسلسلة

اما برامجيات التحليل فهناك برنامجين الاكثر شهرة وهما (AutoCad) و (Dartfish) وللبرنامج الاخير مجموعة من القابليات في مجال التغذية الراجعة.



الشكل (٤-١٣) : يوضح واجهة البرنامج (Dartfish)

(١٧٩)



وهذه الشكل (٤-١٤) : يوضح واجهة التحليل في برنامج (Dartfish)

مجموعة من الخدمات التي يقدمها البرنامج
المزامنة في المشاهد (MultiPlay and Basic Overlay)

يسمح بمزامنة ٤ فيديو في نفس النافذة او أربعة مشاهد مختلفة لنفس الرياضي والمقارنة بين كل مشهدين معا بتحديد ومراقبة بمرور الوقت بين كل مشهدين معا وابرار نقاط الاختلاف عن طريق اسقاط صورة من مشهد على صورة نفس المشهد من محاولة اخرى. وإسقاط الضوء على الأداء والحركة



الشكل (٤-١٥) : يوضح المزامنة في المشاهد

(١٨٠)

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 (٤-١٦) : يوضح ادوات التذييل والرسم

التقطيع والعرض المسلسل والمسلسل المدمج (Slide Show and Clipboard)

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



الشكل (٤-١٧) : يوضح التقطيع والعرض المسلسل والمسلسل المدمج

(١٨١)

التزامن

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

١- بين آلة تصوير وأخرى (تعمل التي تصوير معا من مواقع مختلفة في الزمن نفسه)

٢- بين منصة قوة وآلة تصوير (تعمل منصة القوة وآلة التصوير معا في الزمن نفسه)

٣- بين منصة قوة وأخرى (تعمل منصتي القوة معا من مواقع مختلفة في الزمن نفسه)

٤- بين جهاز قياس التحفيز العضلي وآلة تصوير (يعمل جهاز تحفيز العضلات أثناء الحركة على إحدى العضلات وتكون الحركة مراقبة من آلة تصوير في اللحظة نفسها)

٥- بين جهاز قياس التحفيز العضلي ومنصة قياس القوة (يعمل جهاز تحفيز العضلات أثناء الحركة على احدي العضلات وتسجل منصة القوة رد فعل الأرض في اللحظة نفسها)

٦- بين الإنسان والحيوان (عند اجتياز الحصان في الفروسية للحاجز يعمل الفارس على تعجيل حركة الحصان)

٧- بين الإنسان والأداة (عند صعود راكب الدراجة الى مرتفع يزيد من الوقود ويميل بجسمه إلى الأمام)

(١٨٢)

ونعطي بعض الأمثلة فمثلا التخاطر يعني أن اعرف ما يجول في نفس الشخص الآخر فإذا بدأ شخصان تخاطرا فيتطلب أن يكون في الزمن نفسه ولا يشترط أن يتواجد الاثنان في المكان نفسه.

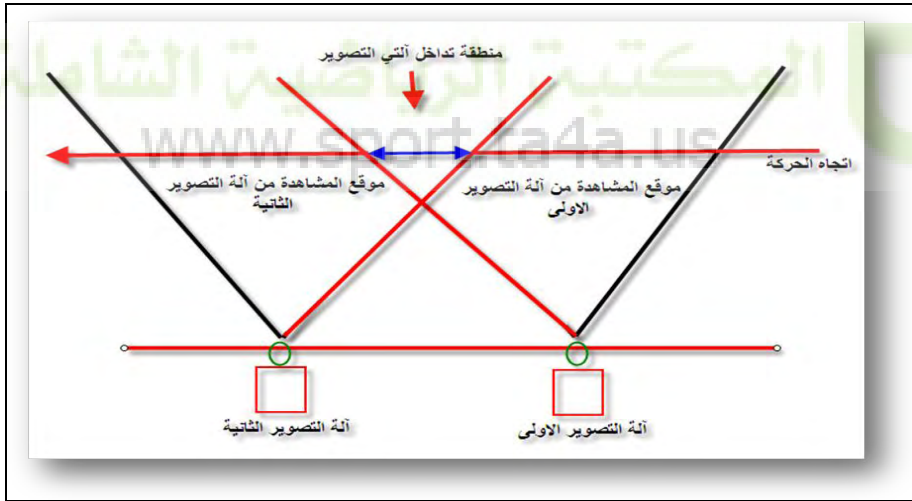
وفي مجال التحليل الحركي نذكر بان التزامن يعني أن أقيس حركة لاعب بلاعب آخر في اللحظات الزمنية نفسها فيكون الزمن هو المعيار فنقول ان اللاعب (أ) وضعه منخفض مقارنة باللاعب (ب) في الثا في الثانية الثالثة ، وكذلك إن أقيس حركة لاعب أمام آلة تصوير جانبي وآلة تصوير أمامي أو أن اللاعب يتحرك مارا من أمام آليتي 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 الذي 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 آليتي تصوير للاعب ينتقل من آلة إلى أخرى عند السير الاعتيادي أو عند حركة معينة والغرض من تواجد آليتي تصوير كون أن الهدف من الحركة هو الاقتراب من الحركة اكبر ما يمكن لإظهار بعض المناطق التي 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.

(١٨٣)

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

يمكن ضبط آليتي 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 آليتي تتم مشاهدتها في الآلة الأولى يجب أن تكون مشاهدة كجزء أول في آلة التصوير الثانية ، وكما يتضح في الشكل أدناه.



الشكل (١٨-٤) : 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:

(١٨٤)



الشكل (١٩-٤) : يوضح التصوير من التين

كيفية التزامن



نحتاج الى برنامج (DartFish) لكي نقوم بذلك واليك

الخطوات والاجراءات المطلوبة:



(١٨٥)

الشكل (٤-٢٠) : يوضح مناطق العمل

- ١- اسحب الفيلم الأول الى الشاشة الرئيسية
- ٢- اسحب الفيلم الثاني الى الشاشة الرئيسية (🎬)
- ٣- تجد إن الفلمين باللون المائي (الشفاف)
- ٤- اضغط على علامة الكف (👉)
- ٥- ابعد الفلمين عن بعضهما
- ٦- ابدأ التشغيل ، ستجد ان اللاعب يظهر في جزء من حركته في الفيلم الأول (الشاشة الأولى)
- ٧- عن طريق (🔵) او باستخدام السحب بعد ظهور لون الفيلم المطلوب قدم وآخر الفيلم لكي تتطبق الحركة في الفلمين معا وانتقل بين الفلمين (🇺🇦) او تشغيل وإيقاف الفيلم
- ٨- تستطيع باستخدام عجلة التدوير في الفارة من تكبير او تصغير الفيلم احد الفلمين
- ٩- ابدأ بسحب الصورة المعينة على تكملته في الفيلم الآخر باستخدام (👉) وحسب المراحل أدناه.



(١٨٦)



الشكل (٢١-٤) : يوضح تسلسل سحب الفلمين

(١٨٧)

- ١٠- بعد الانتهاء من وضع الفيلم الثاني على الفيلم انتقل الى زر التبييض () وأغلقه الى الجانب لكي يظهر العمل كفلم واحد كما في الصورة ادائه



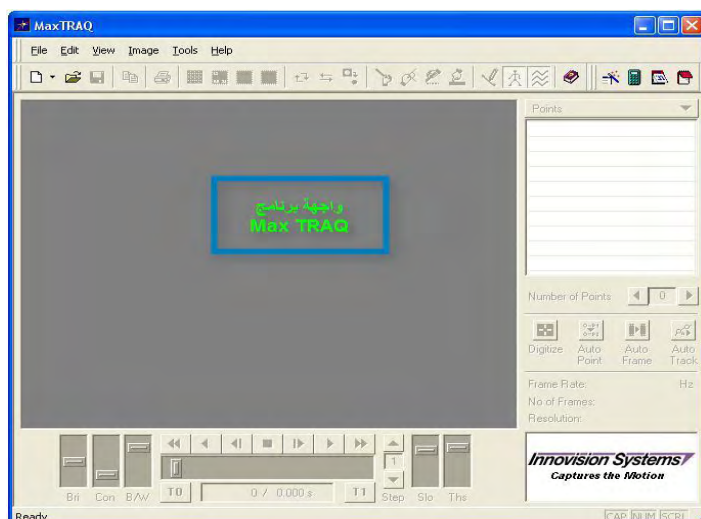
الشكل (٤-٢٢) : يوضح الفيلم المدمج من الفلمين (التزامن)

- ١١- اخزن الفيلم النهائي عن طريق (Save)

(١٨٨)

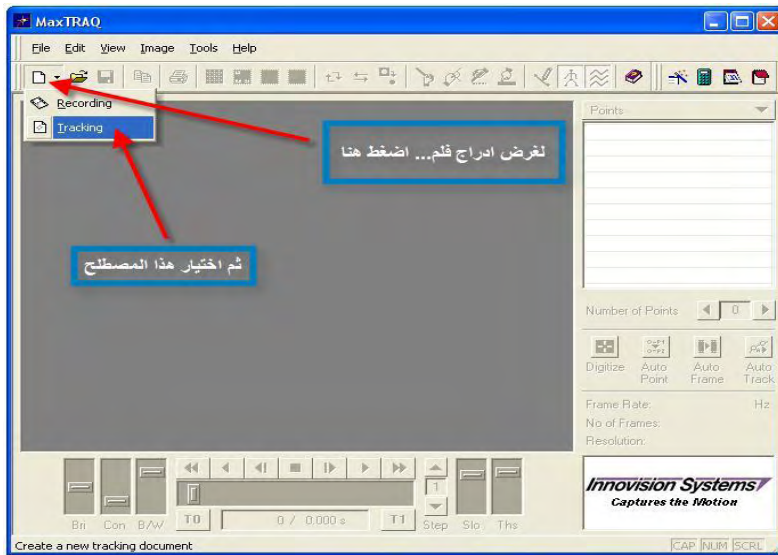
برنامج التحليلي الحركي (MaxTRAQ)

ينفرد هذا البرنامج بصفة مميزة وهي إمكانية تطبيق إجراءات التحليل على الصورة الأولى فقط لتنتشر تلقائياً على الصور الأخرى أي إن الباحث فقط يحدد نقاط مفصل اللاعب في الصورة الأولى ليجد أن هذه النقاط قد تحددت تلقائياً في الصور الأخرى من الفيلم وهكذا إذا تم تحديد زاوية معينة في الصورة الأولى من الفيلم فإن الصور الأخرى في الفيلم تتحدد قيم الزوايا فيها تلقائياً ، يتطلب إجراءات دقيقة عند التصوير فمبدأ عمل هذا البرنامج يعتمد على اختلاف كمية الإضاءة على مناطق الجسم ويجب أن 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 الإلكتروني (www.hussein-mardan.com) وهذه الاشكال من (٤-٢٣ ولغاية ٤-٥٢)



الشكل (٤-٢٣)

(١٨٩)

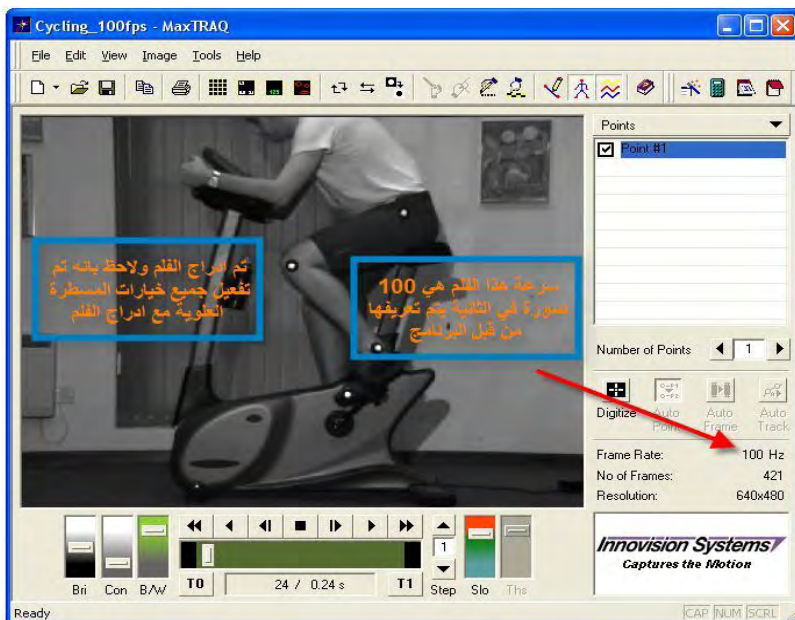


الشكل (٢٤-٤)

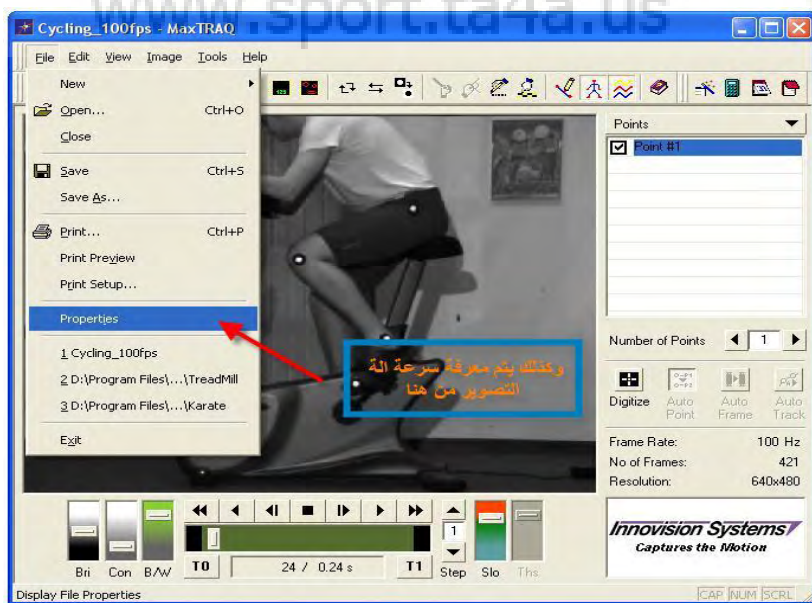


الشكل (٢٥-٤)

(١٩٠)

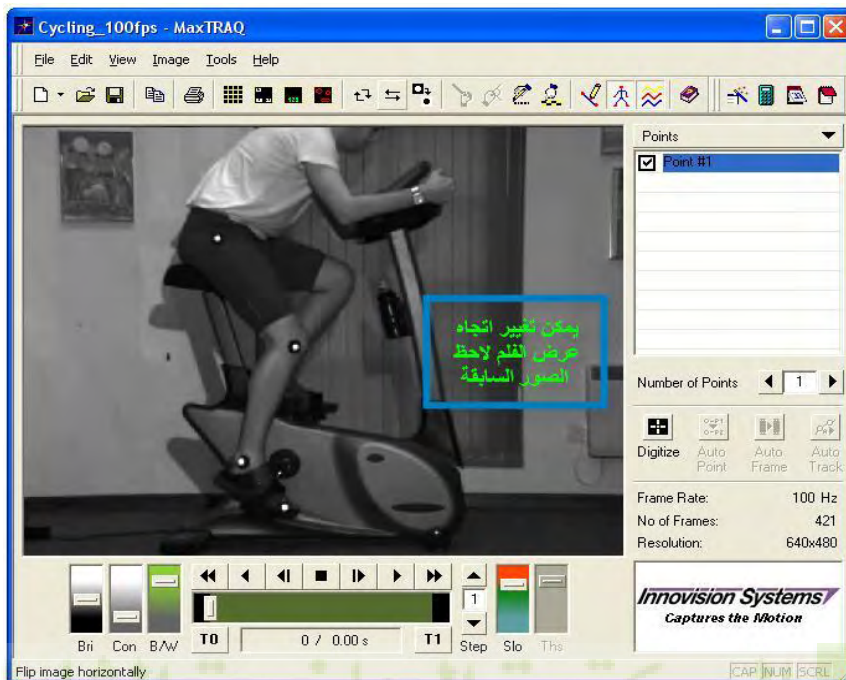


الشكل (٢٦-٤)

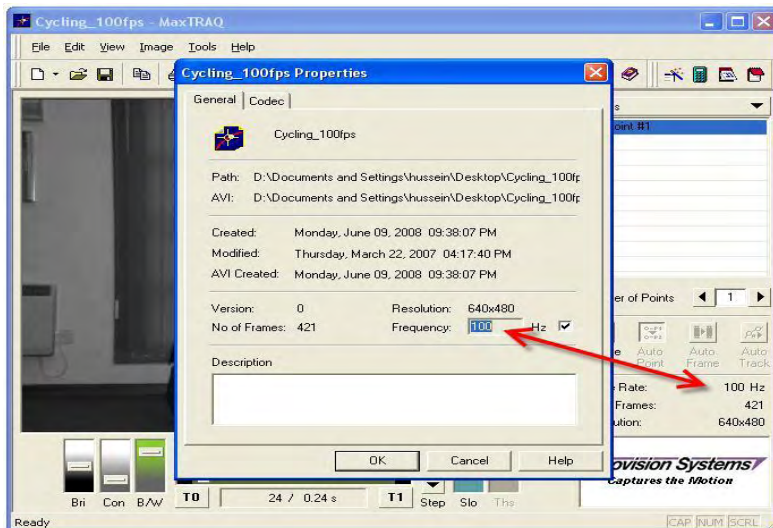


الشكل (٢٧-٤)

(١٩١)

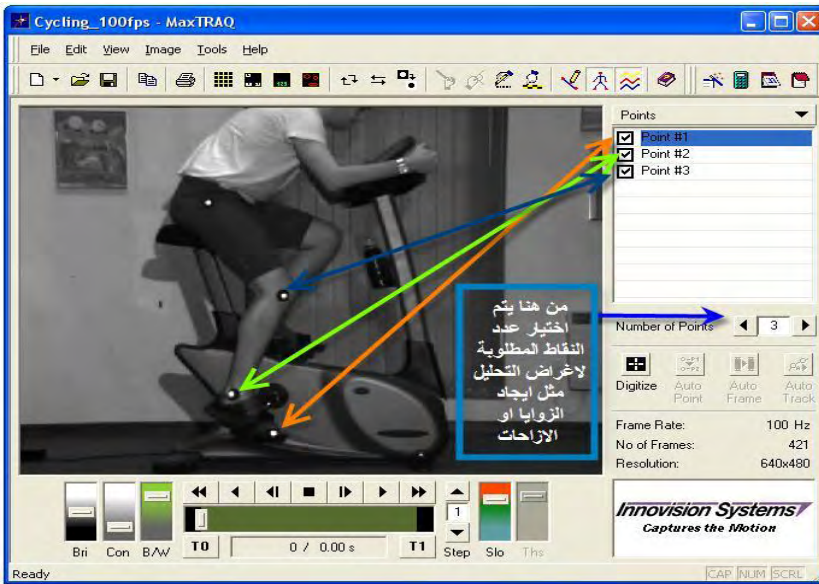


الشكل (٢٨-٤)

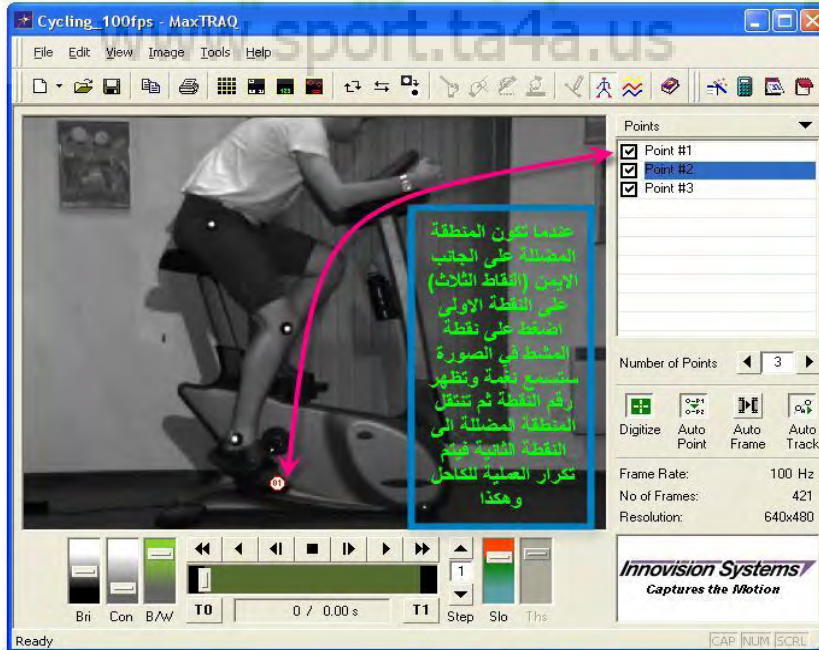


الشكل (٢٩-٤)

(١٩٢)

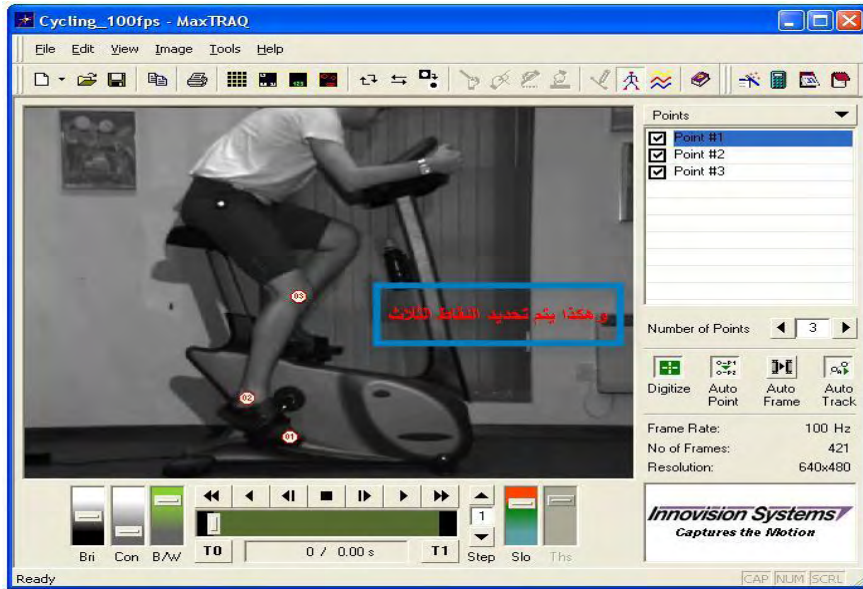


الشكل (٣٠-٤)

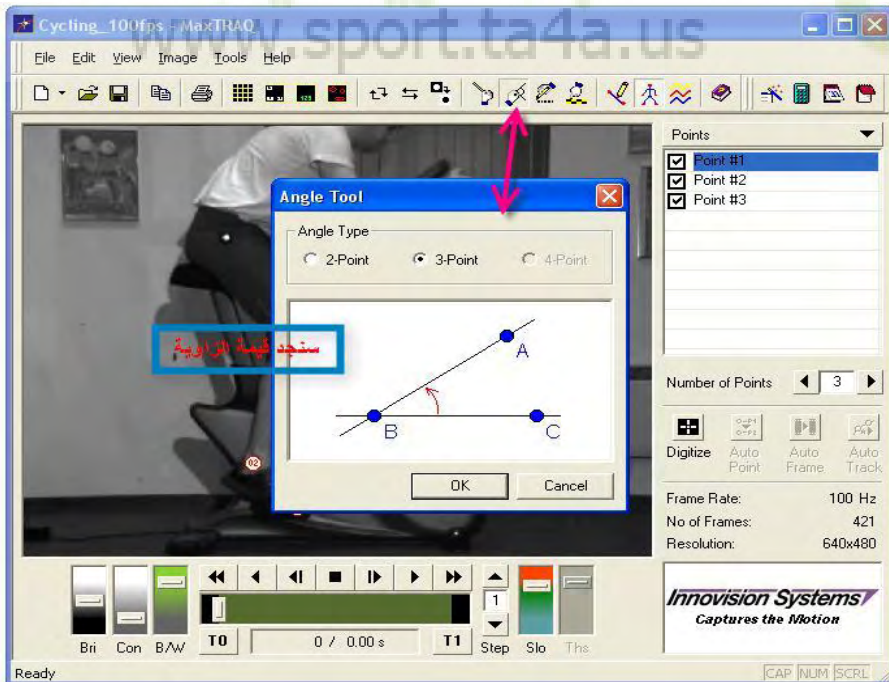


الشكل (٣١-٤)

(١٩٣)

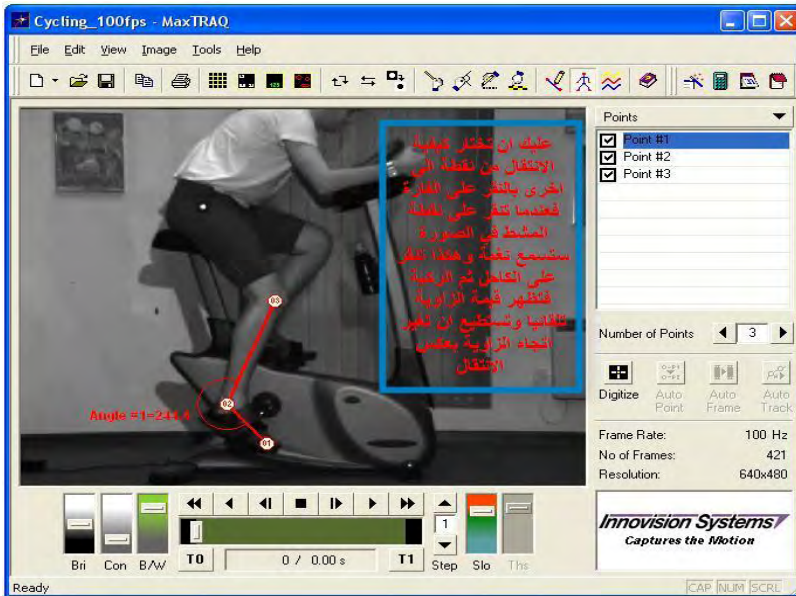


الشكل (٣٢-٤)

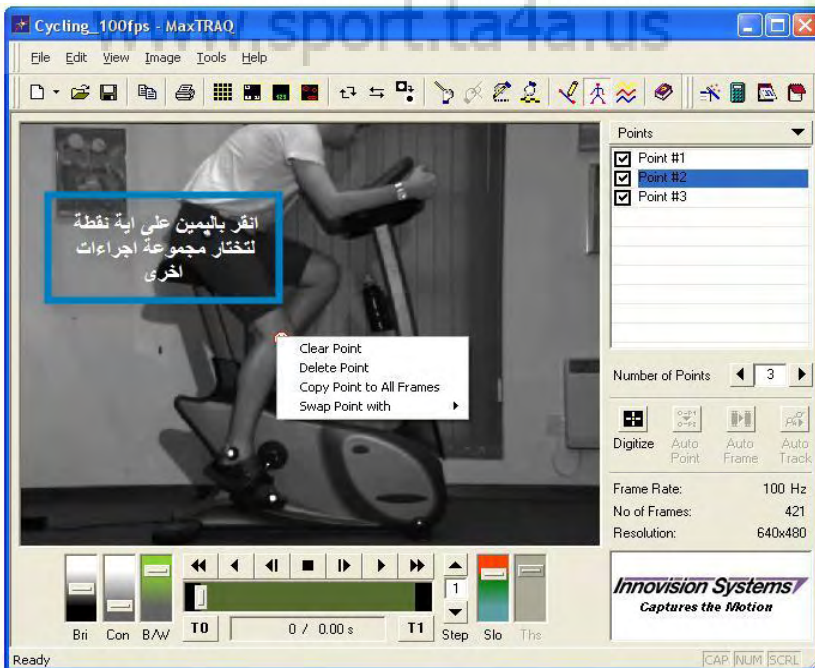


الشكل (٣٣-٤)

(١٩٤)

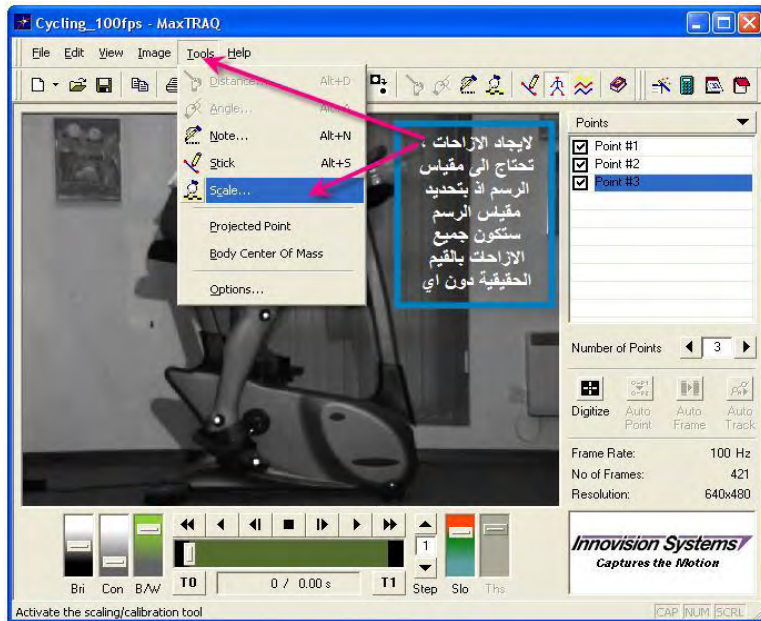


الشكل (٣٤-٤)

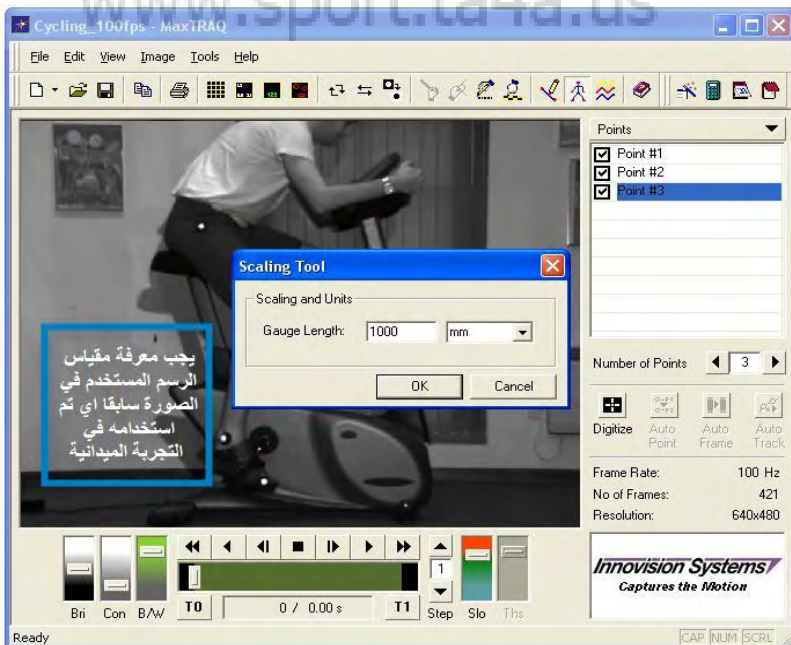


الشكل (٣٥-٤)

(١٩٥)

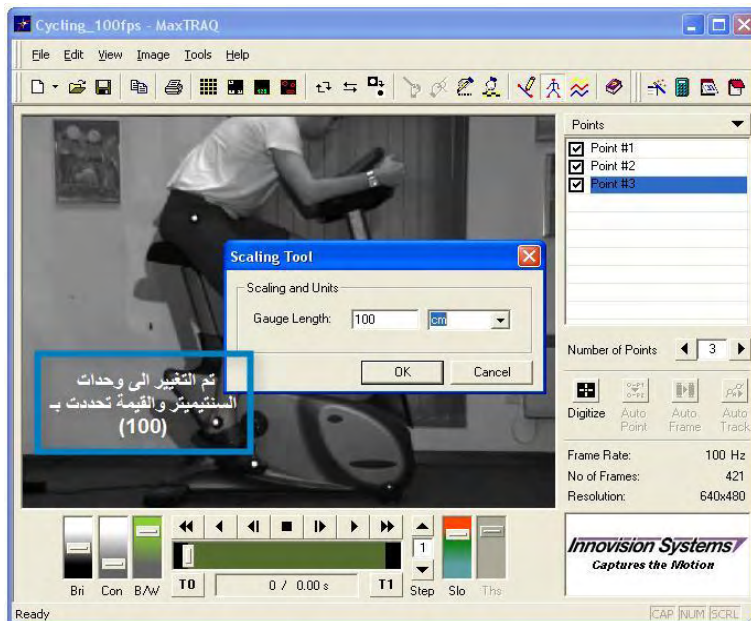


المكتبة الرياضية الشاملة
الشكل (٣٦-٤)
www.sport.ta4a.us

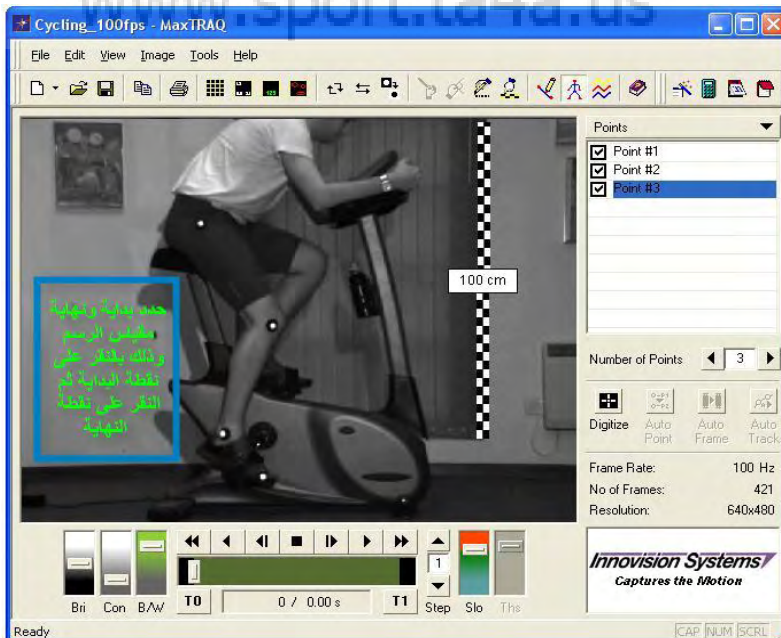


الشكل (٣٧-٤)

(١٩٦)

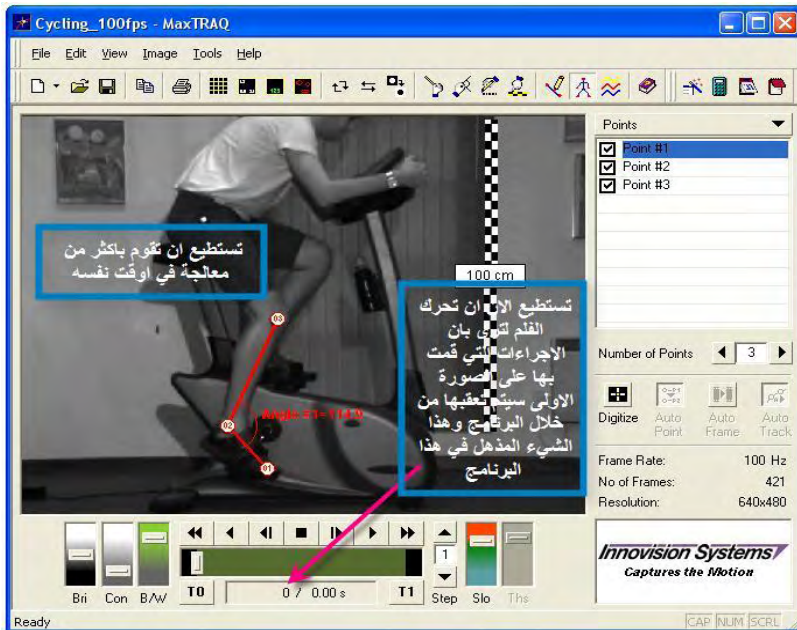


الشكل (٣٨-٤)

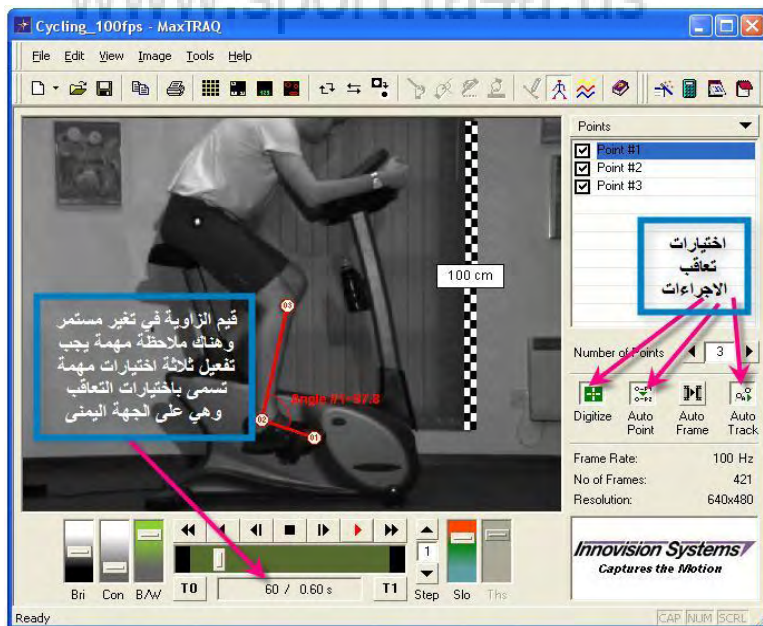


الشكل (٣٩-٤)

(١٩٧)

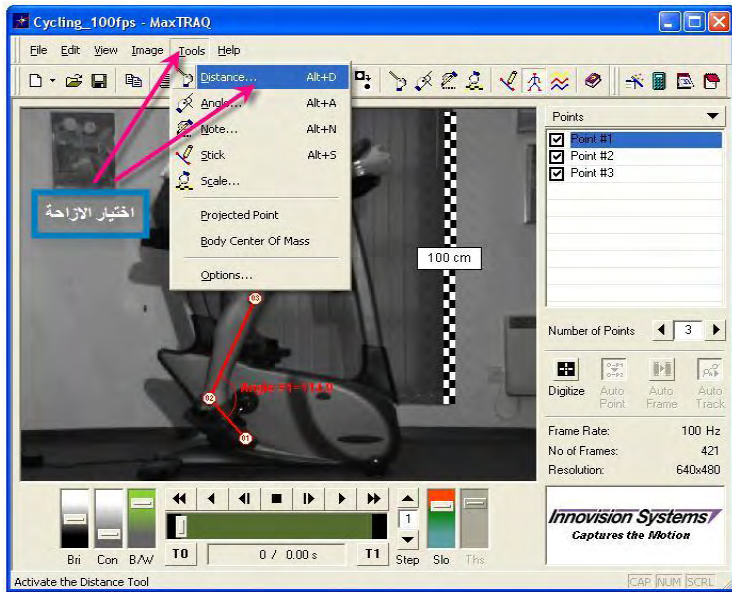


الشكل (٤-٤٠)

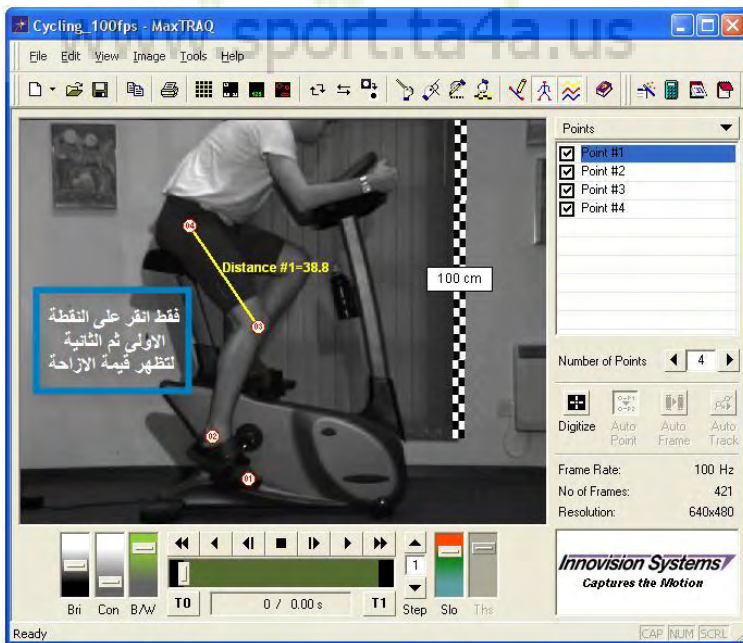


الشكل (٤-٤١)

(١٩٨)

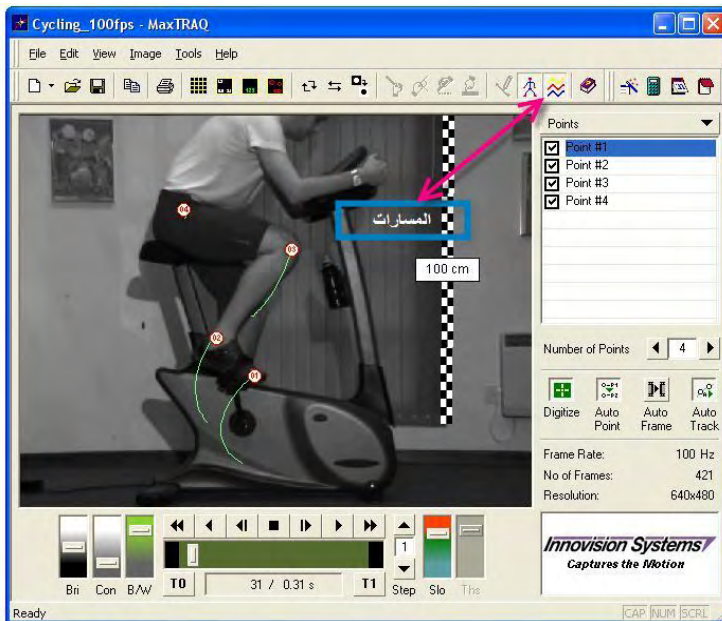


الشكل (٤-٤٢)

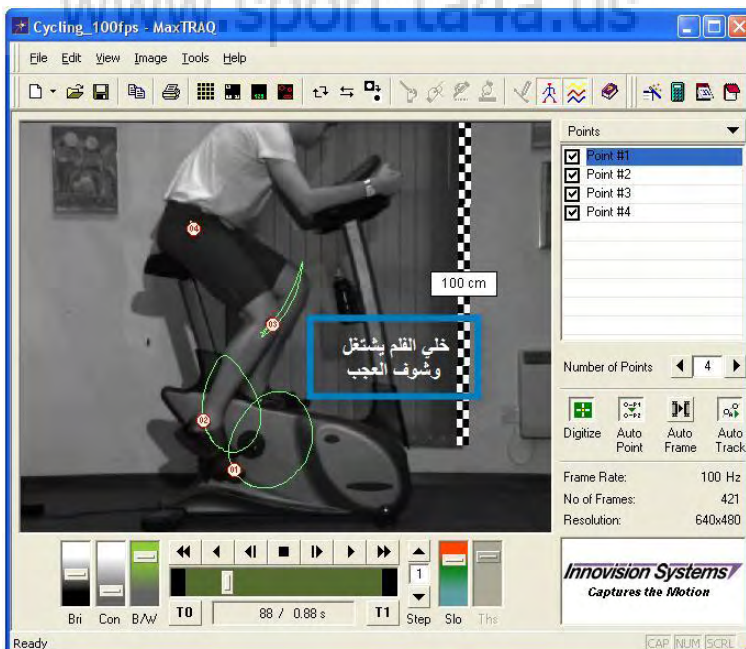


الشكل (٤-٤٣)

(١٩٩)

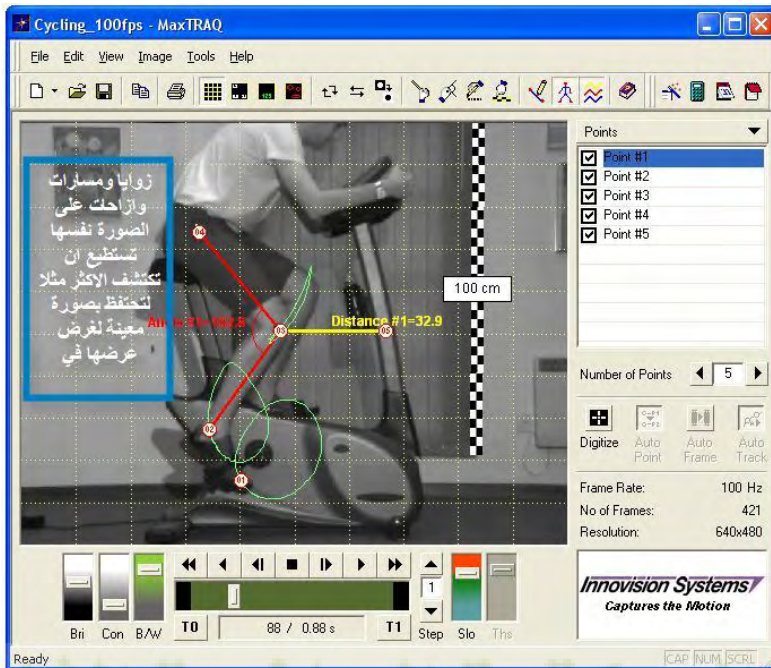


الشكل (٤٤-٤)

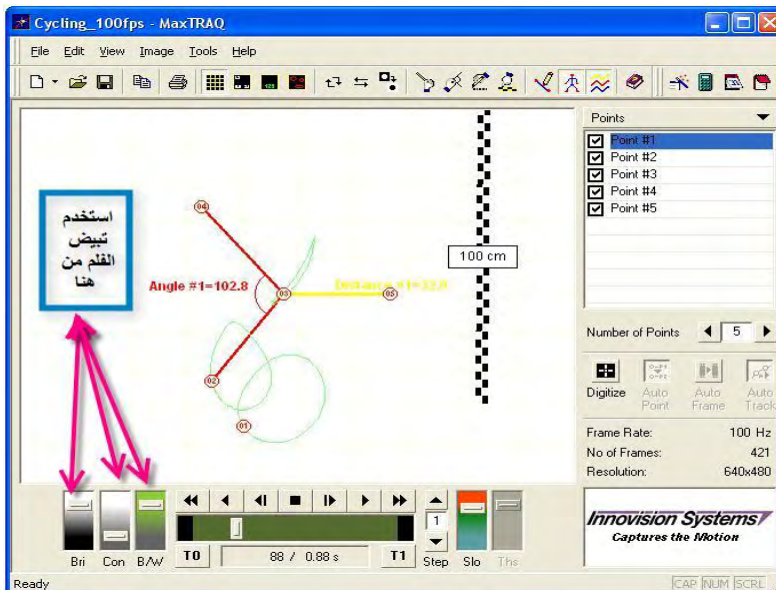


الشكل (٤٥-٤)

(٢٠٠)

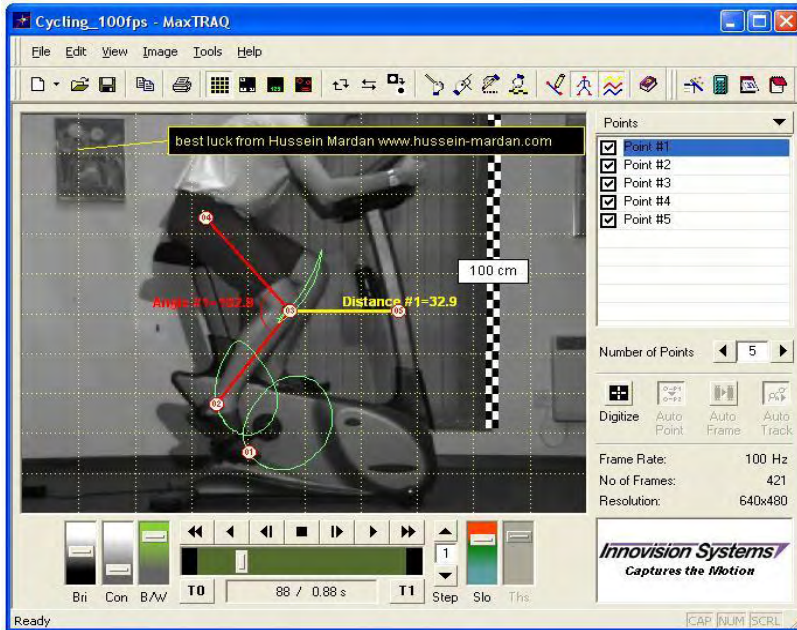


الشكل (٤-٤٦)

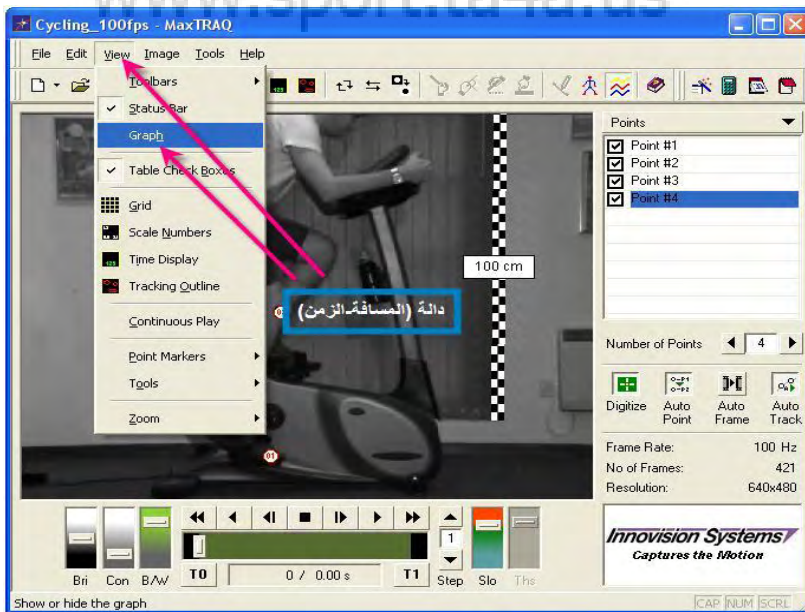


الشكل (٤-٤٧)

(٢٠١)

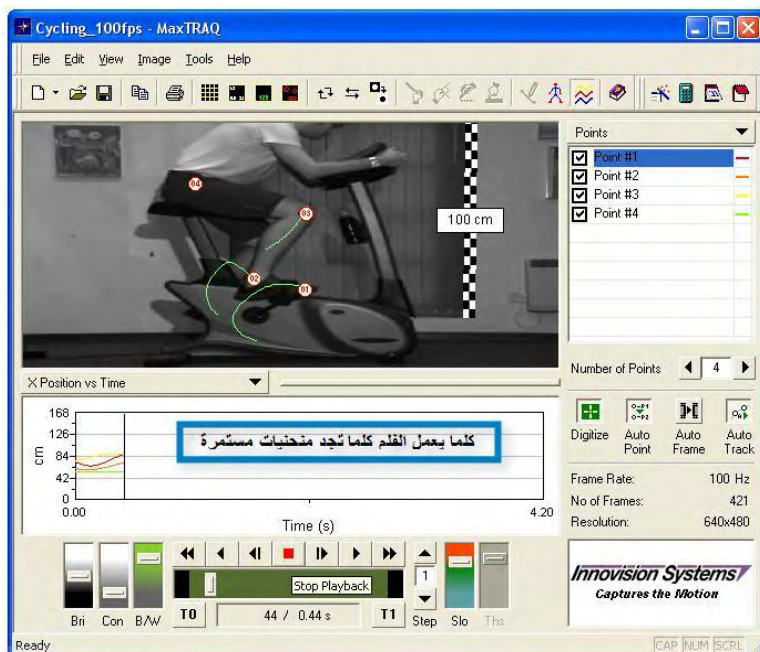


الشكل (٤-٤٨)

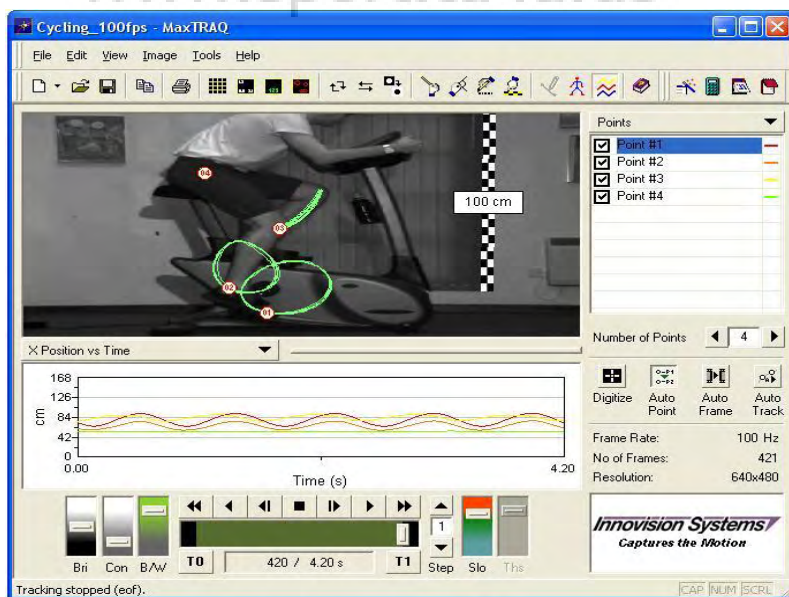


الشكل (٤-٤٩)

(٢٠٢)

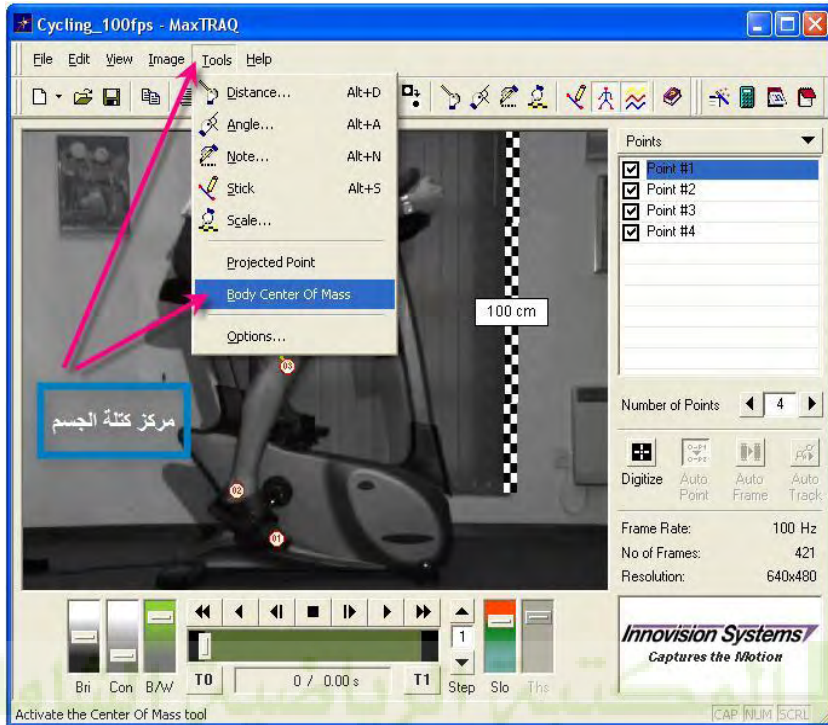


الشكل (٥٠-٤)



الشكل (٥١-٤)

(٢٠٣)

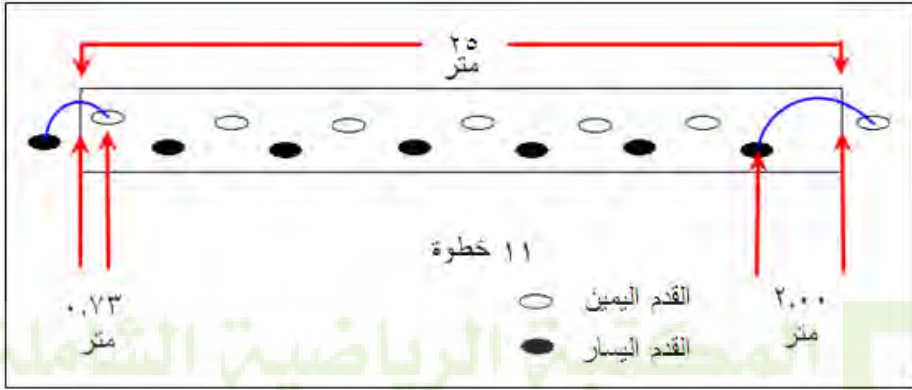


الشكل (٥٢-٤)

(٢٠٤)

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 (٤-٥٣) : يوضح اختبار لحساب عدد الخطوات ضمن مسافة معينة

ولقد تبين ان

عدد الخطوات التامة كانت (١١ خطوة)

عدد الخطوات غير التامة (٢ 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 (٢٥ مترا) فاننا نلجأ الى الاجراءات ادناه

لايجاد المعدل الحقيقي لطول الخطوات نتبع الخطوات ادناه

١. نحسب المسافة الحقيقية للاختبار (المسافة الحقيقية = ٢٥ مترا)

(٢٠٥)

٢. نحسب عدد الخطوات التامة في هذه المسافة (عدد الخطوات التامة = ١١ خطوة)

٣. نحسب مسافة الخطوة غير التامة في بداية المسافة (مسافة الخطوة غير التامة في البداية = ٠,٧٣ متر)

٤. نحسب مسافة الخطوة غير التامة في نهاية المسافة (مسافة الخطوة غير التامة في نهاية الاختبار = ٢,٠٠ متر)



الشكل (٤-٥) : يوضح اجزاء من الخطوات خارج الاختبار

٥. يتم جمع المسافات للخطوتين غير التامتين (مجموع المسافات للخطوتين غير التامتين = ٢,٧٣ = ٢,٠٠ + ٠,٧٣ متر)

٦. لايجاد مسافة الخطوات التامة يتم طرح ناتج الفقرة السابقة (مجموع مسافة الخطوتين) من المسافة الحقيقية (مسافة الخطوات التامة = ٢٥,٠٠ - ٢,٧٣ = ٢٢,٢٧ متر)

٧. 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

(٢٠٦)

الخطوات التامة وتقسم النتيجة على مسافة الخطوات التامة (عدد الخطوات

المتوقعة في المسافتين للخطوتين غير التامتين =

$$(1,35 = 22,27 \div 11 \times 2,73$$

٨. لايجاد عدد الخطوات الصحيحة في كل المسافة يتم جمع عدد الخطوات

غير التامة بعدد الخطوات التامة (العدد الصحيح

للخطوات = $11 + 1,35 = 12,35$).

٩. يتم حساب معدل طول الخطوات بقسمة المسافة الحقيقية على عدد

الخطوات الحقيقية (معدل الطول الحقيقي = $12,35 \div 25$)

ادناه اختبار لعدو مسافة ٢٥ مترا من البدء الطائر. أي ان الاختبار يحتوي على

خمسة امتار قبلية ثم تبدء مسافة ٢٥ مترا

الجدول (٤-١) : يبين خطوات حساب معدل طول الخطوات

٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	ت
معدل طول الخطوات	العدد الصحيح للخطوات	عدد الخطوات المتوقعة في المسافتين غير التامتين	مسافة الخطوات التامة	مجموع مسافات الخطوات غير التامة	مسافة الخطوة غير التامة في نهاية السباق	مسافة الخطوة غير التامة في بداية السباق	عدد الخطوات التامة	المسافة الحقيقية للاختبار	
٢,٠٢	١٢,٣٥	١,٣٥	٢٢,٢٧	٢,٧٣	٢	٠,٧٣	١١	٢٥	١
١,٩٩	١٢,٥٩	١,٥٩	٢١,٨٤	٣,١٦	٢,٢٢	٠,٩٤	١١	٢٥	٢
٢,٠٧	١٢,١	١,١	٢٢,٧٢	٢,٢٨	٢,٢٨	٠	١١	٢٥	٣
١,٩٥	١٢,٨٥	٠,٨٥	٢٣,٣٤	١,٦٦	٠,٨٣	٠,٨٣	١٢	٢٥	٤
١,٨٧	١٣,٣٩	٠,٣٩	٢٤,٢٨	٠,٧٢	٠	٠,٧٢	١٣	٢٥	٥
١,٨٥	١٣,٥٥	٠,٥٥	٢٣,٩٩	١,٠١	٠,٢٦	٠,٧٥	١٣	٢٥	٦

(٢٠٧)

حساب تردد الخطوة

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

معدل السرعة = معدل طول الخطوة × معدل تردد الخطوة

المسافة

_____ = معدل السرعة

الزمن

المسافة ١

_____ × _____ = معدل السرعة

الزمن ١

المسافة عدد الخطوات

_____ × _____ = معدل السرعة

الزمن عدد الخطوات

الجدول (٢-٤) : يبين خطوات حساب معدل تردد الخطوات ومعدل السرعة

ت	زمن ٢٥ مترا	معدل تردد الخطوات	معدل السرعة
١	٣,٤٩	٣,٥٤	٧,١٦
٢	٣,٣٦	٣,٧٥	٧,٤٤
٣	٣,٦	٣,٣٦	٦,٩٤
٤	٣,٢٤	٣,٩٧	٧,٧٢
٥	٣,٢٤	٤,١٣	٧,٧٢
٦	٣,٢٤	٤,١٨	٧,٧٢

(٢٠٨)

البايوميكانيك والتدريب الرياضي

تعد الشدة من مكونات حمل التدريب وتتنوع أدوات قياسها أو تقنيها فربما تقاس بالزمن أو بالوزن أو بالمسافة ، ففي ركض ١٠٠ متر تقاس الشدة بالزمن كإنجاز قصوي ويتم تحديد الشدة المطلوبة بطريقة التناسب العكسي ، فمثلا انجاز لاعب ١٠٠ متر كان (١٠ ثانية) لتكرار هذا الانجاز بشدة اقل من القصوي ولنفترض (٩٥%) يتم إتباع الطريقة العكسية في التناسب وذلك لان الزمن يتناسب عكسيا مع الشدة أي كلما قلت الشدة زاد الزمن

الانجاز (ثانية)	الشدة %
١٠	١٠٠
س	٩٥

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

س = ١٠.٥٣ ثانية الزمن المطلوب انجازه وتكراره بشدة ٩٥%

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

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

(٢٠٩)

ان معدل سرعة اللاعب أعلاه سيكون ١٠ مآثا 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

الشدة %	السرعة (متراثانية)
١٠٠	١٠
٩٥	س

$$٩٥ \times ١٠$$

$$\frac{\quad}{\quad} = \text{س}$$

$$١٠٠$$

س = ٩,٥٠ مآثا السرعة المطلوبة انجازها بشدة ٩٥%

www.sport.ta4a.us

كما يمكن حساب معدل السرعة وفقا لمصطلح الخطوة

$$\text{معدل السرعة} = \text{معدل طول الخطوة} \times \text{تردها}$$

ولتطبيق ذلك يتم قياس عدد الخطوات وإيجاد معدل طول الخطوة بقسمة
المسافة على عددها ولنفرض ان عداء استطاع إنهاء السباق بعدد (٤٥ خطوة)
وعند قسمة المسافة (١٠٠ متر) على عدد الخطوات نحصل على (٢,٢٢)
متر(خطوة) معدل طول الخطوة ، ولاحظ ان وحدة قياس معدل طول الخطوة هي
(متر(خطوة))

المسافة

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

عدد الخطوات

(٢١٠)

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

$$\text{معدل طول الخطوة} = 2,22 \text{ متر خطوة}$$

أما تردد الخطوات فهي عدد الخطوات في وحدة الزمن أي نقسم عدد الخطوات على الزمن النهائي (الانجاز) والنتاج هو (٤,٥٠ عدداً ثانية) أي ان اللاعب يقطع (٤) خطوات ونصف الخطوة في كل ثانية

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

٤٥

$$\frac{\text{تردد الخطوة}}{10} =$$

١٠

$$\text{تردد الخطوة} = 4,5 \text{ خطوة/ثانية}$$

أما معدل السرعة فيتم حسابها على الشكل الآتي:

$$\frac{\text{خطوة}}{\text{ثانية}} \times 2,22 = \text{معدل السرعة}$$

(٢١١)

معدل السرعة = ٩,٩٩ م/ثا (الاختلاف البسيط جدا يعود الى التجزئة في بعض الأرقام)

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

ان قياس السرعة تم على اعتبار ان الحركة منتظمة (أي ان المسافة الكلية تمت قسمتها على الزمن الكلي) وان القياس الصحيح هو تجزئة المسابقة إلى مسافات كون ان مراحل عدو ١٠٠ متر تبدأ برد الفعل ثم تزايد السرعة ثم السرعة القصوى ثم مطاولة السرعة وتتنغير السرعة وفقا لهذه الأجزاء ومن عداء الى اخر وحينذاك تكون الحركة غير منتظمة ويكون حساب السرعة صحيحا .

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

يقع على العداء واجب التوافق بين طول الخطوة وترددتها إذ تكون الخطوات الأولى قصيرة وتتغلب زمن الارتكاز على زمن الطيران وما يلبث ان يتغير هذا

(٢١٢)

التوقيت فتطول الخطوات ويقل زمن الارتكاز وتعتمد ذلك في بعض المسابقات على اعتدال الجذع ويلاحظ ان السرعة القصوى يمكن اكتشافها من خلال تساوي أطوال الخطوات كل هذه الأمور يجب الأخذ بها وتوقيتها وفقا للعمل العصبي العضلي.

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

الكتلة كنظام لتقنين الشدة

كمية الحركة في حساب الزمن

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

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

لو افترضنا ان كتلة عداء ١٠٠ متر هو ٧٠ كغم وان معدل سرعته ١٠ م/ثا (وفقا لجهاز Sport Radar) فان ما يمتلكه من الزخم تساوي (٧٠٠ كغم.م/ثا) وإذا كانت السرعة تساوي المسافة على الزمن فعكس المعادلة هو جعل الزمن مجهولا

(٢١٣)



Sports Radar Gun

الشكل (٥٥-٤) : يوضح مسدس رادار السرعة

المسافة

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

المكتبة الرياضية الشاملة
www.sport.ta4a.us

الكتلة × المسافة

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

الزمن

$$100 \times 70$$

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

$$700$$

$$\text{الزمن} = 10 \text{ ثانية}$$

(٢١٤)

الطاقة الحركية في تقنين الشدة

كما يمكن احتساب الطاقة الحركية كأنظمة لتقنين الشدة فمن الممكن ان يحصل عدائين على الزمن نفسه رغم امتلاكهما كتل وسرع مختلفة كما حدث في كمية الحركة إلا ان الطاقة الحركية تعظم السرعة 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 الآتي:

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

الطاقة الحركية لعدائنا السابق الذي يمتلك ١٠ ثانية في مسافة ١٠٠ مثلا وكتلته ٧٠ كغم ، هي

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

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

الطاقة الحركية = ٣٥٠٠ جول الطاقة الحركية عند شدة ١٠٠ %

فلو أريد لهذا العداء ان يتدرب ب (٩٥%) من طاقته الحركية:

(٢١٥)

$$٠,٩٥ \times ٣٥٠٠ = ٩٥\% \text{ من طاقته الحركية}$$

$$= ٣٤٠٥ \text{ جول تمثل شدة } ٩٥\% \text{ من طاقته الحركية الكلية}$$

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

$$\frac{١}{\frac{(المسافة)^2}{(الزمن)^2}} \times الكتلة \times \frac{١}{٢} = \text{الطاقة الحركية}$$

$$\frac{١}{\frac{(١٠٠)^2}{(الزمن)^2}} \times ٧٠ \times \frac{١}{٢} = ٣٤٠٥$$

$$\frac{(١٠٠)^2 \times ٣٥}{(الزمن)^2} = ٣٤٠٥$$

$$\frac{(١٠٠)^2 \times ٣٥}{٣٤٠٥} = (الزمن)^2$$

$$\frac{٣٥٠٠٠٠}{٣٤٠٥} = (الزمن)^2$$

(٢١٦)

ن = ١٠,١٤ ثا الشدة المطلوبة للتدريب بنسبة ٩٥% ، وهذا الزمن يختلف عن الزمن الذي تم إيجاده بطريقة التناسب العكسي والذي بلغ (١٠,٥٣ ثا) وان السبب في هذا التغير هو نصف كتلة اللاعب وضعف سرعته. كيف حدث ذلك ولماذا لم يختلف الزمن في قانون كمية الحركة رغم استخدامنا لمصطلحي السرعة والكتلة ؟ الجواب بسيط وتفسرها النظرية النسبية (الخاصة) اذ أنه كلما زادت سرعة الجسم فان كتلته تزيد وتشاهد هذه الظاهرة عمليا في معجلات الجسيمات ، حيث صنعت اجهزة تعطي الجسيمات الأولية كالنيوترونات والبروتونات سرعات عالية كالتي تستخدم في التجارب النووية وهذه الجسيمات والتي هي متناهية في الصغر في كتلتها تزداد كتلتها بالتدريج كلما زادت سرعتها، حتى يصل الأمر إلى استحالة زيادة سرعتها عمليا بعد حد معين من الاقتراب لسرعة الضوء. ولكن ما مدى تطبيق ذلك في المجال الرياضي ؟ باعتقادي غير مجدية.

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

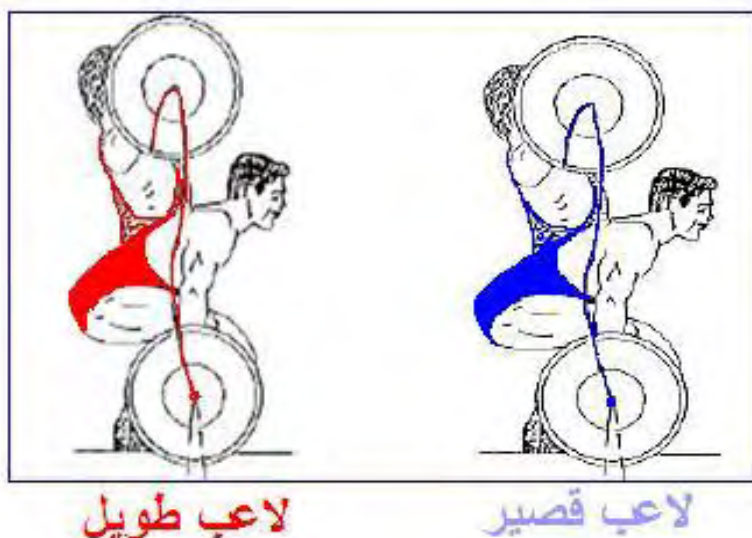
(٢١٧)

قوة المثير وفترة دوامه

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

ولنفترض ان رباع يستطيع خطف ١٠٠ كغم وهذا يشكل انجازه القصوي (١٠٠%) وان التدريب بأقل من هذه الشدة ولنفترض (٩٥%) يعني ان الثقل المطلوب رفعه هو ٩٥ كغم ، هل يمكننا باستخدام قانون الشغل بتقنين الشدة ؟ الجواب نعم فيما ان الشغل يعتمد على مصطلحي القوة والمسافة (طول الرفعة محسوبا من الطيلة إلى أقصى ارتفاع للثقل فوق الرأس في القرفصاء ثم إلى فوق الرأس عند الوقوف) فلو اختلف رباعين في الطول مع حصول الاثنين على الانجاز نفسه فهل ان تقنين الشدة هي نفسها للرباعين ؟ الجواب كلا ولكن الإجابة ليست بالعملية السهلة فان تقنين الشدة هنا تنصب على سرعة الانجاز إذ ان رفع الثقل بأسرع ما يمكن هو المطلوب لان التغلب على القصور الذاتي للثقل يتطلب قدرة انفجارية. وكما واضح من الشكل ادناه ففي كل مرحلة ستختلف الشدة بين الطويل والقصير باستخدام الوزن نفسه والسرعة نفسها وتكون هذه الشدة متعلقة بالزمن أيضا وأشارت بعض المصادر الى ان سحب الثقل الى الأعلى تشكل نسبة لا تقل عن ٦٥% من طول الرباع.

(٢١٨)



الشكل (٤-٥٦) : يوضح مقارنة بين لاعبين مختلفين في الطول عند رفع النقل

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

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

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

ان تقنين الشدة لا يعتمد على مقدار النقل فقط وإنما على انتقاله أيضا ؟ ولكن ما هي السرعة المطلوبة ؟ ربما يمتلك الرباع 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

(٢١٩)

على القوة المطلوبة ، ان قانون القدرة هو الأفضل في هذه الناحية نظريا ولكن هل يصح ذلك عمليا ؟ على الأغلب سيكون الاعتماد على قانون القدرة هي الأصح ويمكن اشتقاقه من قانون الشغل وكما موضح أدناه:

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

الشغل

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

الزمن

المسافة

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

الزمن

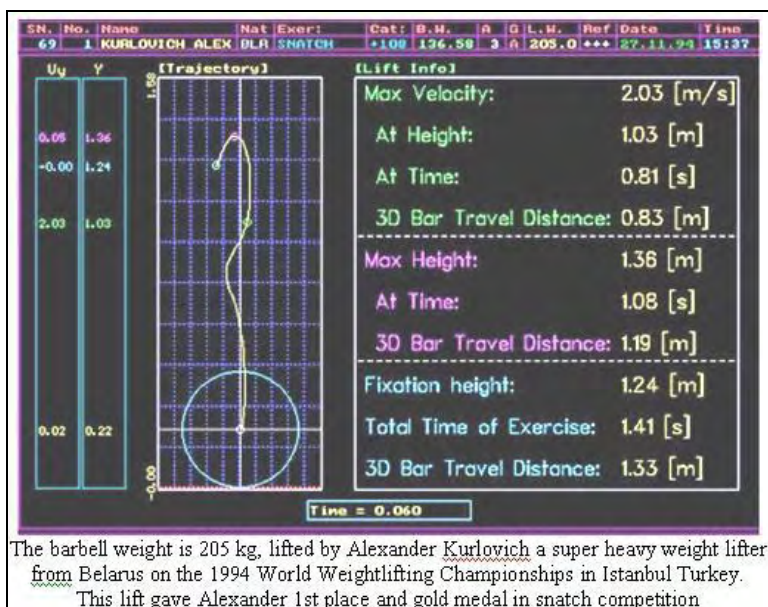
$$\text{القدرة} = \text{القوة} \times \text{السرعة}$$

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 (٢٠٥ كغم) وان المسافة المطلوبة للوصول الى القرفصاء بلغت (١,٢٤ متر) وتنتهي المرحلة من لحظة انتزاع الثقل الى اقصى ارتفاع في القرفصاء بزمان قدره (١,٤١ ثا)

(٢٢٠)



الشكل (٤-٥٧) : يوضح واجهة البرنامج (V-Scope VS-120 provides)

www.sport.ta4a.us

١,٢٤

$$\text{القدرة} = 9,81 \times 205$$

١,٤١

القدرة = ١٧٦٩ واط

مثال

لو افترضنا ان الكتلة المطلوب رفعها تقدر بـ (١٠٠ كغم) وان المسافة المطلوبة للمرحلة الاولى (القرصاء) لدى اللاعب القصير تقدر بـ (٠,٩٠ متر) وتنتهي المرحلة من لحظة انتزاع الثقل الى اقصى ارتفاع في القرصاء بزمان قدره (٠,٩٢٠ ثا)

(٢٢١)

٠,٩٠

$$\frac{\quad}{\quad} \times ٩,٨١ \times ١٠٠ = \text{القدرة}$$

٠,٩٢

القدرة = ٩٦٠ واط

ولإيجاد الزمن المطلوب لشدة ٩٥% للقدرة البالغة ٩٦٠ واط هناك طريقتان

الاولى نسبة الى القدرة أي (٩٦٠ × ٠,٩٥ = ٩١٢ واط) وفي هذه الحالة تبقى القوة ثابتة

٠,٩٠

$$\frac{\quad}{\text{الزمن}} \times ٩,٨١ \times ١٠٠ = ٩١٢$$

الزمن = ٠,٩٦٨ ثا أي حدثت زيادة في الزمن مما يعني بطئ الاداء

الثانية نسبة الى القوة المطلوب رفعها أي (٩,٨١ × ١٠٠ × ٠,٩٥ = ٩٣٢ نيوتن) وفي هذه الحالة تبقى القدرة ثابتة

٠,٩٠

$$\frac{\quad}{\quad} \times ٩٣٢ = ٩٦٠$$

الزمن

الزمن = ٠,٨٧٣ أي حدث تقليل في الثقل (اذ بلغ ٩٥ كغم) وتقليل في الزمن أي ان الاداء اصبح اسرع.

نستنتج مما سبق انه يمكن تحقيق مبدأين يستخدمان في التدريب وهما

(٢٢٢)

- 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 ١,٠٢ متر ويوصل الثقل بنفس الزمن السابق فاننا نحصل على الزمن نفسه

$$1,02$$

$$\frac{\text{القدرة}}{\text{الزمن}} = 9,81 \times 100$$

$$0,92$$

$$\text{القدرة} = 10,88 \text{ واط}$$

ولايجاد الزمن المطلوب لشدة ٩٥% للقدرة البالغة ١٠,٨٨ واط أي (١٠,٨٨ × ٩٥ = ١٠,٣٤ واط)

$$1,02$$

$$\frac{\text{الزمن}}{\text{القدرة}} = 10,34$$

$$\text{الزمن}$$

$$\text{الزمن} = 0,968 \text{ ثا وهو نفس زمن الريع القصير}$$

اما اذا بلغ زمن الاداء ٠,٩٨ ثانية وهذا متوقع للطويل فان الزمن يتغير وذلك بسبب تغير عاملين هما الطول والزمن

$$1,02$$

$$\frac{\text{القدرة}}{\text{الزمن}} = 9,81 \times 100$$

$$0,98$$

(٢٢٣)

القدرة = ١٠٢١ واط

ولايجاد الزمن المطلوب لشدة ٩٥% للقدرة البالغة ١٠٢١ واط أي (١٠٢١ × ٠,٩٥ = ٩٧٠ واط)

١,٠٢

$$\frac{\quad}{\quad} \times ٩٨١ = ٩٧٠$$

الزمن

الزمن = ١,٠٣ ثا أي حدثت زيادة في الزمن

ولايجاد الزمن المطلوب لشدة ٩٥% للقوة البالغة ١٠٠ كغم أي (١٠٠ × ٩,٨١ = ٩٨١ واط)

٩٨١ واط = ٩٣٢ نيوتن (٩٣٢ × ١,٠٢ = ٩٥٠ واط)

www.sport.ta4a.us

$$\frac{\quad}{\quad} \times ٩٣٢ = ١٠٢١$$

الزمن

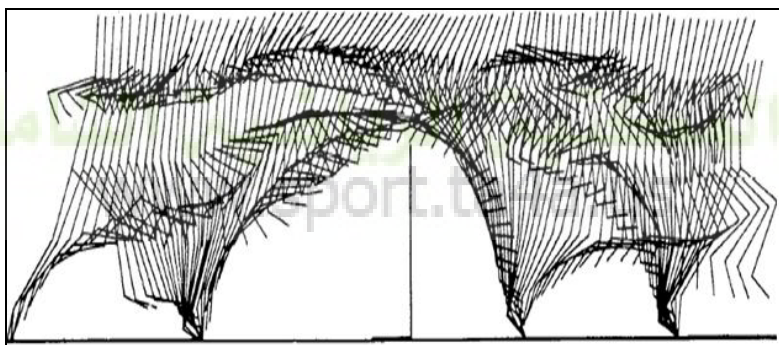
الزمن = ٠,٩٣١ ثا أي حدثت تقليل في الثقل وتقليل في الزمن

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

(٢٢٤)

الأسس الفنية والميكانيكية لركض ٤٠٠ متر حواجز

تتميز فعالية ٤٠٠ مترا حواجز لوجود مراحل فنية خاصة بها (وكما تمت الإشارة لها في المخطط السابق) حيث أن تنفيذ هذه المراحل يجب أن يكون منسجماً مع المظاهر الكينماتيكية للأداء والهدف منها وهذه الظاهرة لايمكن أن تتحقق دون امتلاك العداء الصفات البدنية والفلسجية ولهذا فأن التدريب يجب أن ينصب في تطوير هذا العداء بشكل مشترك ، ويرى الباحث أن هذه الأسس مشتركة بين ما يجب تطبيقه من أسس فنية وما يمكن تحقيقه من شروط ميكانيكية مصاحبة لهذه الأسس يمكن توضيحها من خلال النقاط التالية :



الشكل (٤-٥٨) : يوضح تحليل حركة خطوة الحاجز

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

- إن راکض الحواجز الجيد يتصف يميلان 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

(٢٢٥)

الحاجز راكضا ومحاظا على سرعته العالية هذه العملية في شأنها أن تقلل عزم الوزن لمقاومة لحظة النهوض والعبور والهبوط.

• إن هناك تأثيرا للقياسات الجسمية في ترابط الجانب الفني والميكانيكي للرياضي طويل القامة وبخاصة الذي يتصف برجلين طويلتين سوف يستطيع اجتياز الحاجز بوقت أقصر لأنه سوف لا يضطر الى رفع مركز ثقله بقدر المسافة التي يرفع فيها الرياضي القصير مركز ثقله .

• كلما كانت سرعة الاقتراب عالية كلما كان اجتياز الحاجز اقتصاديا مع توافر الجوانب الميكانيكية الخاصة بانطلاق الجسم كمقذوف .

• كلما كانت سرعة حركة الرجل القائدة لحظة النهوض عالية كلما كان رد فعل الذراع والذراعين سريعا أيضا في نفس اللحظة ويتمكن العداء من اجتياز الحاجز بزمن أقل حيث ان ذلك يمكن من جعل النقطة العالية لمركز ثقله أثناء الطيران اقرب ما يمكن.

• إن ضبط المسافة بين الحاجز ونقطة النهوض أمام الحاجز تؤثر على الوقت الذي يقضيه العداء فوق الحاجز ويجعل مسار مركز ثقل الجسم للعداء 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 .

(٢٢٦)

التحليل الكينماتيكي لركض ٤٠٠ متر حواجز

إن صعوبة ركض مسافة ٤٠٠ مترا حواجز تكمن في ركض هذه المسافة بسرعة عالية وكذلك في اجتياز عشرة حواجز ارتفاع كل منها ٩١.١٤ سم وتبلغ المسافة بين حاجز وآخر ٣٥ متر فمهارة أداء هذه الفعالية يشبه أداء ركض ١١٠ متر حواجز إلا أن الفارق الرئيسي يظهر في انخفاض الحاجز عما عليه في فعالية ١١٠ حواجز فالعداء بحاجة الى قوة دفع وجهد أقل إلا أن مسافة السباق أطول مما يتطلب من العداء الى مطاولة مميزة بالسرعة العالية. من أجل التعرف على المراحل الخاصة بالجانب الميكانيكي والتي يمكن الحصول عليها من خلال التحليل الحركي الدقيق لهذه الفعالية يمكن أن تكون فيها المراحل التالية :

مرحلة سرعة الاستجابة والانطلاق :

وهي مرحلة البدء وتكون من وضع الجلوس وعادة ما يتم الانطلاق من مكعبات البداية مما يسهل على العداء الحصول على أفضل وضعية للانطلاق من لحظة سماع صوت الانطلاق والاستجابة لها بسرعة ثم دفع المسند وعادة توضع القدم 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 .

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 ٤٥ مترا من البداية ولغاية الحاجز الأول ، فبعض العدائين يستخدم من ١٩ - ٢٣ خطوة للوصول الى

(٢٢٧)

الحاجز الأول وعند تحقيق هذا المعدل في عدد الخطوات فإن معدل أطوال الخطوات تتراوح (١,٩٥ - ٢,٣٦) يمكن أن يحققها الرياضي في هذه المسافة. إن الهدف الأساسي من الركض من خط البداية الى غاية نقطة النهوض قبل الحاجز الأول وهي جعل مركز ثقل اللاعب بمستوى مناسب عند الركض التهيؤ الصحيح ولعبور الحاجز فضلاً عن ذلك فإن تحقيق مسافة النهوض الجيدة أمام الحاجز يعتمد على:

١. طول الرياضي (طول ساقيه) .

٢. سرعته.

٣. الأداء الفني المستخدم .

٤. مرونة مفصل الورك وارتفاع الحاجز .

ويعد الوصول الى الخطوات المناسبة من أكبر المشاكل لعدائي ركض ٤٠٠مترًا 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:

١- ارتفاع الحاجز.

٢- أطوال أجزاء الجسم (الرجلين).

(٢٢٨)

٣- زاوية النهوض (الزاوية المحصورة بين الخط المسار من م.ث. الجسم ونقطة ارتكاز القدم) مع الخط الأفقي المار بنقطة الارتكاز والتي تحدد وضع الجسم أثناء الدفع.

٤- سرعة طيران العداء (تظهر سرعة الطيران من جراء تناسب مركبتي الدفع العمودية والأفقية ومقدار قوة الدفع).

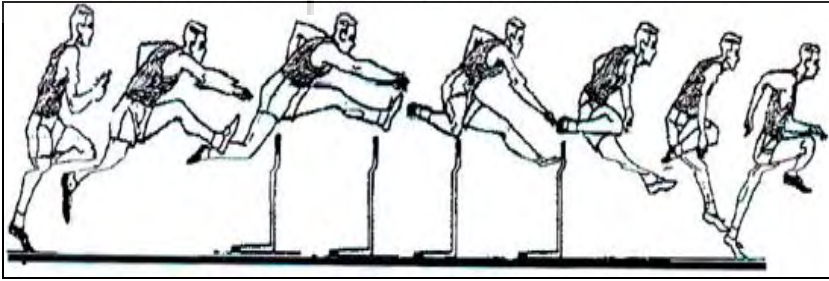
٥- دفع القوة لحظة النهوض والذي يجب أن يكون ايجابيا في الحصول على أقل معدل سلبي في تناقص الزخم الحركي لمركز ثقل الجسم .
كما يتطلب الانتباه على زمن الطيران وهذا يعني:

أ. الحصول على المسافة المناسبة قبل الارتقاء واجتياز الحاجز.

ب. انتخاب زاوية الدفع وزاوية الطيران المثلى قدر الإمكان .

ج . اتخاذ الأوضاع المناسبة للتقليل من عزم قصور الجسم في مرحلة الطيران .

د. انتخاب مسافة الدفع قبل الحاجز بصورة جيدة



الشكل (٤-٥٩) : يوضح خطوة الحاجز

ويطلق مصطلح خطوة الحاجز على عملية اجتياز الحاجز حيث تشير المصادر الى تقسيم خطوة الحاجز الى ثلاث مراحل :

١- مرحلة ما قبل الحاجز: وتبدأ من مرحلة الارتكاز الخلفي.

٢- مرحلة عبور الحاجز: وهي مرحلة الطيران.

(٢٢٩)

٣- مرحلة ما بعد الحاجز : وهي مرحلة الهبوط والارتكاز الأمامي.

فالمسافة القريبة بين نقطة الدفع للنهوض والحاجز تؤدي الى القفز وأن يكون مسار "م.ث.ج" عالياً وأشبه بعملية القفز من فوق الحاجز والمسافة البعيدة لحظة الدفع تؤدي الى ملامسة الحاجز أو دفعه وإسقاطه فضلاً عن فقدان السرعة وعند الانطلاق وبدء مرحلة الطيران وعند عبور الحاجز تمتد ركبة الرجل القائدة أماماً لترتفع الى مستوى مافوق الحاجز بقليل لتجنب مس الحاجز بها وهذه الحالة تحدث على العداء أن يكون مكان الارتقاء بعيد نسبياً وبشكل لايسبب إقلال السرعة لحظة النهوض الحاجز والذي يجب أن يكون بمسافة مناسبة لطول الرجل عند امتدادها.

إن المسافة الكلية التي بين نقطة النهوض ومكان الحاجز فتكون مسافة الارتكاز الخلفي + طول الرجل + المسافة اللازمة لمد الركبة فالمسافة اللازمة للدفع المناسب قبل الحاجز لتحقيق مسار مناسب لمركز ثقل الجسم لحظة الدفع تتعلق بالنقاط التالية:

- ١- قابلية سرعة اجتياز الحاجز حيث تختلف من عداء الى آخر .
- ٢- درجة مستوى فن الأداء الفني الحركي الفردي الخاص بكل عداء.
- ٣- طول الرجل والعلاقة بين طول الساق والفخذ (قصور أجزاء هذه الأقسام)
- ٤- تقصير الزمن لحظة الدفع والذي يؤدي الى تحقيق مسار الطيران بأقل وقت ممكن (الهبوط المبكر بعد الحاجز).

أما مرحلة عبور الحاجز تكون الرجل الحرة قد بدأ مرورها فوق الحاجز وهي شبه ممدودة كاملاً للأمام ، وثم الإعداد له قبل ان تصل إليها بمد مفصل الركبة أماماً وماصاحبها من ميل الجذع الى الأمام وامتداد الذراع المقابلة للرجل القائدة ويصل التوافق بين الذراع والجذع بين الرجل الأمامية غالباً عندما يصبح مركز الجذب الأرضي لكتلة الجسم فوق الحاجز حتى يصل الفخذ أقرب ما يكون

(٢٣٠)

الى الصدر تقريباً 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 صفراً لغرض تحقيق الاتزان الحركي المناسب والمطلوب لإحداث حالة التوافق لحظة الاجتياز (ك × نق^٢) أما خطوة الحاجز الذي قد يصل طولها الى ٣,٢٠ متراً منها (٢-٢,٥ متر) بداية الارتفاع حتى الوصول للحاجز و (١,٢٠ - ١,٥٠) متراً تقريباً عند الهبوط خلف الحاجز .

مرحلة تحمل السرعة

تبدأ أهمية هذه المرحلة تقريباً من ٨٠ - ١٠٠ متراً الأخيرة من مسافة السباق أي منتصف المرحلة الثانية من مسافة السباق حيث يحاول العداء أن يزيد من سرعته بزيادة طول الخطوة الى أقصى ما يمكن الى خط النهاية إذ يتحدد مستوى اللاعب وكفاءته وقدرته الفردية في الأداء مقاوماً التعب وفي هذه المرحلة تظهر أهمية المطاولة الخاصة حيث تعد من أهم العناصر الأساسية المطلوبة في تدريب ٤٠٠ متراً حواجز وذلك من أجل المحافظة على نوعية الشدة المطلوبة في السباق .

الخطوات بين الحواجز

عند أداء مرحلة اجتياز الحاجز خصوصاً في مرحلة الطيران لا يتعرض العداء الى الفعل القوي فوق الحاجز إلا أن المشكلة الرئيسية التي تواجه العداء تكمن في عدد الخطوات التي بين الحواجز وهي

أ. طبيعة تكرار خطوات العداء نسبة الى طولها.

ب. التوقيت الجيد للخطوات .

ج . مسافة الدفع قبل الحاجز.

(٢٣١)

د. تتناقص طول الخطوة يتقدم السباق بسبب ظهور التعب (زيادة في عدد الخطوات)

هـ . قابلية تحمل السرعة والقوة والتي تؤثر بشكل رئيسي في المحافظة على إيقاع الخطوات وعددها في هذه المسافات .

جدول (٤-٣) يبين عدد الخطوات التي يحققها عدائي ٤٠٠ متراً حواجز على اختلاف مستوياتهم ومعدل طول الخطوة والمقترح وفقاً لعدد الخطوات

عدد الخطوات بين الحواجز	معدل طول الخطوة
١٣	٢,٤٢ سم
١٤	٢,٢٥ سم
١٥	٢,١٠ سم
١٦	١,٩٦ سم
١٧	١,٨٥ سم

ويظهر في ركض ٤٠٠ متراً حواجز ضبط الخطوات بصورة دقيقة حيث تطول المسافة البينية الى (٣١ متراً - ٣١,٥ متراً) والتي يلزم لها على المستوى الجيد ١٥ خطوه وقد تكون أكثر من ذلك مع العدائين الأقل مستوى أو ١٣ خطوه بالنسبة للعدائين العالميين مع توافر الصفات البدنية الخاصة بأعلى مستوى .

طول الخطوة وترددها

ان الهدف الميكانيكي - والفني والقانوني في فعاليات الأركاض في العاب القوى هو قطع المسافات بأقل زمن ممكن ويتوقف ذلك لزمن السباق على سرعة العداء ، التي ترتبط بكل من "

(٢٣٢)

١- طول الخطوة : أي المسافة المقطوعة في كل خطوة

٢- تردد الخطوة: أي عدد الخطوات المنفذة في الثانية

ولزيادة سرعة الركض فان زيادة احد هذه العوامل (طول الخطوة أو ترددها) طول الخطوة يعتمد على طول الرجل وسرعتها والذي له علاقة مباشرة بسرعة تردد الانقباض والانبساط للعضلات العامة الانقباضات والارتخاء بتوافق وتنسيق عال أثناء أداء حركات الركض وميكانيكية الركض تختلف من لاعب الى آخر حيث أن التغير في السرعة يعتمد على:

١- مقدار نوع اتصال القدم بالأرض

٢- مرونة ونوع اتصال القدم بالأرض

٣- ميلان الجسم

ويستطيع العداء الوصول الى طول خطوه نموذجي من خلال ضبط الأداء الفني ولان سباقات الأركاض تبدأ من الثبات أي (سرعة 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) . 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 زمن اتصال قليل مع الأرض مع زيادة نسبية مع زمن الطيران حيث أشارت بعض الدراسات ان نسبة زمن الاتصال الى زمن الطيران عند بداية الانطلاق تكون (١ : ١,٥) وتتغير هذه النسبة بعد الوصول الى سرعة منتظمة ويكون (١,٢٠-١,٥٠) أي ان زمن الطيران في المراحل اللاحقة تكون اكبر من زمن الدفع بما يجعل العداء يخطو

(٢٣٣)

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 قيمة لها وهذا ماأكده (vinery) على ان الموازنة المثالية بين طول الخطوة وتردها يساهم مساهمة فعالة في تحسين السرعة القصوى .
 كما ان تحسين وتطوير إنجاز الركض في المسافات القصيرة وركض الحواجز يكون من الممكن تحقيقه عندما يكون في الإمكان زيادة طول الخطوة أو تردد الخطوة أو زيادتها معا خلال التدريب والمنافسات.
 وبذلك يجب ان يكون التركيز في أثناء التدريب على طول الخطوة ونسبه محدودة دون ان يؤثر ذلك على معدل تردد الخطوة بغية الوصول الى سرعة عالية وهذا يعني بأن يكون هناك انسجام بين زيادة كل من طول الخطوة وتردها في اثناء الوحدة التدريبية ويتطلب من عداء الحواجز ان يمتلك قدرة عضلية على الإحساس الحركي فيما يتعلق بالتحكم بطول الخطوة على مدى مراحل السباق المختلفة وخصوصا في سباق ٤٠٠ مترا حواجز.

الأداء الفني والميكانيكي في ركض القوس



الشكل (٤-٦٠) : يوضح وضعية جسم العداء فوق الحاجز في منحنى

السباق

يعد الأداء الفني الصحيح في فعاليات الأركاض بشكل عام وفعالية ركض ٤٠٠م حواجز وبشكل خاص من العوامل المهمة التي تحقق الإنجاز العالي فيها.

(٢٣٤)

وركض مسافة ٤٠٠ 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 الـ ١٠٠ م أي ان الخطوتين الأوليتين تكونان بخط مستقيم وينطلق عداء الـ ٤٠٠ متراً حواجز بأقصى قوة وسرعة مندفعاً الى الأمام قريباً من الحافة الداخلية للمجال (اليسرى) وتكون أطوال الخطوات الأولى قصيرة وترددها عال ، ويكون الجسم مائلاً الى الأمام والركض على أمشاط القدمين ، قريباً من المسقط الوهمي مركز ثقل الجسم على الأرض وتدرجياً مع التقدم بالمسافة ويزداد طول الخطوة ، ويرتفع جذع العداء مع كل خطوة بعد الانطلاق 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 م.ت.ح 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 " . حيث ان القوة الطاردة المركزية يتناسب تناسباً طردياً مع كل من كتلة الرياضي وسرعته وعكسياً من نصف القطر حسب العلاقة التالية:

وتتناسب زاوية ميلان العداء تناسباً طردياً مع السرعة وعكسياً مع نق وحسب القانون التالي:-

(السرعة)^٢

ظل زاوية الميلان =

التعجيل الأرضي × نصف القطر

(٢٣٥)

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 . وفي الركض داخل المنحنى تتحرف مقدمة الرجل اليسرى الى الاتجاه الداخلي للمنحنى وترتكز على الجهة الوحشية الأمشاط ويرجع هذا الى طبيعة وقوة الدفع والميل الى الداخل، ويتم الدفع بحافتها الخارجية للوصول الى مرحلة الطيران ، وفي حالة ارتكاز القدم اليمنى (الخارجية بالنسبة للمركز) فإنها ترتكز على حافتها الداخلية والسبب يعود الى سقوط مركز ثقل الجسم على الحافة القريبة من المركز للقدم اليسرى من تتم بسهولة الحركة وبسهولة 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

(٢٣٦)

الميكانيكية الصحيحة للتغلب على قوة الطرد المركزية ولمحاولة إبقاء الجسم في حالة اتزان حركي عال دون الإقلال بسرعه.

أن لاعبي ٤٠٠ متراً حواجز يؤدون مجموعة من الحركات المتتالية والمتكررة وتشمل على تعجيل تزايد وتباطؤ الحواجز وبسرعة بعدها يأتي مطاولة السرعة الحركية بين الحواجز والذي لا يوجد فيه أي عائق يمنع اللاعب من أخذ أطول مسافة في خطوات ما بين الحواجز فالمسافات بين الحواجز (٣٥ متراً) تفترض على اللاعبين حدوداً ثابتة نوعاً ما لطول الخطوة وترددها مع الأخذ بنظر الاعتبار بعد المسافة بين قدم الارتفاع والحاجز ومكان الهبوط.

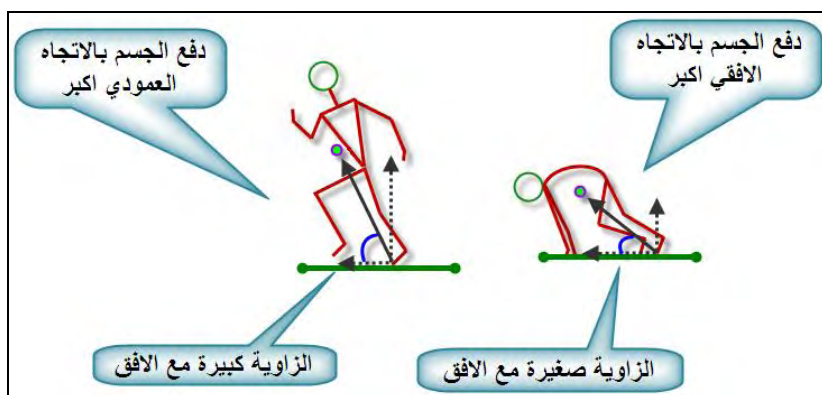
التحليل البايوميكانيكي (البايوكينماتيكي والبايوكيناتيكي) للانطلاق من

مسند البداية

في فعاليات المسابقات القصيرة لالعب الساحة والميدان

ان العداء ينطلق من الوضع المنخفض للبدء (الجلوس) ويساعد هذا الوضع في التغلب على القصور الذاتي بشكل افضل مقارنة بالانطلاق من البدء العالي وذلك باستخدام القوة بشكل افقي مما يدفع الرياضي الى الامام وفقاً 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 ، ووفقاً لنظرية المتجاهات فكلما قلت الزاوية كلما زادت المحصلة وعليه فان البدء المنخفض افضل.

(٢٣٧)



الشكل (٤-٦١) : يوضح المتغيرات البايوكينماتيكية في البدء المنخفض والعالي

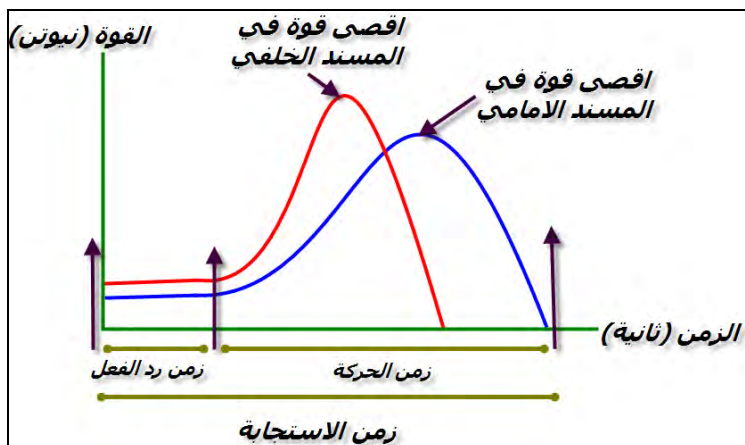
في وضع (تهيأ) ترتفع نقطة مفصل الورك (الحوض) الى الاعلى قليلا عن مستوى الكتفين وتحدد الزاوية المحصورة بين الخط الافقي الموازي للارض وارتفاع الحوض بين (١٥-١٨ درجة) ، اما زاوية مفصل ركبة الرجل الامامية فتصل الى (٩٠ درجة) تقريبا وتحدد زاوية مفصل ركبة الرجل الخلفية بين (١١٠-١٢٠ درجة) تقريبا.

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 اطلاق المسدس يكون العداء في وضع تهيئ وبعد الاطلاق فانه يخضع الى عدد من المتغيرات منها زمن رد الفعل (RT) (وهو الزمن من الاطلاق حتى لحظة قبل البدء بالحركة) ، وزمن الحركة (MT) (وهو الزمن من لحظة البدء بالحركة

(٢٣٨)

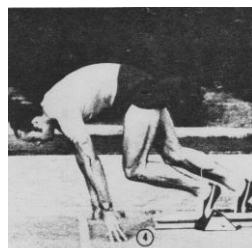
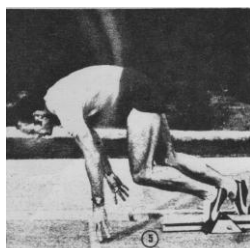
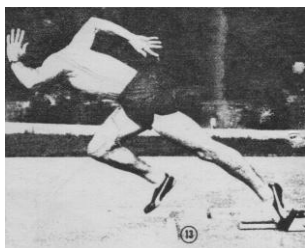
لحين انتهاء الواجب الحركي) ، ويسمى مجموع الزمنين بزمان الاستجابة (Response Time).



الشكل (٤-٦٢) : يوضح ازمة الاستجابة

الجدول (٤-١) : يبين التفاوت في ازمة رد فعل الاجزاء

ت	اجزاء الجسم	متوسط زمن الترك (ثانية)
١	اليدين اليسرى	٠,١٧
٢	اليدين اليمنى	٠,٢٢
٣	القدم الخلفية	٠,٢٩
٤	القدم الامامية	٠,٤٤



الشكل (٤-٦٣) : يوضح مراحل الانطلاق من مسندي البداية

(٢٣٩)

ان وقت سماع الاطلاق عند العدائين الجيدين يكون تقريباً بين (٠,١٠ - ٠,١٨ ثانية) وتصل زاوية البدء لديهم الى (٤٠-٤٢ درجة) بين جسم العداء ومجال الركض، وتترك القدم الخلفية للمسد الخلفي قبل الرجل في المسد 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 (٠,٠٧-٠,٠٥ ثانية) من استشعار المثير في الاذن وانتقاله الى الجهاز العصبي المركزي (بواسطة العصب الحسي) ثم بناء وتكوين الامر بالحركة وانتقال الامر من الجهاز العصبي المركزي الى العضلات بواسطة العصب الحركي واخيراً اثارة العضلة وحدوث النشاط الميكانيكي ويشكل زمن دفع الرجل الخلفية ثلث زمن دفع الرجلين ، ويخرج العداء من مساند البداية بزاوية ميل (٤٥ درجة).

ينص قانون نيوتن الثاني الى ان دفع أي قوة لجسم ما خلال فترة زمنية يساوي التغيير في كمية حركة الجسم خلال تلك الفترة ويرتبط الدفع مع القوة والزمن مع بقاء فعل القوة بالعلاقة

$$\text{الدفع} = \text{القوة} \times \text{الزمن}$$

وبذلك فان الدفع او التغيير الناتج في كمية الحركة من قوة كبيرة تعمل لفترة قصيرة يساوي التغيير الناتج من قوة صغيرة تعمل لفترة طويلة ويميل العداء الى انتاج قوة كبيرة في زمن قليل (قوة مميزة بالسرعة) ونجد ان الزيادة في القوة

(٢٤٠)

تتطلب عنفاً في سرعة بذلها (سرعة قوة) وهذا بالتالي يؤدي الى نقصان زمن بذل القوة مما يؤثر سلباً في الدفع.

يرتبط الدفع بكمية الحركة في علاقة مشتقة بعلاقة

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

حيث يمثل الطرف الايمن مصطلح الدفع والطرف الايسر يمثل كمية الحركة . وقد عرف (نيوتن) حاصل ضرب الكتلة في السرعة 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 (٣٠ 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

(٢٤١)

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

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

السرعة

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

الزمن

$$\text{الكتلة} \times \text{السرعة}$$

$$\text{_____} = \text{القوة}$$

الزمن

$$\text{السرعة} \times \text{الكتلة}$$

$$\text{_____} = \text{القوة}$$

الزمن

جدول (٤-٢) : ازمة رد الفعل لنهائي سباق ١٠٠ متر في بطولة برلين ٢٠٠٩

الاسم	الانجاز	زمن رد الفعل
Usain Bolt	٩,٥٨	٠,١٤٦
Tyson Gay	٩,٧١	٠,١٤٤
Asafa Powell	٩,٨٤	٠,١٣٤
Daniel Bailey	٩,٩٣	٠,١٢٩
Richard Thompson	٩,٩٣	٠,١١٩
Dwain Chambers	١٠	٠,١٢٣
Marc Burns	١٠	٠,١٦٥
Darvis Patton	١٠,٣٤	٠,١٤٩

(٢٤٢)

ان معدل زمن رد الفعل في بطولة العالم روما ١٩٨٧ - كان ٠,١٨٥ ثانية
 ان معدل زمن رد الفعل في بطولة العالم برلين ٢٠٠٩ - كان ٠,١٣٩ ثانية رغم
 التعديل الذي حدث على اخطاء الانطلاق

جدول (٣-٤) :ازمنة المسندين لعينة من ابطال العراق في سنة ١٩٩٦

العينة						المتغيرات
٦	٥	٤	٣	٢	١	
٠,١٤٦٩	٠,١٢٠٩	٠,١٣١٣	٠,١٠٩٢	٠,١٢٢٢	٠,١٠٢٧	زمن رد الفعل في المسند الخلفي
٠,٢٠٤١	٠,٢٠١٠	٠,١٤٥٦	٠,١٤١٧	٠,١٤٦٩	٠,١١٧٠	زمن رد الفعل في المسند الامامي
٠,٢١١٩	٠,١٧٥٥	٠,١٨٧٠	٠,١٥٦٠	٠,٢٢١٠	٠,٢٤٠٥	زمن الحركة في المسند الخلفي
٠,٣٤١٩	٠,٢٨٢١	٠,٣٢١٧	٠,٣١٠٧	٠,٣٥٢٣	٠,٣٩٧٨	زمن الحركة في المسند الامامي
٠,٥٤٦٠	٠,٤٨٣٦	٠,٤٦٨٠	٠,٤٥٢٤	٠,٤٩٩٢	٠,٥١٤٨	زمن الاستجابة

(٢٤٣)

يتبين من الجدول اعلاه :

- تراوح زمن رد الفعل بين (٠,١٠٢٧ - ٠,١٤٦ ثا)
- تراوح زمن الاستجابة بين (٠,٤٥٢٤ - ٠,٥٤٦٠ ثا)
- يحدث اكبر انقباض عضلي في زمن (٠,٢٠٢٨ - ٠,٢٦٥٢ ثا) وهو زمن بلوغ المحصلة لاقصاها .

- أقصى محصلة للقوى تراوحت بين (٥٦٤ - ١٢٩٤ نيوتن).
- القوتين العمودية والافقية في المسند الخلفي اكبر .
- زاوية مغادرة المسند الامامي تراوحت بين (٤٠ - ٤٨ درجة).
- تراوحت زاوية اتجاه محصلة الدفع بين (٤٧ - ٥٧ درجة)

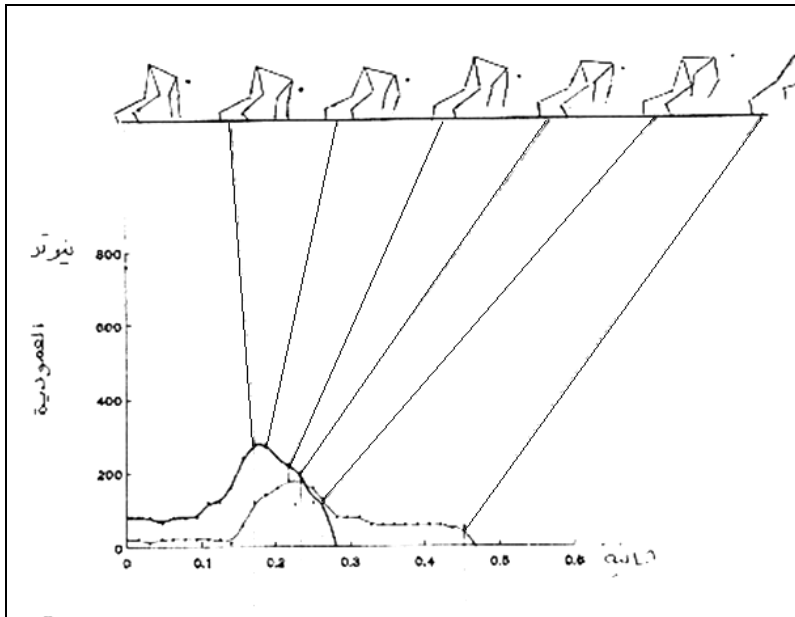
تبين ان العدائين قد اخفقوا فيما يأتي:

- كبر زمن الاستجابة.
- انخفاض منحني دالة القوة.
- كبر الزمن قبل عبور الرجل الخلفية للرجل الامامية.
- صغر زاوية الجذع في وضع (تهياً).
- زاوية الركبة الامامية تقل عن (٩٠ 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 نقطة الورك يسبب زيادة في زاوية الجذع).

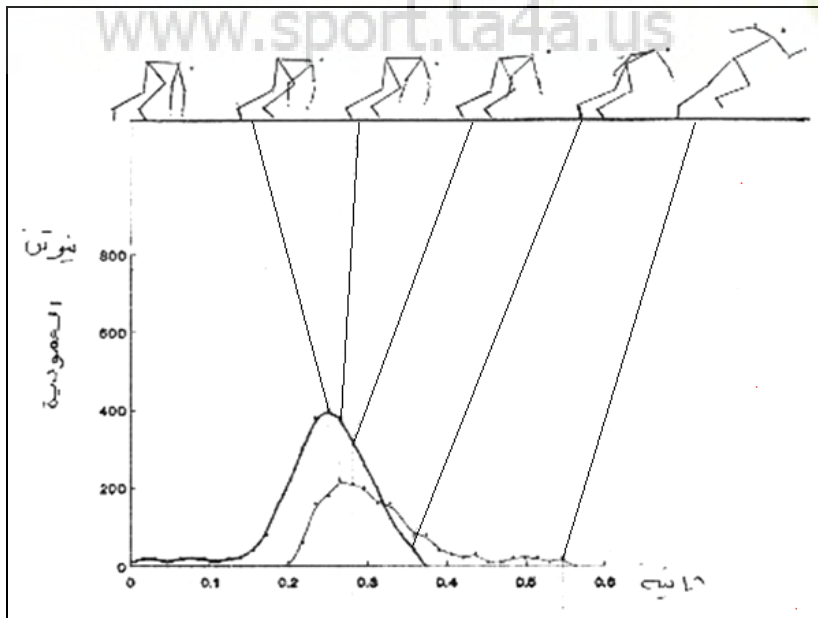
(٢٤٤)

- تأخر زمن رد الفعل في المسنين بسبب تأخرًا 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 بزواوية 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 بزواوية ركبة الرجل الخلفية.
- ارتبطت قيمة أقصى قوة أفقية في المسند الخلفي بزواوية 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 بزواوية المغادرة وزاوية اتجاه الدفع.
- ارتبط طول الخطوة الاولى بأقصى قوة افقية ومعدلها ودفعها في المسند الامامي وبكتلة اللاعبين .

(٢٤٥)



الشكل (٤-٦٤) : يوضح المتغيرات الكينماتيكية عند الانطلاق من مسندي البداية



الشكل (٤-٦٥) : يوضح المتغيرات الكينماتيكية (القوة - الزمن) عند الانطلاق من مسندي البداية

(٢٤٦)



(٢٤٧)

المصادر العربية والأجنبية

١. أياد عبد الرحمن الشمري : التحليل الكينماتيكي للركلات الحرة المباشرة (القوسية) بكرة القدم ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة بغداد ، كلية التربية الرياضية ، ١٩٩٨.
٢. أياد عبد الرحمن الشمري: تأثير منهج تدريبي مقترح لتطوير اهم القدرات البدنية الخاصة على بعض المتغيرات الكينماتيكية في انجاز فعالية ٤٠٠م حواجز ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة بغداد ، كلية التربية الرياضية ، ٢٠٠٥ م .
٣. جيرد هوخموت: الميكانيكا الحيوية (ترجمة) كمال عبد الحميد ، القاهرة ، دار المعارف ، ١٩٩٩.
٤. حسين مردان عمر : دراسة تحليلية لبعض المتغيرات الديناميكية من البدء الى اجتياز المانع الاول ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة البصرة ، كلية التربية الرياضية ، ١٩٩٦.
٥. سمير مسلط الهاشمي : البايوميكانيك الرياضي ، ط ٣ ، بغداد ، مطبعة النبراس للطباعة والتصميم ، ٢٠١٠.
٦. سوسن عبد المنعم وآخرون : البايوميكانيك في المجال الرياضي ، القاهرة ، دار المعارف ، ١٩٧٧.
٧. صريح عبد الكريم الفضلي: تطبيقات البيوميكانيك في التدريب الرياضي والأداء الحركي . ط ٢ ، بغداد دار الكتب والوثائق ، ٢٠١٠.
٨. طلحة حسام الدين : الأسس الحركية والوظيفية للتدريب الرياضي ، القاهرة ، دار الفكر العربي ، ١٩٩٤ .
٩. طلحة حسام الدين : الميكانيكا الحيوية (الأسس النظرية والتطبيقية) ، دار الفكر العربي ، القاهرة ، ط ١ ، ١٩٩٣.

(٢٤٨)

١٠. طلحة حسام الدين: علم الحركة التطبيقي ج ١ القاهرة ،مركز الكتاب للنشر ط١ ١٩٩٨.
١١. عادل عبد البصير : المدخل لتحليل ثلاثي الأبعاد ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر والتوزيع ، ١٩٩٨ .
١٢. عادل عبد البصير : الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق في المجال الرياضي ، القاهرة ، دار الكتب للنشر ، ١٩٩٨.
١٣. علي سلوم جواد :البايوميكانيك :الأسس النظرية والتطبيقية في المجال الرياضي ،العراق، ٢٠٠٧.
١٤. قاسم حسن حسين ، إيمان شاكر : مبادئ الأسس الميكانيكية للحركات الرياضية ، عمان ، دار الفكر للطباعة والنشر ، ط١ ، ١٩٩٨.
١٥. قاسم حسن حسين وآخرون : تحليل الميكانيكا الحيوية في فعاليات الساحة والميدان ، ط١ ، دار الحكمة للطباعة والنشر ، البصرة ، ١٩٩١.
١٦. كمال عبد الحميد ، سليمان علي : الميكانيكا الحيوية وطرق البحث العلمي للحركات الرياضية ، ط٢ ، القاهرة ، مركز الكتاب للنشر ، ١٩٩٩.
١٧. لؤي الصميدعي : البايوميكانيك والرياضة ، الموصل ، دار الكتب للطباعة والنشر ، ١٩٨٧.
١٨. نجاح مهدي شلش : مبادئ الميكانيكا الحيوية في تحليل الحركات الرياضية ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، ١٩٨٧.
١٩. 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 ، ١٩٩٩.
٢٠. وجيه محجوب : التحليل الحركي الفيزياوي الفلسجي للحركات الرياضية ، بغداد ، مطابع التعلم العالي ، ١٩٩٠.

(٢٤٩)

٢١. يوسف الشيخ : الميكانيكا الحيوية وتطبيقاتها ، القاهرة ، دار المعارف ، ١٩٨٢.

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

(٢٥٠)



(٢٥١)

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 تآثر الحركة بالقوى الداخلية او الخارجية فعندما تتأثر الحركات بقوى الجاذبية ووضع مركز ثقل الجسم والقوة الناتجة من الانقباض العضلي ترتبط بأسس الميكانيكا وقوانينها.
- الاستاتيكا ("static"): وهو علم السكون الذي يبحث في حالة استقرار وشروط واتزان الاجسام تحت تأثير القوى الدافعة بمستوى واحد والتي تتلاقى في نقطة ولما كان الجسم البشري جسم حي وعندما تطبق هذا العلم على الجسم الحي.
- الكينماتيكا ("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 تشريحيًا ، فسيولوجيًا ، كيميائيًا ، نفسيًا ، تربويًا ، ميكانيكيًا.
- التحليل النوعي (quality analysis): هو تحليل يعتمد على الحكم من خلال القيم الرقمية المؤثرة فيها ومدى الترابط بين هذه القيم وتشمل قيم الزوايا والأزمنة والمسافات والمصطلحات التي تشتق منها.

(٢٥٢)

- 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 أو أي جزء منه من مكان إلى مكان آخر 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 ، وتقسّم إلى : حركة بتعجيل ثابت (تزايدى أو تناقصى) ، حركة بتعجيل متغير (تزايدى أو تناقصى) .
- الحركة الخطية (linear motion): وفيها يتم انتقال الجسم أو مراكز ثقله أو أجزائه من وضع إلى آخر بحيث تقطع خطوطاً ومسارات هندسية متوازنة خلال انتقالها وأن سرعة هذه الأجزاء متساوية وتحدث في خط مستقيم .
- الحركة الدائرية (rotation motion): وهي الحركة التي يسير بها الجسم بشكل دائري حول محور داخل الجسم أو محور خارجة بحيث يرسم الجسم ككل أو مراكز ثقله أو أجزائه في حركته مسارات وخطوط دائرية ذات أنصاف أقطار غير متساوية وأن أجزاء الجسم تنتقل هنا بسرعات مختلفة تبعاً لاختلاف بعدها عن محور الدوران .
- السرعة (speed): هي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن .
- السرعة المتجهة (velocity): هي الإزاحة المقطوعة في وحدة الزمن .
- السرعة اللحظية (الآنية) : أقل مسافة ممكنة في أقل زمن ممكن .
- محصلات السرعة: (net speed)
- المحصلة: هو مقدار القيمة الناتجة من جمع أو طرح متجهات للسرعة أو القوة سواء كانت على خط مسار واحد أو متعامدة أو تشكل زوايا بينها
- التعجيل (acceleration): هو التزايد أو التناقص في السرعة ، وقد يكون التعجيل موجب (تصاعدي) أو سالب (تناقصي) ، وقد يكون منتظم أو غير منتظم .

(٢٥٣)

- 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 .
- المقدوف : جسم حر الحركة في الهواء انطلق بتأثير قوة .
- (١) المقدوفات الرأسية (vertical projection): هي المقدوفات التي تأخذ المسار العمودي (راسي) .
- (٢) المقدوفات الأفقية (horsetail projection): هي المقدوفات التي تحدث مسارا أفقيا .
- العتلات (levers): وهي سلسلة عمل تحتوي على ثلاث نقاط هي نقطة الارتكاز ، نقطة تأثير القوة ، نقطة تأثير المقاومة ، ولكي تبقى العتلة في حالة توازن يجب ان يكون ذراع القوة مساويا الى ذراع المقاومة وعلى أساس المعادلة التالية :
- القوة (force) : وتعني كل ما يغير او يحاول ان يغير من شكل الجسم او حالته الحركية مقدارا او اتجاهها .
- 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 ١ كيلوغرام اكسبته تعجيلا مقداره ١م/ثا^٢ .
- الداين : قوة اذا أثرت على جسم كتلته ١ غرام اكسبته تعجيلا مقداره ١سم/ثا^٢ .
- الشغل (work): لو أثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تأثير القوة فأنها تكون قد انحزت شغلا . ويقاس بال جول
- القدرة (power): وهي الشغل المنجز في وحدة الزمن . وتقاس بوحدة الواط .

(٢٥٤)

- الطاقة (energy): هي قابلية الجسم على انجاز شغل . وينص القانون العام للطاقة بأنه :الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تتحول من شكل الى اخر .
- الطاقة الحركية (motion energy) : وهي الطاقة المسببة للحركة في الجسم . ويعبر عنها في
- الطاقة الكامنة (energy latent) : وهي الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثناء الثبات (طاقة ميكانيكية) ويعبر عنها :
- قوة الاحتكاك (force friction) : وهي القوة الناشئة بين الجسم المتحرك والسطح الذي تتم عليه الحركة وتساوي هذه القوة ، القوة الدافعة للجسم بالمقدار وتعاكسها في الاتجاه
- معامل الاحتكاك : هي ناتج قسمة قوة الاحتكاك على مقدار الضغط الذي يسلطه الجسم على السطح . وان معامل الاحتكاك يختلف اذا كانت الجسم ساكناً او متحركاً ، فاذا كان الجسم في حالة الثبات عندئذ يكون معامل الاحتكاك اكبر مما لو كان الجسم في حالة حركة .
- عزم القصور الذاتي (moment of inertia) : يفهم من القصور الذاتي هو مقدار المقاومة التي يمتلكها الجسم للحفاظ على السكون او الحركة ضد التغيير . اما عزمه فهو عبارة عن مجموع اجزائه وهذا يتوقف على مقدار كتلة الجسم ويكون عزم القصور الذاتي كما يلي :
- التصادم (impact): أي جسم في حالة حركة عند ملامسة لجسم اخر سواء كان كامناً او متحركاً تطلق عليه التصادم .
- الزخم (moment): عبارة عن كمية الحركة التي يمتلكها الجسم اثناء حركته .
- عزم الدوران : ان العزم هو حاصل ضرب القوة في المسافة العمودية بين خط عملها ومركز دوران الجسم . ويعرف هذا الناتج في الاستاتيكا عزم القوة او عزم الانحناء . وينشأ عزم الدوران عند تأثير قوة على جسم حر الحركة ويكون خط تأثيرها بمسافة عمودية عن مركز ثقل الجسم .
- دفع القوة : هي القوة التي تؤثر في فترة زمنية معينة

(٢٥٥)

- 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" .

(٢٥٦)

ملحق (٢) : جدول بالجيب وجيوب التمام والظل

الدرجة	جيب Sin	جيب تمام COS	ظل tan	الدرجة	جيب Sin	جيب تمام COS	ظل tan	الدرجة	جيب Sin	جيب تمام COS	ظل tan
٠	٠	١	٠	٣٠	٠,٥	٠,٨٦	٠,٥٧	٦٠	٠,٨٦	٠,٥	١,٧٣
١	٠,٠٢	٠,٩٩	٠,٠٢	٣١	٠,٥٦	٠,٨٥	٠,٦	٦١	٠,٨٧	٠,٤٨	١,٨
٢	٠,٠٣	٠,٩٩	٠,٠٣	٣٢	٠,٥٢	٠,٨٤	٠,٦٣	٦٢	٠,٨٨	٠,٤٦	١,٨٨
٣	٠,٠٥	٠,٩٩	٠,٠٥	٣٣	٠,٥٤	٠,٨٣	٠,٦٤	٦٣	٠,٨٩	٠,٤٥	١,٩٦
٤	٠,٠٧	٠,٩٩	٠,٠٦	٣٤	٠,٥٥	٠,٨٢	٠,٦٧	٦٤	٠,٨٩	٠,٤٣	٢,٠٥
٥	٠,٠٩	٠,٩٩	٠,٠٨	٣٥	٠,٥٧	٠,٨١	٠,٧	٦٥	٠,٩	٠,٤٢	٢,١٤
٦	٠,١	٠,٩٩	٠,١	٣٦	٠,٥٨	٠,٨	٠,٧٣	٦٦	٠,٩١	٠,٤	٢,٢٤
٧	٠,١٢	٠,٩٩	٠,١٢	٣٧	٠,٦	٠,٧٩	٠,٧٥	٦٧	٠,٩٢	٠,٣٩	٢,٣٥
٨	٠,١٢	٠,٩٩	٠,١٢	٣٨	٠,٦١	٠,٧٨	٠,٧٨	٦٨	٠,٩٢	٠,٣٧	٢,٤٧
٩	٠,١٥	٠,٩٨	٠,١٥	٣٩	٠,٦٢	٠,٧٧	٠,٨	٦٩	٠,٩٣	٠,٣٥	٢,٦
١٠	٠,١٧	٠,٩٨	٠,١٧	٤٠	٠,٦٤	٠,٧٦	٠,٨٣	٧٠	٠,٩٣	٠,٣٤	٢,٧٤
١١	٠,١٩	٠,٩٨	٠,١٩	٤١	٠,٦٥	٠,٧٥	٠,٨٦	٧١	٠,٩٤	٠,٣٢	٢,٩
١٢	٠,٢	٠,٩٧	٠,٢١	٤٢	٠,٦٦	٠,٧٤	٠,٩	٧٢	٠,٩٥	٠,٣	٣,٠٧
١٣	٠,٢٢	٠,٩٧	٠,٢٣	٤٣	٠,٦٨	٠,٧٣	٠,٩٣	٧٣	٠,٩٥	٠,٢٩	٣,٣
١٤	٠,٢٤	٠,٩٧	٠,٢٤	٤٤	٠,٦٩	٠,٧١	٠,٩٦	٧٤	٠,٩٦	٠,٢٧	٣,٤
١٥	٠,٢٥	٠,٩٦	٠,٢٦	٤٥	٠,٧	٠,٧	١	٧٥	٠,٩٦	٠,٢٥	٣,٧
١٦	٠,٢٧	٠,٩٦	٠,٢٨	٤٦	٠,٧١	٠,٦٩	١,٠٣	٧٦	٠,٩٧	٠,٢٤	٤,٠١
١٧	٠,٢٩	٠,٩٥	٠,٣	٤٧	٠,٧٣	٠,٦٨	١,٠٧	٧٧	٠,٩٧	٠,٢٢	٤,٢٣
١٨	٠,٣	٠,٩٥	٠,٣٢	٤٨	٠,٧٤	٠,٦٦	١,١١	٧٨	٠,٩٧	٠,٢	٤,٧
١٩	٠,٣٣	٠,٩٤	٠,٣٤	٤٩	٠,٧٥	٠,٦٥	١,١٥	٧٩	٠,٩٨	٠,١٩	٥,٦٤
٢٠	٠,٣٤	٠,٩٣	٠,٣٦	٥٠	٠,٧٦	٠,٦٤	١,١٩	٨٠	٠,٩٨	٠,١٧	٥,٦٧
٢١	٠,٣٥	٠,٩٣	٠,٣٨	٥١	٠,٧٧	٠,٦٣	١,٢٣	٨١	٠,٩٨	٠,١٥	٦,٣١
٢٢	٠,٣٧	٠,٩٢	٠,٤	٥٢	٠,٧٨	٠,٦١	١,٢٧	٨٢	٠,٩٩	٠,١٣	٧,١١
٢٣	٠,٣٩	٠,٩٢	٠,٤٢	٥٣	٠,٧٩	٠,٦	١,٣٣	٨٣	٠,٩٩	٠,١٢	٨,١٤
٢٤	٠,٤	٠,٩١	٠,٤٤	٥٤	٠,٨	٠,٥٨	١,٣	٨٤	٠,٩٩	٠,١	٩,٥١
٢٥	٠,٤٢	٠,٩	٠,٤٦	٥٥	٠,٨١	٠,٥٧	١,٤٢	٨٥	٠,٩٩	٠,٠٨	١١,٤٣
٢٦	٠,٤٣	٠,٨٩	٠,٤٨	٥٦	٠,٨٢	٠,٥٥	١,٤٨	٨٦	٠,٩٩	٠,٠٦	١٤,٢
٢٧	٠,٤٥	٠,٨٩	٠,٥	٥٧	٠,٨٣	٠,٥٤	١,٥٣	٨٧	٠,٩٩	٠,٠٥	١٩,٠٨
٢٨	٠,٤٦	٠,٨٨	٠,٥٣	٥٨	٠,٨٤	٠,٥٢	١,٦	٨٨	٠,٩٩	٠,٠٢	٢٨,٦٤
٢٩	٠,٤٨	٠,٨٧	٠,٥٥	٥٩	٠,٨٥	٠,٥١	١,٦٦	٨٩	١	٠,٠١	٥٧,٢٩
								٩٠	١	٠	

تم التحميل من موقع

المكتبة الرياضية الشاملة

www.sport.ta4a.us

ابحث في جوجل عن

المكتبة الرياضية الشاملة