وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد
كلية التربية الرياضية

البايوميكانيك الرياضي

الأستاذ الدكتور سمير مسلط الهاشمي

جامعة بابل - كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
المكتبة
القسم:
التسلسل: ١٠٠٧٢
تاريخ التسليم: ٤ - ٦١٢/
رقم التصنيف:
تاريخ الاستلام: ٢٥٥ هـ

Scanned by CamScanner

الباب السابع : طرق البحث في البايوميكانيك

١ – تحديد موضع مركز ثقل جسم الانسان .
٢ – التحليل الكمي والنوعي للحركة .
٣ – طرق البحث بالتصوير السينمائي .
٤ – كيفية احتساب المتغيرات الميكانيكية بالتصوير السينمائي .
٥ – التصوير بالأثر الضوئي .
٦ – طرق قياس القوة .
٧ – طرق القياس بواسطة الالكترومايوجراف .
٨ – طرق قياس الزوايا .

الباب الثامن : التحليل الميكانيكي للفعاليات الرياضية

١ – العاب الساحة والميدان .
٢ – الجمناستك .
٣ – السباحة .
٤ – التنس .

Scanned by CamScanner

مقدمة الطبعة الثانية

ان التطور الذي يطرأ على كافة الميادين ومنها ميدان التربية والتعليم حيث تعنى بتدريس جانب من جوانب المعرفة وفي مجال الحركة في التربية الرياضية بالذات تبرز الحاجة الى مواكبة ماطرأ على علوم التربية الرياضية من تطور فضلاً عن ما أفرزته مسيرة العلاقة بين المدرس والطالب خلال عملية التدريس لطلبتي الدراسات الاولية والعليا ولسنين طويلة وما ظهر من حاجة هؤلاء الطلبة لبعض المفردات الضرورية كي يتحقق الهدف من تدريس هذه المادة اصبحت الحاجة ماسة لأضافة بعض الأسس التطبيقية التي تسهل على الطالب فهم واستيعاب مفردات هذه المادة التي ينبغي على العاملين في هذا المجال الألمام بأسسها العامة بغية تدريس وتدريب الحركة وفق الشروط التي تضمن الارتقاء وبمستوى الاداء.

والله من وراء القصد

المؤلف

١٩٩٩

Scanned by CamScanner

الباب الأول

علم البايوميكانيك

١- ماهو البايوميكانيك
٢- الحركات الاساسية في جسم الانسان
٣- المحاور والمسطحات
٤- المفاصل
٥- نسبية الحركة والنظام الاحداثي

Scanned by CamScanner

Scanned by CamScanner

١- ماهو البايوميكانيك:

لايعد علم البايوميكانيك من العلوم الحديثة ولكنه يعد علماً قديماً قدم الحركة نفسها فقد كان الانسان يمارس الحركة في الماضي سواء في حياته اليومية او اثناء المنافسات التي يقوم بها، ولكن كانت ممارسته آنذاك غير مقننة حركياً بمعنى اخر لايتوافر فيها جانب الاقتصاد في الحركة فلأجل التغلب على مقاومة معينة كانت القوة المبذولة لذلك الاداء كبيرة قياسا بالمقاومة التي يتم التغلب عليها بقوة اقل اذا تمت الحركة وفق مسار معين وعمل عضلي خاص.

اذا اجرينا مقارنة بسيطة بين المستويات الرقمية لمختلف الفعاليات سابقا وفي الوقت الحاضر وجدنا حدوث تطور ملموس في ارقام هذه الفعاليات او مستوياتها، ان هذا التطور لايمكن ان يعزى الى التطور الحاصل في القوة المستخدمة او السرعة في هذه الفعالية او تلك وانما جاء نتيجة لدراسة الحركة دراسة علمية وافية من حيث زمانها ومكانها اضافة الى القوى المسببة في حدوث هذه الحركة. فلدراسة الحركة على هذا الاساس ينبغي فهم اشكال الحركة من حيث تقسيمها الهندسي وكذلك الزمني بجانب دراسة ماهية القوى المختلفة التي تؤثر في الحركة.

ان حدوث الحركة يأتي نتيجة لعمل متبادل بين القوى الداخلية المتمثلة بالقوى الذاتية (العضلية) للفرد والقوى الخارجية كالجاذبية ومقاومة الماء والهواء والاحتكاك... الخ.

ان الاختلاف بين دراسة طبيعة عمل الآلة التي تكون محكمة بقوانين ميكانيكية ثابتة كقوانين الجاذبية او السرعة وعلى ضوء هذا يمكن تحديد القوة الواجب استخدامها لادارة الآلة، وبين دراسة طبيعة عمل جسم الانسان الذي يكون محكما في بعض جوانب حركته بقوانين ميكانيكية ثابتة ايضا ولكن الاختلاف يكمن هنا في ان الجسم البشري هو كائن عضوي تدخل في حركته كثير من الاعتبارات العلمية المتمثلة بدور العلوم المختلفة التي ترتبط ارتباطا مباشرا وتؤثر تأثيرا فاعلا في الحركة. فعلى سبيل المثال يؤدي علم التشريح دورا مميزا في طبيعة حركة الانسان، فلتطوير ناحية معينة عند الرياضي، ولتكن القفز من الثبات الى الامام، لايمكن الارتقاء بمستوى القفز وتحسن الاداء مالم تكن هناك معرفة تامة بماهية العضلة او المجموعة العضلية التي تعمل بشكل مباشر اثناء الاداء، والا اصبح التدريب عبارة عن عملية عشوائية خاضعة للتجربة والخطأ وهذا ايكلف الرياضي والمدرب وقتاً وجهداً قد يعود بمردود ايجابي على الرياضي او المدرب

٣. التقريب: Adduction

هي عملية تحريك جزء الجسم باتجاه الخط الممثل لمنتصف الجسم.

٤. التبعيد: Abduction

هي عملية تحريك جزء الجسم بالاتجاه البعيد عن الخط الممثل لمنتصف الجسم

٥. الرفع: Elevation

هي رفع جزء من اجزاء الجسم الى الاعلى

٦. الخفض: Depression

وهي عكس عملية الرفع اي خفض جزء الجسم الى الاسفل.

٧. التدوير: Rotation

تتم الحركة في هذه الحالة حول المحور الطولي للعظم..

٨. الكب: Pronation

ويقصد بحركة الكب تدوير اليد او اليد والساعد من مفصل المرفق الى الداخل وتتم الحركة حول المحور الطولي للساعد بحيث تواجه ظهر اليد الى الاعلى.

٩. البطح: Supination

وهي عكس عملية الكب تماما اي تدوير اليد او اليد والساعد من مفصل المرفق الى الخارج بحيث تواجه باطن اليد الى الاعلى.

١٠. الدوران: Circumduction

يقصد بحركة الدوران ان الجزء المتحرك يرسم اثناء حركته دائرة وتشمل هذه الحركة مجموعة حركات كالثني، التبعيد، المد والتقريب.

Scanned by CamScanner

٢- المحاور والمسطحات: Axes and Planes

حركة الجسم بكامله او جزء منه خركة معينة فلوصف الحركة يجب ان نعزيها الى المحاور والمسطحات الوهمية في جسم الانسان حيث ان نقطة التقاء هذه المسطحات تمثل نقطة مركز ثقل الجسم. هناك ثلاثة محاور وثلاثة مسطحات وعند تمثيل اخركة يتم القول بأن الحركة تتم حول المحور وتقع هذه الحركة في المسطح.

المحاور

١- المحور الطولي: Longitudinal axis

يخترق هذا المحور جسم الانسان من قمة الرأس الى اسفل الجسم ومثال للحركة التي تتم حول هذا المحور هى حركة دوران الجسم حول نفسه.

٢- المحور العرضي: Transverse axis

يخترق هذا المحور جيم الانسان من جانب لجانب اخر والحركة التي تتم حول هذا المحور هي الدحرجة الامامية.

٣- المحور العميق: Anteroposterior axis

يخترق هذا المحور جسم الانسان من الامام الى الخلف والحركة التي تتم حوله العجلة البشرية في المجناستك.

المسطحات:

١- المسطح الامامي: Frontal plane

يقسم هذا المسطح الجسم الى نصفين متساويين امامي وخلفى وتحدث حركة العجلة البشرية في هذا المسطح.

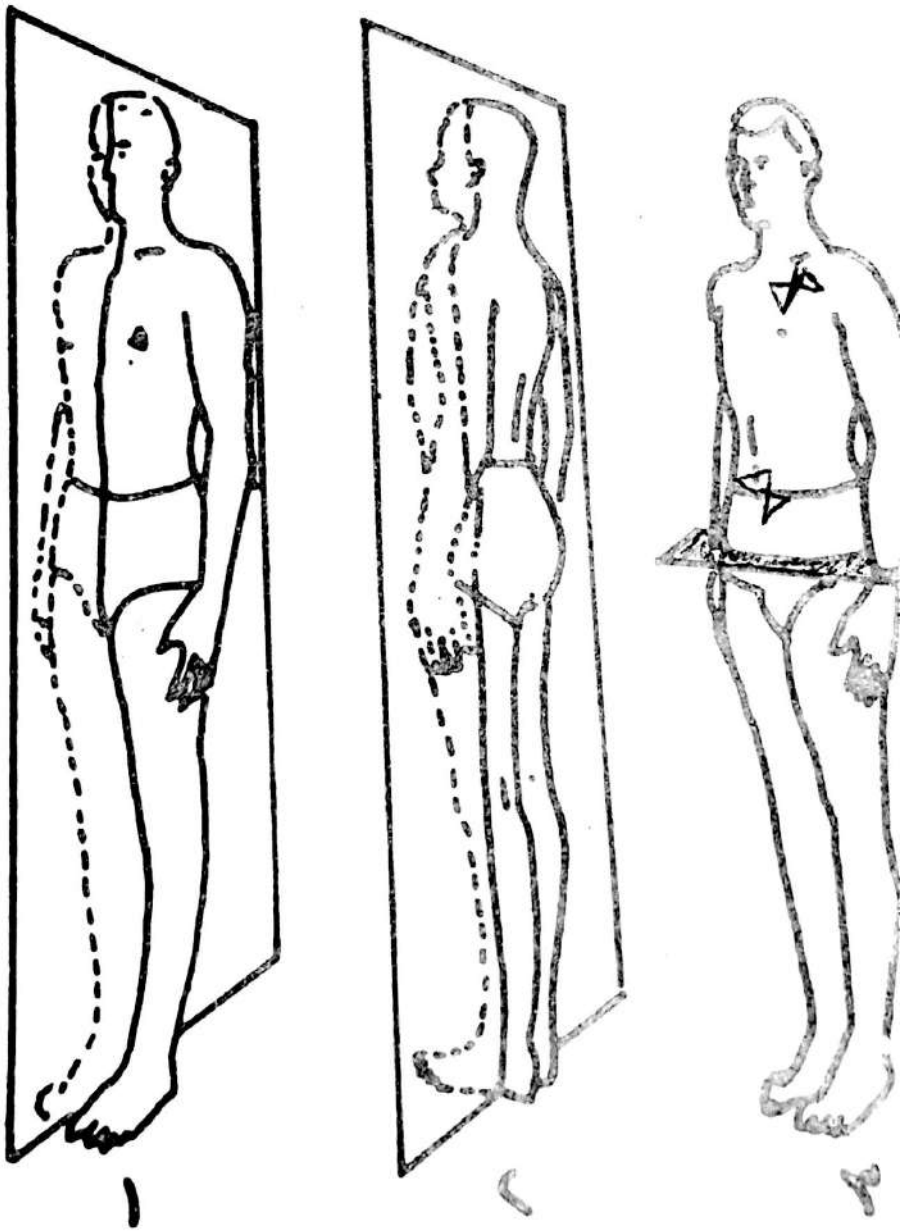
٢- المسطح الجانبي: Sagittal plane

يقسم هذا المسطح الجسم الى نصفين متساويين ايمن وايسر والدحرجة الامامية مثال

Scanned by CamScanner

عرضي. plane

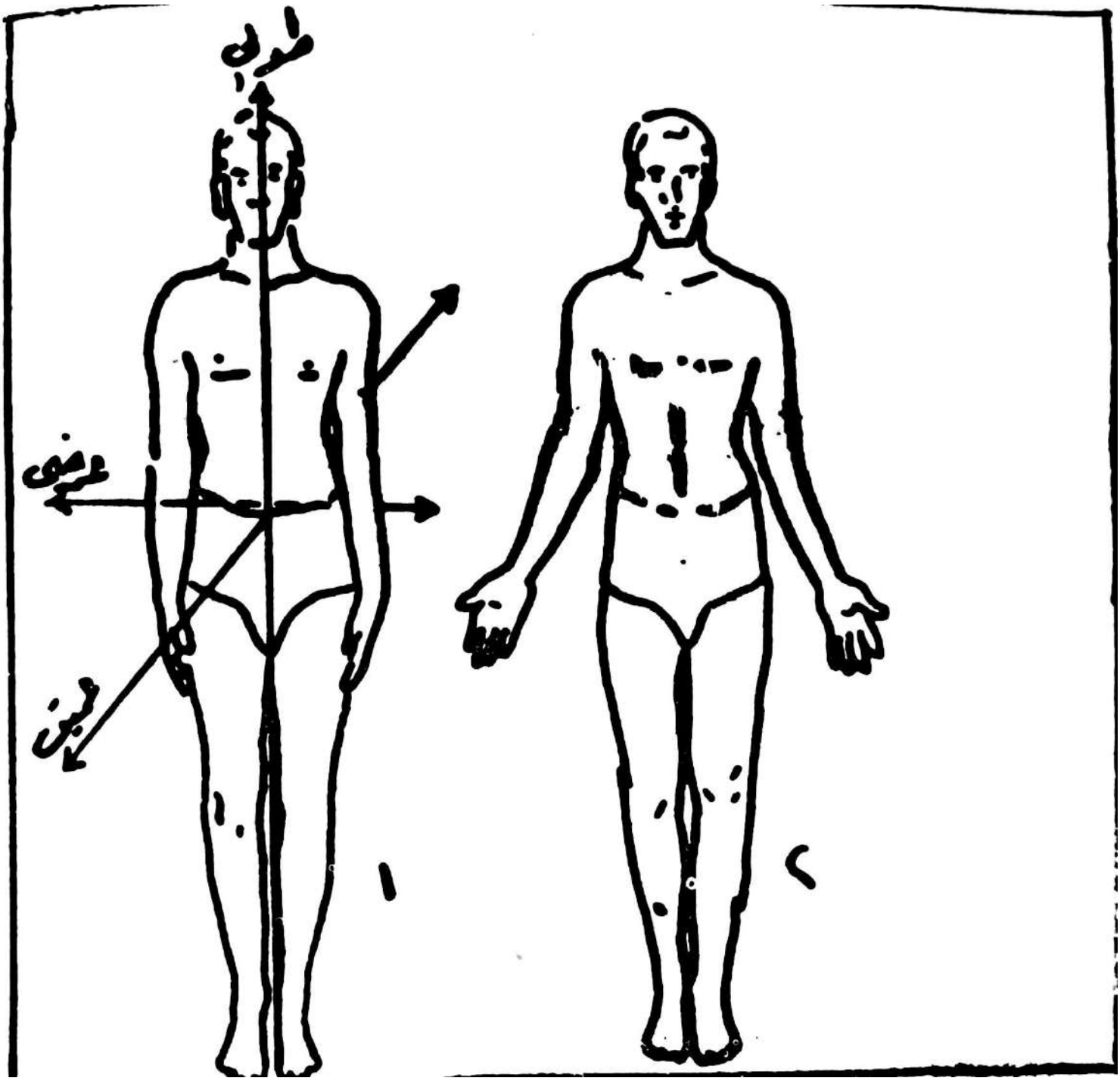
ا المسطح الجسم الى نصفين متساويين علوي وسفلي وحرك
ث في هذا المسطح.



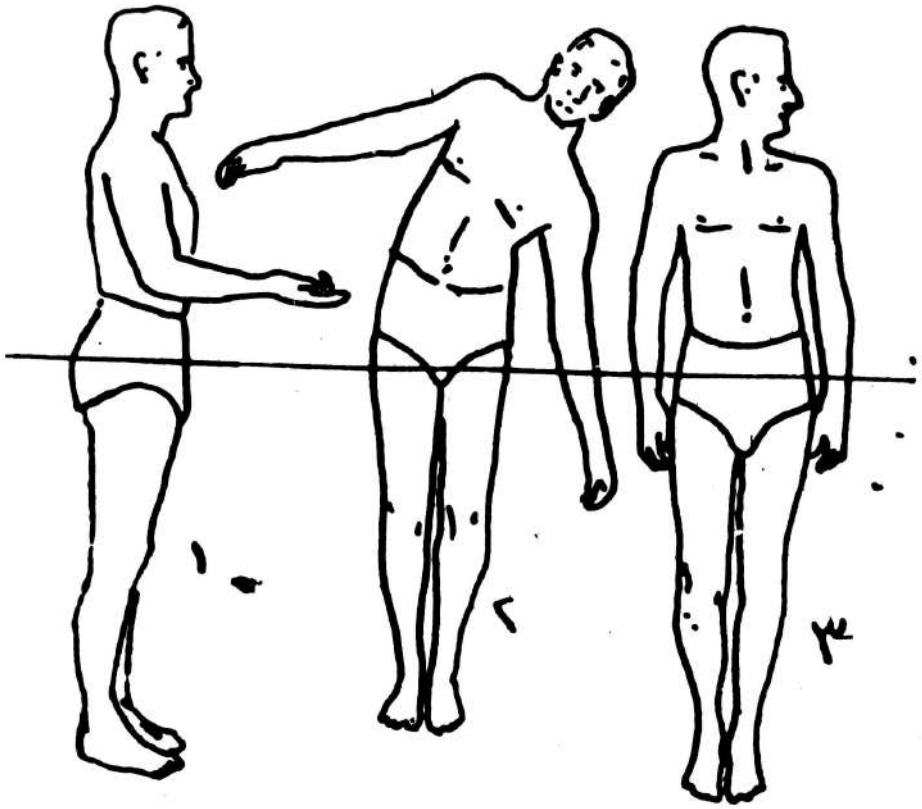
شكل (١)

١. مسطح عرضي ٢. مسطح امامي ٣. مسطح عرضي

Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner



شكل (٢)

الحركات التي تحدث في المسطحات وحول المحاور

١- في المسطح الجانبي حول المحور العرضي

٢- في المسطح الامامي حول المحور العميق

٣- في المسطح العرضي حول المحور الطولي

Scanned by CamScanner

٤- المفاصل: Joints

هناك عدة مفاصل في جسم الانسان وتختلف فيما بينها باختلاف موقعها في الجسم ويمكن تصنيفها بحسب اشكالها وعملها الى:

١- المفصل الرزي Hinge joint

مثال لهذا المفصل في جسم الانسان هو مفصل المرفق ويسمح بحركة الثني والمد فقط التي تحدث حول المحور العرضي وفي المسطح الجانبي.

٢- المفصل الارتكازي Pivot joint

ان الحركة في هذا المفصل تحدث في المسطح الافقي وحول المحور الطولي ومثال لهذا المفصل هو مفصل الجمجمة مع الفقرة العنقية الاولى.

٣- مفصل الكرة والحق Ball and Socket joint

وهذا المفصل يسمح بأوسع مدى للحركة حيث تتم حركات الثني والمد والتبعيد والتقريب والتدوير والدوران وامثلة لهذا المفصل في جسم الانسان مفصل الكتف ومفصل الفخذ.

٤- المفصل الانزلاقي Gliding joint

يسمح لهذا المفصل بحركة انزلاق العظام بعضها على بعض مثل عظام رسغ اليد وعظام مشط القدم.

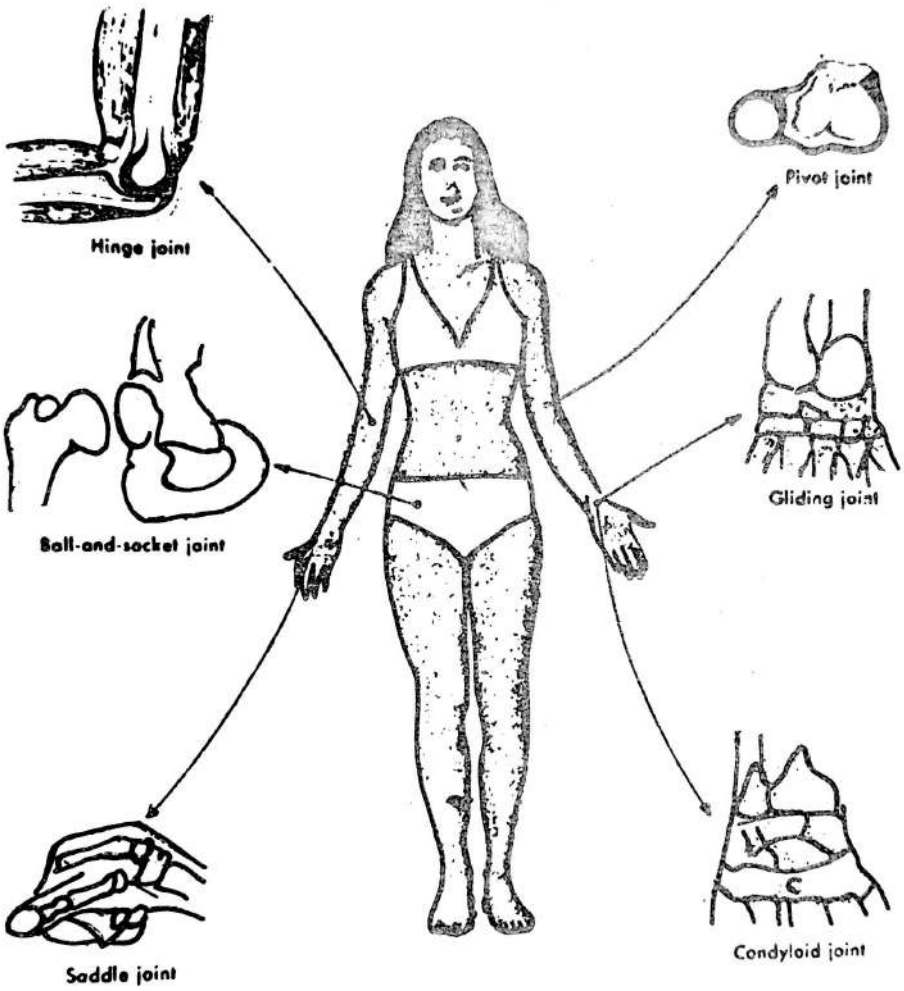
٥- المفصل السرجي Saddle joint

يشتق اسم هذا المفصل من شكله حيث يشبه السرج وهو ايضا من المفاصل التي تسمح بحركات متعددة منها التقريب، التبعيد، الثني والمد ومثاله في الجسم هو مفصل اصبع الابهام.

Scanned by CamScanner

٦. المفصل اللقمي Condyloid joint

يسمح لهذا المفصل بحركات متعددة منها الثني، المد، التقريب والتبعيد ولكنه لايسمح بحركة التدوير ومثاله في الجسم المفصل الموجود بين عظمي الزند والكعبرة قريبا من الرسغ.



شكل (٤)

مفاصل جسم الانسان

Scanned by CamScanner

٥ـ نسبية الحركة والنظام الاحداثي

ان المفهوم العام للحركة يتلخص في ان الجسم او جزءا منه ينتقل من مكان الى اخر في فترة زمنية محددة، فعند تتبعنا لحركة احدى المركبات الفضائية على ارتفاعات عالية جدا وخاصة اوقات الليل، لايمكننا التأكد من ان هذا الجسم في حالة حركة فعلا الا اذا تمت مقارنة موضعه بنقطة ثابتة او جسم ثابت (نظام نسبي ثابت)، وبعد مرور فترة من الزمن يمكن التأكد من ابتعاد الجسم عن موضعه الاصلي ام لا، عندئذ يمكن القول بأن الجسم في حالة حركة. ينطبق القول نفسه على راكب الطائرة وهي على ارتفاع شاهق فعلى الرغم من سرعتها الفائقة يشعر الراكب وكأن الطائرة واقفة لاتتحرك ويعزى ذلك الى عدم وجود نظام نسبي ثابت يمكن على اساسه الاحساس بحركة الطائرة من خلال المقارنة بين النظام الثابت كالبناية مثلا او عمود او ماشابه ذلك مع حركة الطائرة، حيث يجرنا هذا الحديث الى ماهية نسبية الفراغ الذي تحدث فيه الحركة ولايمكن ان يكون الفراغ مطلقا الا في حالة وجود جسم ثابت.

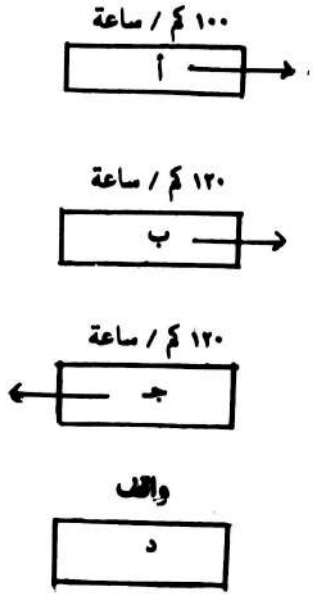
ان الحديث عن الحركة التي نقوم بها في حياتنا الاعتيادية او في الحياة الرياضية يمكننا الاحساس بها نظراً لوجود ثوابت يمكن على اساسها ملاحظة حدوث الحركة وفي الاتجاه المعين، فيمكننا الاحساس بحركة العداء نظراً لانتقاله من مكان الى مكان اخر اي ينتقل من خط البداية بعد قطعه مسافة معينة وكذلك يمكن الاحساس بحركة الثقل بعد رميه من يد الرامي وسقوطه على الارض بعد فترة زمنية محددة. في مجالنا الرياضي يمكن الاستفادة من هذا المبدأ، فمثلا حركة العداء الذي يركض بمفرده لايمكنه مقارنة سرعته بمفرده الا اذا ركض بجانب عداء اخر يساويه في المستوى او يتفوق عليه، عندئذ يتمكن ذلك العداء من الاحساس بسرعته ومحاولة زيادتها كي يحقق بالتالي نتيجة افضل.

ان كل حركة نقوم بها في حياتنا الاعتيادية هي حركة نسبية قياسا الى مشاهديها من نقاط مختلفة، او مشاهدة الجسم المتحرك لنفسه من مواضع مختلفة فعند قيادة السيارة على الطرق الخارجية وبسرعة عالية يمكن للسائق ملاحظة الفرق في سرعة السيارة وسرعته هو ايضا باعتباره جزءاً منها عند مشاهدة الطريق من الامام ومن الجانب.

يختلف الاحساس بالحركة بين الاجسام المتحركة بعضها مع البعض الاخر او ملاحظة الحركة لجسم من قبل جسم ثابت، فقد يلاحظ راكب القطار الذي يسير بسرعة ١٠٠ كم / ساعة حركة قطارا اخر يسير بالاتجاه نفسه وبسرعة ١٢٠ كم / ساعة. ان القطار الاخير يسير بسرعة ٢٠ كم / ساعة، اما اذا كانت حركة القطار الاخر هي عكس

Scanned by CamScanner

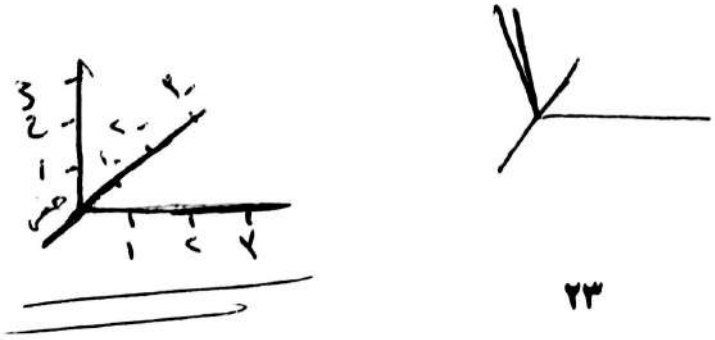
اتجاه القطار الاول عندئذ يلاحظ الراكب ان حركة القطار الاخر هي ٢٢٠ كم / ساعة. بينما يشاهد الشخص وهو في قطار واقف ان سرعة القطار الاخر على طبيعتها وهي ١٠٠ كم / ساعة.



شكل (٥) نسبية الحركة

أ ـ يرى ب يسير سير بسرعة ٢٠ كم / ساعة
أ يرى جـ يسير بسرعة ٢٢٠ كم / ساعة
ب يرى جـ يسير بسرعة ٢٤٠ كم / ساعة
د يرى أ ، ب ، جـ بسرعتهم الاعتيادية

ان دراسة الحركة الرياضية من الناحية الميكانيكية ينبغي ان يتم من خلال ثلاثة محاور احدهما عموديا والاخران افقيان، يكون المحور العمودي في اتجاه الجاذبية الارضية، اما المحور الافقي الاول فهو في الاتجاه الموازي لسطح الارض وفي اتجاه الحركة، اما المحور الافقي الثاني فيكون موازيا لسطح الارض ايضا وبشكل متعامد مع المحورين الافقي والعمودي كما مبين بالشكل (٦).



Scanned by CamScanner

ومثال اخر في الخصوص نفسه ان اعتماد نظام العتلات اثناء حركات اجزاء الجسم لاداء حركة معينة فلتعين النقاط الثلاث التي تتكون منها العتلة (قوة ومقاومة وارتكاز) ينبغي ان تكون هناك معرفة تامة بنقطة تأثير القوة والتي تتمثل في مدغم العضلة، من هنا يجب ان يتوافر بعض الالمام بهذا الجانب التشريحي وهو منشأ ومدغم العضلة.

للعلوم الاخرى دور مهم في حركة الرياضي فالفسلجة والكيمياء الحيوية على سبيل المثال تبرز اهمية الالمام بها عند دراسة الحركة او للوقوف على حالة الرياضي التدريبية خلال عملية التدريب.

استنادا الى ماتقدم نجد ان دراسة حركة الانسان في المجال الرياضي ليس فقط من الجانب الميكانيكي البحت اي القانون الميكانيكي الذي يحد الحركة وهذا مايوضحه مصطلح Mechanic وانما ينبغي دراسة الجانب العضوي الذي له التأثير المباشر في الحركة وبهذا مايوضحه مصطلح Bio. ان الارتباط الوثيق بين هذين الجانبين لدراسة الحركة الرياضية وبالتالي الوصول بالاداء الى الافضل من خلال ايجاد التكنيك الامثل هو مايعنى به علم البايوميكانيك Biomechanic.

٢- الحركات الاساسية في جسم الانسان Fundemantal movements

ان جسم الانسان بحكم تكوينه وتركيبه من الناحية التشريحية فأن الجهاز الحركي (الجهازين العظمي والعضلي) هو المعنى بشؤون حركة اجزاء الجسم بختلف انواعها. فنجد ان كل جزء من هذه الاجزاء يسمح بحركات خاصة تتفق وطبيعة المفصل الذي تتم فيه الحركة وبشكل عام يمكن توضيح الحركات الاساسية التي تتم في جسم الانسان:

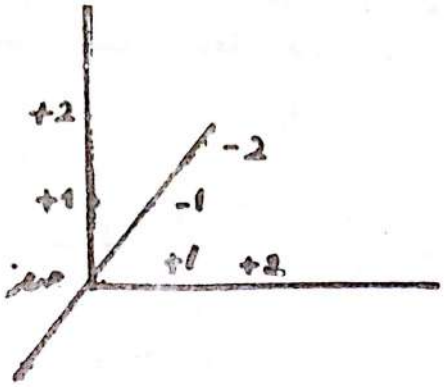
١- الثني: Flexion

ويقصد بالثني تقريب العظمين المتحركين من بعضهما.

٢- المد: Extension

هي ابعاد العظام المتحركة بعضها عن بعض.

Scanned by CamScanner



شكل (٦)
النظام الاحداثي للحركة

ان دراسة الحركة كما ذكرنا يتم من خلال نقطة ثابتة (نظام نسبي ثابت) حيث يمكن اعتبار خط البداية في ركض ١٠٠ م هو النقطة النسبية وفي رمي الثقل حافة الدائرة من جهة مجال الرمي وفي الوثب العريض يمكن اعتبار لوحة النهوض هي النقطة النسبية.

Scanned by CamScanner

اسئلة للمراجعة

١- مم يتكون علم البايوميكانيك ؟
٢- اذكر الحركات الاساسية في جسم الانسان.
٣- اذكر ثلاث حركات تحدث حول المحاور الثلاثة.
٤- اذكر انواع المسطحات في جسم الانسان.
٥- هناك عدة انواع من المفاصل في جسم الانسان. اذكرها.
٦- ماذا يقصد بالحركة النسبية ؟
٧- اضرب مثلا لنسبية الحركة في المجال الرياضي.
٨- تدرس الحركة وفق احداثيات ثابتة. وضح ذلك.

الباب الثاني
العمل العضلي

١- الخصائص المميزة للعضلات
٢- تركيب العضلة
٣- انواع الانقباض العضلي
٤- العمل العضلي للحركات الاساسية في مفاصل جسم الانسان.
٥- التأثير الميكانيكي للعضلات
٦- العتلات

Scanned by CamScanner

١- الخصائص المميزة للعضلات:- Characteristics of Muscles

ذكرنا في موضع متقدم من هذا الكتاب ان علم البايوميكانيك الذي يعنى بدراسة حركة الانسان ككائن عضوي من حيث النواحي الكينماتيكية والكينتكية، ففي الوقت الذي يتناول الجانب الميكانيكي النواحي القانونية التي تحكم الحركة كقوانين الجاذبية والطاقة والسرعة والتعجيل.... الخ، وهذه كميات ميكانيكية يمكن قياسها كميا عند اداء الرياضي للفعاليات المعينة، ولكن الاهم من هذا هو طبيعة التعامل مع الكائن الحي (جسم الانسان) كونه يختلف اختلافا كليا عن عمل الآلة الصماء التي تعمل وفق قوانين ميكانيكية بحتة، فلدراسة طبيعة حركة جسم الانسان ينبغي الاهتمام بالجانب الكينتكي الذي يعنى بدراسة القوة التي تسبب الحركة.

ان القوة التي يستخدمها الانسان عند ادائه لاي عمل او الرياضي عند تأديته لحركة رياضية معينة هي عبارة عن قوة ذاتية اي متأتية نتيجة عمل عضلي، فعلى العاملين في حقل التربية الرياضية ان يدركوا ماهية العمل العضلي باعتباره المحرك الاساس للقيام بالفعاليات الرياضية المختلفة. لو ضربنا مثلا عند تدريب الرياضي لتطوير صفة معينة ولتكن القوة المميزة بالسرعة للذراع اثناء عملية الرمي يجب على المدرب في هذه الحالة ان يلم ولو بشكل مبسط بماهية العمل العضلي اثناء ذلك الاداء وكذلك انواع العضلات او المجاميع العضلية التي تعمل بشكل مباشر اثناء ذلك، وكذلك منشأ ومدغم تلك العضلات كي يتم التركيز عليها بما يتلاءم ومداها الحركي ومدى علاقة عمل العضلة بمدى المفصل الذي تعمل عليه العضلة او المجموعة العضلية.

وبناء على ماتقدم يحتم علينا الامر ان نوضح طبيعة العمل العضلي في جسم الانسان وكذلك انواع العضلات التي يتكون منها الجسم وطبيعة تكوين هذه العضلات.

تغطي جسم الانسان من الخارج مجموعة من العضلات يطلق عليها العضلات الهيكلية اي التي تشكل هيكل جسم الانسان ومظهره الخارجي وتسمى هذه العضلات بالارادية اي انها تعمل بارادة الانسان ويبلغ عددها في الجسم حوالي ٤٣٥ عضلة ادارية. ويظهر شكل هذه الالياف مخططا اي ان الالياف العضلية التي تتكون منها العضلة الواحدة تشكل خطوطا بعضها مع بعض وهناك نوع اخر من العضلات التي ليس للانسان القدرة على التحكم بحركتها وتسمى العضلات اللاارادية مثل عضلات القلب والمعدة.

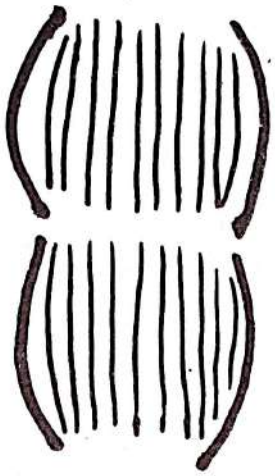
يختلف تخطيط الالياف العضلية او ترتيبها بعضها مع بعض باختلاف عضلات الجسم

Scanned by CamScanner

واختلاف موقعها. ويمكننا بشكل عام تقسيم العضلات من حيث تركيب اليافها العضلية الى الاقسام الاتية:

١- العضلات الطولية **Longitudinal**

يكون ترتيب الالياف العضلية بشكل طولي ومتوازية بعضها مع بعض ومثالها في الجسم العضلة المستقيمة البطنية شكل رقم (٧).



شكل (٧)

٢- العضلات المغزلية **Fusiform**

يشبه شكل هذه العضلات المغزل وتكون منتفخة من الوسط ومستدقة من طرفيها ومثالها في الجسم العضلة ذات الرأسين العضدية.

Scanned by CamScanner

شكل (٨)

٣ـ العضلات الاشعاعية: Radiate

يكون ترتيب هذه الالياف العضلية مايشبه الشعاع ومثال هذه العضلات العضل
الاليية المتوسطة شكل (٩)٠

شكل (٩) ٠

Scanned by CamScanner

٤. العضلات الاحادية الريشية Unipennate

يكون ترتيب الالياف العضلية في هذا النوع متوازيا مع بعضه ومن جهة واحدة ومثالها العضلة القصبية للرجل الخلفية.

شكل (١٠)

٥. العضلات الثنائية الريشية Binennate

يكون ترتيب الالياف العضلية متوازيا مع بعضه وبشكل مائل على محور العضلة من الجهتين ومثالها العضلة المستقيمة الفخذية.

Scanned by CamScanner

شكل (١١)

٦ـ العضلات المتعددة الريشية Multipennate

تتكون هذه العضلات في شكلها من عدد من العضلات ثنائية الريشية ومثالها العضلة الدالية.

شكل (١٢)

Scanned by CamScanner

تتكون العضلة في جسم الانسان من مجموعة من الوحدات الحركية حيث تتكون كل وحدة حركية من مجموعة من الالياف العضلية، ويختلف طول الالياف العضلية بحسب وجودها في العضلات التي تغطي جسم الانسان حيث يتراوح طولها من ١ ملم الى ٣٠ سم. لقد احصى الفتمان☆ عدد الالياف فكانت حوالي ٢٥٠ مليون ليفة عضلية، وكما اكد (هكسلي)☆ ان قطر الالياف العضلية يتراوح بين ١٠ الى ١٠٠ ميكرون (الميكرون = $\frac{١}{١٠٠٠}$ من الملتر).

تختلف الالياف العضلية في جسم الانسان تبعا لموقعها في الجسم وتختلف ايضا من شخص لاخر، فهناك نوع من الالياف العضلية يدعى النوع الاول الالياف البيضاء او السريعة الانقباض بينما يدعى النوع الاخر بالالياف الحمراء وتتصف ببطء الانقباض، فنجد ان نسبة عالية من الالياف العضلية المكونة للعضلات التي تتطلب الانقباض السريع هي من الالياف البيضاء كما في العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية التي تقع خلف العضد حيث تحتوي على ٦٠-٨٠٪ من الالياف البيضاء ومن صفات هذه الالياف انها تتميز بالتعب السريع. اما العضلات التي يكون عملها سند الجسم والتحمل فأنها تحتوي على نسبة عالية من الالياف الحمراء او البطيئة الانقباض كما في العضلة الاخمصية التي تقع خلف الساق فأنها تحتوي على نسبة تتراوح بين ٧٥-٩٠٪ من الالياف البطيئة الانقباض ومن مميزات هذه الالياف انها بطيئة التعب، بينما نجد بعض العضلات تحتوي على نسب متساوية تقريبا من كلا النوعين من الالياف فتحتوي على ٥٠٪ من البيضاء و ٥٠٪ من الحمراء كما في العضلة الدالية والعضلة التوأمية التي تقع خلف الساق وكذلك العضلة ذات الرأسين العضدية.

ان الليفة العضلية تعد وحدة مكونات الوحدة الحركية، اما عن كيفية انقباض الليفة العضلية الواحدة فانها تنقبض نتيجة تأثير عصب حركي ومن خواص هذه الالياف بأنها اما تنقبض كليا او لاتنقبض وهذا مايطلق عليه قانون الكل او العدم (All or Non law).

(☆) المصدر السابق نفسه ص ٨٠

*Cooper and Classow, Kinesiology. Saint Louis 1976. P.80

Scanned by CamScanner

ـ انواع الانقباض العضلي Types of muscle contraction

ان قيام الانسان بجميع الحركات سواء اثناء حياته اليومية او في الحياة الرياضية هي
نتيجة لبذل قوة، فيشترط لحدوث الحركة ان تكون هناك قوة بحيث تحدث الحركة باتجاه
القوة المستخدمة نفسه ولكن العكس غير صحيح، فمن الممكن ان نسلط قوة على جسم
اخر وليس بالضرورة ان تحدث حركة كما في دفع الحائط او استخدام القوة لتثبيت الجسم
او لاتزانه كما في الوقوف على اليدين على المتوازي او على الارض. مما تقدم يمكننا ان
نستنتج ان تأثير القوة اما ان يكون ديناميكيا (حركيا) او ستاتيكياً (ثابتا)، ففي الحالة
الاولى تحدث حركة، اما في الحالة الثانية فلاتحدث حركة، وعلى هذا الاساس يمكن تقسيم
الانقباض العضلي الى نوعين رئيسين هما:

ـ الانقباض العضلي الثابت Isometric

يطلق على هذا النوع بالانقباض العضلي الثابت لعدم حدوث اي حركة اثناء
انقباض العضلة، بالاضافة الى عدم حدوث اي تغيير في طولها او في المفصل الذي تتم
حوله الحركة، كما في حالة تسليط قوة عضلية على مقاومة كبيرة جدا بحيث يصعب
التغلب عليها.

ـ الانقباض العضلي المتحرك Isotonic

يحدث خلال هذا النوع من الانقباض تغيير في طول العضلة فقد تطول او تقصر عن
طولها الطبيعي تبعا لنوع العمل العضلي ويقسم الى قسمين:

ـ الانقباض العضلي الموجب Concentric

خلال هذا النوع من الانقباض يحدث قصر في طول العضلة عن وضعها الطبيعي اي
يقترب منشأ العضلة من مدغمها، وتحدث هذه الحالة عندما تتغلب القوة العضلية على

Scanned by CamScanner

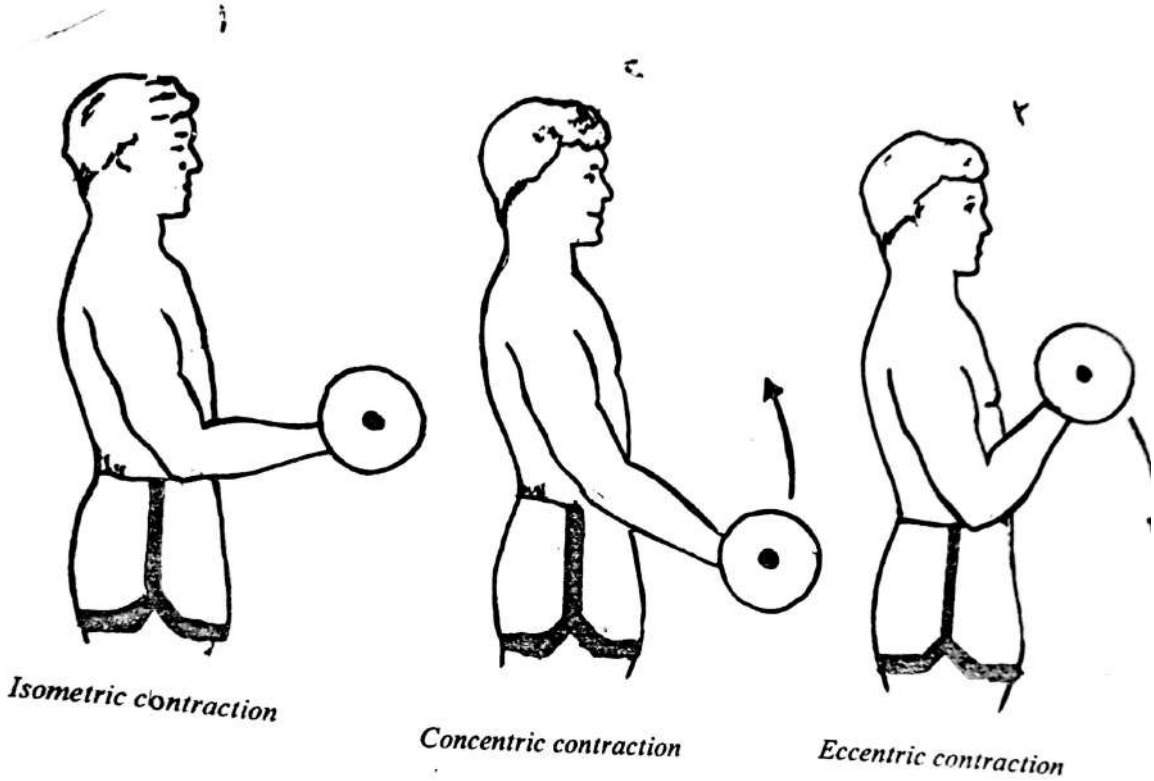
المقاومة كما في حالة حمل ثقل باليد والقيام بعملية تقريب الساعد من العضد كما موضح بالشكل (١٣).

ب ـ الانقباض العضلي السالب Eccentric

يحدث هذا النوع من الانقباض عندما تتغلب المقاومة على قوة العضلة فيؤدي ذلك الى اطالة العضلة عن طولها الطبيعي اي ابتعاد منشئها عن مدغمها كما في حالة ابعاد الساعد عن العضد عند ارجاع الحديد الى الارض في رفع الاثقال.

هناك مزيج من النوعين السابقين، اي مزيج من الانقباض العضلي الثابت والمتحرك ويطلق عليه الانقباض الاكسوتوني، ويتوقف اتباع او استخدام هذا النوع من الانقباضات تبعا للهدف المراد تحقيقه، حيث يمكننا الاشارة باختصار الى ان الانقباض العضلي الثابت يؤدي الى زيادة في القوة العضلية وفي الوقت نفسه له تأثير سلبي في مرونة المفاصل، اما عن استخدام الانقباض العضلي المتحرك الذي يؤدي الى زيادة اقل في القوة العضلية فيما اذا قورن بالانقباض الثابت ولكن مردوداته ايجابية من حيث التأثير على مرونة المفاصل.

Scanned by CamScanner



شكل (١٣)

١- انقباض عضلي ثابت

٢- انقباض عضلي مركزي (موجب)

٣- انقباض عضلي لامركزي (سالب)

Scanned by CamScanner

يلاحظ من الشكل ان الحالة (١) لايحدث فيها اي تغيير في طول العضلة اما الحالة (٢) فنجد ان عمل العضلة هو تقريب الساعد من العضد كما مبين بالسهم، عندئذ يحدث قصر في طول العضلة اي اقتراب منشئها من مدغمها، في الحالة (٣) يحدث العكس حيث يبتعد الساعد عن العضد اي عند نزول الثقل الى الاسفل ويحدث نتيجة لهذا ابتعاد منشأ العضلة عن مدغمها.

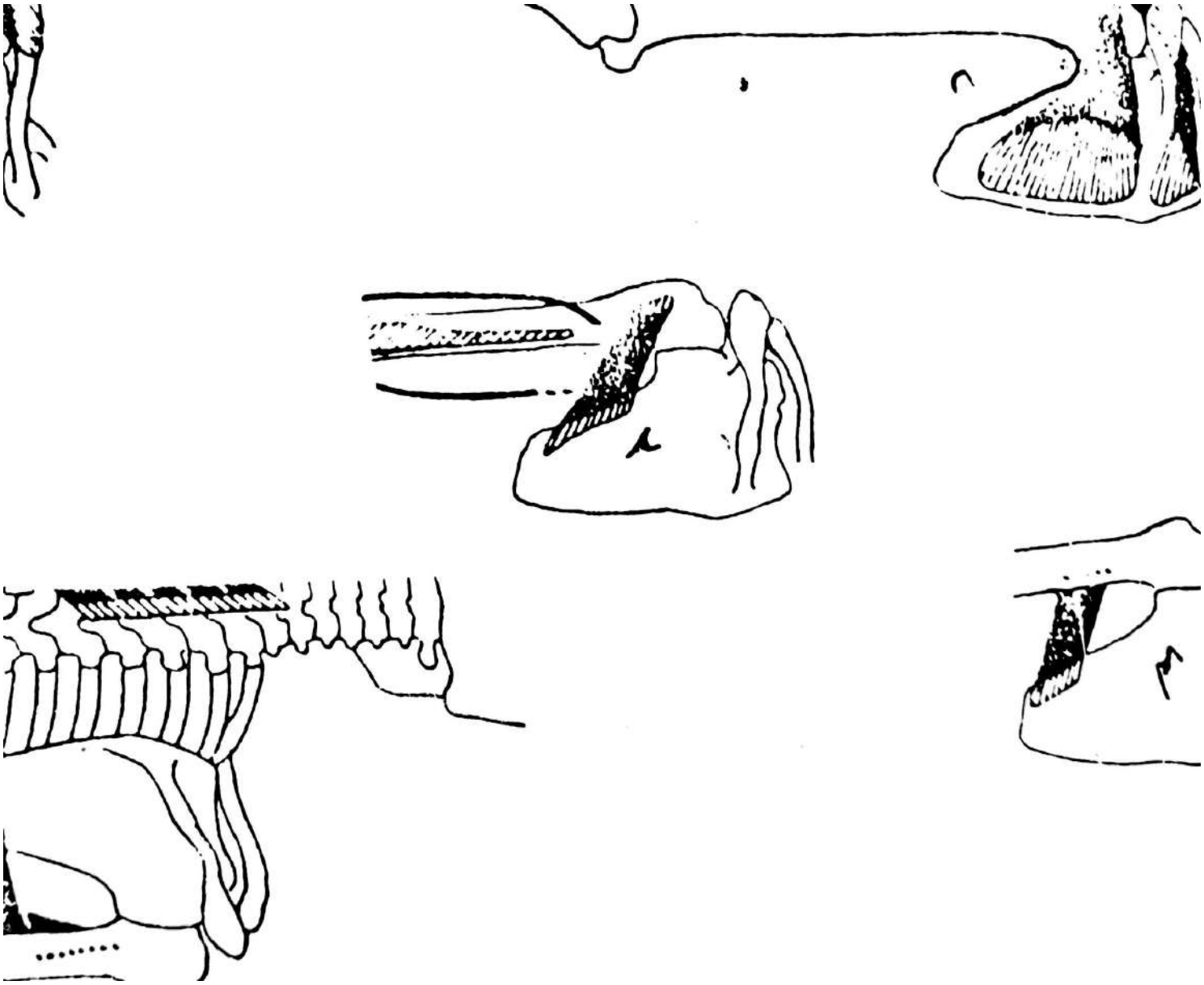
٤- العمل العضلي للحركات الاساسية في مفاصل جسم الانسان

تختلف العضلات فيما بينها من حيث طبيعة عملها وكذلك تبعا لنوع المفصل الذي تعمل عليه ويعتمد هذا على المدى الحركي الذي يسمح به هذا المفصل او ذاك فهناك مفصل احادى الحركة اى يسمح بحركة الثني والمد كما في مفصل المرفق او ثنائي الحركة كما في مفصل الرسغ او ثلاثي الحركة الذي يسمح بمدى واسع للحركة كما في مفاصل الكتف والورك وبغية توضيح بعض الامور التشريحية وعلاقتها بالحركات التي يقوم بها الانسان اثرنا دراسة العضلات العاملة على كل مفصل وطبيعة العمل الذي تقوم به كل عضلة.

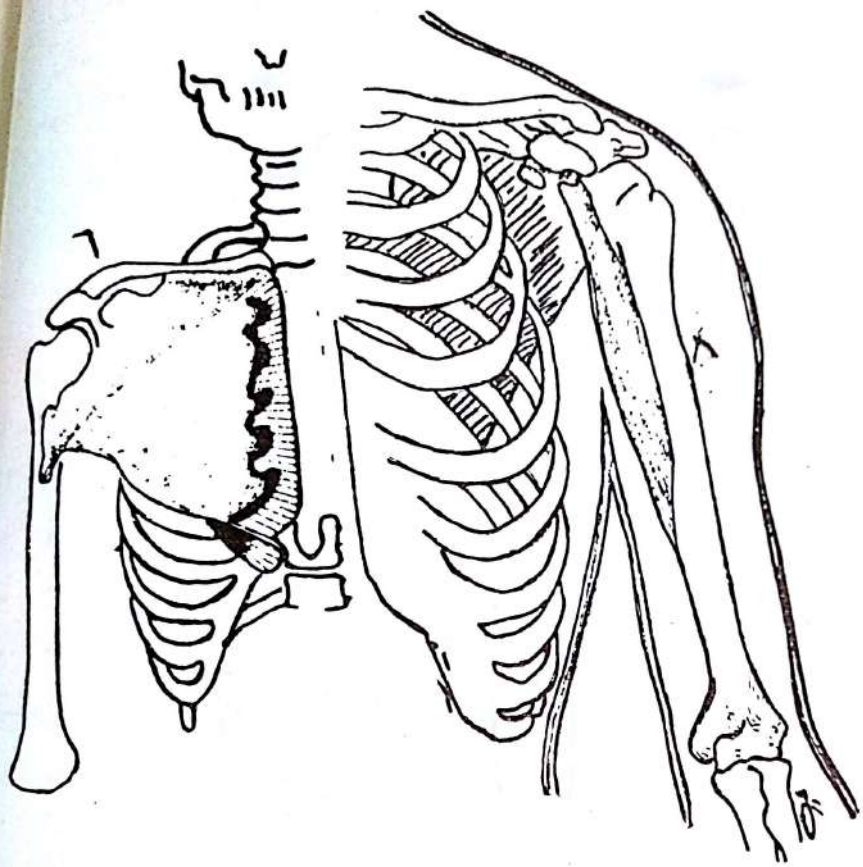
عضلات مفصل الكتف

العضلة	عملها
١- العضلة الغرابية العضدية	الثني والتقريب
٢- العضلة الدالية	تبعيد الذراع
٣- العضلة تحت الشوكة	تدوير العضد للخارج
٤- العضلة العريضة الظهرية	مد وتقريب وتدوير العضد للداخل
٥- العضلة الصدرية العظمى	ثني وتدوير العضد للداخل
٦- العضلة فوق الشوكة	تساعد على تقريب العضد
٧- العضلة المدملجة الكبرى	تقريب ومد وتدوير العضد للداخل
٨- العضلة المدملجة الصغرى	تقريب وتدوير العضد للخارج

Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner



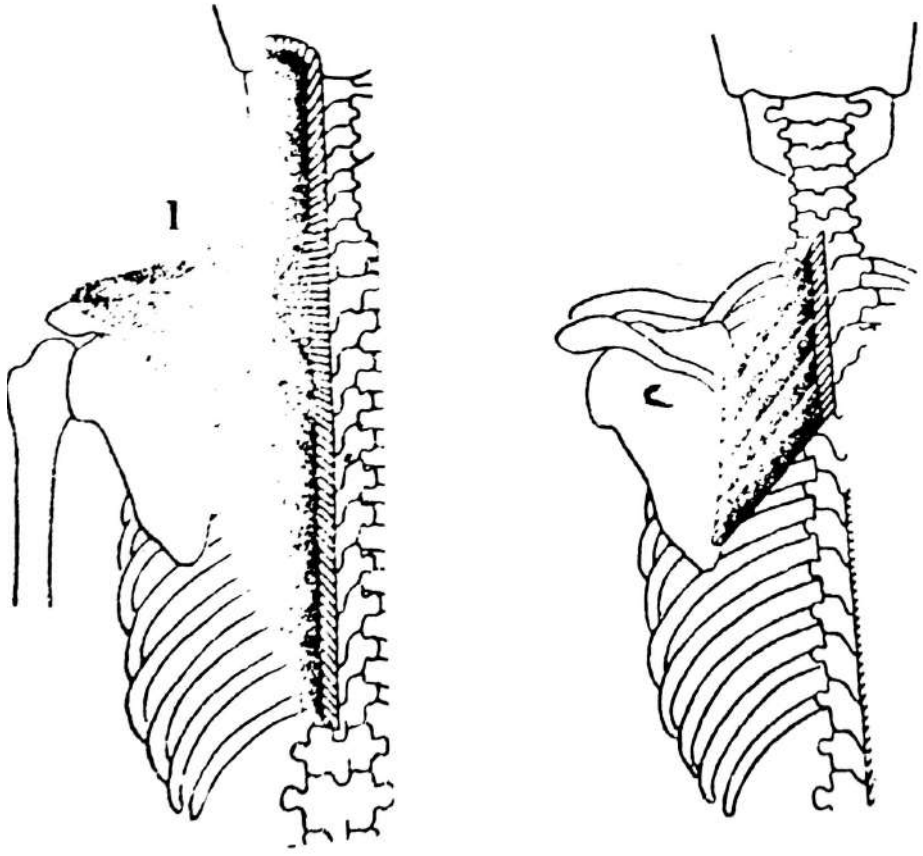
شكل (١٤)

مجموعة عضلات مفصل الكتف

١- العضلة فوق الشوكة
٢- العضلة تحت الشوكة
٣- العضلة المدملجة الصغرى
٤- العضلة المدملجة الكبرى
٥- العضلة العريضة الظهرية
٦- العضلة الصدرية العظمى
٧- العضلة الدالية
٨- العضلة الغرابية العضدية

Scanned by CamScanner

العضلة	عملها
١- العضلة الرافعة للوح	رفع عظم لوح الكتف
٢- العضلة الصدرية الصغرى	خفض عظم لوح الكتف سحب النتف للامام
٣- العضلة المعينية الكبرى	تقريب وتدوير لوح الكتف
٤- العضلة تحت الترقوة	سحب عظم الترقوة للداخل
٥- العضلة المنشارية العظمى	تبعيد لوح الكتف
٦- العضلة المربعة المنحرفة	تقريب وتدوير لوح الكتف، رفع وخفض لوح الكتف، مد الرقبة



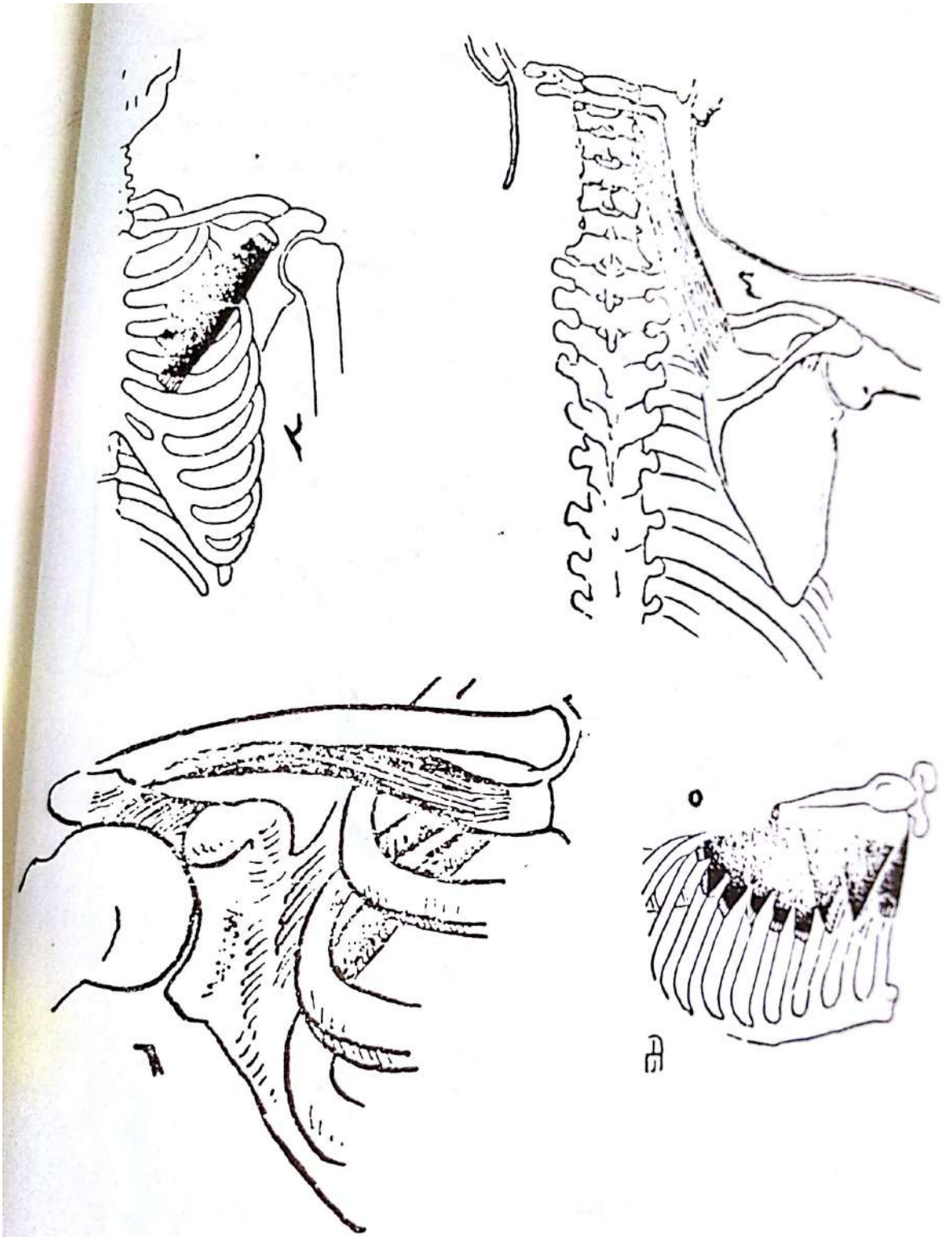
شكل (١٥)

مجموعة عضلات مفصل المنكبين

١- العضلة المربعة المنحرفة

٢- العضلة المعينية

Scanned by CamScanner

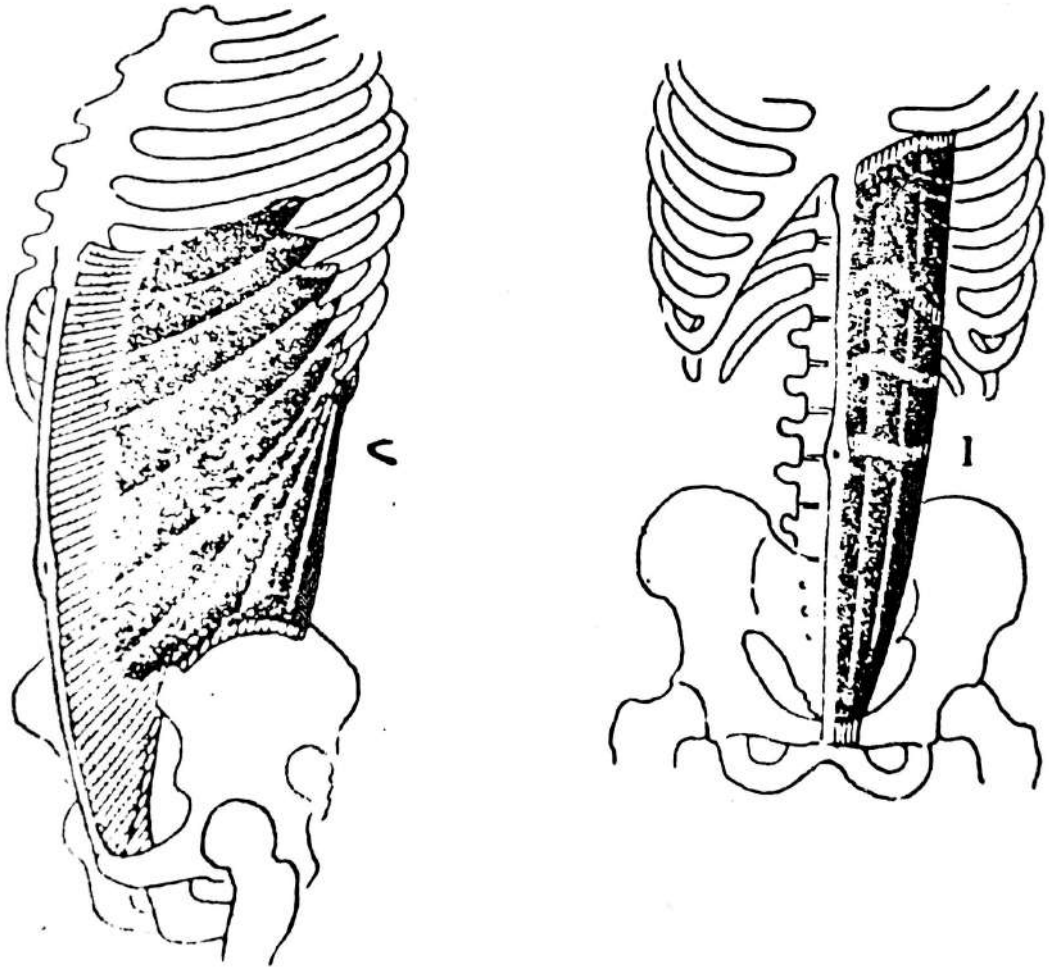


٣. العضلة الصدرية الصغرى
٤. العضلة الراتبة للوح
٥. العضلة المنشارية العظمى
٦. العضلة تحت الترقوة

Scanned by CamScanner

عضلات الجذع

العضلة	عملها
١- العضلة البطنية المنحرفة الخارجية	الثني، التدوير، حني العمود الفقري الى الجانب.
٢- العضلة البطنية المنحرفة الداخلية	تساعد على حني الجذع الى الجانب، تساعد على ثني العمود الفقري.
٣- العضلة البطنية المستقيمة	ثني العمود الفقري، تساعد على عملية التنفس
٤- العضلة البطنية المستعرضة	تساعد على عملية الزفير
٥- العضلة العجزية الشوكية	مد، الحني الجانبي وتدوير العمود الفقري.
٦- العضلة المربعة القطنية	مد القسم القطني من العمود الفقري
	حني العمود الفقري الى الجانب



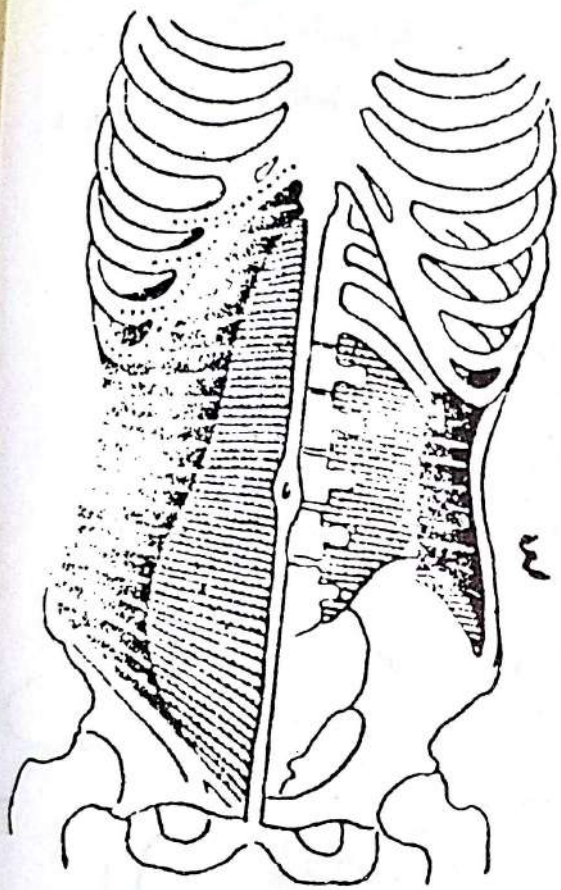
شكل (١٦)

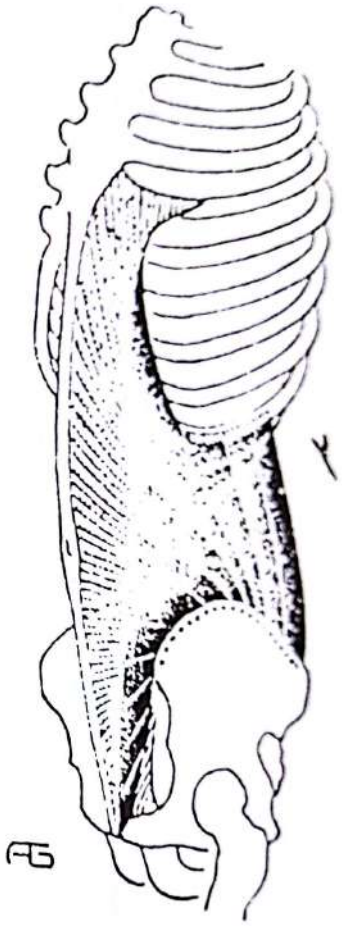
مجموعة عضلات الجذع

١- العضلة البطنية المستقيمة

٢- العضلة البطنية المنحرفة الخرجية

Scanned by CamScanner

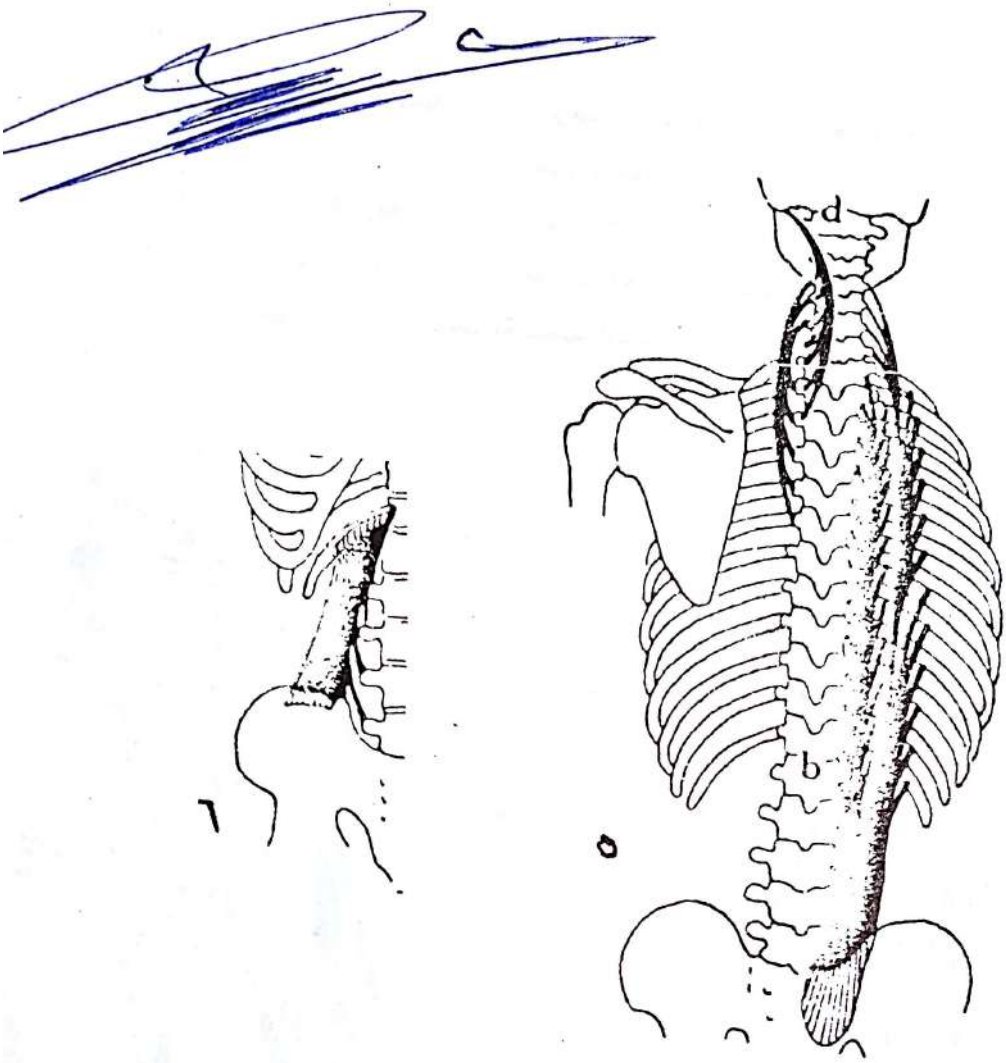




٣- العضلة البطنية المنحرفة الداخلية

٤- العضلة البطنية المستعرضة

Scanned by CamScanner



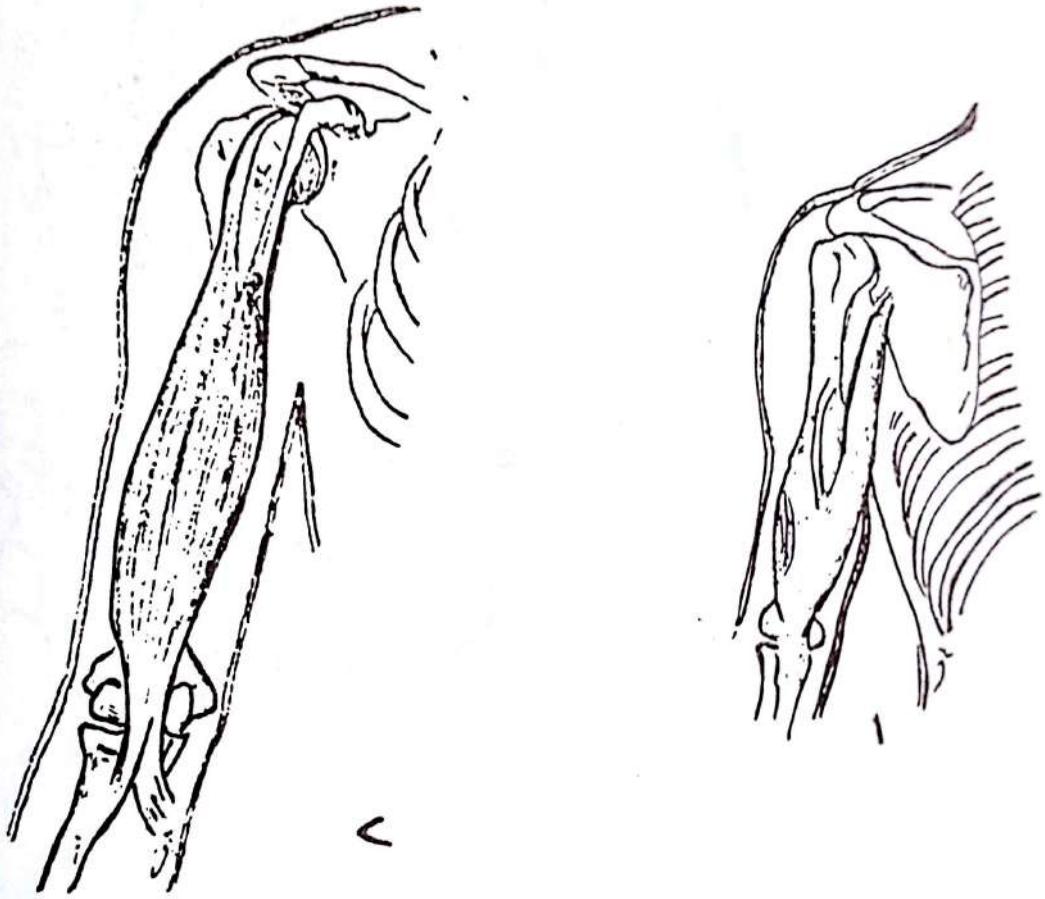
٥- العضلة العجزية الشوكية

٦- العضلة المربعة القطنية

Scanned by CamScanner

عضلات المرفق

العضلة	عملها
١- العضلة ذات الرأسين العضدية	تقريب الساعد من العضد و بملح الساعد
٢- العضلة العضدية	تقريب الساعد من العضد
٣- العضلة العضدية الكعبرية	تقريب الساعد من العضد.
٤- العضلة الكابة المستديرة	تقريب الساعد من العضد وكب الساعد
٥- العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية	تبعيد الساعد عن العضد

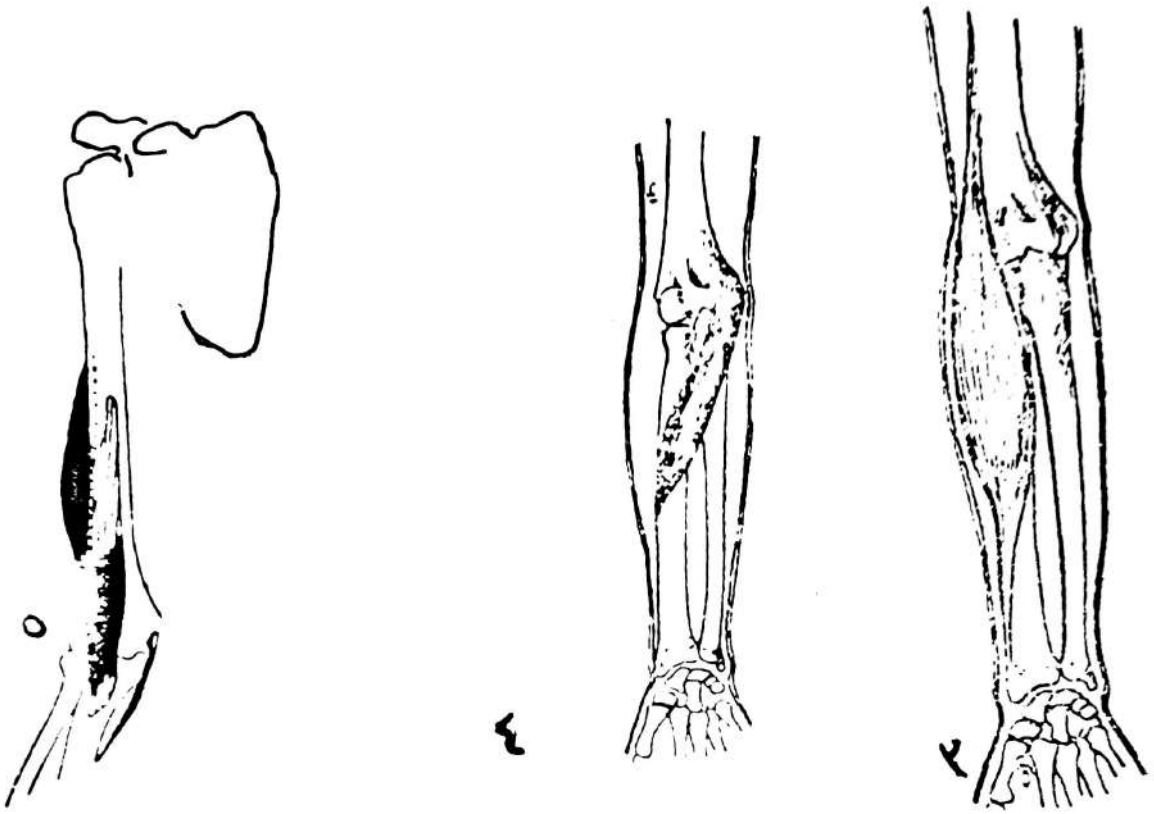


شكل (١٧)

مجموعة عضلات مفصل المرفق

١- العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية
٢- العضلة ذات الرأسين العضدية

Scanned by CamScanner



٣- العضلة العضدية الكعبرية

٤- العضلة الكابة المستديرة

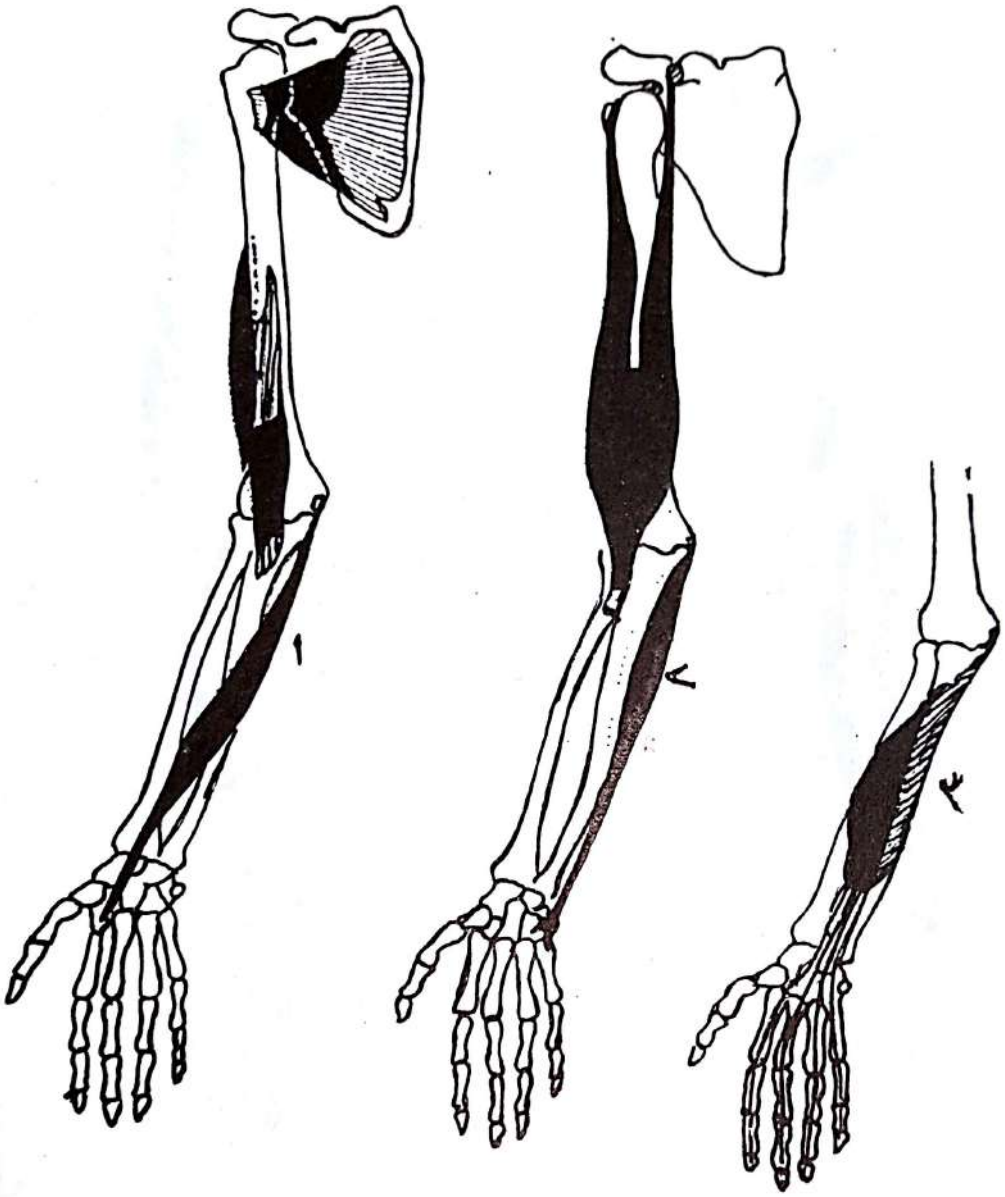
٥- العضلة العضدية

Scanned by CamScanner

عضلات الرسغ

العضلة	عملها
١- العضلة الباسطة للرسغ الكعبرية الطويلة	مد الرسغ، تبعيد اليد
٢- العضلة الباسطة للرسغ الكعبرية القصيرة	مد الرسغ، تبعيد اليد
٣- العضلة الباسطة للرسغ الزندية	مد الرسغ، تقريب اليد
٤- العضلة الباسطة للاصابع	مد السلاميات
٥- العضلة القابضة للرسغ الكعبرية	ثني الرسغ، تبعيد اليد، تساعد على ثني المرفق
٦- العضلة القابضة للرسغ الزندية	ثني الرسغ، تقريب اليد، تساعد على ثني المرفق
٧- العضلة القابضة للاصابع الغائرة	ثني السلاميات العميقة
٨- العضلة القابضة للاصابع السطحية	ثني السلامية الثانية للاصابع، ثني اليد، تساعد على ثني المرفق

Scanned by CamScanner



شكل (١٨)

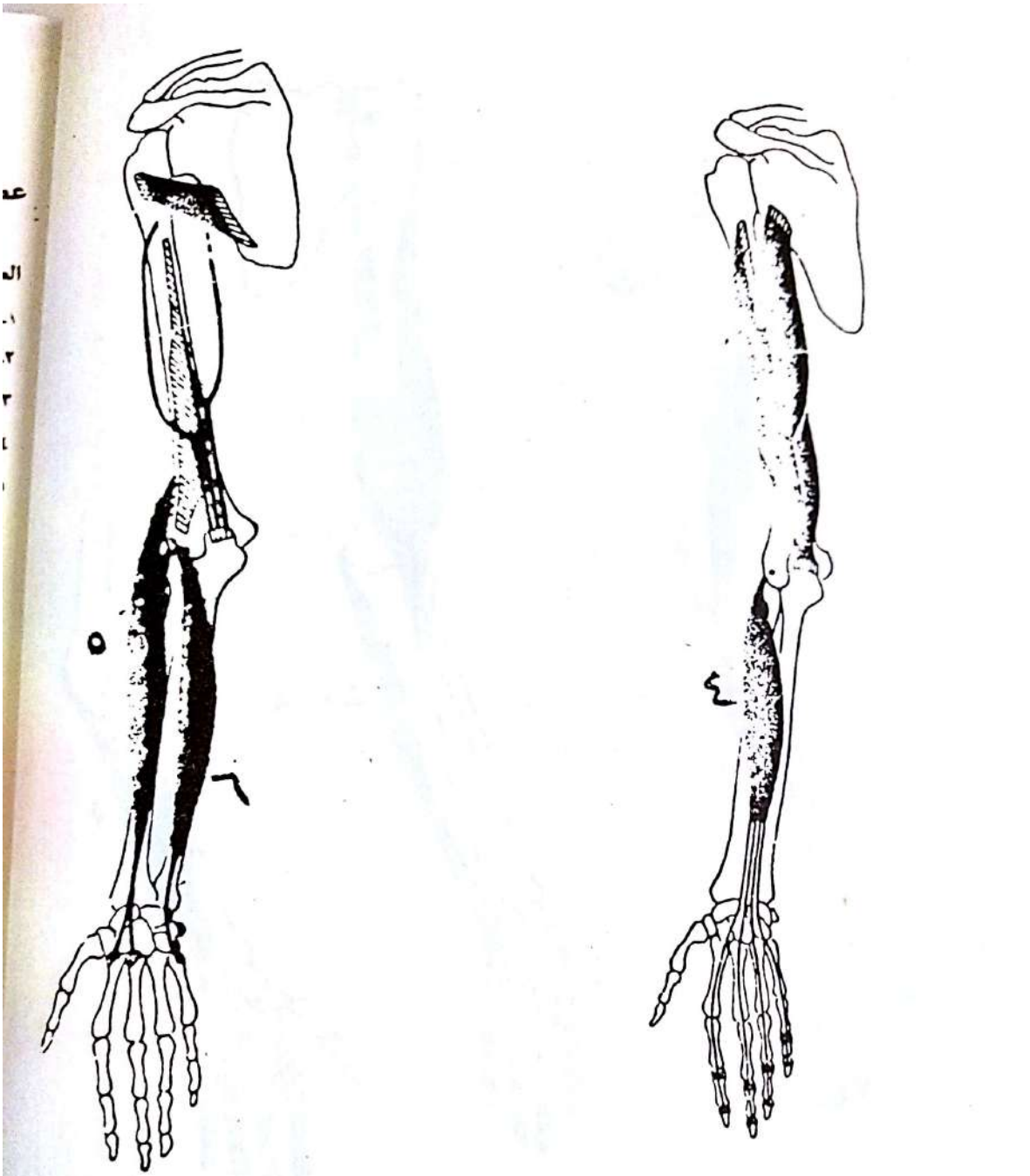
مجموعة عضلات مفصل الرسغ

١ـ العضلة القابضة للرسغ الكعبرية

٢ـ العضلة القابضة للرسغ الزندية

٣ـ العضلة القابضة للاصابع الغائرة والسطحية

Scanned by CamScanner



٤- العضلة الباسطة للاصابع

٥- العضلات الباسطة للرسغ الكعبرية الطويلة والقصيرة

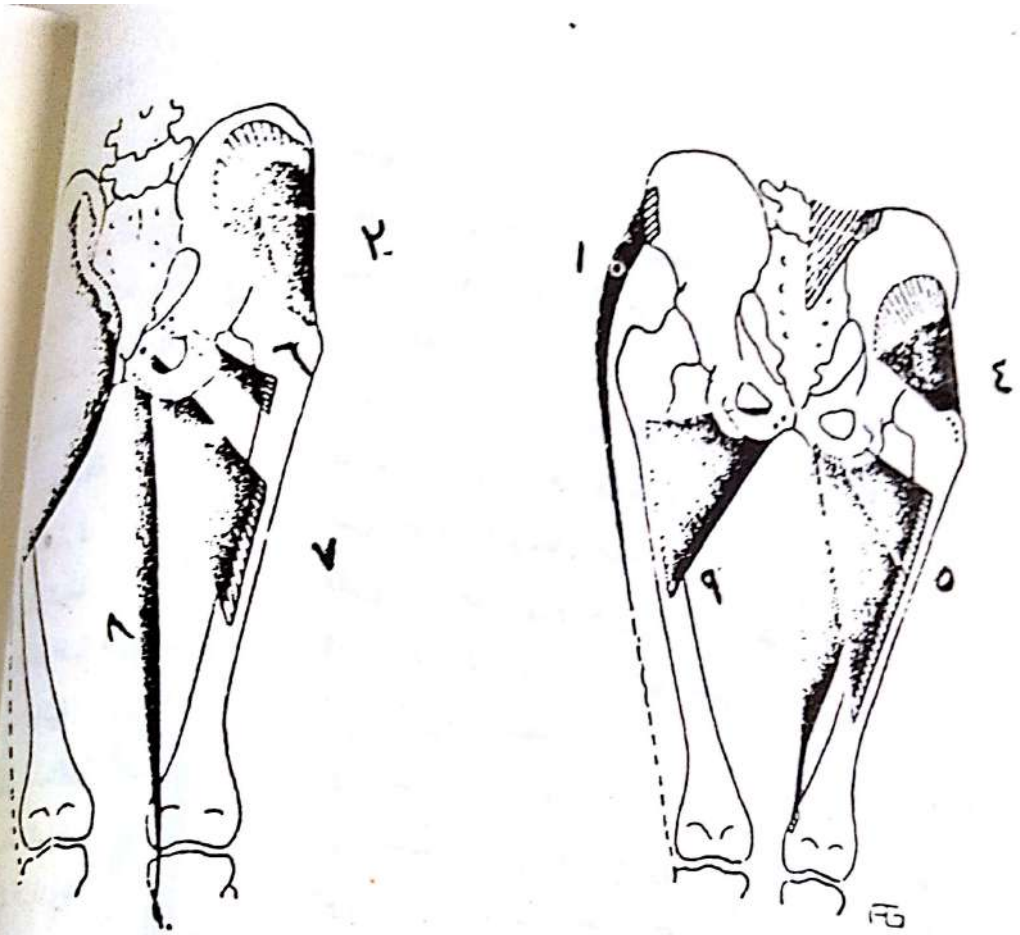
٦- العضلة الباسطة للرسغ الزندية

Scanned by CamScanner

عضلات الفخذ

العضلة	عملها
١ـ العضلة المقربة العظيمة	تقريب، ثني، مد، تدوير الفخذ
٢ـ العضلة المقربة الطويلة	تقريب، ثني، تدوير الفخذ
٣ـ العضلة المقربة القصيرة	عمل العضلة الطويلة نفسه
٤ـ الالبية العظمى	مد، تبعيد، تدوير الفخذ للخارج، مد الجذع السفلي
٥ـ الالبية المتوسطة	تبعيد وتدوير الفخذ للداخل
٦ـ الاليبية الصغرى	عمل العضلة المتوسطة نفسه
٧ـ العضلة الرشيقة	تقريب الفخذ، ثني وتدوير الرجل للداخل
٨ـ العضلة الحرقفية القطنية	ثني الفخذ، ثني الفخذ من الجهة القطنية
٩ـ العضلة العانية	ثني، وتقريب الفخذ
١٠ـ العضلة المستقيمة الفخذية	ثني الفخذ، مد الرجل
١١ـ العضلة الخياطية	ثني الفخذ وتدويره للخارج، ثني الرجل
١٢ـ العضلة الناشرة	ثني، تبعيد وتدوير الفخذ للداخل.

Scanned by CamScanner

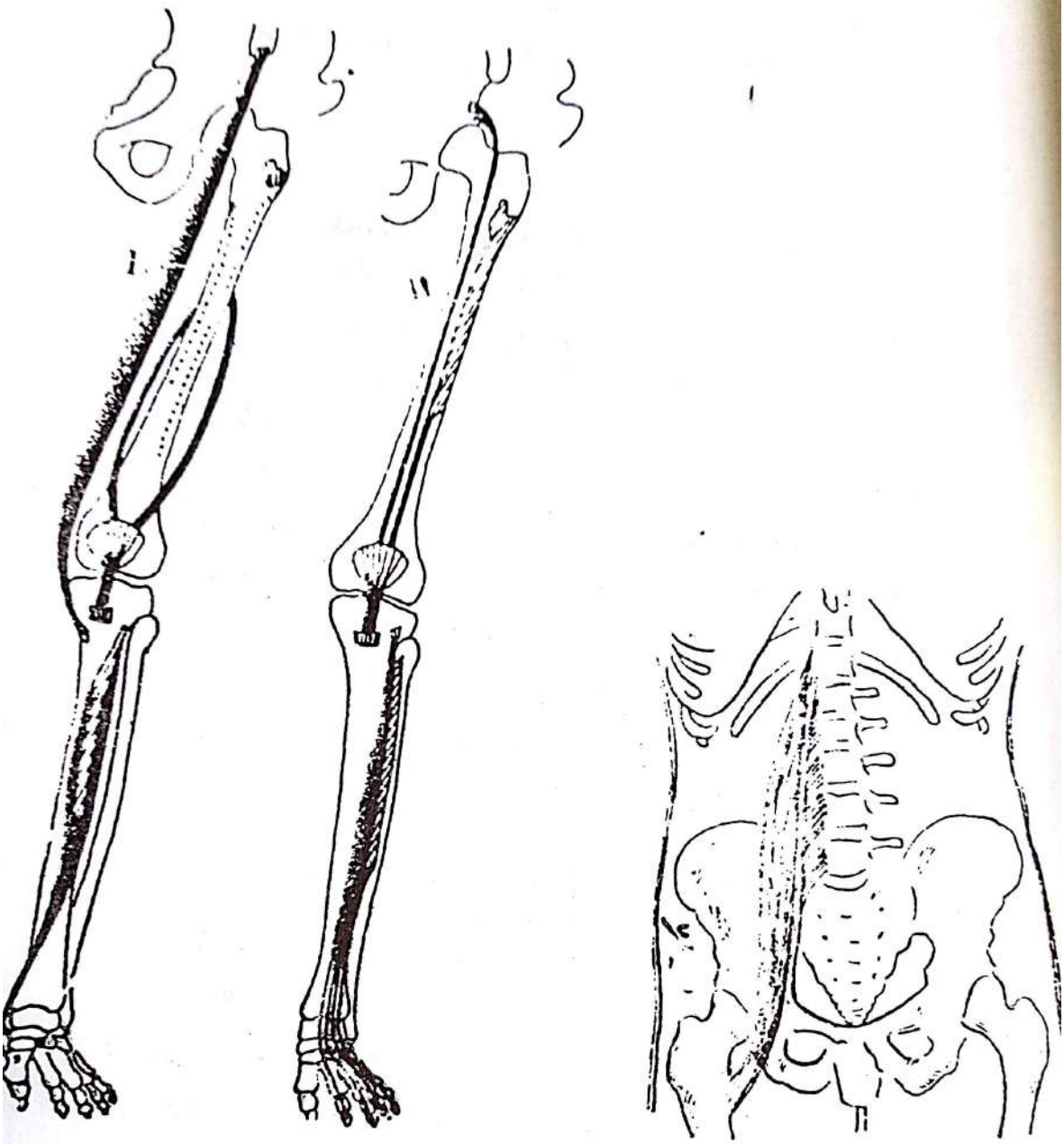


شكل (١٩)

مجموعة عضلات مفصل الفخذ

١- العضلة الناشرة
٢- العضلة الاليية العظمى
٣- العضلة الاليية المتوسطة
٤- العضلة الاليية الصغرى
٥- العضلة المقربة العظمية
٦- العضلة العانية
٧- العضلة المقربة الطويلة
٨- العضلة الرشيقة
٩- العضلة المقربة القصيرة

Scanned by CamScanner



١٠ـ العضلة الخياطية

١١ـ العضلة المستقيمة الفخذية

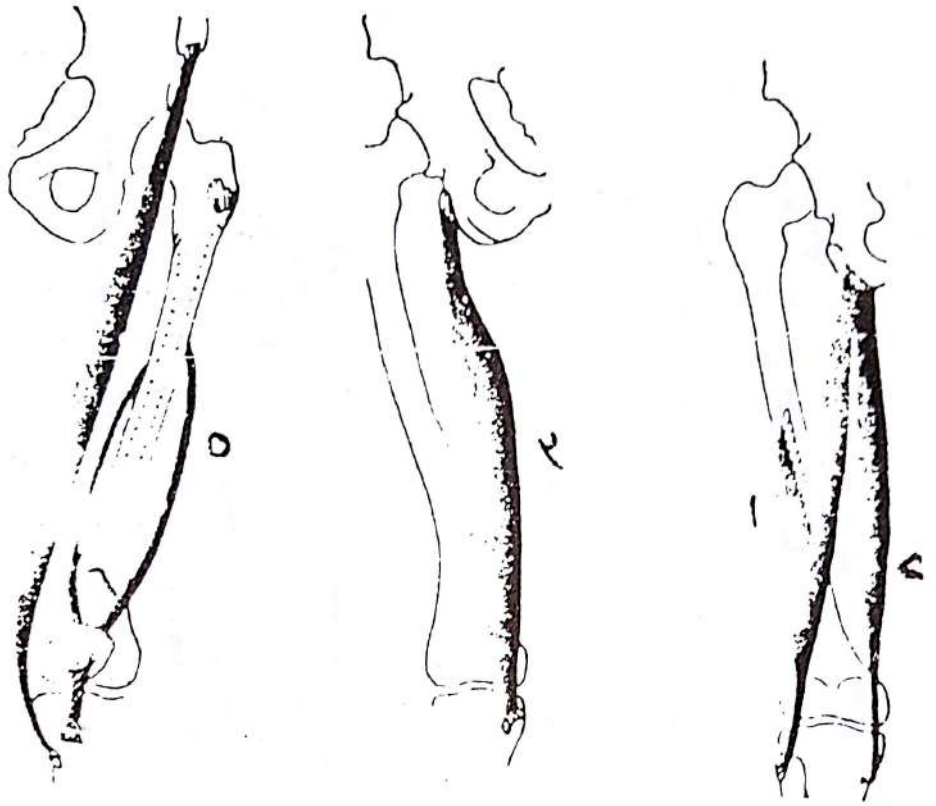
١٢ـ العضلة الحرقفية القطنية

Scanned by CamScanner

عضلات الركبة

العضلة	عملها
١. العضلة ذات الرأسين الفخذية	ثني الرجل ومد الفخذ، تدوير الرجل للخارج عندما تكون الركبة في حالة انثناء
٢. العضلة النصف وترية	ثني الرجل ومد الفخذ، تدوير الرجل للداخل عندما تكون الركبة في حالة انثناء.
٣. العضلة النصف غشائية	عمل العضلة النصف وترية نفسه.
٤. العضلة المستقيمة الفخذية	مد الرجل، ثني الفخذ
٥. العضلة الواسعة الوحشية	مد الرجل
٦. العضلة الواسعة الوسطى	مد الرجل
٧. العضلة الواسعة الانسية	مد الرجل
٨. العضلة الرشيقة	ثني وتدوير الرجل للداخل، تقريب الفخذ
٩. العضلة الخياطية	ثني الرجل، ثني الفخذ وتدويره للخارج
١٠. العضلة المأبضية	تدوير عظم الفخذ للخارج على عظم الظنبوب

Scanned by CamScanner



شكل (٢٠)

مجموعة عضلات مفصل الركبة

١- العضلة ذات الرأسين الفخذية

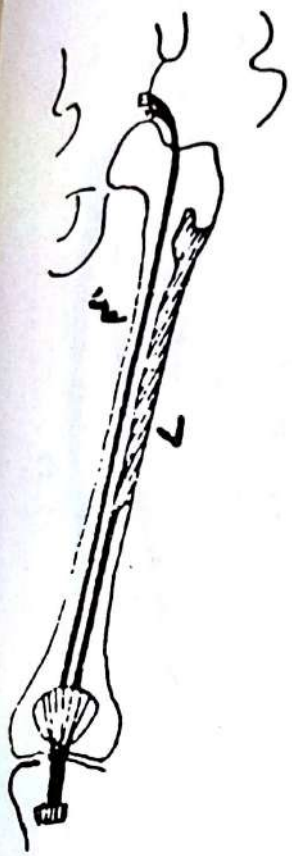
٢- العضلة النصف وترية

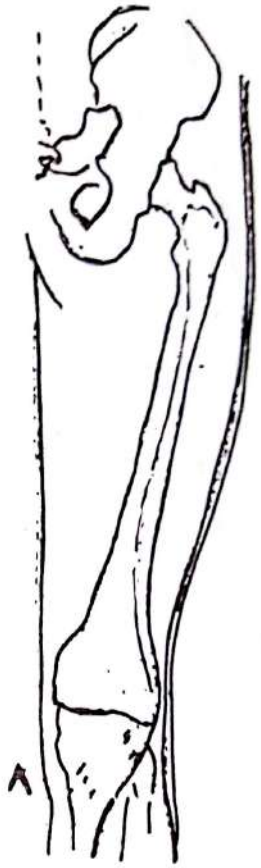
٣- العضلة النصف غشائية

٤- العضلة المستقيمة الفخذية

٥- العضلة الواسعة الوحشية

Scanned by CamScanner





٦- العضلة الواسعة الوسطى

٧- العضلة الواسعة الانسية

٨- العضلة المأبضية

٩- العضلة الرشيقة راجع شكل (١٩)

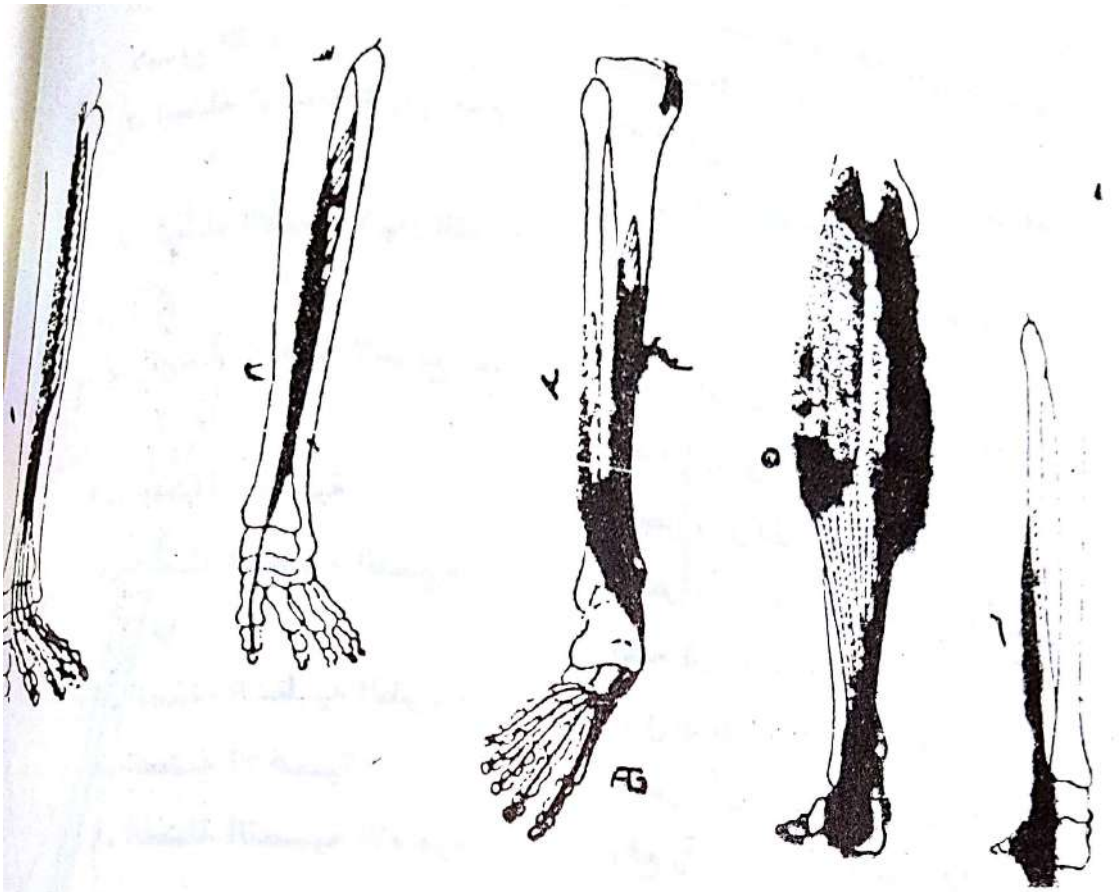
١٠- العضلة الخياطية راجع شكل (١٩)

Scanned by CamScanner

عضلات القدم

العضلة	عملها
١ـ العضلة الطويلة الباسطة لاصابع القدم	مد سلاميات القدم، رفع رأس القدم تجاه عظم الساق.
٢ـ العضلة الباسطة لابهام القدم	مد اصبع الرجل الكبير، تساعد على رفع رأس القدم تجاه عظم الساق.
٣ـ العضلة القابضة لابهام القدم	ثني اصبع الرجل الكبير، تساعد على خفض رأس القدم الى الاسفل.
٤ـ العضلة القابضة لاصابع القدم	ثني سلاميات القدم، تساعد في خفض رأس القدم للاسفل.
٥ـ العضلة التوأمية	خفض رأس القدم الى الاسفل، ثني الرجل.
٦ـ العضلة الشظيية القصيرة	خفض رأس القدم الى الاسفل، رفع جانب القدم الى الجانب الوحش
٧ـ العضلة الشظيية الطويلة	عمل الشظيية القصيرة نفسه
٨ـ العضلة الاخمصية	خفض رأس القدم الى الاسفل
٩ـ العضلة القصبية الامامية	رفع رأس القدم الى الاعلى تجاه الساق،
	رفع جانب القدم الى الجانب الانسي.
١٠ـ العضلة القصبية الخلفية	خفض رأس القدم الى الاسفل،
	رفع جانب القدم الى الجانب الانسي.

Scanned by CamScanner



شكل (٢١)

مجموعة عضلات مفصل القدم

١- العضلة الطويلة الباسطة لاصابع القدم

٢- العضلة البسطة لابهام القدم

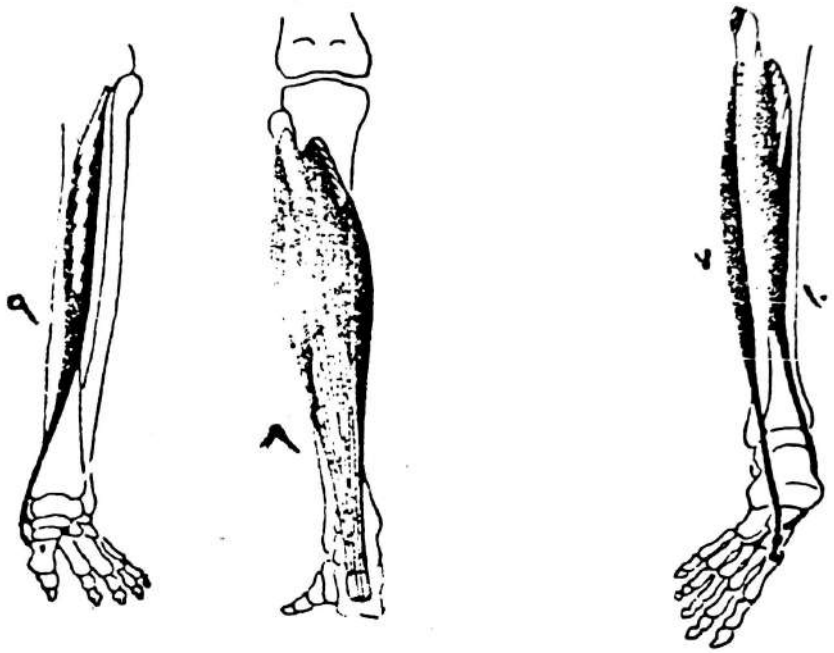
٣- العضلة القابضة لابهام القدم

٤- العضلة القابضة لاصابع القدم

٥- العضلة التوأمية

٦- العضلة الشظيية القصيرة

Scanned by CamScanner



٧ـ العضلة الشظيية الطويلة

٨ـ العضلة الاخمصية

٩ـ العضلة القصبية الامامية

١٠ـ العضلة القصبية الخلفية

Scanned by CamScanner

٥ـ التأثير الميكانيكي للعضلات: Cooperative action of muscles

ذكرنا في موضع سابق ان جميع الافعال الارادية التي يقوم بها الفرد هي نتيجة لقوة ذاتية يستخدمها للقيام باعماله اليومية او حركاته الرياضية. ان اساس القوة الذاتية هي القوة المتولدة نتيجة العمل العضلي من خلال الانقباض العضلي للعضلة الواحدة او للمجموعة العضلية. انه من النادر ان تقوم عضلة واحدة بالعمل المعين الا وتشترك في ذلك العمل عضلة اخرى او مجموعة عضلية، وفي بعض الاحيان يستدعي الامر اشتراك مجاميع عضلية عديدة وهذا يتوقف على نوع العمل وكمية القوة المراد استخدامها.

ان اشتراك اكثر من عضلة واحدة في عمل معين لايعنى هذا ان جميع هذه العضلات تعمل في اتجاه واحد او تشترك جميعها بالمقدار نفسه، بل يختلف عمل هذه العضلات فيما بينها من حيث الاهمية النسبية لمسؤولية القيام بذلك العمل فعلى سبيل المثال ان العمل العضلي اثناء ثني المرفق يؤدي الى انقباض العضلة ذات الرأسين العضدية مركزياً اي اقتراب نهايتيها من بعضها وفي الوقت نفسه تبتعد نهايتا العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية عن مركز العضلة، ففي هذه الحالة يطلق على العضلة ذات الرأسين العضدية عضلة محركة Agonist اما دور العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية فيكون عضلة مضادة اي عكس عمل العضلة الاولى Antagonist، ويصبح القول بالعكس على عمل العضلتين السابقتين اثناء عملية مد المرفق حيث تصبح العضلة ذات الثلاث رؤوس عضلة محركة بينما تعمل العضلة ذات الرأسين العضدية بشكل مضاد.

ويستدعي الامر في بعض الحالات ان تعمل عضلة اخرى بجانب العضلة المحركة في القيام بالعمل نفسه ولكن بنسبة اقل من العضلة الرئيسة المسؤولة عن العمل اذ يطلق على هذه العضلة عضلة محركة مساعدة. ففي حركة بطح الساعد تقوم العضلة الباطحة بالعمل الرئيس بينما تشترك العضلة ذات الرأسين العضدية كعضلة مساعدة (ارجع الى العمل العضلي لعضلات المرفق).

تقوم بعض العضلات اثناء العمل العضلي بوظيفة التثبيت لتسهيل مهمة عضلات اخرى القيام بواجبها العضلي، فعلى سبيل المثال تقوم العضلات الثانية للورك بعملية التثبيت عندما تعمل العضلة البطنية المستقيمة والعضلات المشاركة لها في ثني الجزء القطني من العمود الفقري وذلك من وضع الاستلقاء على الظهر.

في بعض الاحيان يكون للعضلة العاملة اكثر من عمل واحد مثل التقريب، والتبعيد، والثني والتدوير ولغرض تحديد عمل العضلة بالاتجاه الذي يتطلبه ذلك العمل

Scanned by CamScanner

وليكن عملية التقريب فقط عندئذ تقوم عضلات اخرى بالاسهام في ذلك العمل وتكون وظيفتها منع حدوث الحركات غير المرغوب فيها والتي لاتنسجم مع طبيعة العمل المراد تحقيقه ويطلق على هذه العضلات المعادلة او الموجهة، وبغية تسهيل مهمة معرفة انواع عما العضلات في جسم الانسان نوجزها بما يلي:

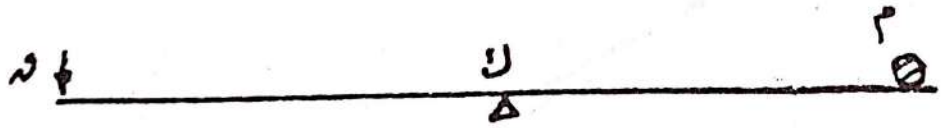
١ عضلة محركة
٢ـ عضلة محركة مساعدة
٣ـ عضلة مقابلة او مضادة
٤ـ عضلة مثبتة
٥ـ عضلة معادلة

Levers

٦ـ العتلات:ـ Levers

استخدم الانسان منذ الازل قواه الذاتية والقوى الخارجية للتغلب على المقاومات وحمل الاشياء ومستلزمات حياته الاخرى، فكان يبذل قدراً كبيرا من القوة للتغلب على مقاومة قليلة، وما ان اخضعت الحركة الى اسسها الميكانيكية ومحاولة لاستغلال قوى الانسان والقوى الخارجية الاستغلال الامثل والتغلب على مقاومات كبيرة بقوى قليلة نسبيا حتى يتمكن من تحقيق مبدأ الاقتصاد في الجهد وكذلك تحديد الهدف من استخدا القوة فكانت العتلة (الرافعة) والتي تتكون من سلسلة عمل تحتوي على ثلاث نقاط، هي نقطة الارتكاز، ونقطة تمثيل القوة، ونقطة تمثيل المقاومة، وعلى هذا الاساس هناك ثلاث انواع من العتلات المستخدمة في حياتنا الاعتيادية.

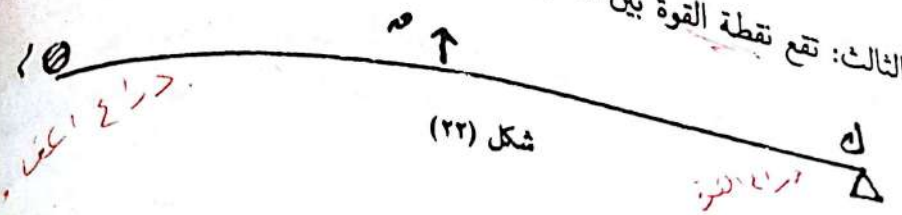
ع الاول: تقع نقطة الارتكاز بين القوة والمقاومة



النوع الثاني: تقع نقطة المقاومة بين القوة ونقطة الارتكاز

Scanned by CamScanner

النوع الثالث: تقع نقطة القوة بين المقاومة ونقطة الارتكاز



شكل (٢٢)

ان المسافة بين نقطة تأثير القوة ونقطة الارتكاز تسمى ذراع القوة، اما المسافة بين نقطة تأثير المقاومة ونقطة الارتكاز فتسمى ذراع المقاومة، ولكي تبقى العتلة في حالة توازن يجب ان يتساوى ذراع القوة مع ذراع المقاومة على اساس المعادلة الاتية:

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

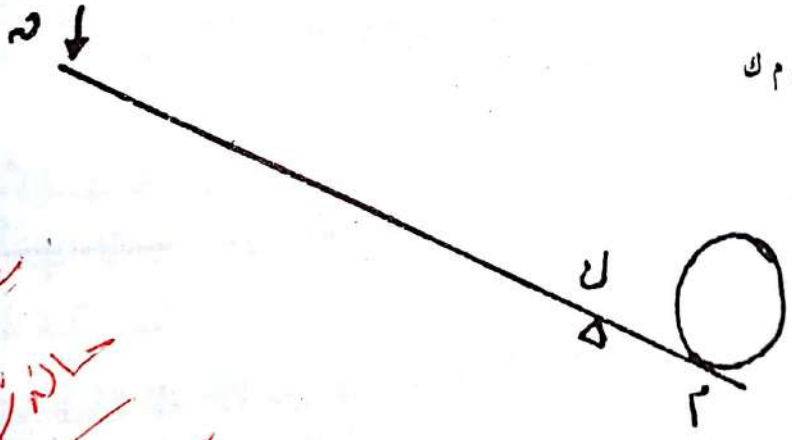
تستخدم العتلات في حياتنا اليومية لاغراض عديدة، فقد تستخدم للتغلب على مقاومة كبيرة بقوة اقل او تستخدم لزيادة مدى الحركة او سرعة الحركة وبشكل عام تستخدم العتلات كالاتي:

١ـ الاقتصاد بالقوة

٢ـ سرعة ومدى الحركة

٣ـ تغيير الاتجاه

فلاستخدام العتلة للتغلب على مقاومة كبيرة يجب ان يكون ذراع القوة اطول من ذراع المقاومة كما في الشكل (٢٣)



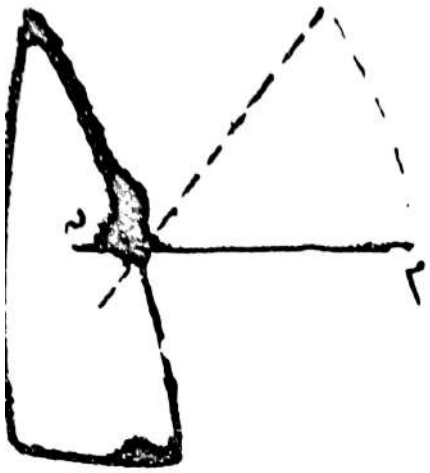
ق ك اطول من م ك

شكل (٢٣)

Scanned by CamScanner

حيث يمثل البعد بين م ، ك ذراع المقاومة وهو
البعد بين ق ، ك.

وقد تستخدم العتلة لزيادة مدى او سرعة الحركة عندما
ذراع المقاومة مثال محذاف القارب كما في الشكل (٢٤).



م ك اطول من ق ك

شكل (٢٤)

اما اذا كان الهدف من استخدام العتلة هو تغيير الاتجاه فيكون ذراع
الحالة مساويا الى ذراع المقاومة

ق ك = م ك

Scanned by CamScanner

يطلق على القوة الناء حركة العتلة مصطلح عزم القوة، ويساوي مقدار القوة مضروباً في بعدها العمودي عن محور دوران العتلة، لان حركة العتلة هي حركة دائرية وليست انتقالية (سنتكلم على هذا الموضوع بالتفصيل عند تناولنا انواع الحركات).

يؤدي نظام العتلات دوراً مهماً في حركات جسم الانسان حيث تعمل عظام الجسم بمثابة العتلة وتتحدد نقاطها كالاتي:

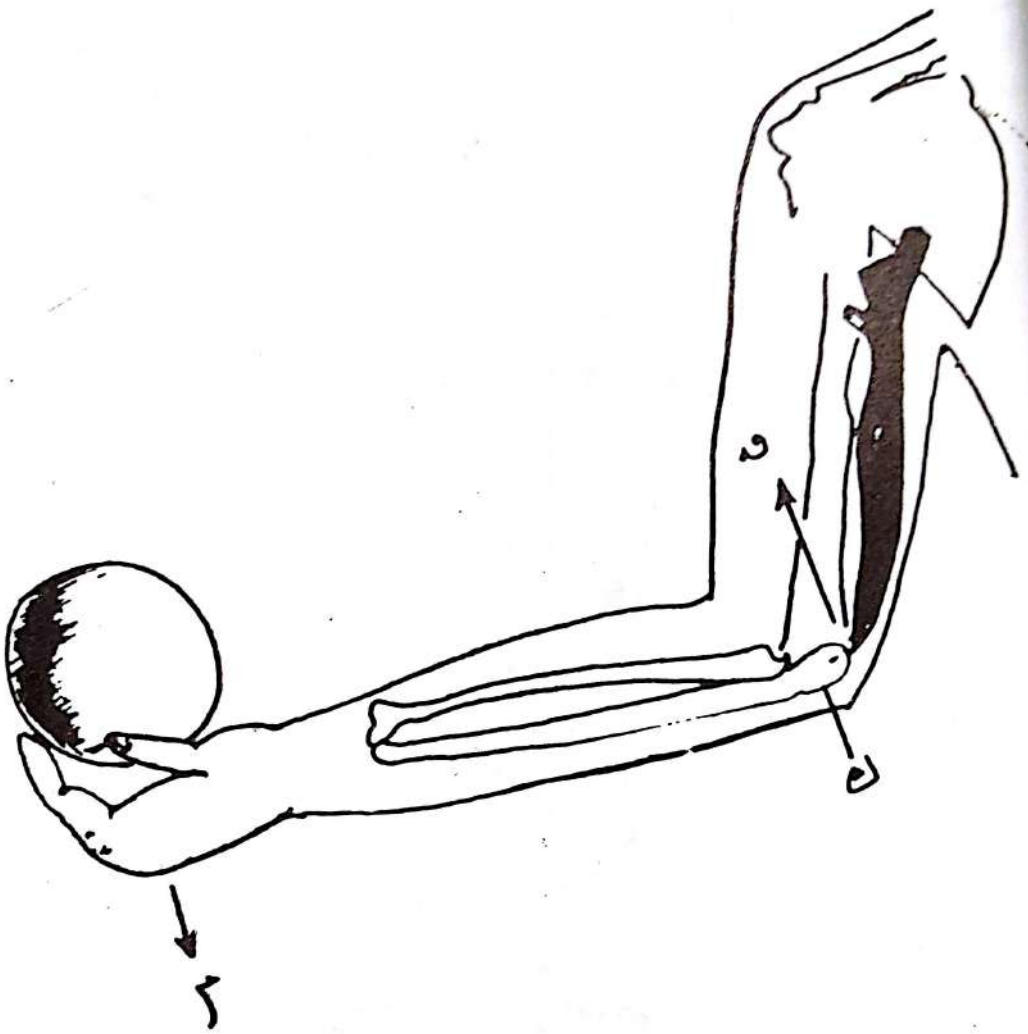
نقطة الارتكاز: هو المفصل الذي يتفصل عليه العظمان القريبان بعضهما من بعض.

نقطة تأثير القوة: هو مدغم العضلة لان نقطة تأثير قوة العضلة تقع في مدغمها وليس في منشئها.

نقطة تأثير المقاومة: يعتمد موقعها على طبيعة تلك المقاومة فاذا كانت تتمثل بثقل جزء الجسم نفسه فعندئذ تقع تلك النقطة في مركز ثقل ذلك الجزء ويكون اتجاهها دائما باتجاه الجذب الارضي كما في مثال ثني الساعد على العضد بفعل العضلة ذات الرأسين العضدية. ولنضرب مثلا لكل نوع من انواع العتلات الثلاث في جسم الانسان وكذلك تحديد مواضع النقاط الثلاث.

فلتمثيل العتلة من النوع الاول في جسم الانسان نجد ان عمل العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية والعظام التي تعمل عليها هي خير مثال على ذلك.

Scanned by CamScanner

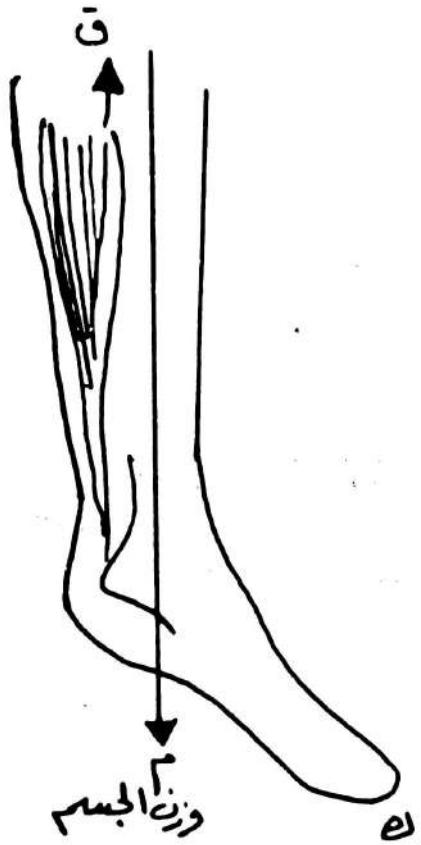


شكل (٣٦)

Scanned by CamScanner

حيث تمثل نقطة اندغام العضلة ذات الثلاث رؤوس العضدية في القسم الخلفي للنتوء المرفقي لعظم الزند نقطة تأثير القوة كما مبين بالشكل (٢٦)، اما نقطة الارتكاز فتتمثل في تمركز التفصل للعضد والساعد، بينما يتضح في الشكل موضع تأثير المقاومة والمتمثل بالثقل المحمول بالكف وكذلك وزن الساعد.

اما عتلات النوع الثاني في جسم الانسان التي تقع فيها نقطة المقاومة بين نقطة تأثير القوة والارتكاز ويمكن توضيحها اثناء عمل العضلة التوأمية من خلال عملية الدفع بالمشط للاعلى كما في الشكل

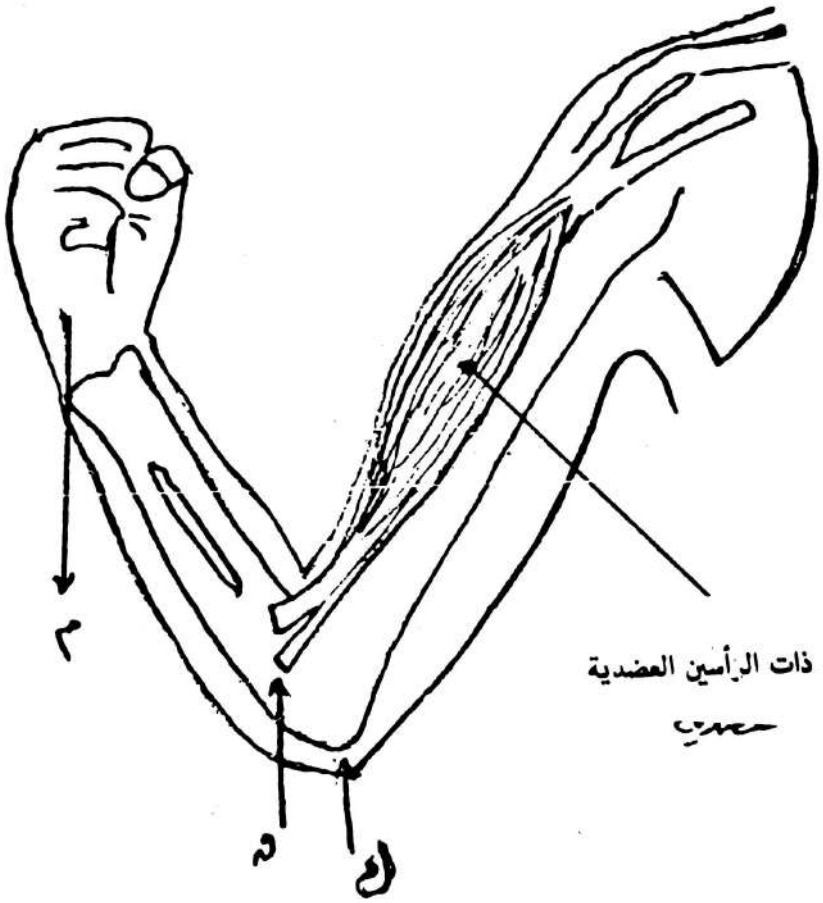


شكل (٢٧)

تمثل نقطة اندغام العضلة التوأمية في الثلث الوسطي للسطح الخلفي لعظم العقب طة تأثير القوة، بينما تمثل نقطة اتصال القدم مع الارض موضع نقطة الارتكاز، اما ناومة فتقع بين نقطتي القوة ونقطة الارتكاز والمتمثلة بوزن الجسم.

Scanned by CamScanner

ولعتلات النوع الثالث التي تقع فيها نقطع تأثير القوة بين المقاومة ونقطة الارتكار
ثل في جسم الانسان هو عمل العضلة ذات الرأسين العضدية اثناء انقباضها عند حمل
قل في اليد ورفعه الى الاعلى ففي هذه الحالة تقع نقطة اندغام العضلة بالحدبة الكعبرية
عظم الكعبرة وتمثل نقطة تأثير القوة حيث تقع هذه النقطة بين نقطة الارتكاز (مفصل
لرفق وبين المقاومة كما موضحة بالشكل «٢٨».



شكل (٢٨)

Scanned by CamScanner

تكون الزاوية بين خط عمل العضلة أ ب وبين ذراع العتلة جـ د هي زاوية منفرجة. نستنتج من الحالات الثلاث السابقة ان طول البعد العمودي بين نقطة تأثير القوة ومحور الدوران (ذراع القوة) بلغ اقصاه في حالة الزاوية القائمة، حيث تكون القوة التي تصدرها العضلة تستخدم بكاملها في محاولة التغلب على المقاومة، بينما لاتستخدم قوة العضلة بكاملها عندما يكون خط عملها بزاوية حادة او بزاوية منفرجة.

امثلة على العتلات

مثال (١)

احسب مقدار القوة الضرورية اللازمة للتغلب على مقاومة وزنها ٥٠٠ نيوتن تبعد عن محور الدوران ٥ قدم علما ان بعد نقطة تأثير القوة هو ١٠ قدم ؟

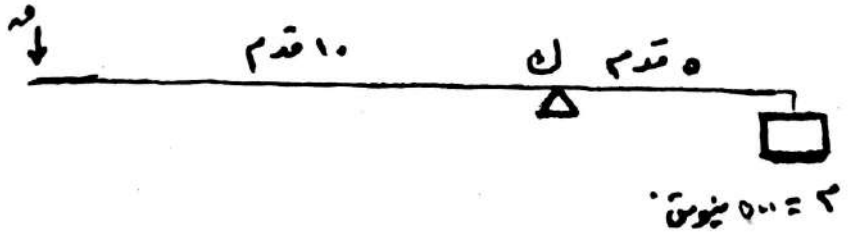
القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

س × ١٠ = ٥٠٠ × ٥

٢٥٠٠

∴ س = ——— = ٢٥٠ نيوتن مقدار القوة المطلوبة

١٠



شكل (٣٠)

في المثال السابق نجد ان اتجاه تأثير القوة عمودي على العتلة وفي بعض الاحيان نجد ان اتجاه تأثير القوة يكون مائلا اي بزاوية معينة ففي هذه الحالة ينبغي استخراج قيمة المسافة العمودية بين نقطة تأثير القوة ومحور دوران العتلة ويحدث هذا في العتلات ذات الذراع الواحد اي عندما تكون نقطتا القوة والمقاومة على جهة واحدة من محور الارتكاز كما في المثال الآتي:

Scanned by CamScanner

$$س = \frac{٢٠٠٠٠}{٤} = ٥٠٠٠ \text{ نيوتن القوة اللازمة}$$

يختلف موقع محور الدوران وفقا لنوع العمل العضلي فعند حركة تقريب الساعد من العضد يعد مفصل المرفق هو محور الدوران، بينما عند رفع الذراع الى الجانب لرفع ثقل فأن محور الدوران هو مفصل الكتف.

Scanned by CamScanner

١- ماهي اهمية دراسة التشريح للمدرسين والمدربين واللاعبين ؟
٢- اذكر انواع العضلات في جسم الانسان .
٣- قسم العضلات من حيث تركيب اليافها العضلية
٤- ماالفرق بين الالياف الحمراء والالياف البيضاء ؟
٥- ماذا يقصد بقانون الكل او العدم ؟
٦- اذكر انواع الانقباض العضلي .
٧- اذكر خمس عضلات لمفصل الكتف
٨- ماهي العضلات التي تعمل على تدوير العضد للداخل ؟
٩- ماهي العضلات التي تعمل على رفع لوح الكتف ؟
١٠- ماهي العضلات التي تعمل على ثني العمود الفقري ؟
١١- اذكر عضلة واحدة تساعد في عملية التنفس .
١٢- ماهي العضلات التي تعمل على تقريب الساعد من العضد ؟
١٣- ماهي العضلات التي تعمل على ثني الرسغ ومده ؟
١٤- اذكر ست عضلات لمفصل الفخذ .
١٥- ماهي العضلات التي تعمل على ثني الفخذ ؟
١٦- ماهي العضلات التي تعمل على تدوير الفخذ للداخل والخارج ؟
١٧- ماهو عمل العضلة ذات الرأسين الفخذية ؟
١٨- ماهي العضلات التي تعمل على مد الرجل ؟
١٩- اذكر عضلات مفصل القدم .
٢٠- ماهي العضلات التي تعمل على خفض رأس القدم الى الاسفل ؟
٢١- ماهي العضلات التي تعمل على رفع رأس القدم الى الاعلى ؟
٢٢- ماذا يقصد بالعضلة المحركة والعضلة المضادة ؟
٢٣- اذكر انواع عمل العضلات بشكل عام .
٢٤- اذكر انواع العتلات من حيث النقاط الثلاث المكونة لها .
٢٥- اذكر عتلة من النوع الاول في جسم الانسان .

Scanned by CamScanner

٢٦- ماهي الفائدة الميكانيكية للعتلات ؟

٢٧- مامقدار الزاوية المحصورة بين خط عمل العضلة ذات الرأسين العضدية ومحور الساعد كي تنتج العضلة اقصى قوتها ؟

٢٨- ماذا يقصد بالعتلة ذات الذراع الواحد ؟

Scanned by CamScanner

الباب الثالث
الكينماتك المستقيم

الكينماتك المستقيم
١- المسافة والازاحة
٢- الكميات القياسية والكميات المتجهة
٣- انواع الحركات
٤- السرعة
٥- التعجيل
٦- حركة المقذوفات

Scanned by CamScanner

الكينماتك المستقيم: Linear Kinematics

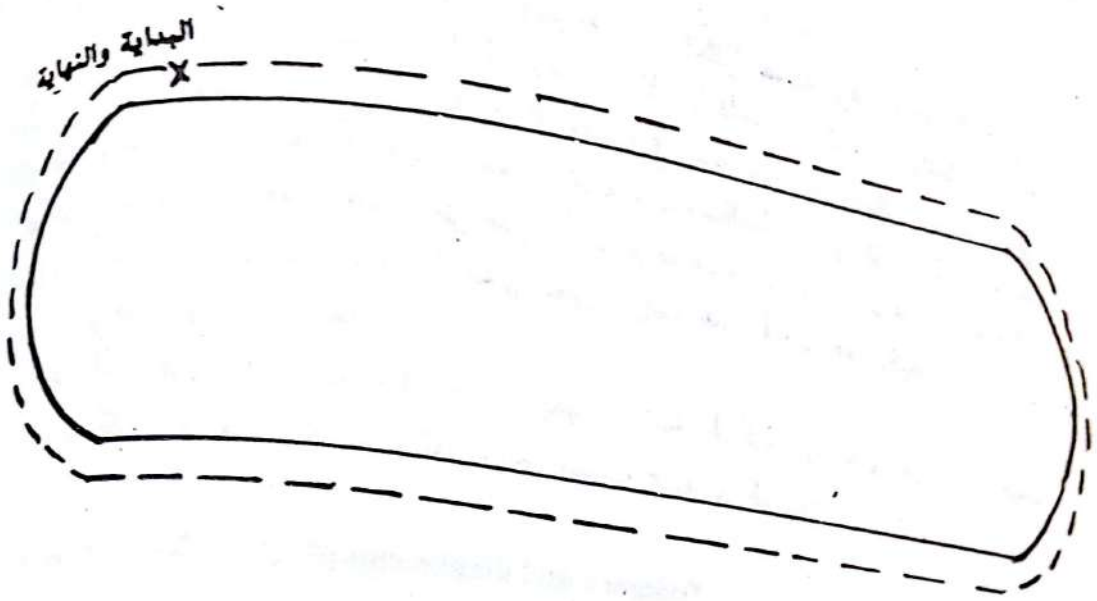
ان علم البايوميكانيك يعنى بحركة جسم الانسان ككائن عضوي ومحاولة الارتقاء بها من حيث طبيعة الحركة المؤداة، وشكلها ومدى امكانيتها للظروف الزمانية والمكانية لذا فأن هذا العلم عندما يتطرق لدراسة حركة معينة في اية فعالية، ولتكن حركة المشي فنجد ان تحليل هذه الحركة تحليلا وصفيا للمركبات الميكانيكية التي تؤدي الى حدوث الحركة، وكذلك المسافة المقطوعة من جراء ذلك او تذبذب حركة الجسم من السرعة الى البطء فنجد ان قسم البايوميكانيك الذي يعنى بدراسة هذا الجانب هو الكينماتك الذي يمكن تعريف مهمته ببساطة.

هو احد فروع البايوميكانيك والذي يعنى بدراسة الحركة دراسة وصفية من حيث زمانها ومكانها بصرف النظر عن القوى التي تسبب حدوث الحركة.

١- المسافة والازاحة: Distance and displacement

ان المفهوم العام للحركة التي يؤديها جسم الانسان او الاجسام الاخرى يعني انتقاله من مكان الى مكان اخر (سنتعرض لهذا الجانب بالتفصيل عند تناولنا انواع الحركات)، فقطع الراكض لمسافة معينة على سطح الارض اثناء الركض يتم ذلك من خلال الحركة وعملية رفع الرجل الى الاعلى من وضع الوقوف وقطعها مسافة معينة هي حركة. في هذا الخصوص لابد لنا من توضيح ماهية العلاقة بين الحركة وقطع الجسم لمسافة معينة ومايرتبط هذا الجانب بمفهوم الازاحة. لنفرض ان جسما معينا تحرك من مكانه لقطع مسافة معينة عندئذ يكون الجسم قد ازيح عن موضعه بمقدار المسافة التي قطعها اي للمسافة والازاحة المضمون لنفسه، فنقول ان عداء تحرك من خط البداية وقطع مسافة ٥٠ م باتجاه خط النهاية وبذلك فأن ازاحته تكون بمقدار المسافة التي قطعها العداء، وفي مثال اخر عندما يتحرك جسم لقطع مسافة معينة في زمن معين وبعد فترة يعود الى النقطة التي بدأ منها فيمكن القول ان الجسم قد قطع مسافة محددة ولكن ازاحة الجسم في هذه الحالة هي صفر، اي بمعنى عدم ازاحته عن موضعه الاصلي بمقدار معين وباتجاه معين في نهاية الحركة كما في الشكل الاتي:

Scanned by CamScanner

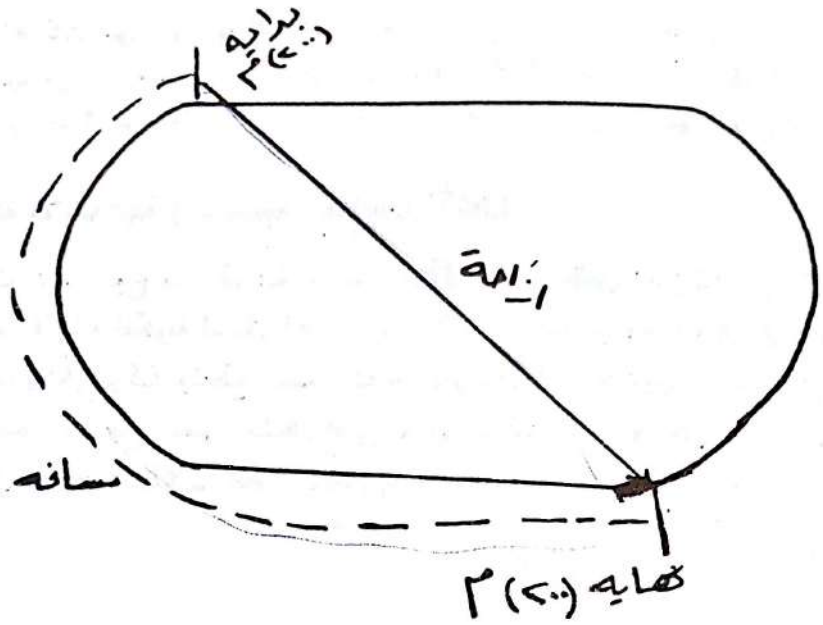


شكل (٣٢)

فمن المثال السابق يتضح ان العداء قد قطع دورة كاملة حول الملعب اي قطع مسافة ٤٠٠ م عندما تحرك من نقطة أ وبعد قطعه المسافة عاد ثانية الى النقطة نفسها فنقول ان العداء قطع مسافة ٤٠٠ م، اما عندما نتكلم على الازاحة فأن ازاحة الجسم تساوي صفراً.

عند التفريق بين الكميات الميكانيكية التي يتولى دراستها علم البايوميكانيك يتم ذلك من حيث خاصية هذه الكميات فيوصف بعضها بأنها قياسية اي يتم تعريفها بمقدارها فقط كالمسافة اما البعض الاخر يوصف بأنه كمية متجهة اي عرف بمقدارها وباتجاهها ايضا (كما سنفصل ذلك فيما بعد) وبغية توضيح هذا الجانب بشكل اكثر تفصيلا نضرب المثال الاتي للتفريق بين المسافة ككمية قياسية والازاحة ككمية متجهة، ففي سباق ركض ٢٠٠ م كما موضح بالشكل (٣٣) يقطع العداء مسافة ٢٠٠ م والتي تم حسابها على اساس المسافة التي قطعها العداء بالامتار، اما الازاحة فتختلف عن المسافة.

Scanned by CamScanner



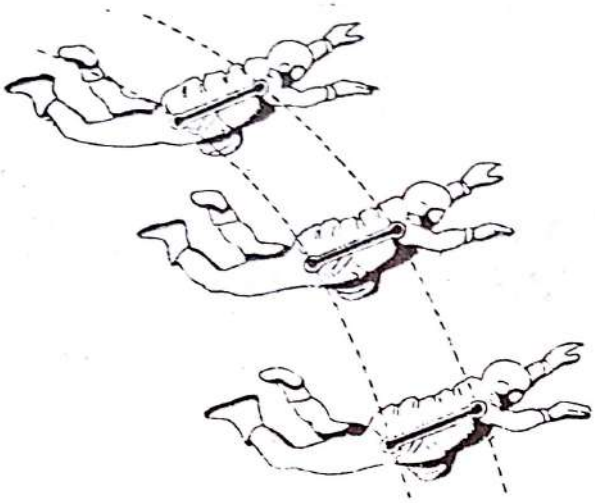
شكل (٣٣)

٢ـ الكميات القياسية والكميات المتجهة: Vectors and Scalars

لدراسة الكميات الميكانيكية ومعرفة ماهيتها عند دراستنا لعلم الميكانيك نجد ان هناك تفريقا بين هذه الكميات من حيث طبيعة تعريفها فعلى هذا الاساس تنقسم الى كميات قياسية وكميات متجهة، فالكمية القياسية يكفي لتعريفها ذكر مقدارها فقط، اي يمكننا التعبير عن درجة حرارة الجو بمقدار معين او لتعريف كتلة جسم معين بأنها (كغم) مثلا، وكذلك بالنسبة للكميات الاخرى التي تعرف بمقدارها فقط كالمسافة، والزمن والطول.

اما الكميات المتجهة فلايكفي لتعريفها ذكر مقدارها فقط، بل ينبغي ذكر اتجاهها ايضا فعند دراستنا للقوة كمية ميكانيكية يجدر بنا ان نذكر بجانب قيمتها اتجاهها ايضا حيث يمكن تمثيل مقدار القوة بخط يعبر عن مقدارها وفي نهاية الخط يحدد الاتجاه من خلال سهم يشير الى ذلك فنقول ان قوة مقدارها ٢٠٠ نيوتن اثرت في جسم اخر بالاتجاه المبين الذي يؤشره السهم وكذلك الحال بالنسبة الى الكميات المتجهة الاخرى مثل الازاحة، والتعجيل، والوزن وكمية الحركة... الخ.

Scanned by CamScanner

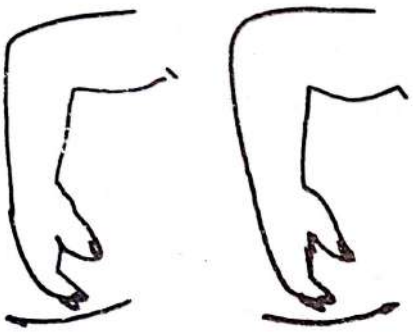


حركة انتقالية منحنية

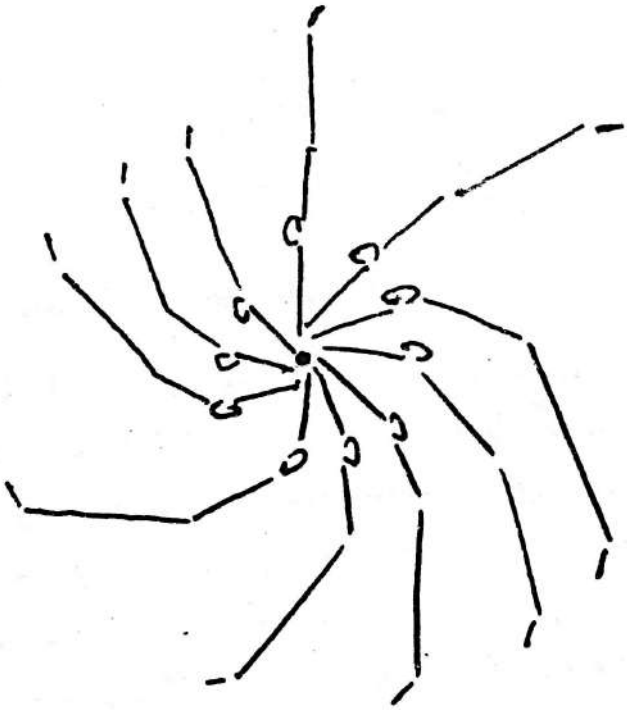
ب ـ الحركة الدائرية: Angular motion

تحدث هذه الحركة في معظم الفعاليات الرياضية والتي يشترط لحدوثها محور للدوران سواء اكانت حركة جزء من الجسم او الجسم بأكمله، وتكون مسارات حركة اجزاء الجسم عبارة عن دوائر تبعد بمقدار ثابت عن محور الدوران اثناء حركتها، وقد يكون المحور الذي يتم حوله الدوران داخل الجسم او خارجه، ففي حالة حركة جزء من الجسم حركة دورانية كما في ثني المرفق فانها تتم حول محور مفصل المرفق (المحور العرضي)، او في حالة حركة الجسم بأكمله حركة دائرية كما في الدحرجة الامامية فيكون المحور هو المحور العرضي ايضا الذي يخترق الجسم من جانب لاخر، اما اذا كانت الحركة الدائرية للجسم بأكمله تتم حول محور خارجي كما في دوران لاعب الجمناستك حول العقلة ففي هذه الحالة ترسم الاجزاء المكونة للجسم دوائر متحدة المركز وتختلف انصاف اقطارها باختلاف بعد الجزء عن محور الدوران كما في الشكل (٣٥)

Scanned by CamScanner



جزء من الجسم



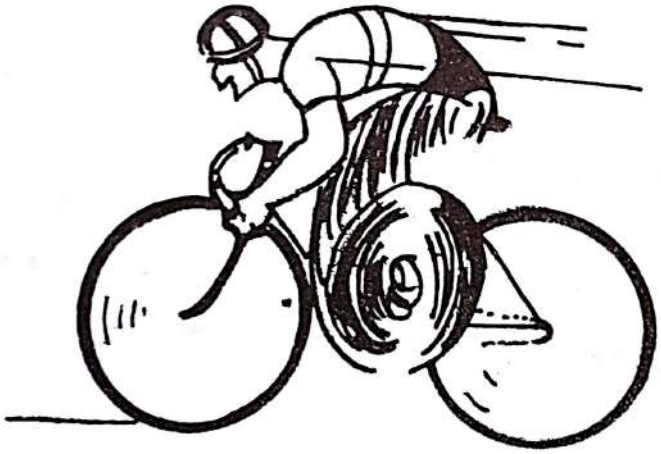
الجسم بأكمله

شكل (٣٥) حركة دائرية

Scanned by CamScanner

جـ - الحركة المركبة (العامة) General motion

تتكون هذه الحركة من مزيج من الحركتين السابقتين ، اي حركة انتقالية وحركة دائرية في الوقت نفسه فقد يدور الجسم باكمله حركة دائرية حول نفسه وفي الوقت نفسه ينتقل حركة انتقالية كما في حركة الغطس من فوق قفاز الى الماء ، وقد تحدث هذه الحركة عندما يتحرك جزء من الجسم حركة دائرية الامر الذي يؤدي بانتقاله حركة انتقالية كما في حركة الركض حيث تكون حركة الاطراف السفلى والذراعين حركة دائرية مما يؤدي الى انتقال الجسم من مكان الى اخر او اثناء حركة ركوب الدراجة الهوائية ، فحركة الارجل الدائرية تؤدي الى انتقال الراكب والدراجة الى الامام حركة انتقالية كما في الشكل .



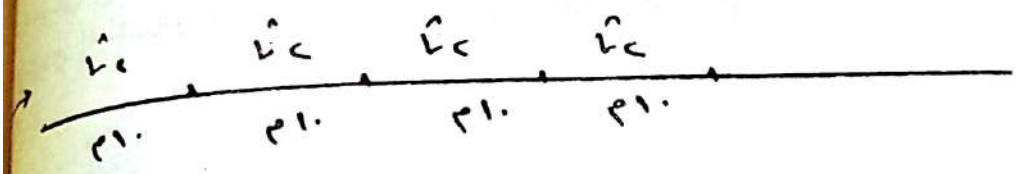
مكتبة
كلية التربية الرياضية
(جامعة بابل)
٢٧٠١

Scanned by CamScanner

اما تقسيم الحركة زمنيا فتقسم الى قسمين:

١- حركة منتظمة:-

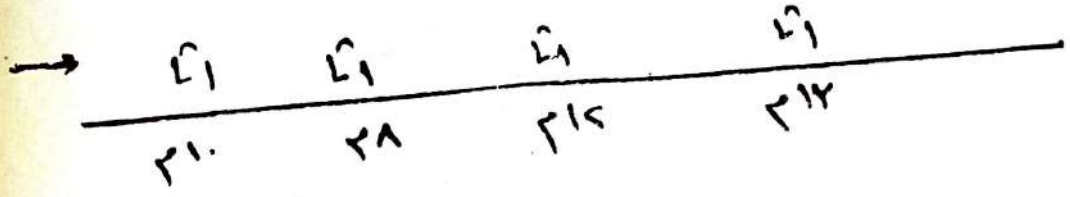
يقطع الجسم في هذا النوع من الحركات مسافات متساوية في ازمنة متساوية، فمثلا يقطع عداء كل ١٠ أمتار بزمن قدره ٢ ثانية عندئذ تطلق على حركة العداء حركة منتظمة كما في الشكل



شكل (٣٧) حركة منتظمة

٢- حركة غير منتظمة

يقطع الجسم في هذه الحركة مسافات غير متساوية في ازمنة متساوية فقد يقطع العداء مسافة ١٠ أمتار في الثانية الاولى ومسافة ٨ أمتار في الثانية التي تليها ومسافة ١٢ متر في الثانية الثالثة فأن حركة العداء حركة غير منتظمة نظراً لاختلاف سرعته من فترة لاخرى وظهور مايسمى بالتعجيل (سنشرح ذلك مفصلا في موضع قادم).



شكل (٣٨) حركة غير منتظمة

Scanned by CamScanner

٤- السرعة: Velocity

عندما يتحرك جسم من مكان الى اخر فأن حدوث الحركة هذه يتم في وقت معين ويختلف الوقت المستغرق لقطع مسافة محددة من جسم الى اخر، فقطع مسافة ١٠ كيلومترات بواسطة سيارة مسرعة تستغرق وقتاً اقصر من زمن قطع المسافة نفسها بواسطة الركض، ويعد الزمن الاخير اقصر من زمن قطع المسافة مشياً على الاقدام. نستنتج مما تقدم ان الجسم الذي يقطع مسافة معينة بزمن قصير هو اسرع من الجسم الذي يقطع المسافة نفسها بزمن اطول، وعلى هذا الاساس يمكن صياغة العلاقة بين السرعة والمسافة والزمن على النحو الاتي:

«السرعة تساوي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن»

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

$$\text{وبالرموز } س = \frac{م}{ن} \quad \text{او } م = س \times ن \quad \cdots\cdots\cdots (١)$$

تتكون وحدة السرعة من وحدة مركبة من وحدة المسافة ووحدة الزمن فنقول عداء يركض بسرعة ٦ م / ثا او سيارة تسير بسرعة ٤٠ كم / ساعة.

كما ذكرنا سابقا ان السرعة تعد كمية متجهة اي ينبغي ذكر اتجاهها اضافة الى مقدارها عند دراستها. ان استعمال كلمة السرعة التي نتداولها دائما في مجالنا الرياضي هي ترجمة لكلمة (Speed)، ولكن من وجهة النظر الميكانيكية البحتة يعبر هذا المصطلح عن كمية السرعة وليس السرعة المقصودة ميكانيكيا اي السرعة المتجهة (Velocity) التي تمثل كمية السرعة التي يتحرك بها الجسم اضافة الى اتجاهها.

اوضحنا في موضع سابق من هذا الكتاب الفرق بين المسافة والازاحة من وجهة النظر الميكانيكية، وبالنظر للارتباط الوثيق بين السرعة والمسافة فلابد لنا من توضيح العلاقة الرياضية بين السرعة ككمية لحركة الجسم والسرعة المتجهة وبين المسافة والازاحة.

لنضرب المثال التالي زيادة في التوضيح

Scanned by CamScanner

شكل (٣٩)

Scanned by CamScanner

عندما يتحرك جسم من نقطة أ باتجاه نقطة ب وكانت المسافة بين النقطتين ٣٠ م وكان الزمن المستغرق هو ٥ ثانية احسب سرعة ذلك الجسم؟

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

$$= \frac{٣٠}{٥} = ٦ \text{ م / ثا}$$

في هذه الحالة تعطى كل من المسافة والازاحة المفهوم نفسه وعليه يمكن الاكتفاء بمصطلح السرعة (Speed) للتدليل على السرعة المتجهة (Velocity) وفي حالة اخرى عندما يتحرك جسم من نقطة أ باتجاه نقطة ب التي تبعد مسافة ٣٠ م وبعد بلوغه نقطة ب يعود ثانية الى أ، لنفرض ان الزمن المستغرق تقطع المسافة من أ الى ب ثم الى أ ثانية هو ١٠ ثوان فأن سرعة الجسم تساوي

$$\text{س} = \frac{\text{م}}{\text{ن}}$$

$$= \frac{٦٠}{١٠} = ٦ \text{ م / ثا}$$

اما فيما يخص سرعة الجسم المتجهة فيمكن التعبير عنها بالمعادلة الاتية :

$$\text{السرعة المتجهة} = \frac{\text{الازاحة}}{\text{الزمن}} \quad .....(٢)$$

Scanned by CamScanner

$$\text{اي السرعة المتجهة} = \frac{\text{صفر}}{١٠}$$

= صفر

اصبح من الواضح التفريق بين مصطلحي السرعة والسرعة المتجهة من وجهة النظر الميكانيكية البحتة اللذين غالبا مانعبر عنهما بمصطلح السرعة بشكل عام.

عندما يتحرك الجسم لقطع مسافة معينة وكانت سرعته منتظمة، فاذا كانت سرعة عداء عند نقطة أ ٦ م / ثا وبعد بلوغه نقطة ب، بلغت ١٠ م / ثا ففي هذه الحالة نحاول استخراج معدل السرعة حيث:

متوسط السرعة = السرعة الابتدائية + السرعة النهائية / ٢

$$\text{س}_{\text{م}} = \frac{\text{س}_{١} + \text{س}_{٢}}{٢} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٣)$$

$$= \frac{٦ + ١٠}{٢}$$

= ٨ م / ثا السرعة المتوسطة

وعلى ضوء القانون السابق اذا كانت سرعة العداء الابتدائية تساوي صفراً فأن معدل سرعته هو نصف سرعته النهائية

$$\text{س}_{\text{م}} = \frac{\text{س}_{٢}}{٢} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٤)$$

Scanned by CamScanner

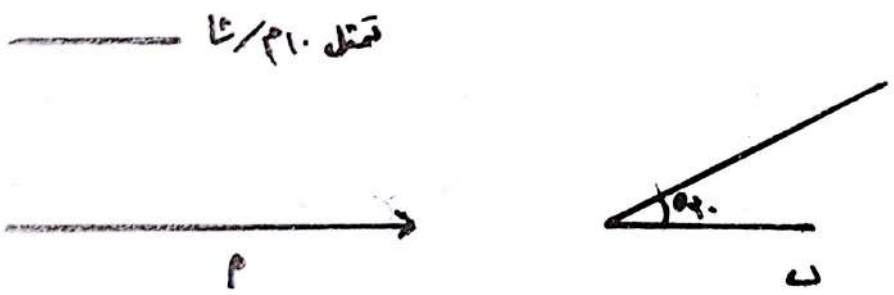
$$\text{س اللحظية} = \frac{ف_2 - ف_1}{ن_2 - ن_1}$$

$$= \frac{٢٥,٠٣ - ٢٥}{٥,٠١ - ٥} = \frac{٠,٠٣}{٠,٠١}$$

$$= ٣ \text{ م / ثا}$$

السرعة كمية متجهة : Velocity as avector

ان السرعة هي احدى الكميات الميكانيكية التي يتم تناولها بشكل مستمر سواء في العمل اليومي او اثناء دراستنا للحركة في المجال الرياضي وتعد من الكميات المتجهة اي يجب ان نذكر مقدارها بالاضافة الى اتجاهها، حيث يمكن تمثيل هذه الكمية الميكانيكية بسهم يمثل طول المستقيم فيه مقدار السرعة ، بينما يمثل تأشير السهم اتجاهها ويمكن توضيح ذلك من خلال الشكل الاتي :



شكل (٤١)

أ- يمثل سرعة جسم ٥٠م/ثا وبالاتجاه الافقي.

ب- يمثل سرعة جسم ٤٠م/ثا وبزاوية ٣٠° مع المستوى الافقي.

Scanned by CamScanner

ذكرنا سابقا ان خاصية السرعة من الناحية الميكانيكية هي خاصية الاتجاه، فعند دراستنا لفعل تأثير السرعة يتم التعامل مع هذه الكمية على اساس بياني، بمعنى اذا سار جسم بتأثير سرعتين في الوقت نفسه فأن الفعل التأثيري لهذه السرع يعتمد على اتجاهاتها، فاذا كانت السرعتان فى اتجاه واحد فأن محصلتها هي عبارة عن جمعهما هندسياً.

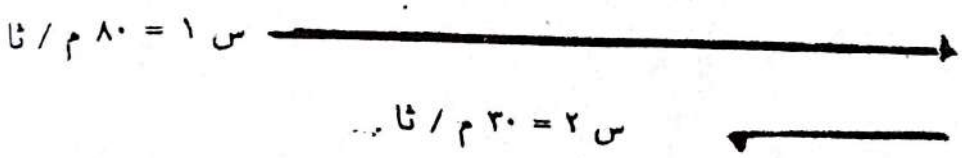
س٢ = ٣٠ م / ثا س١ = ٥٠ م / ثا

ان محصلة السرع في هذه الحالة = س ١ + س ٢

= ٥٠+٣٠=٨٠ م / ثا

ويكون الاتجاه باتجاه السرعتين نفسه

اما اذا كانت السرعتان في اتجاهات مختلفة وعلى خط عمل واحد فأن محصلتها النهائية هي الفرق بينهما كما في الشكل



شكل (٤٢)

فتكون السرعة المحصلة = س١ - س٢

= ٨٠-٣٠

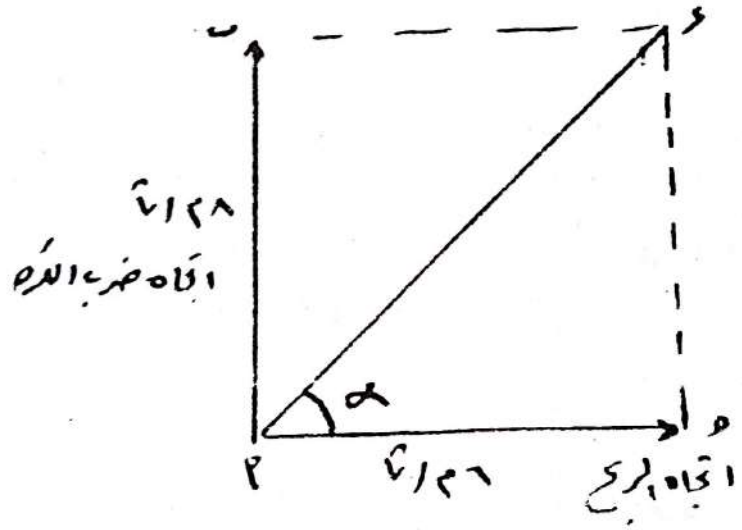
= ٥٠ م / ثا وباتجاه السرعة الكبرى

وهناك امثلة كثيرة في الحياة اليومية على هذه الخاصية، فاذا سار راكب القطار باتجاه حركة القطار نفسها فأن سرعة الراكب هي عبارة عن سرعته + سرعة القطار، بينما اذا كان يسير نحو المؤخرة فأن سرعته هي الفرق بين سرعة القطار - سرعة الراكب، ويمكن تطبيق المبدأ نفسه على الحركات الرياضية وخاصة فعاليات الرمي حيث يمكن جمع سرعات اليد الرامية في رمي الثقل مع سرعة الثقل في الاتجاه نفسه او سرعة كرة القدم

Scanned by CamScanner

عندما تتحرك باتجاه معين ويتم ضربها من اللاعب بالاتجاه نفسه فتكون السرعة النهائية في كلتا الحالتين هي المجموع الجبري للسرعتين. اما في فعالية رمي الرمح ففي المرحلة الاولى تكون سرعة الرمح هي سرعة الرامي نفسها ولكن اثناء الخطوات الاخيرة من الرمي التي يتم فيها ترجيع الرمح الى الخلف فأن سرعة الرمح هي الفرق بين سرعة الجسم وسرعة الرمح على الرغم من ان الحركة النهائية للرمح هي في اتجاه الرمي.

يتأثر جسم الانسان في بعض الحالات بأكثر من سرعة ولكن خط عملها ليس على خط عمل واحد، ففي هذه الحالة تكون السرعة بزاوية، فعلى سبيل المثال يحاول اللاعب ضرب الكرة من أ الى ب كما موضح بالشكل، ولكن اتجاه التيار يكون من أ الى جـ، فأن سرعة الكرة يمكن استخراجها عن طريق المحصلة، اذا كانت الزاوية قائمة فيتم استخراج المحصلة عن طريق تطبيق نظرية فيثاغورس.



شكل (٤٣)

م^{٢} = (أ ب)^{٢} + (أ جـ)^{٢} ..... (٧)

ما حساب اتجاه الزاوية المبينة بالشكل فيتم من خلال حساب ظل الزاوية

$$\text{ظا} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \frac{\text{د جـ}}{\text{أ جـ}}$$

Scanned by CamScanner

مثال

قارب يحاول عبور نهر بسرعة ٨ م / ثا وكان اتجاه تيار الماء افقياً بسرعة ٦ م / ثا. حسب مقدار سرعة القارب النهائية وماهو مقدار الزاوية التي يشكلها خط سيره مع الخط الافقي ؟

$$\text{ع}_{\text{م}}^{2} = \text{أ ب}^{2} + \text{أ جـ}^{2}$$

$$\text{ع}_{\text{م}}^{2} = ٦^{2} + ٨^{2}$$

$$\text{ع}_{\text{م}}^{2} = ٣٦ + ٦٤$$

$$\text{م}^{2} = ١٠٠$$

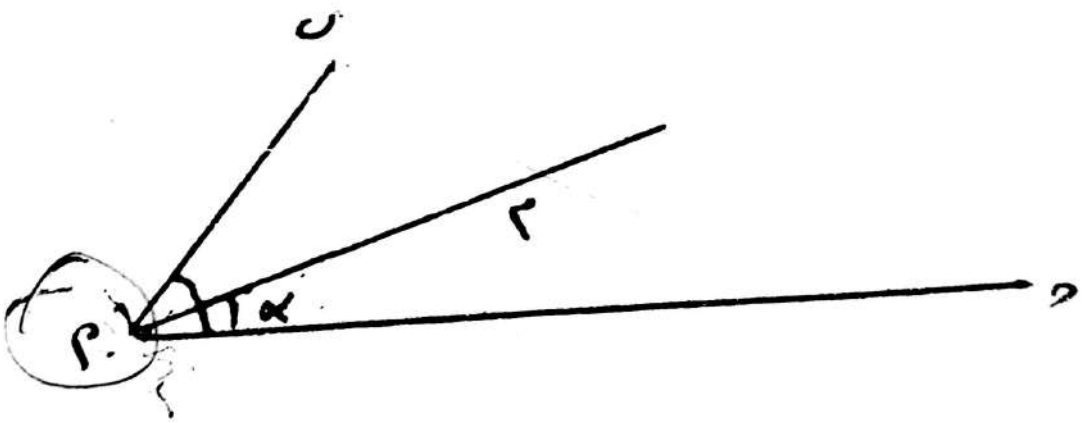
م = ١٠ م / ثا سرعة القارب النهائية

$$\text{ظا جـ أ د} = \frac{\text{د جـ}}{\text{أ جـ}} = \frac{٨}{٦}$$

= ١ر٣٣

∴ مقدار الزاوية = ٥٣° تقريبا لان ظل الزاوية ٥٣° = ١ر٣٢٧٠

اما اذا كانت الزاوية بين السرعتين حادة كما في الشكل (٤٤) فأن المحصلة يمكن استخراج قيمتها من خلال القانون الاتي:



شكل (٤٤)

Scanned by CamScanner

$م^{٢} = ب^{٢} + أ جـ^{٢} + ٢ \times أ ب \times أ جـ \times$ جتا $\angle ب أ جـ$ ..... (٨)

اما اتجاهها فيمكن تحديده على النحو الاتي:

$$= \text{ظا} \left(\frac{أ ب \text{ حا } ب أ جـ}{أ جـ + أ ب \text{ جتا } \angle ب أ جـ} \right) \quad \ldots\ldots\ldots (٩)$$

مثال:

سباح يتأثر بسرعتين احداهما ٥ م / ثا والثانية سرعة تيار الماء ٤ م / ثا وكانت الزاوية بين هاتين السرعتين ٤٥°، اوجد السرعة النهائية للسباح واتجاهها ؟

$م^{٢} = ٥^{٢} + ٤^{٢} + ٢ \times ٤ \times ٥ \times$ جتا ٤٥

$= ٢٥ + ١٦ + ٤٠ \times ٠ر٧٠٧$

$= \sqrt{٦٩ر٢٨}$

∴ م = ٨ر٣٢ م / ثا السرعة النهائية للسباح

اما اتجاهها فيكون كالاتي

$$\alpha \text{ ظا} \left(\frac{٥ \text{ حا } ٤٥}{٤ + ٥ \text{ جتا } ٤٥} \right)$$

$$= \text{ظا} \left(\frac{٥ \times ٠ر٧٠٧}{٤ + ٥ \times ٠ر٧٠٧} \right)$$

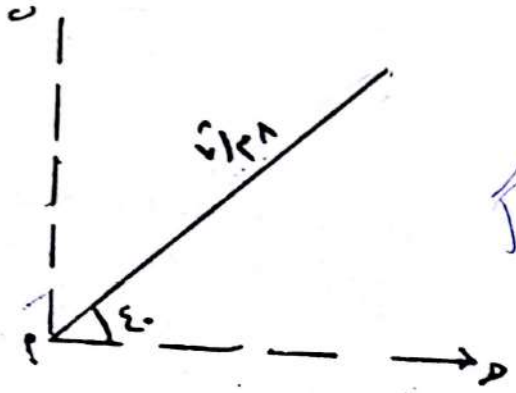
$$= \text{ظا} \left(\frac{٣ر٥٣٥}{٧ر٥٣٥} \right)$$

= ظا ٠ر٤٦٩

∴ اتجاه محصلة السرعة (الزاوية) = ٢٥° تقريبا

Scanned by CamScanner

اذا كانت محصلة السرعة النهائية معلومة وكذلك اتجاهها واردنا تحليلها الى مركباتها العمودية والافقية فيمكن حساب ذلك كما مبين بالشكل الآتي:



شكل (٤٥)

أ ب = ٨ × حا ٤٠

أ ب = ٨ × ٠ر٦٤٢

= ٥ر١٣٦ م / ثا السرعة العمودية

أ جـ = ٨ × جتا ٤٠

= ٨ × ٠ر٧٦٦

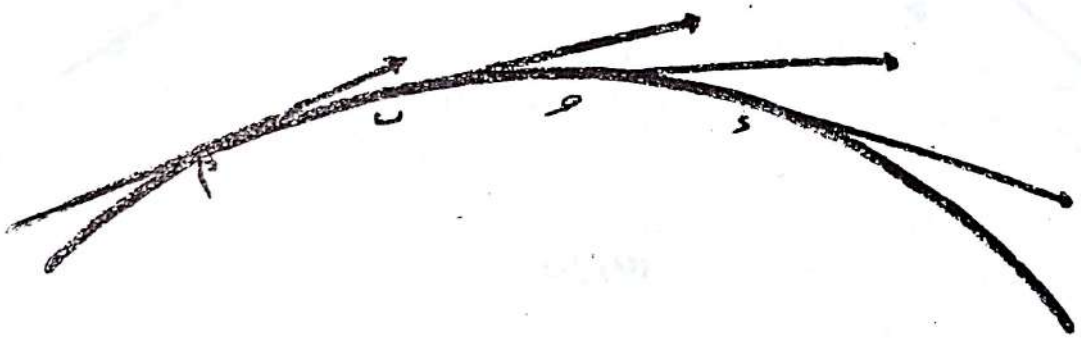
= ٦ر١٢٨ م / ثا السرعة الافقية

اذا كانت حركة الجسم على خط منحنٍ فأن مقدار سرعة الجسم يمكن احتسابه عن طريق قسمة المسافة التي يقطعها الجسم على المنحني على الزمن المستغرق، فاذا تحرك جسم من أ الى ب كما في الشكل وكانت حركته منتظمة فان سرعة ذلك الجسم عبارة عن خارج قسمة طول القوس أ ب على الزمن الذي قطعت فيه المسافة.

Scanned by CamScanner

شكل (٤٦)

اما كيفية تحديد اتجاه السرعة على منحني فأن الجسم يميل دائما الى الحركة باتجاه المماس في حالة بطلان عمل قوة الجذب نحو المركز، وعلى هذا الاساس فأن سرعة الجسم تكون في اي لحظة باتجاه طول المماس ولكنها في اتجاه الحركة النهائي كما في الشكل



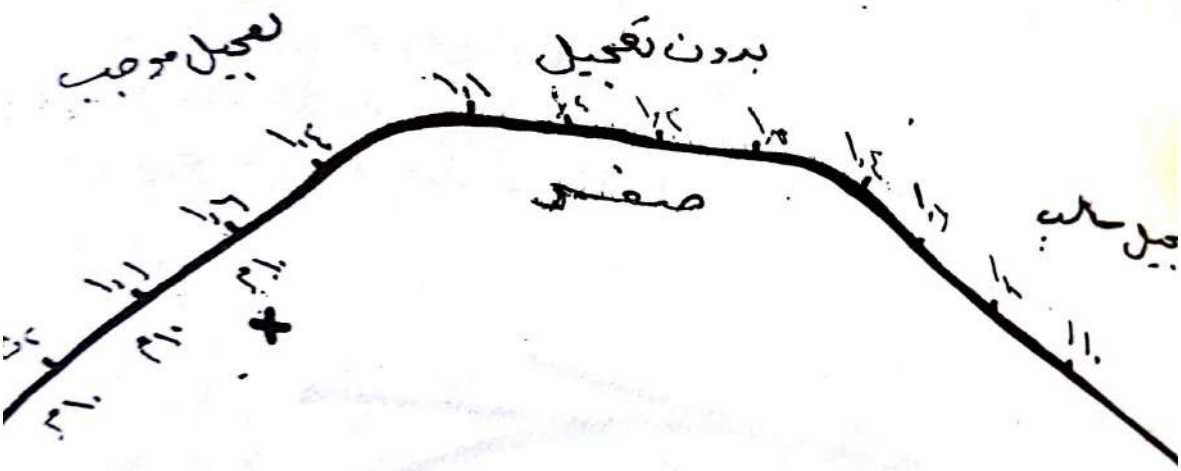
شكل (٤٧)

٥ـ التعجيل:ـ Acceleration

عند قطع العداء لمسافة معينة وتكون حركته منتظمة فأن ذلك يعني ان سرعته في اي لحظة من لحظات الحركة هي ثابتة، اما اذا كانت حركته غير منتظمة فعندئذ تتغير سرعته من لحظة لاخرى حيث يطلق على التغير في مقدار السرعة مصطلح التعجيل، ويعبر عن تزايد السرعة تدريجيا (بتعجيل موجب)، اما اذا كانت السرعة تتناقص

Scanned by CamScanner

تدريجياً (تعجيل سالب). لنضرب المثال الآتي زيادة في توضيح ماهية التعجيل ، عندما يبدأ عداء بالركض ويقطع عشرة الامتار الاولى بزمن قدره ٢ ثانية وعشرة الامتار التي تليها بثانية وثمانية اعشار الثانية. بينما العشرة الثالثة بثانية وستة اعشار، نستنتج من هذا ان قطع المسافات نفسها بأزمنة تقل تدريجياً ، يدل على ان سرعة الجسم تزداد تدريجياً ومن ثم تكون حركة العداء بتعجيل موجب. اما اذا حدث العكس بأن يقطع العداء مسافات متساوية بأزمنة تزداد تدريجياً ، فأن هذا يعني ان الحركة تتم بسرعة تقل تدريجياً فعندئذ نقول ان العداء يتحرك بتعجيل سالب.



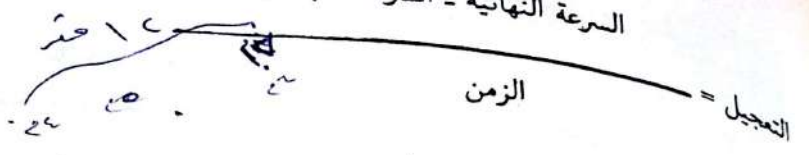
شكل (٤٨)

يتضح من الشكل السابق ان المرحلة الوسطى التي كان يقطع العداء فيها مسافات متساوية بأزمنة متساوية فأن حركته في هذه الحالة منتظمة عندئذ يكون التعجيل مساوياً صفراً. اما في حالة الحركة غير منتظمة فذلك يعني حدوث تغيير في سرعة الجسم ويمكن التعبير عن هذا التغير.

التغير في السرعة = السرعة النهائية = السرعة الابتدائية

ولما كان هذا التغير في السرعة يحدث في فترة زمنية فمن الممكن ايجاد العلاقة بين مصطلح التعجيل والتغير الحادث في سرعة الجسم في فترة زمنية.

Scanned by CamScanner



التعجيل = الزمن

وبالرموز $ع = \frac{س_2 - س_1}{ن}$ ..... (١٠)

فعلى سبيل المثال ينطلق عداء من نقطة أ وسرعته ٤ م / ثا وعندما يصل الى نقطة ب تبلغ سرعته ٨ م / ثا وكان زمن قطع المسافة هو ٢ ثانية فيكون مقدار التعجيل

$ع = \frac{٨ - ٤}{٢}$

= ٢ م / ثا٢

وفي هذه الحالة يكون التعجيل موجباً، اما اذا حدث العكس وكانت سرعة العداء عند النقطة ب ٤ م / ثا. وكانت عند أ ٨ م / ثا فأن التعجيل يكون سالبا لان:

$ع = \frac{س_2 - س_1}{ن}$

$= \frac{٤ - ٨}{٢}$

$= \frac{-٤}{٢}$ = -٢ م / ثا٢

ان وحدة التعجيل هي عبارة عن وحدة سرعة مقسومةٍ على وحدة زمن فنقول

$$\frac{\frac{\text{متر}}{\text{ثانية}} \div \frac{\text{ثانية}}{١}}{}$$

$$= \frac{م}{\text{ثانية}} \times \frac{١}{\text{ثانية}} = \frac{م}{(\text{ثانية})^{٢}} = م / ث^{٢}$$

ان ازدياد السرعة ونقصانها بشكل منتظم اي تزداد السرعة وتنقص بالمقدار نفسه في الوحدات الزمنية عندئذ يطلق على التعجيل بأنه تعجيل منتظم، وبغية الاستفادة من تطبيق مفهوم التعجيل في حياتنا الرياضية ينبغي أن نوضح ماهية العلاقة بين مصطلح التعجيل والمسافة التي يقطعها العداء وعلاقتها بالزمن المستغرق فأن مقدار المسافة المقطوعة لجسم يتحرك بتعجيل منتظم هي:

$$م = \frac{١}{٢} (س_{١} + س_{٢}) \times ن \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (١١)$$

$$\because ع = \frac{س_{٢} - س_{١}}{ن}$$

$$\therefore س_{٢} = س_{١} + ع ن$$

وبالتعويض عن قيمة س ٢ في المعادلة (١١) بما يساويها يكون

$$م = \frac{١}{٢} (س_{١} + س_{١} + ع ن) \times ن$$

$$م = \frac{١}{٢} (٢ س_{١} + ع ن) \times ن$$

Scanned by CamScanner

$$م = \frac{س_1 ن}{2} + \frac{ع ن^2}{2}$$

$$م = س_1 ن + \frac{ع ن^2}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٢)$$

اما اذا كانت سرعة العداء الابتدائية تساوي صفراً فأن المعادلة تصبح كالآتي:

$$م = \frac{ع ن^2}{2}$$

وكما تناولنا من قبل كيفية أستخراج سرعة الجسم في مسافة قصيرة جدا وفي فترة زمنية صغيرة جداً على انها السرعة اللحظية ينطبق القول نفسه على استخراج قيمة التعجيل لحركة جسم تتغير سرعته بفترة قصيرة جدا عندئذ يطلق على التعجيل في هذه الحالة التعجيل الآني او اللحظي وتعبر عنه المعادلة الآتية:

$$ع اللحظية = \frac{س_2 - س_1}{ن_2 - ن_1}$$

$$= \frac{\Delta س}{\Delta ن} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٣)$$

٦- حركة المقذوفات: Projectile motion

تحتل دراسة الاجسام المقذوفة سواء اكانت الادوات التي يستعملها الرياضي في بعض الفعاليات، او جسم الرياضي نفسه جزءاً خاصاً من دراسة الحركة من الجانب الميكانيكي، فنجد ان اي جسم اثناء انطلاقه في الهواء يكون خاضعا لقوانين ثابتة تحدد خط سيره

Scanned by CamScanner

الطبعة الاولى ١٩٨٨

الطبعة الثانية ١٩٩٩ مزيدة ومنقحة

Scanned by CamScanner

اهتم الباحثون منذ مطلع القرن الحالي بدراسة حركة الانسان بشكل عام، واستناد
لى الاسس العامة لهذه الحركة وفق القوانين الطبيعية بدأ المختصون في مجال التربية
لرياضية دراسة انواع الحركة واشكالها والقوى المسببة لها.

ان دراسة الحركة من الناحيتين الكمية والنوعية تتطلب الالمام بالعلوم ذات العلاقة
تي تتحدد على اساسها الحركة فنجد علوم التشريح الفسيولوجي، الكيمياء العضوية
فيزياء، الهندسة وغيرها اخذت بنظر الاعتبار في دراسات الباحثين فمنهم من كان يه
لنواحي العضوية في الجسم اي الجانب الحيوي ومنهم من اهتم بدراسة الجانب الفيزيا
القانوني وهي الناحية الميكانيكية، لذا فأن اهمية علم البايوميكانيك تتجلى في درا
علاقات بين النواحي الحيوية والنواحي الميكانيكية.

ان حصيلة تتبع دراسة الحركة من وجهة النظر البايوميكانيكية اسهمت في حد
تقدم الملموس في الانجاز الرياضي من خلال ايجاد الحلول الحركية الناتجة عن الاستغ
لجيد لقوى الرياضي الذاتية ومايرتبط بذلك من قوى خارجية تؤثر بشكل مباش
لحركة.

اسهاما منا في توضيح هذه العلاقات وماهو دور البايوميكانيك في مجالنا الريا
انت هذه الخطوة في وضع هذا الكتاب بين ايدي مدرسينا وطلابنا في كليات التر
رياضية، آملين ان نكون قد وفقنا في تحقيق الهدف الذي نصبو اليه والله من
قصد.

المؤلف

الاسم كفاح من وطبت
الرحلة الثانية - ع -

Scanned by CamScanner

مفردات الكتاب

المقدمة
مقدمة الطبعة الثانية
الباب الاول: علم البايوميكانيك

١ـ ماهو البايوميكانيك
٢ـ الحركات الاساسية في جسم الانسان
٣ـ المحاور والمسطحات
٤ـ المفاصل
٥ـ نسبية الحركة والنظام الاحداثي

الباب الثاني: العمل العضلي

١ـ الخصائص المميزة للعضلات
٢ـ تركيب العضلة
٣ـ انواع الانقباض العضلي
٤ـ العمل العضلي للحركات الاساسية في مفاصل جسم الانسان
٥ـ التأثير الميكانيكي للعضلات
٦ـ العتلات

الباب الثالث: الكينماتك المستقيم

١ـ المسافة والازاحة
٢ـ الكميات القياسية والكميات المتجهة
٣ـ انواع الحركات
٤ـ السرعة

Scanned by CamScanner

Scanned by CamScanner

٥- التعجيل
٦- حركة المقذوفات

الباب الرابع: الكيناتك الزاوي

١- المسافة الزاوية والازاحة الزاوية
٢- السرعة الزاوية والسرعة المحيطية
٣- التعجيل الزاوي

الباب الخامس: الكينتك المستقيم

١- قوانين نيوتن
٢- القوة
٣- الوزن والكتلة
٤- الدفع وكمية الحركة
٥- الاحتكاك
٦- الشغل والقدرة والطاقة
٧- التصادم
٨- الضغط

الباب السادس: الكينتك الزاوي

١- القوى المزدوجة
٢- الاتزان
٣- مركز الثقل
٤- الثبات
٥- عزم القصور الذاتي
٦- الزخم الدائري
٧- الطاقة الحركية الزاوية

وكذلك المسافة التي يقطعها او الزمن الذي يستغرقه لقطع المسافة، فعلى هذا الاساس تم الاهتمام بطبيعة دراسة الاجسام المقذوفة والعوامل المؤثرة في حركة الاجسام لقطع مسافة معينة او لاداء حركي معين.

تمت دراسة حركة الاجسام الساقطة منذ ان وضع العالم الانجليزي اسحق نيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧) المفاهيم الاساسية للحركة واكتشافه لقانون الجاذبية، على ان الجسم الساقط يتحرك بفعل تأثير الجاذبية الارضية باتجاه مركز الكرة الارضية، ويختلف مقدار الجذب الارضي على الجسم من موقع الى آخر، بناء على ذلك تم التفريق بين الوزن والكتلة (سنتناول هذا الجانب بشكل اكثر تفصيلا في موقع اخر من الكتاب). تطلق على حركة الجسم الساقط الى الاسفل او الصاعد الى الاعلى بأنها حركة تعجيل معين لان سرعته في تغير مستمر سواء اكان اثناء الصعود او النزول، فعلى سبيل المثال عندما ينطلق جسم من الأسفل باتجاه الاعلى وبسرعة معينة فأنه يتحرك بتعجيل منتظم ولكن بشكل تناقصي اي ان سرعته تقل تدريجيا بفعل تعجيل الجاذبية الارضية البالغ -٩,٨ م / ث^{٢} او -٣٢ ق / ث^{٢} او -٩٨٠ سم / ث^{٢} الى ان تصبح سرعته النهائية في اعلى نقطة يصلها الجسم عندئذ تصبح هذه السرعة صفراً. وما ان يبدأ الجسم بالنزول ثانية باتجاه الارض حيث تبدأ سرعته بالازدياد تدريجيا. حيث يكون تعجيل الجاذبية الارضية موجبا في هذه الحالة، فنجد ان اقصى سرعة يبلغها الجسم اثناء النزول قبل ملامسته للارض. لو اخذنا الزمن المستغرق لارتفاع الجسم وبلوغه اعلى نقطة نجد ان ذلك الزمن يساوي الزمن نفسه الذي يستغرقه من اعلى نقطة الى الارض، وعلى ذلك فأن القانون الذي يحد هذه الناحية يمكن التعبير عنه رياضياً بالشكل الاتي:

$$\text{المسافة التي يقطعها الجسم} = \frac{\text{التعجيل الارضي} \times (\text{الزمن})^{٢}}{٢}$$

$$م = \frac{جـ \times ن^{٢}}{٢} \quad \cdots\cdots\cdots (١٤)$$

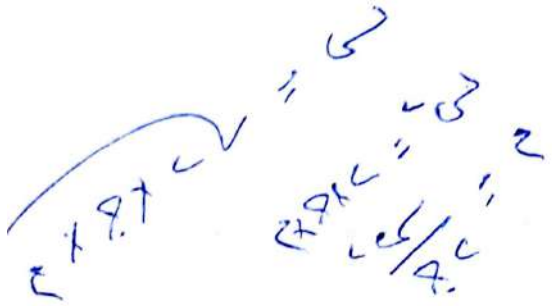
Scanned by CamScanner

فأثناء سقوط الجسم نجد ان المسافات التي يقطعها الجسم في الوحدات الزمنية نفسها تختلف على اساس التعجيل الارضي فنجد انه خلال الثانية الاولى من الحركة باتجاه الارض يقطع الجسم مسافة ١٦ قدماً، بينما يقطع في ثانيتين مسافة قدرها ٦٤ قدماً اما في الثانية الثالثة يكون الجسم قد قطع ١٤٤ قدماً وهكذا. نستنتج مما تقدم ان سرعة الجسم المقذوف اثناء الصعود الى الاعلى او الهبوط الى الاسفل تختلف بفعل الجذب الارضي وكذلك المسافة التي يقطعها الجسم اثناء حركته ويمكن دراسة ذلك من خلال المعادلة الاتية:

السرعة = $\sqrt{\text{٢} \times \text{التعجيل الارضي} \times \text{المسافة المقطوعة}}$

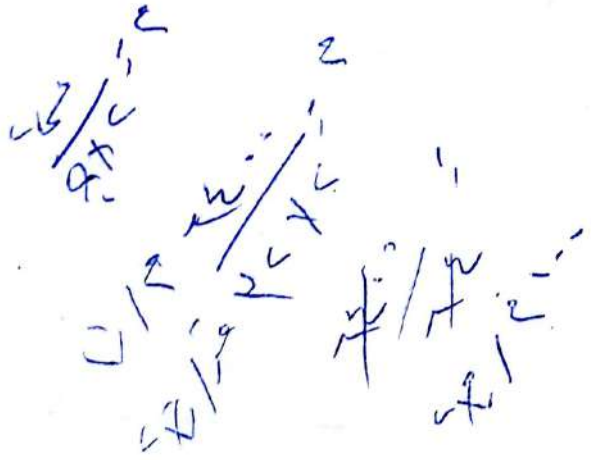
$$\text{س} = \sqrt{\text{٢ جـ م}}$$

$$\text{او م} = \frac{\text{س}^{\text{٢}}}{\text{٢ جـ}} \quad \ldots\ldots\ldots (١٥)$$



مثال:-

كرة تنطلق الى الاعلى بسرعة ٨٠ قدم / ثا احسب اقصى ارتفاع يصله الجسم وكذلك الزمن الذي يستغرقه ؟

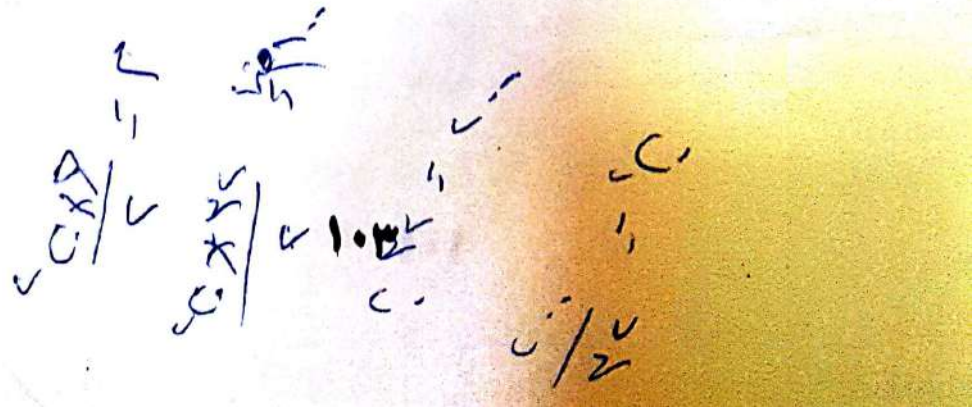


$$= \frac{\text{س}^{\text{٢}}}{\text{٢ جـ}}$$

$$= \frac{(\text{٨٠})^{\text{٢}}}{\text{٣٢} \times \text{٢}}$$

= ١٠٠ قدم اقصى ارتفاع يبلغه الجسم

اما الزمن المستغرق فيمكن استخراجه على النحو الاتي بتطبيق المعادلة (١٤)



Scanned by CamScanner

سجل ارصاد
جاسمت بابكر
كلية التربية الرياضية
٢/٦/٢٠٠١

$$م = \frac{ج\ ن^{٢}}{٢}$$

$$١٠٠ = \frac{٣٢ \times ن^{٢}}{٢}$$

$$ن^{٢} = \frac{٢٠٠}{٣٢}$$

= ٢٫٥ ثانية الزمن الذي يستغرقه الجسم للوصول الى اعلى نقطة.

مثال:-

قافز زانة يسقط باتجاه البساط بعد عبور العارضة بحيث كانت المسافة العمودية بين العارضة والسطح العلوي للبساط ١٨ قدماً فما هي سرعة هبوط القافز عند ملامسته للبساط ؟

$$م = \frac{س^{٢}}{٢\ جـ}$$

$$١٨ = \frac{س^{٢}}{٣٢ \times ٢}$$

س = ٣٢٫٩ قدم / ثا

Scanned by CamScanner

تبرز اهمية دراسة المقذوفات في الحركات الرياضية فنجد ان حركة الثقل او الرمي في فعاليات الرمي وكذلك الوثب العريض والعالي محكمة بقوانين ونظم ميكانيكية معينة فنجد ان العوامل الرئيسة التي تقرر المسافة هي سرعة الطيران وزاوية الطيران. وبشكل عام فأن سرعة الطيران للاداة المقذوفة او الجسم القافز بعد مغادرته الارض تتكون من مركبتين احداهما افقية باتجاه الارض، والاخرى عمودية، ويشكل مع الاولى زاوية قائمة، ونتيجة لوقوع الجسم تحت تأثير الجاذبية الارضية اثناء حركته نجد ان مقدار السرعة العمودية تقل تدريجيا اثناء حركة الجسم في الهواء الى ان تصل صفراً تقريباً، اما مركبة السرعة الافقية فهي على عكس مركبة السرعة العمودية فتبقى بمقدارها نفسه من لحظة مغادرة الارض لحين الهبوط. من هذا المنطلق نجد ان زاوية طيران المقذوف تؤدي دورا كبيرا في تحقيق المسافة، ومن خلال دراستنا للميكانيك وقوانينه التي تحد حركة الاجسام فأن انسب زاوية لانطلاق المقذوف ولتحقيق ابعد مسافة هي زاوية ٤٥° بحيث يكون مستوى الانطلاق بمستوى الهبوط، اما اذا كان هناك تباين بين هذين المستويين فعندئذ تختلف الزاوية، ويعتمد هذا الاختلاف على عوامل عدة، منها الفرق بين مستويات الانطلاق والهبوط، وسرعة المقذوف، ومقاومة الهواء وخاصة في الفعاليات التي تؤدي فيها مقاومة الهواء دوراً كبيراً كما في الرمح والقرص حيث يؤثر شكل الجسم في طبيعة طيرانه فنجد ان الزاوية التي ينطلق بها القرص عندما يرمى باتجاه الريح تكون مختلفة عنها عندما يرمى بعكس اتجاه الريح.

ان تعدد العوامل المؤثرة في المقذوف اثناء انطلاقه وكذلك وجوده في الهواء لابد ان يأخذها الرياضي والمدرب بنظر الاعتبار للحد من التأثير السلبي للقوى والاستفادة من القوى التي تؤثر بشكل ايجابي في الحركة وبالتالي تحقيق افضل مسافة.

من خلال التقدم يمكن صياغة العوامل المؤثرة في طول المسافة التي يقطعها المقذوف وليكن رامي الثقل مثلا بهذا القانون.

$$\text{المسافة} = \frac{(\text{السرعة})^2 \times \text{جا ضعف الزاوية}}{\text{التعجيل}}$$

$$م = \frac{س^2 \times \text{جا } ٢ \text{ الزاوية}}{جـ} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (١٦)$$

Scanned by CamScanner

ملاحظة:- ان تطبيق هذا القانون يمكن اعتماده فقط عندما تكون نقطة انطلاق الجسم بنفس مستوى هبوطه او عندما يشار الى سرعة مركز ثقل الجسم فالمسافة المقصود بها هنا هي المسافة الافقية من نقطة الانطلاق لحين هبوطه مسافة افقية بنفس المستوى.

مثال:-

ينطلق ثقل بسرعة ١٢ متراً / ثا وكانت الزاوية التي انطلق بها تساوي ٤١° احسب المسافة التي سيقطعها الثقل ؟

تطبيق المعادلة رقم (١٦)

$$م = \frac{(١٢)^{٢} \times \text{حا } ٢ \times ٤١^{\circ}}{٩٫٨}$$

$$= \frac{١٤٤ \times ٠٫٩٩٠٣}{٩٫٨}$$

= ١٤٫٥٥ متراً المسافة الافقية التي يقطعها الثقل

ان للزمن الذي يستغرقه المقذوف علاقة وثيقة بالسرعة التي ينطلق بها والمسافة الافقية التي يقطعها وكذلك بالزاوية التي يشكلها مسار المقذوف مع الخط الافقي ويمكن صياغة هذه العلاقة بالشكل الاتي:

$$\text{الزمن} = \frac{\text{ضعف السرعة} \times \text{حا الزاوية}}{\text{التعجيل}}$$

$$ن = \frac{٢ \text{ س} \times \text{حا الزاوية}}{\text{جـ}} \quad \ldots\ldots\ldots (١٧)$$

Scanned by CamScanner

مثال:-

يحطم ثقل المسافة الافقية بين نقطة انطلاقه وهبوطه بفترة زمنية قدرها ٢ ثانية وكانت زاوية انطلاقه مع الافقي ٤٣° احسب مقدار السرعة التي انطلق بها الثقل ؟

تطبق المعادلة رقم (١٧)

$$\frac{\text{٢ س} \times \text{حا ٤٣}}{\text{٩٫٨}} = ٢$$

$$\frac{\text{٢ س} \times \text{٠٫٦٨٢٠}}{\text{٩٫٨}} = ٢$$

س = ١٤٫٣٦ متراً / ثا سرعة انطلاقة الثقل

Scanned by CamScanner

اسئلة للمراجعة

١- عرف الكيناتك ؟

٢- ماالفرق بين المسافة والازاحة ؟

٣- لماذا تعد الازاحة كمية متجهة ؟

٤- اعط ثلاثة امثلة لكميات ميكانيكية قياسية .

٥- عدد انواع الحركات من حيث التقسيم الهندسي

٦- اعط مثالاً للحركة الدائرية في المجال الرياضي .

٧- اي نوع من انواع الحركة تطلق على حركة راكب الدراجة الهوائية .

٨- اذكر انواع الحركات من حيث التقسيم الزمني ؟

٩- اذكر قانون السرعة المتجهة .

١٠- عداء ينطلق من الثبات ويتحرك بتعجيل معين وبعد فترة خمس ثوان تصبح سرعته ١٠ م / ثا احسب المسافة التي يقطعها العداء .

١١- اذكر قانون السرعة اللحظية .

١٢- ماذا يقصد بمحصلة السرع على اساس الاتجاهات ؟

١٣- احسب محصلة سرعة الكرة التي تتأثر بسرعتين متعامدتين ٦ م / ثا، ٨ م / ثا على التوالي.

١٤- احسب محصلة السرعة النهائية لسباح تؤثر فيه سرعتان احداهما ٨ م / ثا والثانية ٥ م / ثا وبينهما زاوية مقدارها ٤٠ درجة.

١٥- حلل سرعة كرة مقدارها ٧ م / ثا تصنع مع الخط زاوية مقدارها ٣٠ درجة الى مركبتيها العمودية والافقية.

١٦- ماذا يقصد بالتعجيل ؟

١٧- ماالفرق بين التعجيل الموجب والسالب ؟

١٨- تبلغ سرعة عداء ٤ م / ثا عند نقطة أ وعند وصوله نقطة ب بعد ثانيتين بلغت سرعته ١٠ م / ثا احسب تعجيل ذلك العداء.

١٩- راكب دراجة ينطلق بسرعة ابتدائية مقدارها ٦ م / ثا وبتعجيل مقداره ٣ م / ثا٢ احسب المسافة التي سيقطعها الراكب بعد ٢٠ ثانية.

٢٠- اذكر قانون التعجيل اللحظي.

Scanned by CamScanner

٢١- يسقط جسم من الاعلى باتجاه الارض وتستمر حركته ثلاث ثوانٍ احسب ارتفاع المسافة التي سقط منها الجسم.

٢٢- يسقط جسم من ارتفاع ٢٠ م احسب سرعته النهائية اثناء اصطدامه بالارض.

٢٣- ماهي العوامل الرئيسة من وجهة النظر الميكانيكية التي تؤثر في مسافة المقذوف ؟

٢٤- قرص ينطلق بسرعة ١٢ م / ثا وبزاوية مقدارها ٣٠ درجة مع الخط الافقي احسب المسافة الافقية التي سيقطعها القرص.

٢٥- من المثال السابق احسب الزمن الذي يستغرقه من لحظة انطلاقه حتى هبوطه.

٢٦- قافز زانة يهبط بسرعة بزاوية ٣٠ درجة مع الخط الرأس وكان مقدار المركبة العمودية للسرعة ١٠ م / ثا احسب مقدار السرعة الأفقية والسرعة المحصلة علماً ان جا ٣٠ = ٠,٥ ، جتا ٣٠ = ٠,٨ .

٢٧- لاعب جمناستك يقفز الى الاعلى بزاوية ٧٠ درجة مع الخط الافقي وكان مقدار المركبة الافقية لسرعة القافز ٢ م / احسب مقدار السرعة العمودية والسرعة المحصلة علماً ان جا ٢٠ = ٠,٣ ، جتا ٢٠ = ٠,٩ .

٢٨- عداء ينطلق بسرعة معينة وبتعجيل ١ م / ثا^{٢} وبعد ٢ ثانية تصبح سرعته ٦ م/ ثا ثم يستمر بحركة منتظمة لمدة ٥ ثانية ثم يستمر بتعجيل سالب ٠,٥ م / ثا^{٢} لمدة ٣ ثانية أحسب المسافة الكلية التي يقطعها العداء وسرعته في نهاية المسافة.

Scanned by CamScanner

الباب الرابع
الكينماتك الزاوي

الكينماتك الزاوي
١- المسافة الزاوية والازاحة الزاوية
٢- السرعة المحيطية والسرعة الزاوية
٣- التعجيل الزاوي

Scanned by CamScanner

الكينماتك الزاوي Angular kinematics

١ المقدمة

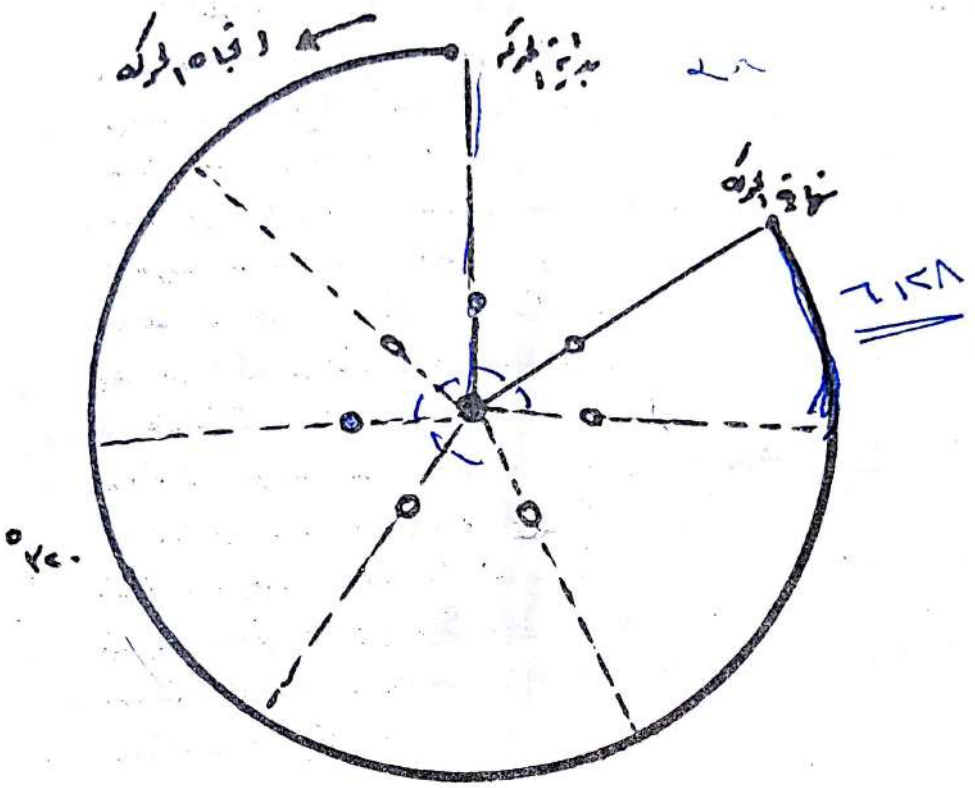
لابد هنا من الاشارة الى الفرق بين طبيعة الحركة الانتقالية اي التي تحدث على خط مستقيم والحركة الدائرية اي التي تكون على شكل دوائر كاملة او جزء من دوائر، يفهم من هذا ان حدوث الحركة الدائرية يشترط بوجود محور للدوران فتعلق اللاعب على العقلة والقيام بارجحات الى الامام والخلف هي عبارة عن حركة دائرية ويطلق عليها احيانا الحركة الزاوية، وقد سبق ان ذكرنا في موضع متقدم من الكتاب بأن المحور الذي تتم حوله الحركة الدائرية اما ان يكون خارج الجسم كما في مثال التعلق على العقلة (العقلة هي محور الدوران) او انَ يكون داخل الجسم كما في دوران الجسم حول نفسه، وعلى اي حال فأن الكميات الميكانيكية كالسرعة والتعجيل اثناء الحركة المستقيمة تختلف عن طبيعة السرعة والتعجيل التي تحدث اثناء الحركة الدائرية (الزاوية) وهذا ماسيتم تناوله اثناء دراستنا لمفهوم الكينماتك الزاوي.

سبق ان تناولنا موضوع السرعة ككمية متجهة وامكن تعريفها بشكل عام بانها العلاقة بين وحدات الطول مقسومة على وحدات الزمن وامكننا تعريف المسافة ككمية قياسية، اما الازاحة فهي كمية متجهة كل ذلك كان خلال الحركة الانتقالية اما اذا درسنا هذه الكميات اثناء الحركة الدائرية فنجد ان هناك اختلافا بين مفهوم علاقة كل من هذه الكميات اثناء الحركتين.

١. المسافة الزاوية والازاحة الزاوية: Angular distance and angular disp

اذا تحرك جسم حركة دائرية حول محور وليكن المحور في هذه الحالة محور خارج عن الجسم كما في حركة الدوران حول العقلة فأن المسافة التي يقطعها الجسم اثناء حركته يمكن حسابها من خلال الفرق بين الوضع الاول الذي ابتدأ منه الجسم حركته، والوضع النهائي الذي وصله، ولكن لايمكن قياس المسافة في هذه الحركة بوحدات الاطوال كالمتر والسنتمتر كما في الحركة الانتقالية بل تحسب المسافة التي يقطعها الجسم بعدد الدرجات التي يتحركها منذ بداية حركته الى نهايتها في الشكل.

Scanned by CamScanner



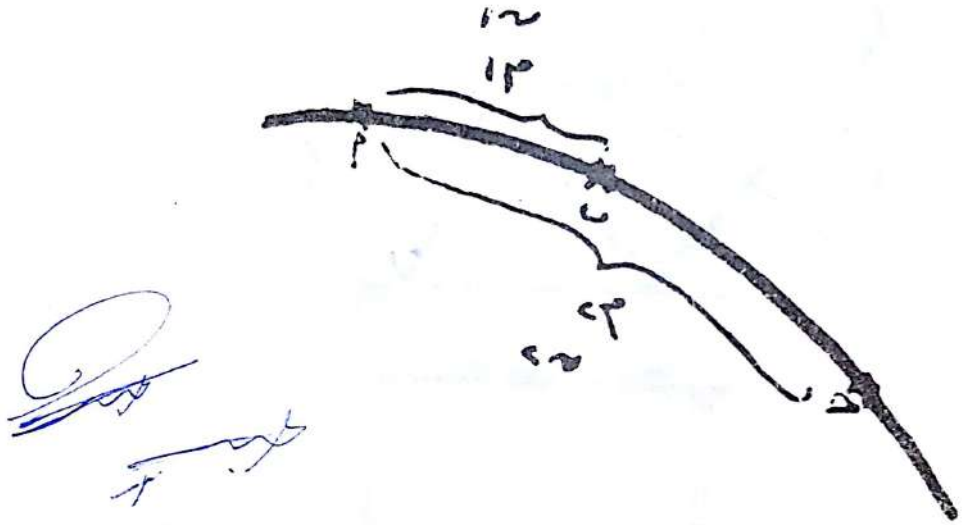
شكل (٤٩)

عند مشاهدتنا لهذا الشكل فأنه لو اكمل لاعب الجمباز دورة كاملة من بداية الحركة والعودة للنقطة نفسها فأنه يكون قد اكمل ٣٦٠° ولكن المسافة التي قطعها اللاعب في هذه الحركة هي اقل من ٣٦٠° ولتكن ٣٢٠° فأن هذه الكمية تعبر عن مقدار المسافة الزاوية التي قطعها جسم لاعب الجمباز.

اما بالنسبة الى مقدار الازاحة الزاوية فبامكاننا الاستدلال عنها من خلال الفرق بين وضعي الجسم في بداية الحركة ونهايتها وهو ٣٦٠-٣٢٠ ويساوي ٤٠°.

٢- السرعة الزاوية والسرعة المحيطية
Velocity and angular velocity

يؤدي مفهوم السرعة دوراً مميزاً في جميع الفعاليات الرياضية سواء في الحركات الانتقالية او الحركات الدائرية فكما علمنا ان قياس سرعة الجسم اثناء الحركة الانتقالية هي عبارة عن المسافة المقطوعة في وحدة زمنية ، وينطبق القول نفسه على المسافة التي يقطعها جسم على منحنى اي سرعة الراكض مثلاً على محيط دائرة ولاستخراج متوسط السرعة لعداء على محيط دائرة فيمكن ذلك من القانون الاتي :



شكل (٥٠)

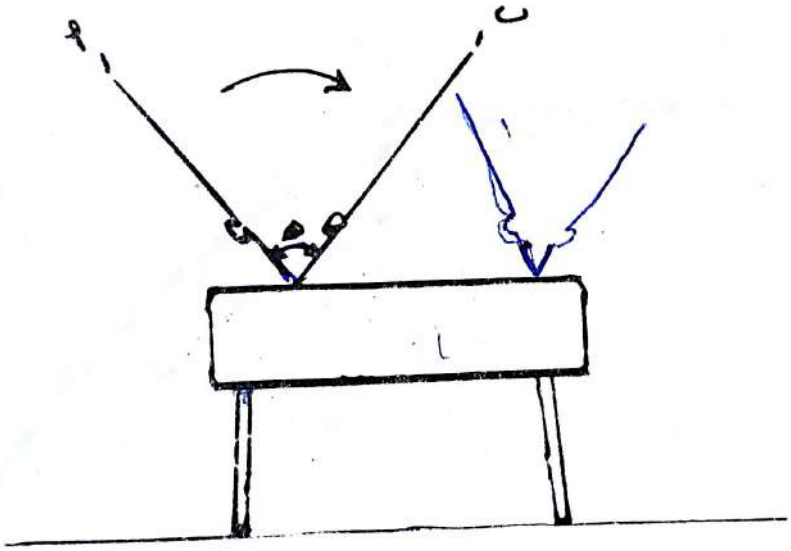
$$\text{السرعة المحيطية المتوسطة} = \frac{م_٢ - م_١}{ن_٢ - ن_١}$$

ويستدعى الامر احياناً ان نعرف السرعة اللحظية للجسم اثناء دورانه على الدائرة مقدار السرعة اللحظية يستخرج بالطريقة التي استخدمت اثناء الحركة الانتقالية

Scanned by CamScanner

$$\text{السرعة المحيطية اللحظية} = \frac{\Delta م}{\Delta ن}$$

من خلال ماتقدم يمكننا تعريف السرعة المحيطية:؛
هي النسبة بين المسافة التي يقطعها الجسم على محيط دائرة الى الزمن المستغرق
ولمفهوم السرعة المحيطية علاقة وثيقة بالسرعة الزاوية، ولتوضيح ماهية السرعة الزاوية يمكننا مشاهدة الشكل



- شكل (٥١)

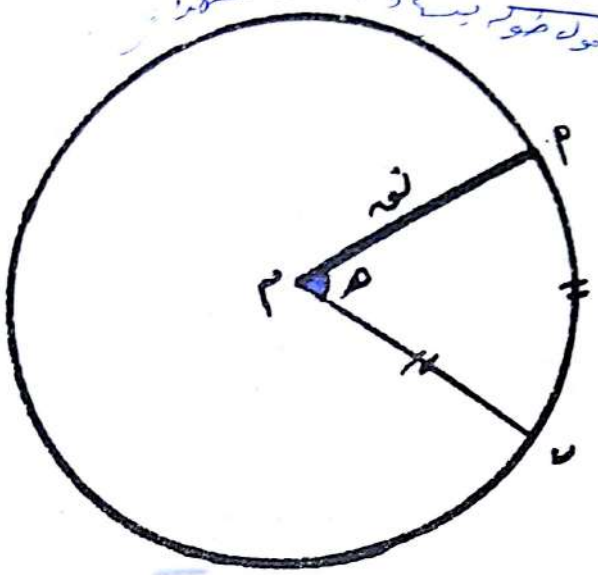
ان انتقال جسم لاعب الجمباز من النقطة أ الى النقطة ب يكون قد قطع زاوية معينة ولتكن هـ ع مبينة بالشكل، فان انتقاله هذا بزاوية معينة وبزمن معين ويطلق على سرعته السرعة الزاوية والتي يمكن تعريفها بالاتي:

(معدل الانتقال الزاوي للجسم)

وللتعبير عن مقدار السرعة الزاوية التي يتحرك بها الجسم او جزءاً منه اثناء الحركة يمكن ذلك من خلال معرفة عدد الدرجات التي يقطعها الجسم في فترة زمنية معينة،

Scanned by CamScanner

ولتوضيح ذلك لابد من معرفة العلاقة بين الوحدات التي تعرف بها السرعة الزاوية. ان دوران الجسم حول العقلة دورة كاملة فأن عدد الدرجات التي يقطعها ذلك الجسم هي ٣٦٠، واذا قطع الجسم جزءاً من محيط الدائرة بحيث يساوي طول ذلك الجزء نصف قطر الدائرة فأن الزاوية المقابلة لذلك الجزء تعرف بزاوية نصف قطرية كما في الشكل



شكل (٥٢)

ويطلق على المثلث أ م ب بالقطاع، وقد وجد ان الدورة الكاملة الواحدة تساوي ٦٫٢٨ قطاعا وعلى هذا الاساس فأن القطاع الواحد يمكن احتساب قيمته بالدرجات ويساوي $\frac{٣٦٠}{٦٫٢٨}$ = ٥٧٫٣٢٤ ويمكن تقريبه الى ٥٧٫٢ درجة.

مثال:-

اثناء رمي المطرقة تدور المطرقة ثلاث دورات افقية بزمن قدره ٢٫٥ ثانية. احسب كم درجة تقطع المطرقة في الثانية وكذلك كم قطاعا في الثانية ؟

بما أن المطرقة تتحرك ٣ دورات فهي تقطع ٣×٣٦٠=١٠٨٠ درجة

عدد الدرجات في الثانية الواحدة ١٠٨٠÷٢ر٥=٤٣٢ درجة

عدد القطاعات في الثانية الواحدة = ٤٣٢÷٥٧ر٣=٧ر٥ قطاع

وللعلاقة بين السرعة الزاوية لجسم اثناء دورانه وسرعته المحيطية اهمية كبيرة في دراستنا للحركات الرياضية التي تتم بشكل دائري، حيث يمكن اشتقاق العلاقة بين السرعة المحيطية والسرعة الزاوية من خلال التتبع الميكانيكي للقوانين الاتية:

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

∴ طول القوس = الزاوية نصف القطرية × نصف القطر

ولكن طول القوس يعبر عن المسافة التي يقطعها الجسم اثناء حركته وبفترة زمنية معينة من خلال المعادلة س = $\frac{\text{م}}{\text{ن}}$ ارجع الى المعادلة ..... (١)

$$\therefore \text{س} = \frac{\text{الزاوية نصف القطرية} \times \text{نصف القطر}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{كانت السرعة الزاوية} = \frac{\text{الزاوية نصف القطرية}}{\text{الزمن}}$$

∴ السرعة المحيطية = السرعة الزاوية × نصف القطر

او س م = س ز × نق ..... (١٨)

من المعادلة الاخيرة يمكن تفسير سرعة حركة كثير من الاجسام عند دورانها على محيط دائرة ومدى علاقة مقدار السرعة التي يدور بها الجسم مع بعد ذلك الجسم عن محور الدوران (نصف القطر). لو اخذنا لاعب الجمباز على سبيل المثال اثناء دورانه على العقلة نجد ان سرعة مفصل الكتف المحيطية اقل من سرعة مفصل الورك والاخيرة ابطأ

Scanned by CamScanner

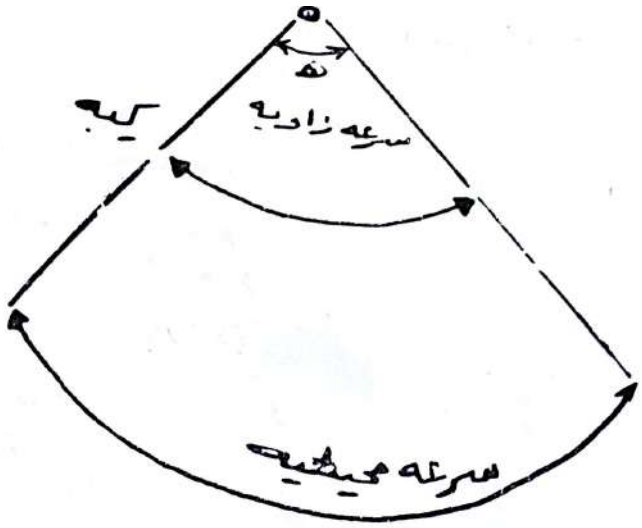
من سرعة مفصل الركبة وهكذا، وهذا ناتج عن الفرق في البعد بين المفصل ومحور الدوران.

مثال:-

لاعب كرة قدم اثناء ضربه للكرة كانت السرعة الزاوية للرجل ٦٠ درجة / ثانية احسب السرعة المحيطية لمفصل الركبة وكذلك السرعة المحيطية للقدم علماً ان البعد بين محور الدوران (مفصل الورك) ومفصل الركبة هو ٤٠ سم والبعد بين محور الدوران والقدم ٨٠ سم ؟.

مفصل الورك (محور الدوران)

Scanned by CamScanner



شكل (٥٣)

يعد البعد بين محور الدوران وكل من مفصل الركبة ومفصل القدم هو نصف القطر فلحساب السرعة المحيطية لمفصل الركبة يكون نصف القطر ٤٠ سم.

∴ س م = س ز × نق

س م = ٦٠×٤٠

= ٢٤٠٠ سم / ثا السرعة المحيطية للركبة

اما سرعة مفصل القدم المحيطية للقدم

س م = ٦٠ × ٨٠

= ٤٨٠٠ سم / ثا السرعة المحيطية للقدم

نلاحظ مما تقدم ان سرعة القدم المحيطية هي ضعف سرعة الركبة وهذا ناشئ عن الاختلاف في بعد المفصل عن محور الدوران. يقودنا هذا الاستنتاج الى تطبيق مبدأ

Scanned by CamScanner

لحالة نصف قطر الدوران في تزداد السرعة المحيطية للجسم الدائر كما في فعالية رمي القرص، حيث يوصى المدربون بمد الذراع الحاملة للقرص اثناء دورانها ابعد ما يمكن ليكتسب القرص اكبر سرعة دائرية قبل انتقاله بشكل مماس اثناء الانطلاق. وعلى هذا الاساس فأن اعتماد هذا المبدأ عند اختيار رامي القرص من حيث المواصفات الجسمية ومدى ملاءمتها لتلك الفعالية يفضل الرامي ذو الذراع الطويلة على الرامي ذي الذراع القصيرة لان الذراع يمثل في هذه الحالة نصف قطر الدائرة التي يدور بها القرص اثناء الدوران.

٢. التعجيل الزاوي Angular acceleration

ان مفهوم التعجيل بشكل عام يعني التغير الذي يطرأ على سرعة الجسم في فترة زمنية معينة وكما أشرنا في دراستنا للتعجيل اثناء الحركات المستقيمة بأنه المعدل الزمني لتغير السرعة اي

$$\text{التعجيل} = \frac{\text{س}_{٢} - \text{س}_{١}}{\text{ن}}$$

أما بالنسبة للتعجيل في الحركات الدائرية فيما ان السرعة يطلق عليها السرعة الزاوية فأن التعجيل يكون عبارة عن الفرق بين السرعتين الزاويتين مقسوماً على الزمن الذي تم فيه هذا التغير.

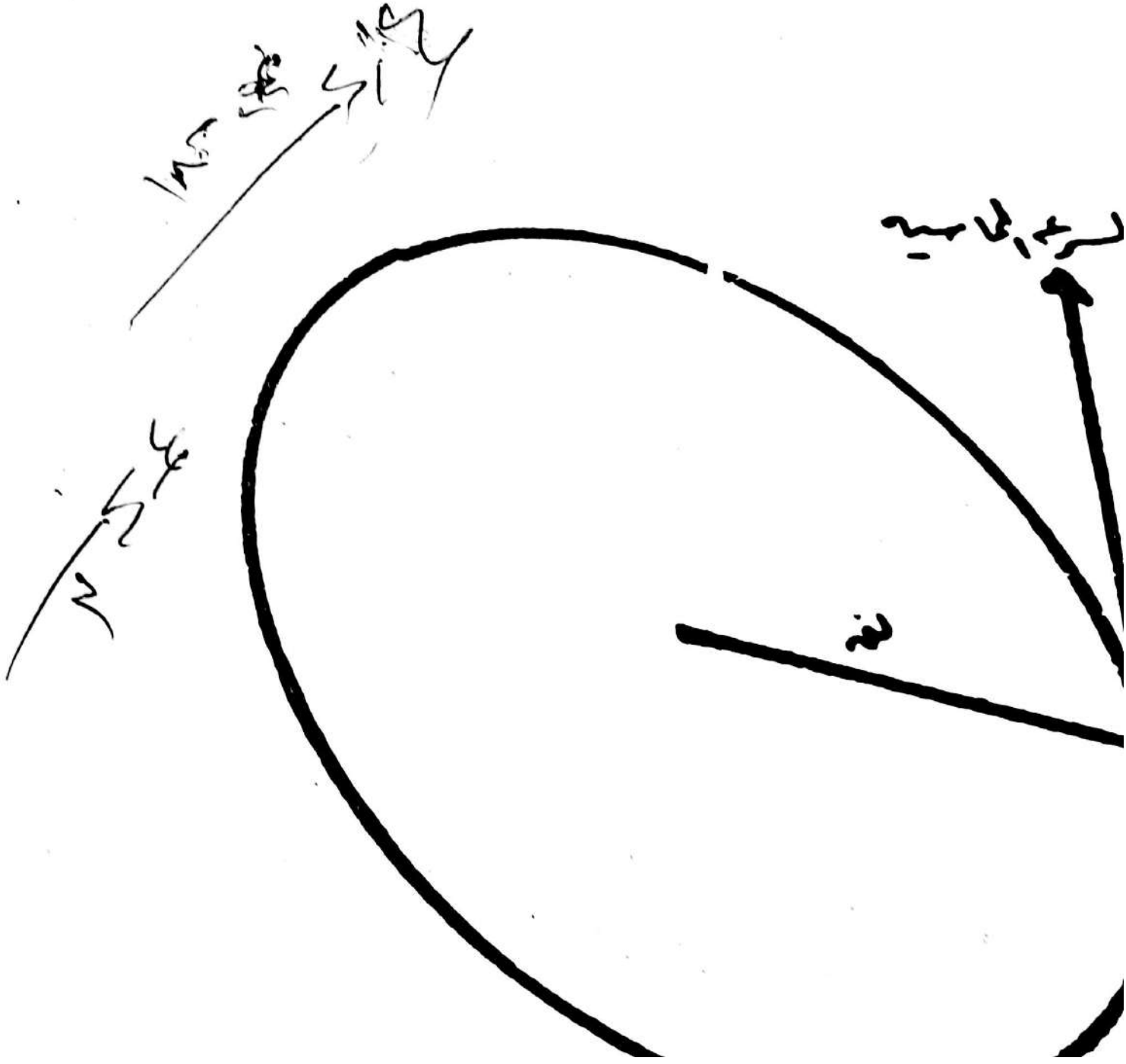
$$\text{التعجيل الزاوي} = \frac{\text{السرعة الزاوية النهائية} - \text{السرعة الزاوية الابتدائية}}{\text{الزمن}}$$

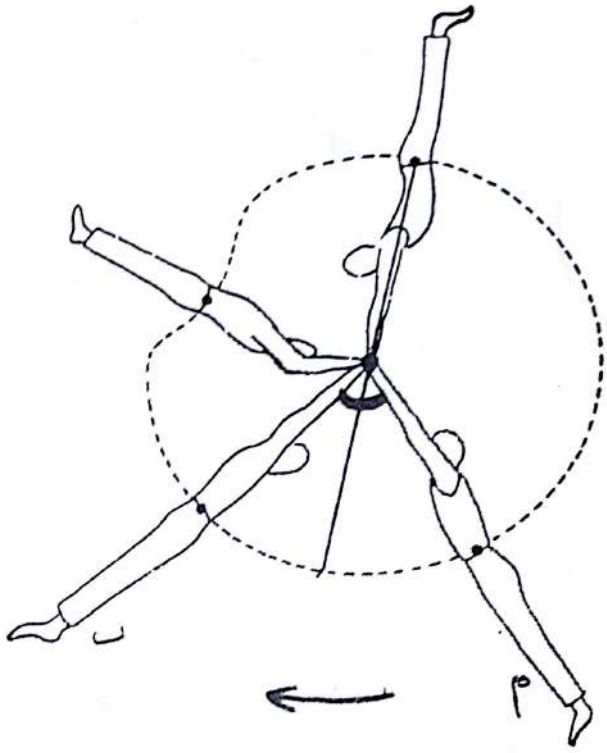
$$\text{ع}_{ز} = \frac{\text{س}_{ز٢} - \text{س}_{ز١}}{\text{ن}}$$

في الشكل ( ) الذي يمثل حركة دوران لاعب الجمناستك حول العقلة فاذا كانت السرعة الزاوية للاعب في نقطة أ تساوي ١٨٠ درجة/ ثا وفي نقطة ب ٢٤٠ درجة/ ثا وكان لهذا التغير في السرعة الزاوية قد حدث في فترة زمنية قدرها ٠,٢ ثا فان التعجيل الزاوي للاعب الجمناستك يساوي :

Scanned by CamScanner

$$\frac{\text{ق}}{\text{س}^{2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١٩)$$



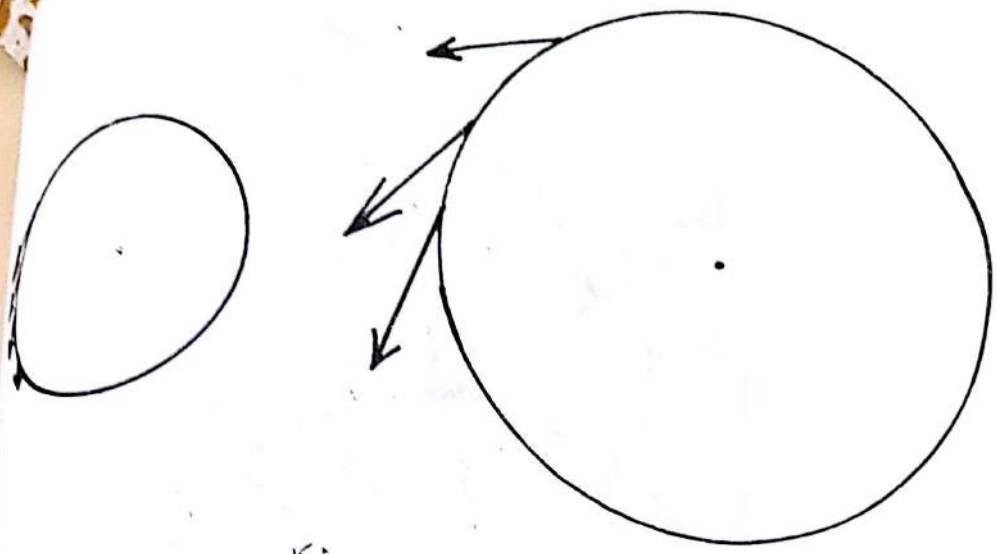


شكل(٤٥أ)

$$ع_{ز} = \frac{٢٤٠ - ١٨٠}{٠,٢} = ٣٠٠ \text{ درجة / ثا}^{٢}$$

ان طبيعة حركة اللاعب بشكل دائري حول محور معين تتأثر بشكل كبير بنصف قطر الدائرة التي يدور حولها فلو تحرك جسمان على دائرتين احداهما كبيرة والأخرى صغيرة وكانا يتحركان بسرعة واحدة نجد ان الجسم الذي يتحرك حول الدائرة صغيرة القطر يعمل على تغيير اتجاهه باتجاه مركز الدائرة بشكل اكثر حدة من الجسم المتحرك على دائرة كبيرة القطر وهذا ناشيء عن طبيعة الاختلاف في انصاف اقطار تلك الدوائر، ومما هو معلوم ان تغيير اتجاه حركة الجسم اثناء دورانه حول محور يؤدي الى اختلاف سرعته لذا يمكننا القول بأن تغيير سرعة الجسم حول الدائرة صغيرة القطر (تعجيل الجسم) اكبر ولهذا يدلنا على ان العلاقة عكسية بين تعجيل الجسم حول دائرة ونصف القطر كما مبين بالشكل.

Scanned by CamScanner



شكل (٥٥)

فيكون مقدار التعجيل المماسي عبارة عن

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

$$\text{ع مماس} = \frac{\text{س٢ - س١}}{\text{ن}} \quad \ldots\ldots\ldots (٢٠)$$

مثال:-

احسب المركبة المماسية لتعجيل قرص بلغت سرعته ٦ متر / ثا في نقطة معينة على محيط الدائرة وبعد فترة زمنية قدرها ٥ر٠ ثانية اصبحت سرعته ١٢ متر / ثا. تطبق المعادلة رقم ٢٠

$$\text{ع مماس} = \frac{٦ - ١٢}{٥ر٠}$$

$$= ١٢ \text{ متر / ثا}^{٢}$$

Scanned by CamScanner

ان استمرار حركة دوران الجسم حول محور ناشيء عن بقاء تأثير القوة التي تجذب الجسم باتجاه المركز مثال بقاء لاعب الجمناستك باتجاه المحور (بار العقلة) وكما ذكرنا سابقاً ان هذا الاستمرار في الحركة وبالاتجاه المعين يتأثر بنصف قطر الدوران لذا فأن مركبة التعجيل التي تتأثر بنصف القطر يطلق عليها التعجيل القطري او العمودي ويمكن التعبير عنه بالمعادلة الآتية :

$$\text{التعجيل القطري (العمودي)} = \frac{(\text{سرعة الجسم المماسية})^2}{\text{نصف القطر}}$$

$$ع_{قطري} = \frac{(س)^2}{نق}$$

ان القانون اعلاه يؤكد عكسية العلاقة بين التعجيل القطري ونصف القطر فلو أخذنا على سبيل المثال حركة القرص اثناء مرجحة الاستعداد للرمي فاذا كانت سرعة القرص في نقطة أكما مبين بالشكل ( ) ٢٠ قدم/ ثا وكان البعد بين مركز القرص ومحور الدوران (مفصل الكتف) ، ٢ قدم حيث يكون هذا البعد بمثابة نصف قطر الدوران فيكون مقدار التعجيل كالآتي :

$$ع_{قطري} = \frac{(٢٠)^2}{٢}$$

$$= ٢٠٠ \text{ قدم/ ثا}^2$$

أما التغيير الحاصل في سرعة القرص على نقطتين متتابعتين على محيط الدائرة التي يتحرك عليها القرص (نقطتين مماسيتين) ينطلق عليه التعجيل المماسي

$$ع_{مماسي} = \frac{س_٢ - س_١}{ن}$$

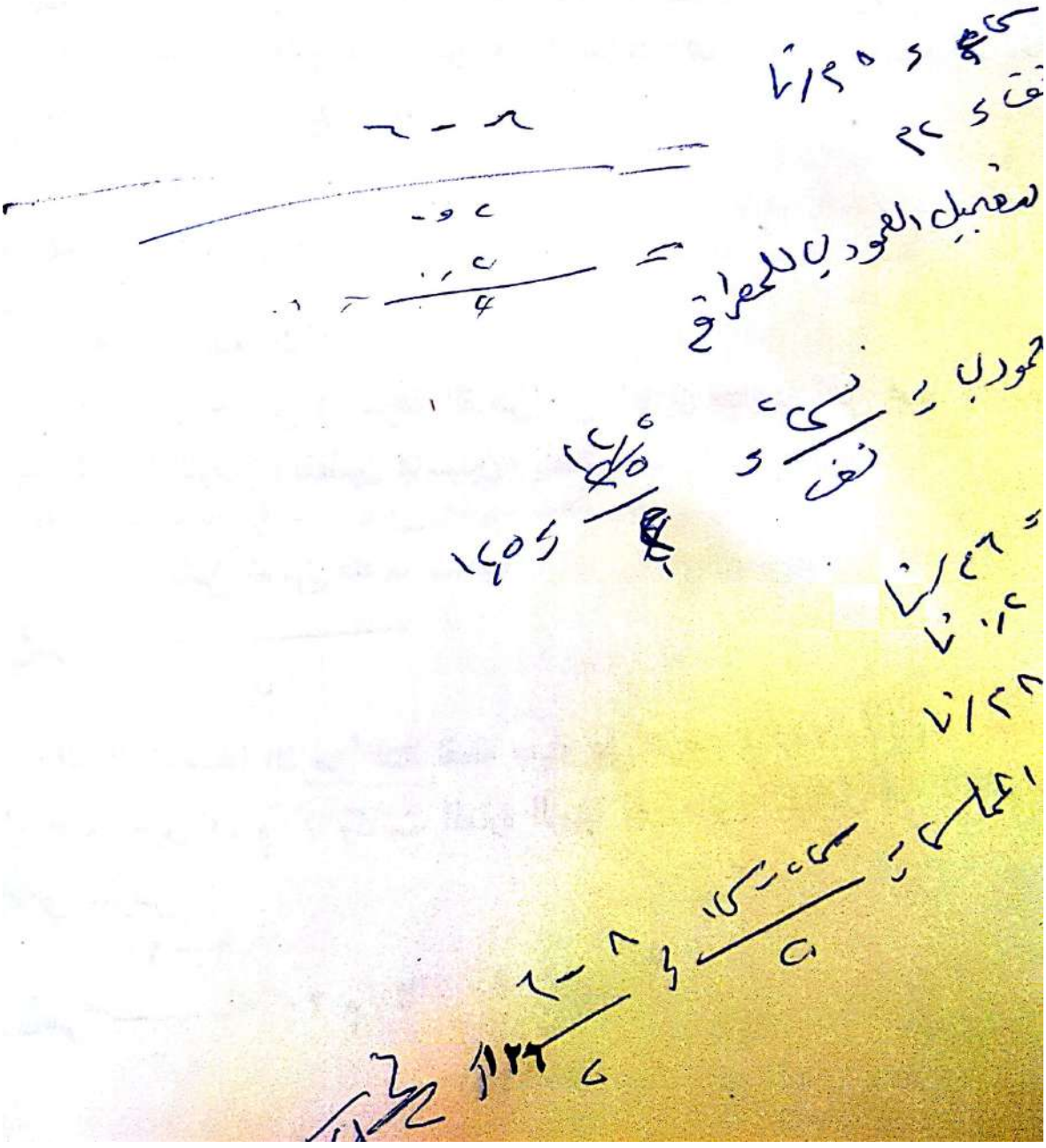
فلو كانت سرعة القرص عند نقطة معينة على محيط الدائرة ٦ م/ ثا وعلى نقطة اخرى في لحظة اخرى ١٠ م/ ثا وكانت الفترة الزمنية بين هاتين النقطتين ٢ـ٠ ثا فان التعجيل المماسي للقرص

$$ع_{مماسي} = \frac{١٠ - ٦}{٠,٢} = ٢٠ \text{ م/ ثا}^2$$

Scanned by CamScanner

اسئلة للمراجعه

١- ماذا يقصد بالكيناتك الزاوي ؟
٢- ماالفرق بين المسافة الزاوية والازاحة الزاوية ؟
٣- ماهي العلاقة بين السرعة المحيطية والسرعة الزاوية ؟
٤- عرف السرعة الزاوية .
٥- قرص يدور دورتين بزمن قدره ثانيتين، احسب عدد الدرجات التي يقطعها القرص في الثانية الواحدة، وكذلك كم قطاع في الثانية الواحدة .
٦- مطرقة بلغت سرعتها على محيط الدائرة التي تدور حولها ٨ م / ثا وكان نصف قطر دوران المطرقة ٢ م احسب التعجيل العمودي للمطرقة.
٧- اثناء دوران القرص بيد الرامي كانت سرعة القرص ٦ م / ثا وبعد فترة زمنية قدرها ٠ر٢ ثا بلغت سرعته ٨ م / ثا احسب التعجيل المماسي للقرص .



Scanned by CamScanner

الباب الخامس
الكينتك المستقيم

١- قوانين نيوتن
٢- القوة
٣- الوزن والكتلة
٤- الدفع وكمية الحركة
٥- الاحتكاك
٦- الشغل والقدرة والطاقة
٧- التصادم
٨- الضغط

Scanned by CamScanner

سبق ان اوضحنا في موضع سابق من الكتاب ماهية الكينتك كقسم من اقسام البايوميكانيك حيث يمكن دراسة الحركة من الناحية الكينتيكية من خلال دراسة القوى التي تؤثر في الحركة وكيفية التعامل مع هذه القوى على اعتبار ان الحركة التي تحدث في المجال الرياضي او في الحياة الاعتيادية هي عبارة عن تأثير متبادل بين القوى الداخلية للرياضي اي قواه الذاتية (العضلية) والقوى الخارجية المتمثلة بقوة الجاذبية الارضية وقوة الاحتكاك وقوة دفع الماء الى غير ذلك من القوى المحيطة بالفرد والتي تؤثر بشكل مباشر في الاداء.

لابد من الاشارة الى ان ضرورة دراسة الحركة من الناحية العلمية تحتمها طبيعة اشتراك عوامل عديدة يؤثر منها سلباً ومنها ايجاباً فهنا تبرز اهمية تحديد العوامل الايجابية التي تساعد على اداء الحركة وبلوغ الهدف المرجو لها بجهد اقل وبطريقة ميكانيكية تتواءم وطبيعة ذلك الاداء والحد قدر الامكان من تأثير القوة السلبية من خلال تغيير اوضاع الجسم مثلا واتباع مسار معين او تحريك الجسم او جزءا منه باتجاه معين. يقودنا هذا الجانب الى ضرورة الالمام المدرب مثلا او المعني بشؤون الحركة بالقوانين الميكانيكية التي تحد الحركة وطبيعة تأثيراتها السلبية والايجابية ومدى تطبيق نواح متعددة هي الميكانيكية والتشريحية والفسيولوجية وغيرها من النواحي التي تحدد طبيعة الاداء لكل فرد وفق امكاناته الشخصية والظروف التي تؤدي فيها الحركة ودرجة صعوبة الحركة المؤداة، لذا نجد ان المعنيين بشؤون الحركة الرياضية وجدوا من الضرورة الاخذ بنظر الاعتبار القوانين الطبيعية مثل قوانين نيوتن للحركة وحالات الاحتكاك التي تحدث بين السطوح المتلامسة اثناء الاداء وطبيعة الطاقة التي يبذلها الرياضي للقيام بحركة معينة.

١. قوانين نيوتن Newton laws

كانت الحركة في الماضي تدرس من قبل العلماء ضمن اطر مختلفة وتفسيرات غير واضحة ولم يبت بها بشكل نهائي ووضع الاسس والقوانين الميكانيكية الاساسية لها الا عند مجئ العالم الانجليزي اسحق نيوتن الذي تمكن من وضع ثلاثة قوانين اساسية للحركة.

Scanned by CamScanner

(ح) قانون

القانون الاول: قانون القصور الذاتي Law of inertia

يرمي هذا القانون الى انه من طبيعة الاجسام اذا تركت في مكان معين وهي ساكنة فسوف تستمر في ثباتها الى مالانهاية مالم تؤثر فيها قوة اخرى لتحريكها او العكس اذا كان الجسم متحركاً فانه يميل الى الاستمرار في حركته اذا لم تحاول قوة اخرى ايقاف حركته او التقليل منها او زيادتها عندئذ يمكننا صياغة هذا القانون بالشكل التالي:

[كل جسم يحاول الاستمرار في سكونه او في حركته مالم تؤثر فيه قوة اخرى لتغيير حالته.

ففي الحياة العامة يمكننا الاحساس بظاهرة القصور الذاتي للجسم فراكب السيارة الذي تعد سرعته هي سرعة السيارة نفسها، فعند توقف السيارة بشكل مفاجئ نجد ان جسم الراكب يستمر في حركته الى الامام ولتفادي ذلك يحاول الاستناد للحد من خطورة استراره الى الامام، وبالعكس عند شروع السيارة بالحركة الفاجئة يميل الراكب الى الرجوع للخلف استراراً في حركة سكونه اما في حياتنا الرياضية فيمكن ملاحظة ظاهرة القصور الذاتي فعداء المائة متر لايمكنه التوقف فجأة الا بعد فترة زمنية وبعد مسافة معينة ويعتمد طول الفترة الزمنية وطول المسافة التي يتوقف فيها على مقدار القوة التي يستخدمها للايقاف، ومن الناحية الاخرى يصعب على قافز العريض ان يقفز الى مسافة وبتكنيك صحيح اذا كانت حركته فجأة من الثبات الى القفز ولكنه يتمكن من اداء الحركة بشكل افضل اذا كانت حركته بعد عدد معين من خطوات الاقتراب.

وللاستفادة من قانون نيوتن وتطبيقه في المجال الرياضي ينبغي علينا معرفة العوامل التي تسهم في التأثير في الحركة فنجد ان مقدار القوة المستخدمة لاكساب جسم سرعة معينة يختلف باختلاف وضع الجسم قبل استخدام القوة فاذا كان الجسم المراد التأثير فيه ثابتا واردنا اكسابه سرعة ٥ م / ثا يتطلب الامر قدراً 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 مايفسر لنا اهمية الحركات التهيدية في كثير من الفعاليات الرياضية.

من العوامل المؤثرة في القصور الذاتي هي كتلة الجسم، فلتحريك الثقل الخاص بالرجال من وضع الثبات يتطلب ذلك قدرا كبيرا من القوة قياسا بالقوة المستخدمة فيما لو اردنا تحريك الثقل الصغير للنساء من الثبات (سيتم تناول هذه النواحي بالتفصيل في مواضيع قادمة من الكتاب) اذ لابد ان نشير الى القارئ الكريم الى ان قوانين نيوتن

Scanned by CamScanner

والخاصة بدراسة الحركة لايمكن ان نفصلها بعضها عن بعض بشكل نهائي بل هناك
ترابط بين القوى التي تؤثر في الحركة انطلاقاً من مبدأ التأثير المتبادل بين القوى
الداخلية والخارجية.

ومن العوامل المؤثرة في القصور الذاتي للاجسام طبيعة الارض او السطح الذي تتم
عليه الحركة، فللتأثير في جسم بكتلة معينة من وضع الثبات ولكي نتغلب على قصوره
الذاتي يتطلب التأثير فيه بقوة معينة اذا كان السطح املس او صقيلاً في الوقت الذي
تكون القوة المطلوبة للتغلب على القصور الذاتي للجسم نفسه اكبر عندما يكون السطح
خشناً او غير مستوٍ.

لقاعدة ارتكاز الجسم واتجاهها اثر كبير في القصور الذاتي للجسم فلتحريك جسم ذي
كتلة معينة وله قاعدة ارتكاز كبيرة يتطلب ذلك قوة كبيرة للتغلب عليه، بينما تكون
القوة المستخدمة اقل فيما لو كانت القاعدة التي يرتكز عليها الجسم نفسه صغيرة، ولتطبيق
هذا المبدأ في كثير من فعالياتنا الرياضية ومنها المصارعة مثلا نجد ان المصارع يحاول دائما
توسيع قاعدة ارتكازه بتوسيع المسافة بين رجليه للتقليل من تأثير القوة التي يستخدمها
الخصم ضده لان الخصم في هذه الحالة يحتاج الى قوة كبيرة لاسقاطه، في الوقت الذي
يمكنه بقوة اقل من تحقيق ذلك فيما لو كانت المسافة بين رجليه صغيرة او يستند على
رجل واحدة، كذلك يؤدي اتجاه قاعدة الارتكاز دوراً كبيراً في تحديد مقدار القصور
الذاتي للجسم فنجد ان توقف الحافلة المفاجئ يؤدي بالراكب ولو بصورة لاشعورية ان
يقدم احدى رجليه الى الامام والهدف من هذا هو الحد من السقوط الى الامام من خلال
توسيع قاعدة ارتكازه وباتجاه الحركة نفسها. اما اذا كانت القوة المؤثرة في الجسم من
الجانب فأن تفادي السقوط والحد من تأثير هذه القوة يتم من خلال توسيع القاعدة بوضع
الرجل جانباً.

قانون نيوتن الثاني (قانون التعجيل) Law of acceleration

ان كل حركة تحدث لابد ان تكون نتيجة تأثير قوة سواء اكانت قوة داخلية او
خارجية والا لما حدثت الحركة ويكون مقدار الحركة الحاصلة متناسبا مع القوة المؤثرة
فكلما كانت القوى المستخدمة كبيرة كانت الحركة الحادثة اكبر والعكس صحيح، ومن
الطبيعي ان اتجاه حدوث الحركة يكون باتجاه القوة المؤثرة نفسه.

ذكرنا عند دراستنا لقانون نيوتن الاول ان الكتلة ترتبط ارتباطا وثيقا بالقصور

Scanned by CamScanner

الذاتي للجسم حيث تعد مقياسا للقصور الذاتي لذلك الجسم، فلو اخذنا على سبيل المثال جسماً بكتلة معينة ويسير بسرعة معينة فأن حاصل ضرب كتلته × سرعته يطلق عليهما كمية حركة ذلك الجسم، فاذا كان الجسم يسير بسرعة س١ ثم اثرنا فيه بقوة حتى اصبحت سرعته س٢

فأن كمية حركته في الحالة الاولى = ك س١

وكمية حركته في الحالة الثانية = ك س٢

ان الفرق بين كمية حركة الجسم في الحالتين تكون كالاتي

كمية الحركة الثانية - كمية الحركة الاولى = ك س٢ - ك س١

ولكن التغيير الذي حدث في كمية الحركة من الحالة الاولى الى الحالة الثانية كان بفعل تأثير القوة فتصبح المعادلة كالآتي:

ق = ك (س٢ - س١)

وحيث ان التغيير الذي حدث في كمية حركة ذلك الجسم في فترة زمنية معينة اي (معدل تغيير كمية الحركة) فتصبح المعادلة السابقة كالآتي:

$$ق = \frac{ك\ (س٢ - س\ ١)}{ن}$$

بما ان $\frac{س٢ - س\ ١}{ن}$ = تعجيل الجسم

∴ يمكننا القول ان القانون النهائي يكون

ق = ك × جـ ..... (٢١)

وبذلك يمكن وضع صيغة قانون نيوتن الثاني كما يلي:

«ان تعجيل الجسم يتناسب تناسبا طرديا مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة»

او:

يتناسب التغيير في كمية الحركة تناسبا طرديا مع القوة المؤثرة وتحدث الحركة باتجاه القوة نفسه.

ان المعادلة (٢١) تعد المعادلة الرئيسة للميكانيك

ويمكن ان تصاغ بشكل اخر

Scanned by CamScanner

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

$$\therefore \text{ق} = \frac{\text{ك} \times \text{س}}{\text{ن}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢٢)$$

مثال:- جسم اثرت فيه قوة مقدارها ١٢٠ نيوتن اكسبته سرعة مقدارها ٦ م / ثا ولفترة زمنية ٣ ثانية. ماهو مقدار كتلة ذلك الجسم ؟

تطبق المعادلة (٢٢)

$$١٢٠ = \frac{\text{ك} \times ٦}{٣}$$

$\therefore$ ك = ٦٠ كغم كتلة الجسم

يمكن الاستفادة من تطبيق قانون نيوتن الثاني في المجال الرياضي في جميع الفعاليات الرياضية وبالشكل الذي يجعل المدرب واللاعب قادرين على تحديد كثير من العوامل التي تؤثر في الاداء وبالتالي على النتيجة. انطلاقا من مبدأ كمية الحركة الذي هو عبارة عن كتلة الجسم × سرعته، نطبق هذا المبدأ على رماة الثقل فأن كمية الحركة التي يمتلكها الرامي كبير الكتلة يتحرك بسرعة ٤ م / ثا يمتلك نفس كمية حركة الرامي صغير الكتلة (نصف كتلة الرامي الاولى) الذي يجب عليه ان يتحرك بسرعة ٨ م / ثا. من هذا المنطلق نجد ان طبيعة الفعالية المعينة ومتطلباتها الميكانيكية تحدد مواصفات الشخص اللائق لها وعلى ضوء القوانين الميكانيكية التي تحكمها يمكنه تحقيق نتائج افضل. لتطبيق هذا المبدأ على فعالية اخرى وهي الاركاض السريعة نجد ان القوة المبذولة من شخص كتلته ٦٠ كغم لقطع مسافة ١٠٠ متر بزمن ١٢ ثانية هي نصف القوة التي يبذلها شخص كتلته ١٢٠ كغم لقطع نفس المسافة بنفس الزمن.

Scanned by CamScanner

مثال :-

احسب مقدار القوة التي يبذلها عداء كتلته ٨٠ كغم لقطع مسافة ١٠٠ متر بزمن قدره ١٠ ثانية ؟ وماهو مقدار القوة عندما تكون كتلة العداء ١٢٠ كغم ؟

لاستخراج سرعة العداء في كلتا الحالتين

$$س = \frac{م}{ن}$$

$$= \frac{١٠٠}{١٠} = ١٠ \text{ م / ثا}$$

القوة التي يبذلها العداء ذو الكتلة ٨٠ كغم

$$ق = \frac{ك \times س}{ن}$$

$$ق = \frac{٨٠ \times ١٠}{١٠}$$

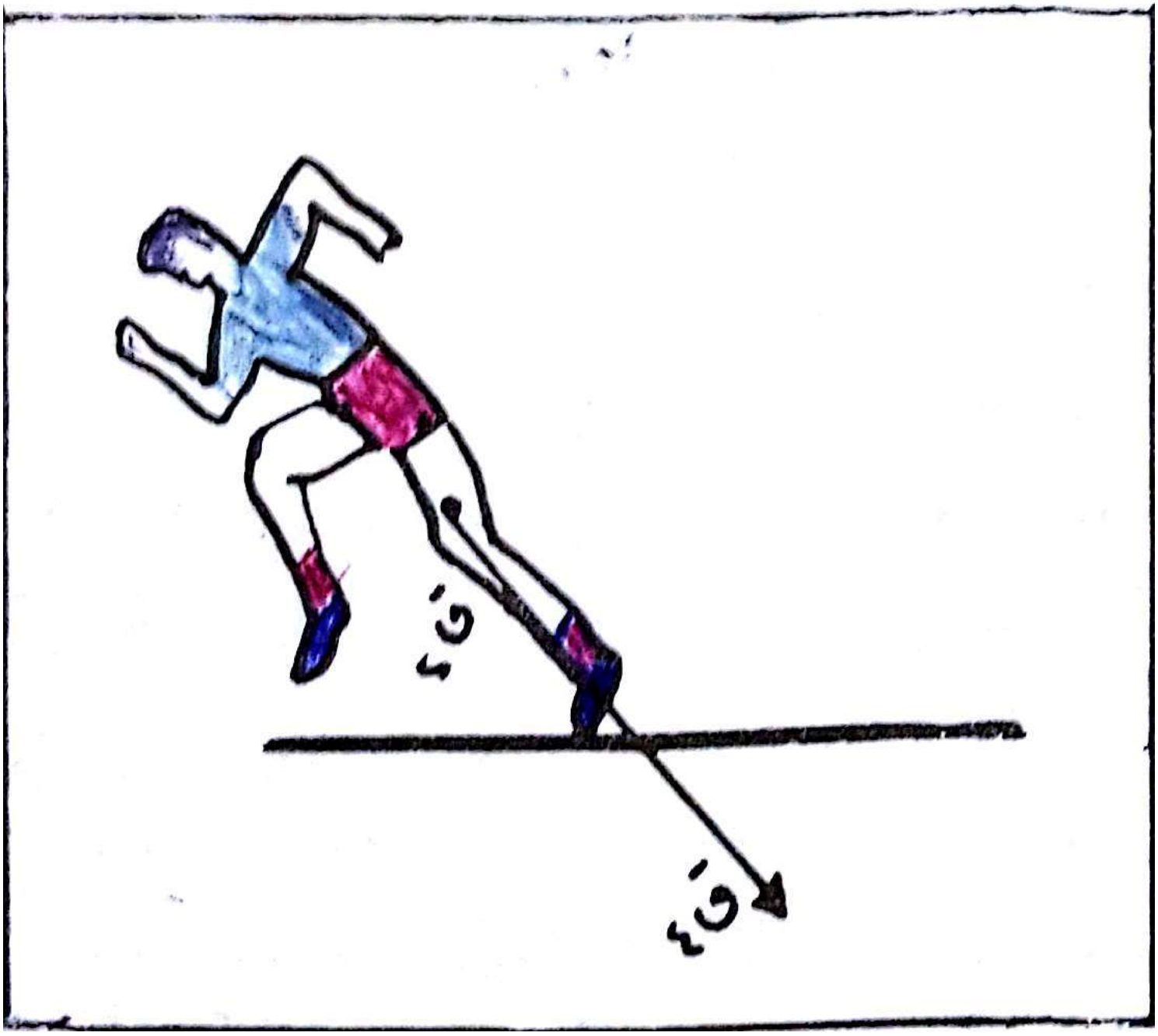
= ٨٠ نيوتن

القوة في حالة العداء ذي الكتلة ١٢٠

$$ق = \frac{١٢٠ \times ١٠}{١٠}$$

= ١٢٠ نيوتن

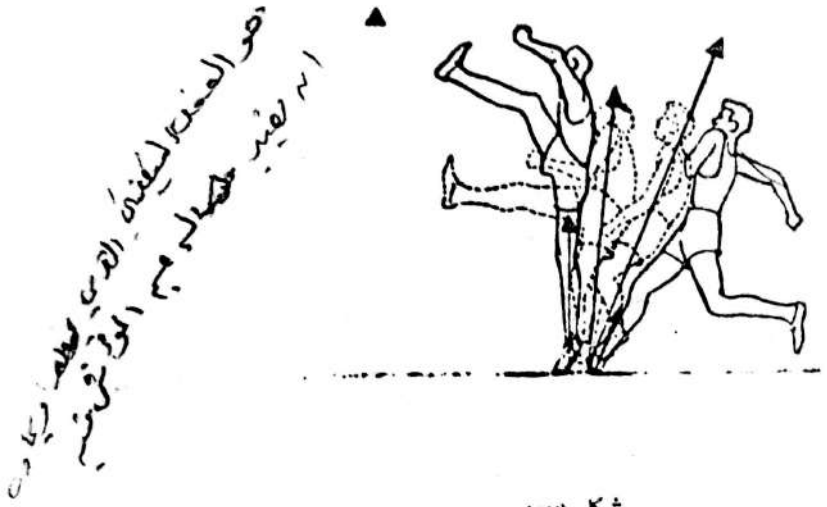
Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner

في جميع الحركات الرياضية ينبغي ان تكون القوى التي يصدرها الرياضي في اتجاه واحد كما يحصل بالمقابل على قوة مضادة من قبل الارض، ففي حركة القفز العالي مثلا وهي حركة ارجحة الرجل الحرة وكذلك ارجحة الذراعين بالاضافة الى الدفع بالرجل الناهضة بما يتناسب وطبيعة المسار الميكانيكي وبالزاوية المعينة باتجاه العارضة.

ذكرنا ان وقوف الرياضي على الارض عبارة عن قوتين متعادلتين هما وزن الجسم باتجاه الاسفل ورد فعل الارض باتجاه الاعلى، فحينما يريد الرياضي القفز الى الاعلى عليه ان يسلط قوة اكبر من وزن الجسم ويعتمد مقدار القوة التي يبذلها الرياضي باتجاه الارض على الارتفاع الذي يريد بلوغه الى الاعلى او بالاتجاه الذي تؤدى فيه الحركة.



شكل (٥٧)

٢- القوة Force

ان مصطلح القوة من المصطلحات الشائعة وكثيرة التداول في مجال التربية الرياضية، حيث نجدها تحتل موقع الصدارة في تسلسل عناصر اللياقة البدنية لجميع الفعاليات سواء اكانت الفردية منها ام الجماعية. لذا يمكن اعتبار القوة ككمية ميكانيكية هي القاسم المشترك الاعظم لعناصر اللياقة التي ينبغي ان يتمتع بها الرياضي. ان القوة التي اشرنا اليها هي القوة الذاتية للرياضي اي قوته العضلية. وحيث ان هذه القوة هي نوع من

Scanned by CamScanner

انواع القوى الكثيرة فنها القوة المغناطيسية والقوة الكهربائية وغيرها من القوى المتعددة الاوجه في الحياة، الا انه حينما ندرس تأثير القوة في الحركات الرياضية ليس فقط من جانب القوة العضلية وانما حدوث الحركة هو عبارة عن تأثير متبادل بين القوى التي تمثل بقوة العضلات والقوى الخارجية المحيطة بالفرد والتي تؤثر بشكل فاعل في مقدار القوة التي يستخدمها الفرد لاداء حركة معينة.

من وجهة النظر الميكانيكية ان حدوث اي حركة يقترن بوجود قوة تحدث تلك الحركة ولكن العكس غير صحيح، حيث يمكن ان تستخدم القوة ولكن من دون حدوث حركة، من هنا يمكننا ان نفرق بين تأثيرات القوة، فهناك التأثير الذي تحدث عنه حركة، ويسمى بالتأثير الديناميكي للقوة ويمكن التعبير عنه بالمعادلة الرئيسة للديناميك من الوجهة الميكانيكية حيث تساوي القوة حاصل ضرب الكتلة × التعجيل والتي سبق ان نوقشت اثناء تناولنا قانون نيوتن الثاني، ويتضح هذا التأثير الديناميكي للقوة كما يحدث عند دفع ثقل او سحب زميل او رمي كرة حيث يكون تأثير القوة ديناميكيا اي انتاج حركة معينة. اما التأثير الاخر فهو التأثير الاستاتيكي الذي لايحدث عنه حركة اثناء استعمال القوة كما في حالة دفع الحائط او محاولة التغلب على ثقل كبير على الارض عندئذ لم تحدث حركة على الرغم من محاولة القوة لتحريك ذلك الجسم او التغلب على قصوره الذاتي.

يمكننا على اساس ماتقدم من تعريف القوة ميكانيكيا:

بـ (الفعل الميكانيكي الذي يغير او يحاول تغيير حالة الجسم المؤثر فيه).

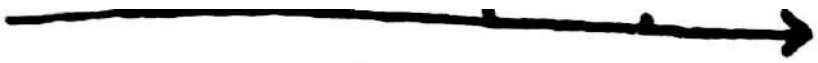
لدراسة القوة ككمية ميكانيكية يجب علينا ان نأخذ بنظر الأعتبار عدة نواح هي مقدارها واتجاهها ونقطة تأثيرها، وتسمى هذه بمواصفات القوة. عندما نقول اننا اثرنا في جسم اخر بقوة لتحريكه فلابد ان يكون هناك وصف كمي للقوة، ففي حالة استخدامنا لقوة للتأثير في جسم وحركته لمسافة ٢٠ سم واستخدمت قوة اخرى للتأثير في نفس الجسم واكسبته حركة لمسافة ٣٠ سم فأن مقدار القوة المسلطة في الحالة الثانية هو اكبر من الحالة الاولى، ولكن مقدار القوة لايكفي للتعريف بها مالم يذكر اتجاهها، لان القوة عبارة عن كمية متجهة كما اوضحنا من قبل، فاذا اردنا القول عند تسليط قوة ١٠٠ نيوتن على جسم فمن المفهوم الميكانيكي لايعبر هذا عن تأثير القوة مالم يتم ذكر الجهة التي اثرت بها القوة وعلى هذا الاساس اذا اردنا المقارنة بين مقدارين للقوة ممثلين بمستقيمات كما في الشكل (٥٨) حيث يعبر طول المستقيم عن مقدار القوة بينما يمثل السهم المؤشر

١- تعريف القوة ميكانيكيا.

٢- انواع القوة ← ديناميكية / استاتيكية

٣- مواصفات القوة ← مقدارها / اتجاهها / نقطة تاثيرها

Scanned by CamScanner



شكل (٥٨)

لستقيم اتجاهها، فنقول ان ق١ مقدارها ٥٠ نيوتن☆ (كل اسم يعادل .
ه الافقي بينما ق٢ مقدارها ٤٠ نيوتن وبالاتجاه الرأسي. اما الصفة الثالث
ة التأثير تؤثر بقوة في جسم لابد لنا من معرفة اين يقع تأثير القوة في
يكه. لنأخذ على سبيل المثال عتلة من النوع الاول تستخدم لرفع ثقل
ك الثقل لابد من استخدام قوة تبعد عن محور الارتكاز بمقدار معين بحيث
أثير القوة تقع على ذلك البعد كما في الشكل

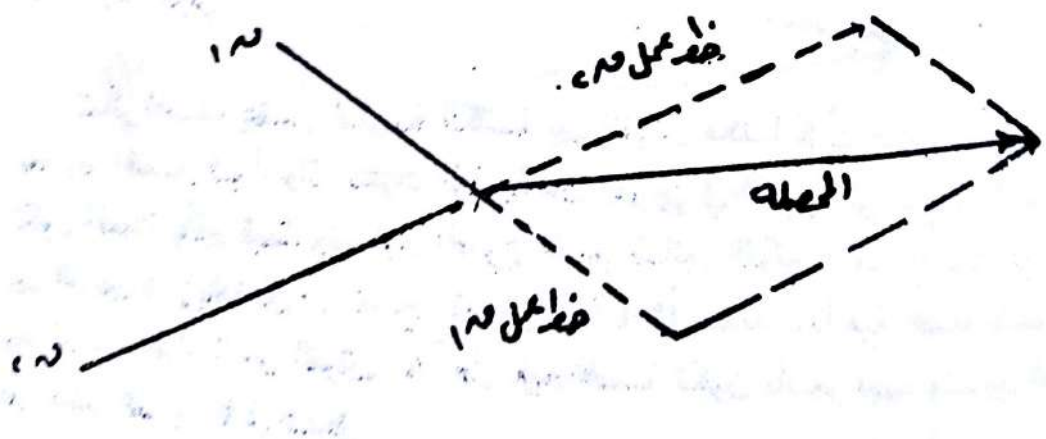
Scanned by CamScanner

من الشكل اعلاه تبين لنا ان نقطة تأثير القوة للتغلب على المقاومة الموجودة تبعد عن محور الارتكاز كما مبين بالشكل. اما عن استخدامنا لمصطلح نقطة التأثير فالنقطة من وجهة النظر الهندسية ليس لها ابعاد بل عبرنا عن اتصال القوة بالجسم المؤثر فيه بنقطة فهو تعبير مجازي، وحيث ان تأثير القوة التي يسلطها لاعب الجمناستك في محور العقلة بكامله الا انه يمكننا ان نفترض ان تأثير قوة اللاعب تتركز في قبضتيه.

جمع القوى Summation of forces

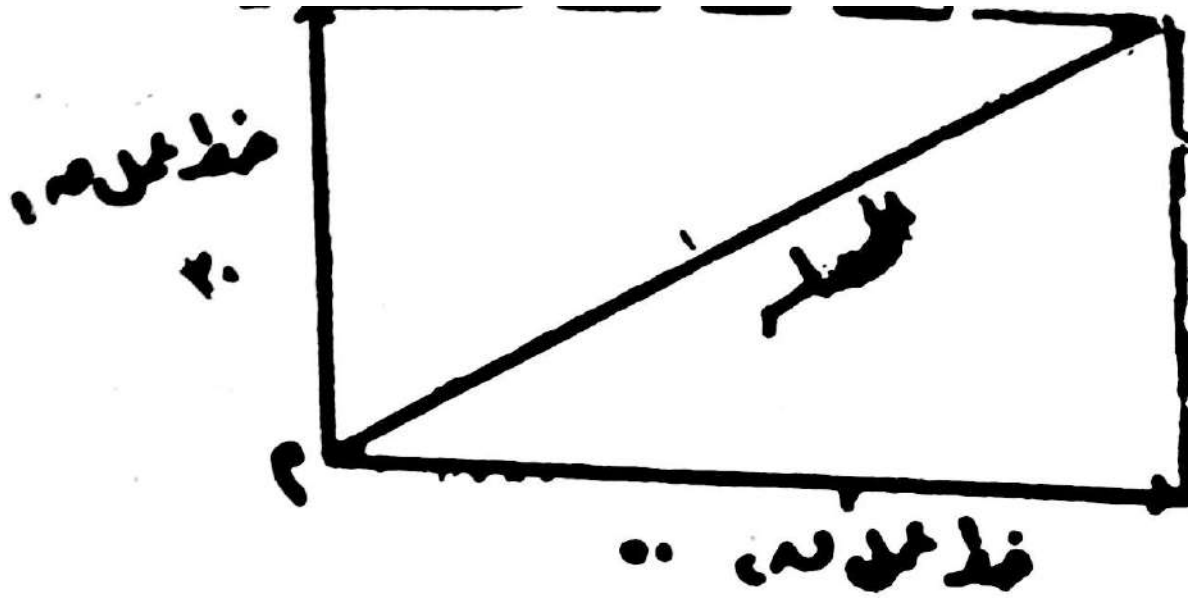
تعتبر القوة كمية متجهة فللتعبير عنها ينبغي ذكر مقدارها واتجاهها فعندما تؤثر اكثر من قوة في جسم فأن محصلتها تساوي المجموع الجبري لها اذا كان لها الاتجاه نفسه. اما اذا كان اتجاه هاتين القوتين متعاكسا، ولكن على خط عمل واحد فأن المحصلة تساوي الفرق بينهما وتحدث الحركة باتجاه القوة الكبيرة وبمقدار الفرق بينهما، وفي حالة تعادل القوى المؤثرة في جسم فأن المحصلة تكون صفراً وهنا يتبين التأثير الاستاتيكي للقوى.

اذا اثرت اكثر من قوة في جسم وبينهما زاوية فأن محصلة هذه القوى يمكن الاستدلال عليها من خلال طريقة (متوازي اضلاع القوى) ففي الشكل (٦٠) تؤثر القوتان ق١ ، ق٢ بمقادير معلومة فأن محصلتهما عبارة عن قطر متوازي الاضلاع لخطوط عمل هذه القوى، ويتم ذلك من خلال رسم خط عمل القوة ق١ من نقطة تأثيرها باتجاهها نفسه وبما يساويها في المقدار والشئ نفسه بالنسب الى ق٢ ثم نكمل متوازي الاضلاع حيث يمثل قطر متوازي الاضلاع محصلة القوى.



شكل (٦٠)

Scanned by CamScanner

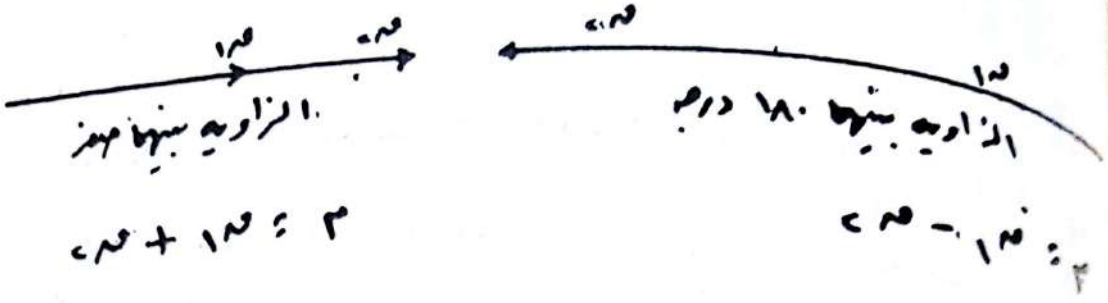


شكل (٦١)

ه عن طريق نظرية فيثاغورس (لان الزاوية قائمة)

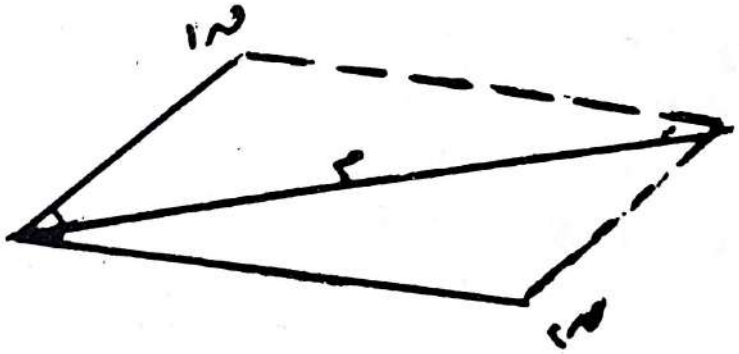
لزاوية الكائنة بين القوتين فكلما كانت الزاوية صغيرة كان
استمرت الزاوية بين القوتين في الصغر حتى تبلغ صفرا، عندئذ
ساوي المجموع الجبري لهاتين القوتين. اما اذا كانت الزاوية

Scanned by CamScanner



شكل (٦٢)

على ضوء ماتقدم فأنه كلما كانت الزاوية بين القوتين صغيرة كانت المحصلة اكبر والعكس بالعكس، فمن خلال القانون الآتي يمكننا حساب القوة المحصلة بناء على مقدار الزاوية المحصورة بينهما كما في الشكل (٦٣) على اعتبار ان ق١ ٢٠ نيوتن، ق٢ ٣٠ نيوتن



شكل (٦٣)

Scanned by CamScanner

$م^2 = ق_1^2 + ق_2^2 + 2 ق_1 ق_2$ جتا الزاوية ..... (٢٣)

فلو فرضنا ان الزاوية بين القوتين تساوي ٣٠ درجة فأن المحصلة

$م^2 =$ ٤٠٠+٩٠٠+٢×٢٠×٣٠× جتا ٣٠☆

م = ٤٨٫٢٩ نيوتن

اما اذا كبرت الزاوية واصبحت ٦٠ درجة فأن المحصلة

$م^2 =$ ٤٠٠+٩٠٠+٢×٢٠×٣٠× جتا ٦٠

م = ٤٣٫٥٨ نيوتن

واذا كبرت الزاوية واصبحت ٨٩ درجة فأن المحصلة

$م^2 =$ ٤٠٠+٩٠٠+٢×٢٠×٣٠× جتا ٨٩

م = ٣٦٫٣٤ نيوتن

☆ ارجع الى جداول الجيب وجيب التمام والظل في اخر الكتاب

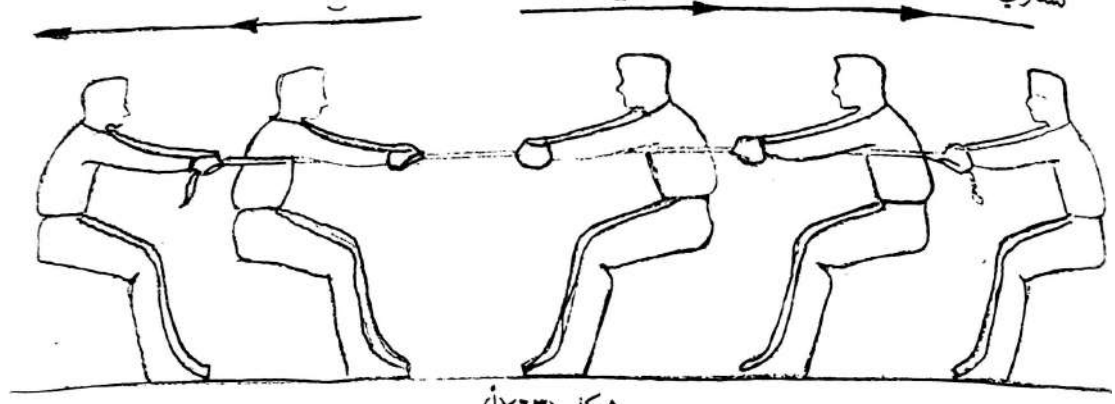
Scanned by CamScanner

تصنيف اتجاهات القوى

كما ذكرنا سابقاً القوة كمية متجهة ان لها مقدار واتجاه وعند حدوث القوة في الفراغ لابد وان تتحدد باتجاه ، وفي الغالب ما تحدث الحركة بأكثر من قوة وقد تكون باتجاه واحد او اتجاهات مختلفة وهذا يعتمد على نوع الحركة المراد اداؤها وطبيعة ظروف الحركة ، وعلى هذا الاساس يمكننا ان نصنف اتجاهات القوى المؤثرة في الحركة كما يلي :

١- قوى على خط عمل واحد

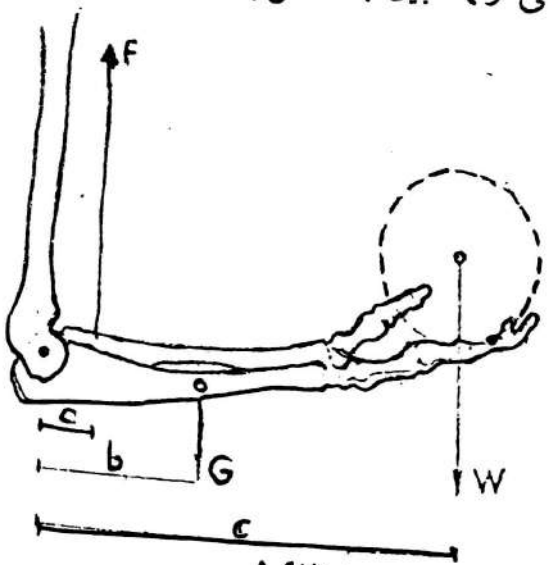
في هذا النوع تؤثر جميع القوى على الجسم بنفس خط العمل وقد تكون باتجاه واحد او باتجاهين مختلفين كما في جر الحبل وفي هذه الحالة يتم التعامل جبرياً مع المحصلة النهائية على اساس الفرق بين القوتين في حالة حدوث الحركة ، أما اذا تساوت القوتان فان محصلتها تساوي صفراً وبالتالي عدم حدوث اي حركة كما في الشكل.



شكل (٦٣)(أ)

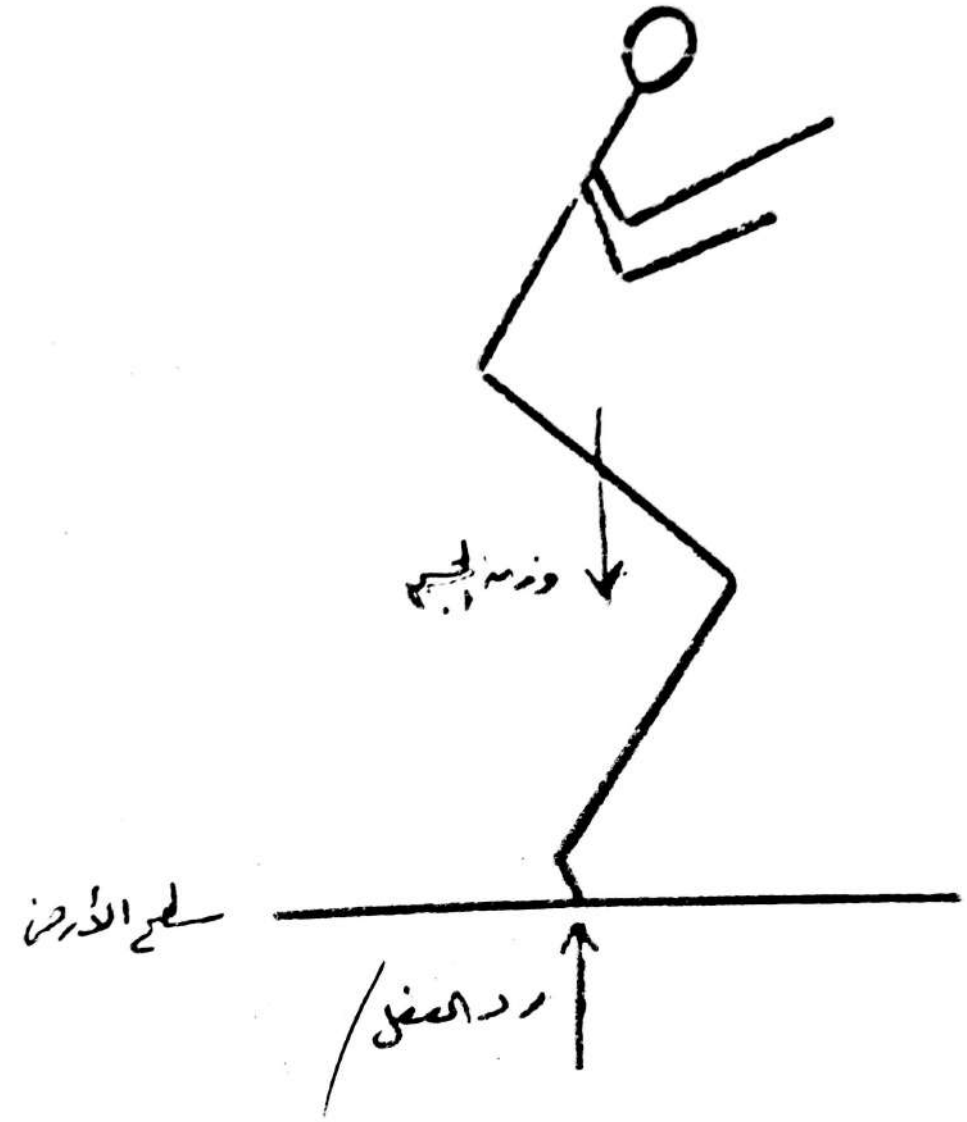
٢- المتوازية

في هذا النوع تحدث القوى بشكل متوازي ولكن ليست على خط عمل واحد كما في حالة رفع ثقل باليد لتحقيق وضع الثبات ، حيث نجد ان اتجاه وزن جزء الجسم مضافاً اليه وزن الثقل تتجه الى الاسفل بفعل الجاذبية الأرضية أما اتجاه القوة المتولدة نتيجة العمل العضلي فيكون الى الاعلى وكما مبين بالشكل.



شكل (٦٤)

Scanned by CamScanner



شكل (٧١)

Scanned by CamScanner

من هذا المنطلق نجد ان قوة رد فعل الارض (ق) تكون اصغر من وزن الجسم في حالة حركة الجسم الى الاسفل اذا اعتبرنا ان تعجيل حركة الجسم الى الاسفل تعجيلا سالبا. اما في حالة تعجيل الجسم الى الاعلى فأن قوة رد فعل الارض تكون اكبر من وزن الجسم وزيادة في الايضاح نضرب المثال الاتي:

قاذر وزنه ١٢٨ نيوتن يدفع الارض بقوة ٢٠٠ نيوتن ليرتفع الى الاعلى احسب تعجيل مركز ثقل الجسم ؟

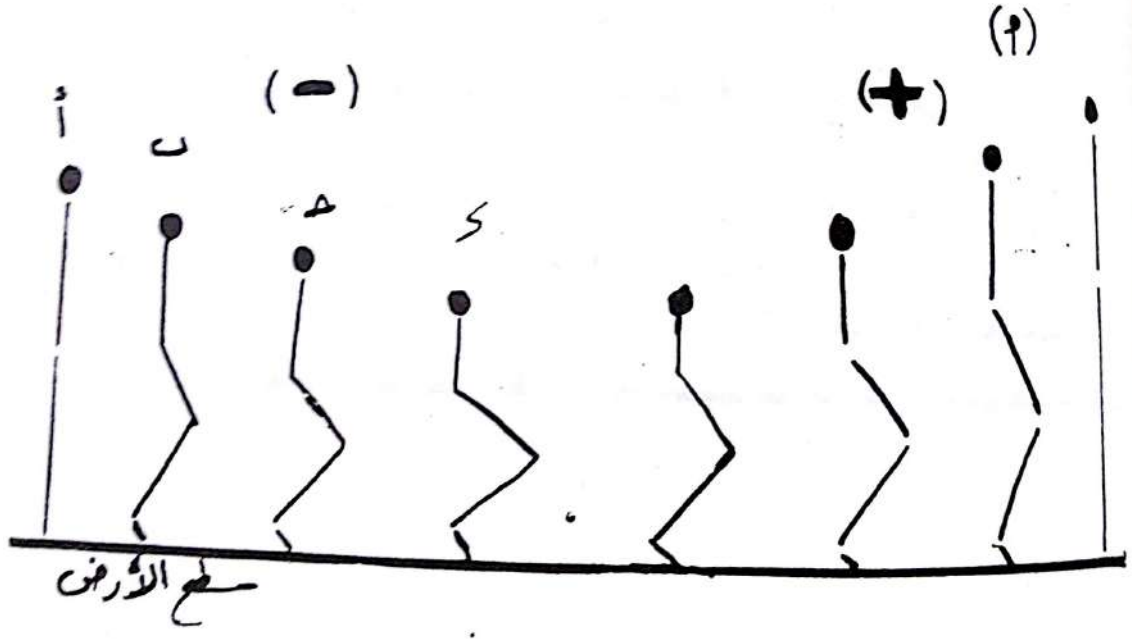
نطبق المعادلة رقم (٢٦)

$$\therefore ٢٠٠ = \frac{١٢٨}{٣٢} \times جـ + ١٢٨$$

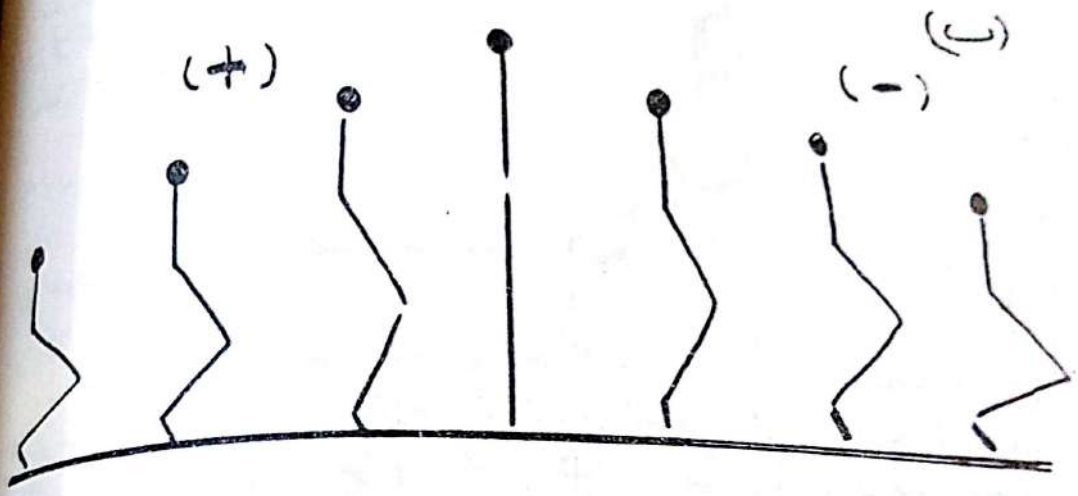
لقد حولنا الوزن الى كتلة بتقسيمه على التعجيل الارضي

$$\therefore جـ = ١٨ \text{ قدم / ثا}^{٢}$$

نستنتج من هذا ان صعود الجسم الى الاعلى عندما تكون القوة المستخدمة ووزن الجسم هي اقل من قوة رد فعل الارض، اما اذا كان العكس وكان اتجاه الجسم الى الاسفل فيكون رد فعل الارض اقل من وزن الجسم. لنأخذ على سبيل المثال هذه الحالات المختلفة:



Scanned by CamScanner



شكل (٧٢)

اما اذا كانت القوة المستخدمة ليست عمودية على الارض وانما بشكل مائل كما في حركة الركض، فأن القوة التي يسلطها العداء على الارض تكون بزاوية معينة عندئذ يمكن تحليلها الى مركبات احدها افقية والاخرى عمودية ونتيجة لهذه القوة نجد ان رد فعل الارض يتحلل ايضا الى مركبتين احداهما افقية تساوي مقدار مركبة القوة الافقية للعداء وتعاكسها بالاتجاه، والاخرى عمودية تساوي مقدار مركبة القوة العمودية للعداء وتعاكسها بالاتجاه كما يوضح ذلك الشكل الآتي:

Scanned by CamScanner

Scanned by CamScanner

عند دراستنا لتحليل حركة الراكض والقوى الخارجية والداخلية المؤثرة فيه نجد ان هناك قوى تعمل بشكل افقي واخرى تعمل بشكل عمودي، وماهذه القوى الا تحليل او مركبات للقوى الاساسية على افتراض ان خط عمل هذه القوى يمر بمركز ثقل الجسم، فنجد ان القوى التي تعمل افقيا هي ق٢ س بالاتجاه الموجب، ق١ س بالاتجاه السالب وكذلك المركبة الافقية لرد الفعل ص بالاتجاه الموجب، ك جـس بالاتجاه السالب☆

بما ان القوتين ر ، ق١ س متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه فيمكننا اهمال قيمتيهما وتبقى القوة الافقية المؤثرة على الشكل الآتي:

ق٢س - ك جـس = صفر

ق٢س = ك جـس

$$\text{جـس} = \frac{\text{ق٢س}}{\text{ك}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (٢٧)$$

حيث يمثل جـس مقدار مركبة التعجيل الافقي للجسم

اما القوى التي تعمل بالاتجاه العمودي فهي ق٢ص ، ر باتجاه موجب اما و ، ق١ص ، ك جـص باتجاه سالب.

وبالطريقة الافقية نفسها يمكن حذف ر ، ق١ص لان لهما القيمة نفسها وتبقى المركبات العمودية على الشكل الآتي:

ق٢ص - و - ك جـص = صفر

$$\text{جـص} = \frac{١}{\text{ك}} (\text{ق٢ص} - \text{و}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (٢٨)$$

حيث يمثل جـص مقدار مركبة التعجيل العمودي للجسم

(☆) ارجع الى كيفية تقسيم الحركة وفق النظام الاحداثي فتكون المركبات التي على يسار واسفل النقطة النسبية سالبة بينما تكون على يمينها واعلاها موجبة.

Scanned by CamScanner

الكتلة = كمية قياسية، يعبر عنها بقيمة ثابت
الوزن = كمية متجهة. = = = + اتجاه
وهي تتغير حسب مكان الجسم

٢. الوزن والكتلة Weight, Mass

كثيرا مانستخدم هذين المصطلحين في دراستنا الميكانيكية للحركات الرياضية فنقول ان هذا الرياضي وزنه ٦٠ وان كتلة هذا الشئ هو ٥٠ فاذا يقصد بالفرق بين هذين المصطلحين من الناحية العلمية.

اوضحنا الفرق في موضع سابق من الكتاب بين الكميات القياسية والكميات المتجهة، فالكمية القياسية هي التي تعرف بالمقدار فقط، اما الكمية المتجهة فلايكفي لتعريفها ذكر مقدارها فقط، بل ينبغي ذكر اتجاهها ايضا فالكتلة هي مثال للنوع الاول اي كمية قياسية، فهي مقدار مايحتويه الجسم من مادة ولاتتغير من موضع الى اخر فهي تعبر عن مقدار القصور الذاتي لذلك الجسم، فحينما نقول ان كتلة العربة وهي فارغة تختلف عن كتلتها وهي مليئة بالحمل، يعبر هذا بشكل غير مباشر عن الفرق بين مقاومة العربة في الحالتين للحركة (قصورها الذاتي). من خواص الكتلة انها تبقى بالمقدار نفسه على الرغم من تغير موضع الجسم، فالجسم الذي كتلته ١٠٠ كغم على سطح الارض يبقى بكتلته نفسها لو ارتفع الى ٢٠٠٠٠ قدم. اما بالنسبة الى الوزن فنجده يختلف عن الكتلة فيعتبر كمية متجهة اي (مقدار واتجاه) ويختلف وزن الجسم من موقع لاخر، فوزن الجسم على سطح الارض يختلف عن وزنه وهو على سطح القمر، او هناك فرق في وزنه بين القطب وخط الاستواء. لو ادركنا ماهية الفرق بين وزن الجسم نفسه في مواضع مختلفة الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر (نقطة نسبية) فأن الفرق يتأتى نتيجة اختلاف قوة الجاذبية الارضية لذلك الجسم، فتكون قوة الجاذبية الارضية (تعجيل الجاذبية الارضية) عند سطح البحر اكبر منه عند المرتفعات العالية، وانطلاقا من قانون نيوتن الثاني فأن المعادلة (٢١) تصبح كالاتي:

$$و = ك \times جـ \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (٢٩)$$

نستنتج من ذلك ان كتلة الجسم نفسه لها اوزان مختلفة باختلاف تعجيل الجاذبية الارضية، اي يمكننا ان نقول باختصار ان وزن الجسم هو مقدار قوة الجذب الارضي على ذلك الجسم.

اما بالنسبة الى الوحدات التي تعرف بها كل من الكتلة والوزن فوجدنا من الاهمية الاشارة الى الاختلاف بين تسميات الوحدات قديما وحديثا، او حسب النظم المستخدمة

Scanned by CamScanner

نظام الوحدات	القوة	الكتلة
النظام الانكليزي		
ق . ب . ث	باوند	سلاك
النظام المتري		
م . ك . ث	نيوتن	كيلوغرام
اجزاء النظام المتري		
سم . غ . ث	داين	٠٠ م

Scanned by CamScanner

٤- الدفع وكمية الحركة Momentum, Impulse

سبق ان عرفنا كمية حركة الجسم بأنها عبارة عن حاصل ضرب كتلته × سرعته ونقول ان كمية الحركة التي تمتلكها مطرقة كتلتها ٢٠ كغم وبسرعة ١٠ م / ثا هي نصف كمية حركة المطرقة نفسها فيما اذا تحركت بسرعة ٢٠ م / ثا. انطلاقا من قانون نيوتن الثاني، فأن التغير في كمية حركة الجسم تحدث بفعل تأثير القوة (ارجع الى قانون نيوتن الثاني)، ومن الطبيعي ان تأثير القوة يحدث في فترة زمنية معينة. لو اثرنا في جسم بقوة مقدارها ١٠٠ نيوتن وكان زمن فعل التأثير هو ٢ ثانية فأن الجسم سيتحرك بكمية حركة معينة (بزخم معين)، ولو اردنا ان نكسب الجسم نفسه كمية الحركة الاولى نفسها ولكن بزمن فعل قدره ثانية واحدة فعندئذ يجب ان نضاعف مقدار القوة او العكس اذا اردنا ان نستخدم قوة تأثيرية مقدارها ٥٠ نيوتن ففي هذه الحالة ينبغي ان يطول زمن تأثير القوة ليصل الى ٤ ثوان من هذا المنطلق نجد ان القوة التي تؤثر في فترة زمنية معينة يطلق عليها ميكانيكيا مصطلح الدفع او دفع القوة (Impulse) اي

دفع القوة = القوة × الزمن

الدفع = ق × ن ..... (٣٠)

ولما كان التغيير في كمية الحركة هو ناتج عن تأثير القوة الحادثة في زمن معين حيث يمكننا اشتقاق ان دفع القوة = التغيير في كمية الحركة

من المعادلة ٣٠ نحصل على

الدفع = ك × جـ × ن لان ق = ك × جـ

$$= ك \times \frac{ع_2 - ع_1}{ن} \times ن$$

لان

$$جـ = \frac{ع_2 - ع_1}{ن}$$

∴ الدفع = ك (ع٢ - ع١)

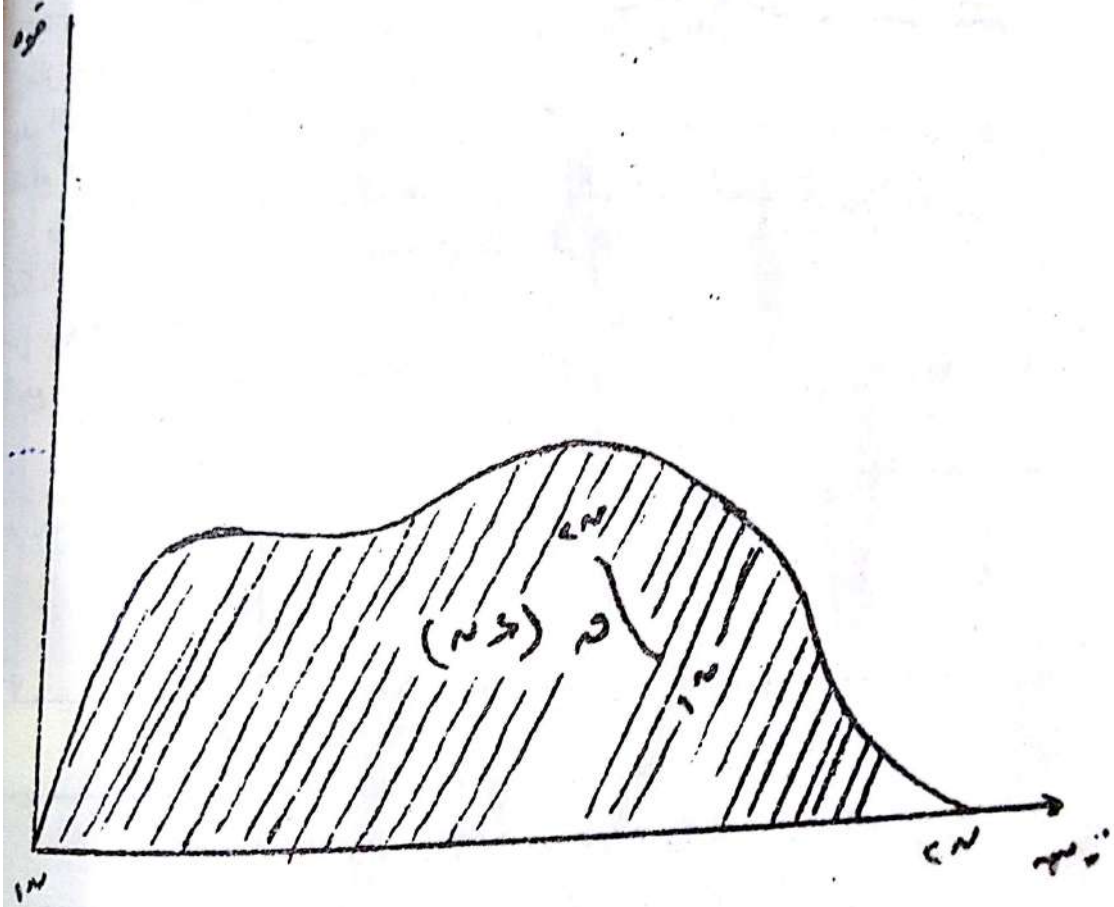
اي ق × ن = ك (ع٢ - ع١)

Scanned by CamScanner

فاذا حصل ان اثرت القوة في الفترة الزمنية مابين ن١ ، ن٢ على جسم فان القانون يصبح كالاتي:

$$\int_{ن١}^{ن٢} ق\,(ن٢ - ن١) = ك\,(س٢ - س١) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (٣١)$$

يحدث هذا في الحركات الرياضية لان تغير مقدار القوة يحدث باستمرار وفي فترات زمنية متقاربة حيث يمكننا بيانياً توضيح مقدار قوة الدفع الزمنية او مايطلق عليه منحنى القوة ـ الزمن من الشكل الآتي:



شكل (٧٤)

تمثل د ن الفرق بين ن٢ ـ ن١

Scanned by CamScanner

يمكننا من الشكل السابق ان نستنتج ان مقدار القوة الزمنية لاي قوة هي عبارة عن المساحة المظللة التي تقع تحت المنحنى من نقطة ن١ الى ن٢.

قانون حفظ كمية الحركة (الزخم)

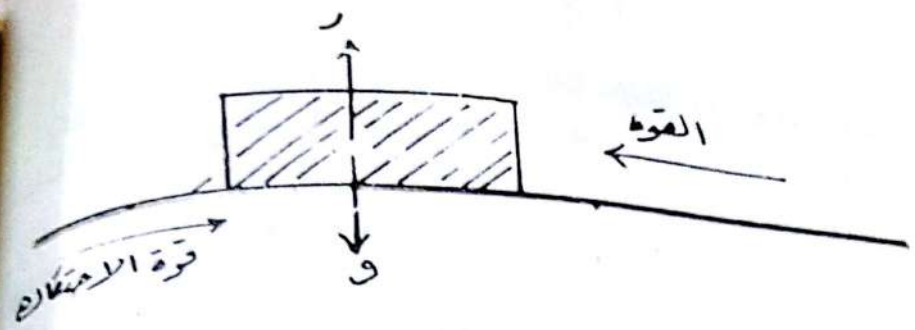
يرمي هذا القانون الى ان كمية خركة الاجسام عند تأثيرها بعضها في بعض تكون ثابتة دائما، وانطلاقا من قانون نيوتن الثالث (الفعل ورد الفعل) وحدث ان اثر جسم له كمية حركة معينة في جسم اخر بكمية حركة معينة فأن الفعل سيقابل برد فعل مساوي له مقدارا ويعاكسه اتجاهاً، وبما ان قانون نيوتن الثاني ينص على ان التغير في كمية الحركة في وحدة زمنية يساوي القوة المؤثرة في الوحدة الزمنية نفسها يمكننا القول اذن ان تغير زخم الجسم الاول في الفترة الزمنية المحددة يساوي ويعاكس تغير زخم الجسم الثاني في الفترة الزمنية نفسها.

ان كمية الحركة هي من الكميات الميكانيكية المتجهة اذ ان مايفقده الجسم من زخم في اتجاه معين يساوي الزخم الذي يكتسبه الجسم الثاني في الاتجاه المعاكس، من هذا المبدأ يمكن القول ان كمية حركة الاجسام الكلية عند تأثيرها بعضها في بعضها يكون ثابتا وهذا مايعرف بقانون حفظ او بقاء الزخم.

٥. الاحتكاك Friction

يؤدي الاحتكاك دورا كبيرا في حياتنا العامة وفي الحركات الرياضية بشكل خاص فلولا وجود الاحتكاك بين اجسامنا والاجسام الاخرى لما امكننا من حمل الاشياء لاداء فعل معين او المشي او الركض او القفز. ان مفهوم الاحتكاك كقوة ميكانيكية تعمل دائما بشكل معاكس لاتجاه الحركة او لاتجاه تأثير القوة المستخدمة لتحريك الجسم كما في الشكل

Scanned by CamScanner



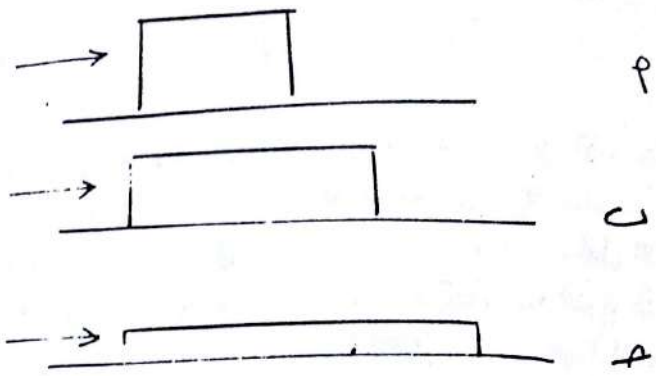
شكل (٧٥)

ان الجسم الموضوع على سطح يؤثر في ذلك السطح بفعل وزنه وعلى هذا الاساس فأن السطح يرد على الجسم بقوة مساوية بالمقدار ومعاكسة في الاتجاه وهي قوة رد الفعل، لذا فأن محاولة تحريك ذلك الجسم افقيا بموجب القوة المؤثرة في الشكل اعلاه عندئذ تنشأ قوة تعاكس القوة المستخدمة وتسمى هذه القوة الموجودة بين الجسم والسطح بقوة الاحتكاك، فلتحريك الجسم باتجاه القوة يجب ان يتم التغلب على قوة الاحتكاك كي تحدث الحركة، وهناك عوامل عديدة تؤثر على الاحتكاك فنجد ان رمي كرة على سطح املس صقيل ستستمر في حركتها الى مسافة طويلة اما اذا رميت الكرة نفسها وبكمية حركتها في البداية ولكن على سطح خشن فنجد ان الكرة ستتوقف بعد فترة قصيرة وهذا ناشئ عن طبيعة زيادة قوة الاحتكاك بين الكرة والسطح الخشن. يقودنا هذا الى مبدأ حينما نريد تقليل او زيادة قوة الاحتكاك وفق الهدف المطلوب من الحركة، فنجد ان لاعب الجمناستك يحاول قدر الامكان تقليل الاحتكاك بين اليدين وبأثناء العتلة من خلال استعماله لمسحوق المغنيسيوم لسهولة انزلاق اليدين على البار اثناء الدوران. ومن ناحية اخرى يستخدم القافز بالزانة بعض المواد الكيمياوية واللاصقة. فيضعها على موضع القبضة والهدف من هذا هو زيادة الاحتكاك بين القبضة وعمود القفز، وهناك امثلة كثيرة في مجالنا الرياضي تتناول العمل على تقليل الاحتكاك او زيادته بالشكل الذي يتلاءم وميكانيكية الحركة المؤداة.

اذا اثرنا في الجسم شكل (٧٤) بقوة مقدارها ٥٠ نيوتن مثلا وبدأ الجسم في الحركة ثم غيرنا من شكله الى اشكال عدة بحيث تكون مساحات اتصالها مع السطح مختلفة فنجد ان القوة المؤثرة ستبقى كما هي اي لاتتغير بتغير مساحات السطوح المتلامسة (على شرط

Scanned by CamScanner

ان تكون السطوح المتلامسة جافة اما اذا كان احد السطحين مبللاً او مزيتاً فلا ينطبق هذا الكلام).



شكل (٧٦)

نستنتج من هذا ان قوة الاحتكاك لاتتغير بتغير المساحة، ولكن تتغير قوة الاحتكاك بتغير الوزن وبالتالي يؤثر في مقدار القوة المستخدمة لتحريك ذلك الجسم، فأن قوة الاحتكاك بين جسم وزنه ٢٠٠ نيوتن وسطح معين هي اكبر من قوة الاحتكاك في جسم وزنه ١٥٠ نيوتن وعلى السطح نفسه وبهذا يمكننا ان نحدد العلاقة بين قوة الاحتكاك ومقدار الضغط الذي يولده الجسم على السطح (وزن الجسم) بما يسمى معامل الاحتكاك.

$$\text{معامل الاحتكاك} = \frac{\text{قوة الاحتكاك}}{\text{مقدار الضغط الذي يسلطه الجسم على السطح (الوزن)}}$$

قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك × الضغط

$$ق = U \times و \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٣٢)$$

Scanned by CamScanner

مثال:-

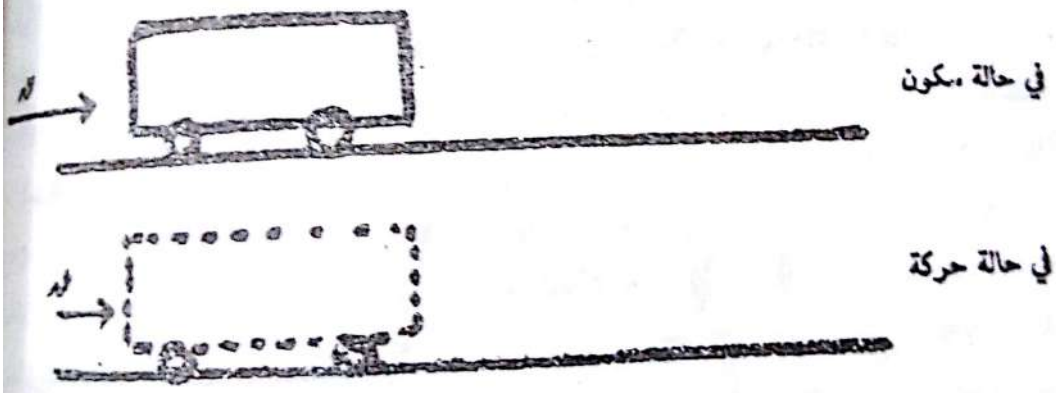
احسب معامل الاحتكاك بين جسم وزنه ١٠٠ نيوتن وكانت القوة المطلوبة لتحريكه بالاتجاه الافقي تعادل ٨٠ نيوتن ؟

تطبق المعادلة رقم ٣٢

$$٨٠ = ق \times ١٠٠$$

$$\therefore ق = \frac{٨٠}{١٠٠} = ٠,٨ \text{ معامل الاحتكاك}$$

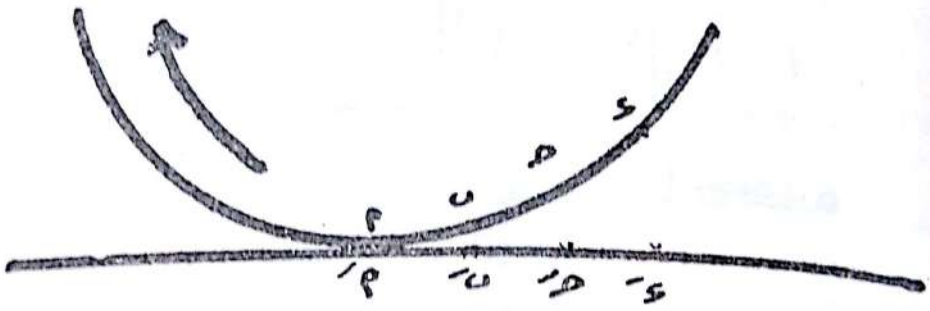
فللتأثير في جسم وتحريكه باتجاه معين نجد ان معامل الاحتكاك يختلف فيما اذا كان الجسم ساكنا او متحركا فاذا كان الجسم المراد تحريكه في حالة ثبات عندئذ يكون معامل الاحتكاك اكبر مما لو كان الجسم في حالة حركة حيث يسمى معامل الاحتكاك في الحالة الاولى بالاحتكاك الشروعي اي عند الشروع بالحركة، اما النوع الثاني فهو معامل الاحتكاك الانزلاقي حيث تكون قيمة المعامل الاول اكبر من قيمة المعامل الثاني وهذا مايمكن استنتاجه عمليا عند دفع عربة لتحريكها بسرعة ٢ م / ثا فتكون القوة المطلوبة لاكسابها تلك السرعة وهي في حالة ثبات اكبر من القوة المطلوبة لكي تكتسب السرعة نفسها وهي في حالة حركة ابتدائية.



شكل (٧٧)

Scanned by CamScanner

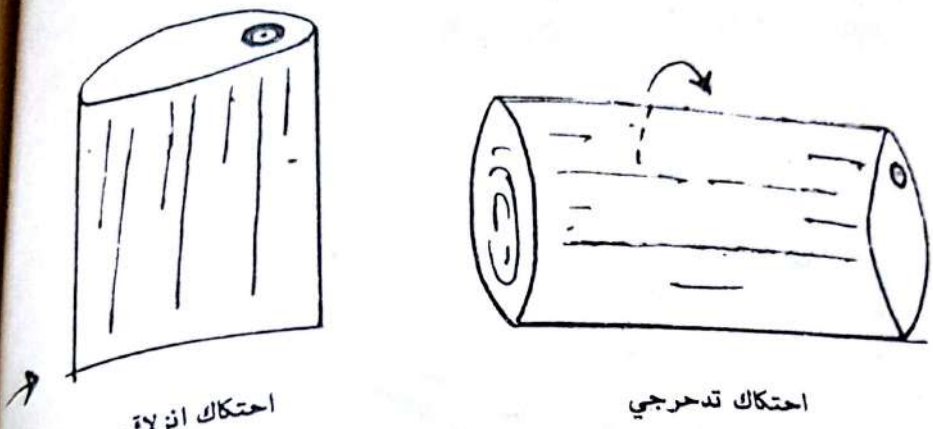
هناك نوع اخر من الاحتكاك يسمى بالاحتكاك التدحرجي، ويحدث هذا في حالة تدحرج عجلة الدراجة الهوائية كاملة التدوير او كرة القدم، فان هذا المعامل هو اقل معاملات الاحتكاك قيمة، والفرق بين الاحتكاك الانزلاقي والاحتكاك التدحرجي هو انه في الحالة الاولى يتصل الجسم المتحرك بالسطح بأكثر من نقطة بينما في الحالة الثانية يتصل الجسم مع السطح بنقطة واحدة كما في الشكل



شكل (٧٨)

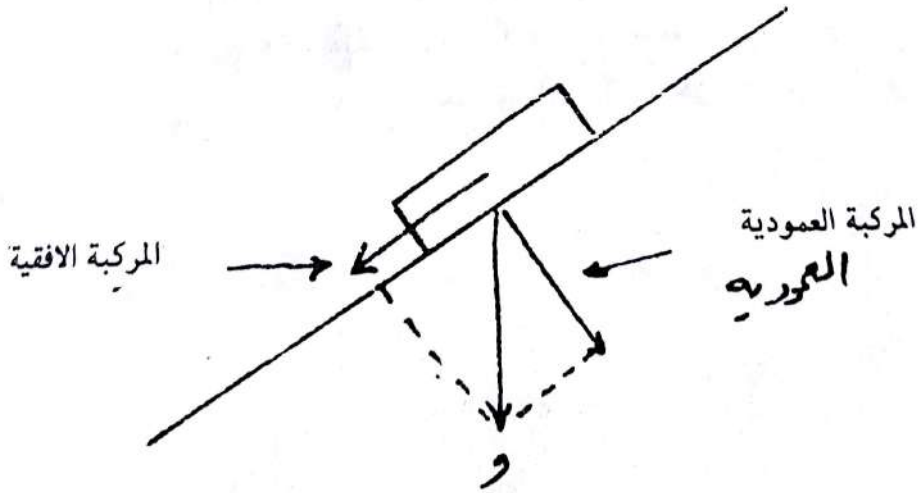
اثناء حركة العجلة على الارض اذا تساوى طول القوس أ ب مع جزء المستقيم أ بَ وكذلك طول القوس ب جـ مع جزء المستقيم بَ جَ فأن الحركة تعتبر تدحرجية (دائرية) والاحتكاك يكون احتكاكا تدحرجيا. يتراوح معامل الاحتكاك الشروعي والانزلاقي بين ١-١ر٠ بينما تبلغ قيمة معامل الاحتكاك التدحرجي ٠٠١ر٠ وهذا مايفسر لنا سهولة دفع البرميل على الارض عندما يكون ملقياً على الجانب عما لو كان بشكل عمودي.

Scanned by CamScanner



شكل (٧٩)

بدراسة قوة الاحتكاك بين الاجسام والسطوح المائلة نجد ان مقدار الضغط الذي يسلطه الجسم المتمثل بوزنه يتحلل الى مركبتين احداهما افقية باتجاه السطح والاخرى عمودية عليه.

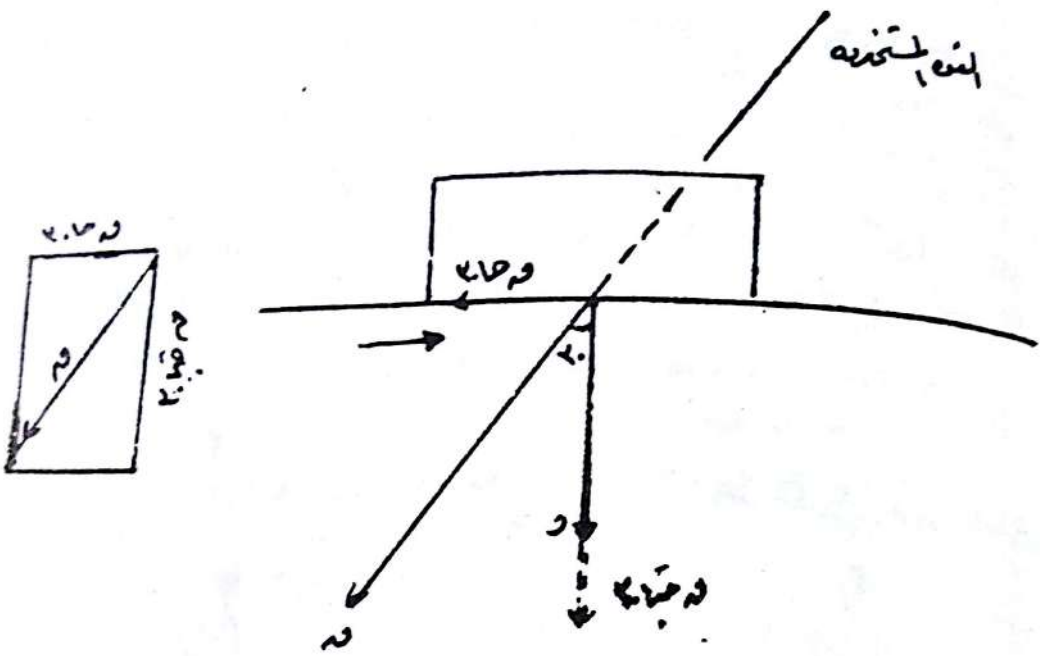


شكل (٨٠)

Scanned by CamScanner

لنأخذ المثال الآتي لتوضيح ماهية الاحتكاك عندما تكون القوة المسلطة لتحريك الجسم بشكل مائل.

جسم وزنه ٢٠٠ نيوتن سلطت عليه قوة مقدارها ١٠٠ نيوتن بزاوية ٣٠ درجة مع الخط الرأسي احسب معامل الاحتكاك ؟



القوة المستخدمة

شكل (٨١)

تحلل القوة الى مركباتها الافقية والعمودية فتكون القوة الافقية بموازاة السطح وقيمتها ق حا ٣٠ وهي تعادل قوة الاحتكاك اما المركبة العمودية للقوة فقيمتها ق جتا ٣٠ ويكون خط عملها بخط عمل وزن الجسم نفسه ولاستخراج معامل الاحتكاك تطبق المعادلة ٣٢

ق حا ٣٠ = u × (و + ق جتا ٣٠)

$\frac{1}{2}$ × ١٠٠ = u × (٢٠٠ + ١٠٠ × ٠٫٨٦)

Scanned by CamScanner

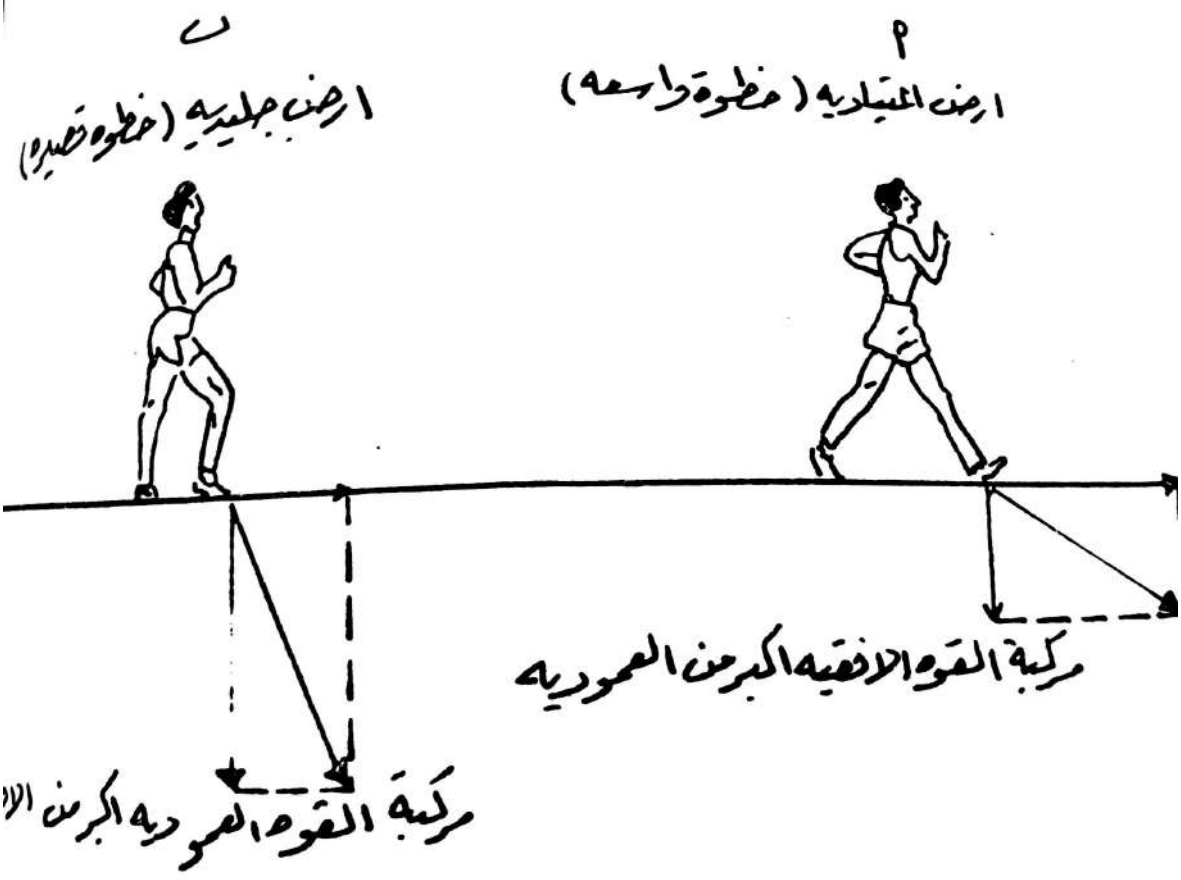
٥٠

ط = ——

٢٨٦

= ١٧٤ر٠ معامل الاحتكاك

ان المثال السابق يوضح لنا ماهية طبيعة الاحتكاك بين جسمين والقوة المستخدمة لاداء الحركة ففي حالة وجود الاحتكاك الكافي بين الجسم والارض يمكن ان تكون مركبة القوة الافقية كبيرة كما في حالة الركض او المشي على ارض اعتيادية فيمكن السير بخطوات واسعة اما اذا كانت الارض التي يسير عليها الشخص ارضا زلقة او جليدية فلايمكنه السير بخطوات واسعة بل تكون قصيرة الامر الذي يؤدي الى ان تكون مركبة القوى العمودية كبيرة قياساً بمركبة القوى الافقية كي لاينزلق الجسم اماماً كما في الشكل



شكل (٨٢)

Scanned by CamScanner

(2) القوى المؤثرة في الآلة

١- ماهو الجانب الكينتيكي في البايوميكانيك ؟
٢- ماذا يقصد بقانون القصور الذاتي ؟
٣- كيف يمكنك تطبيق قانون القصور الذاتي في المجال الرياضي.
٤- ماهي العوامل التي تزيد من القصور الذاتي للاجسام ؟
٥- عرف قانون نيوتن الثاني..
٦- اذكر المعادلة الرئيسية للميكانيك من الناحية الديناميكية
٧- رامي ثقل يصدر قوة مقدارها ١٢٠٠ نيوتن بسرعة ٦ م / ثا وبزمن مقداره ٥ر٠ ثا احسب كتلة ذلك الرامي.
٨- ماذا يقصد بكمية الحركة ؟
٩- لقانون الفعل ورد الفعل اهمية كبيرة في الفعاليات الرياضية. ناقش ذلك.
١٠- عدد تأثيرات القوة. واعط لكل منها مثلا في المجال الرياضي ؟
١١- ماهي مواصفات القوة ؟
١٢- ماذا يقصد بالنيوتن كوحدة للقياس ؟
١٣- كيف يمكنك تمثيل القوة ككمية متجهة.
١٤- اثرت قوتان في كرة مقدارهما ٨٠٠ نيوتن، ٦٠٠ نيوتن على التوالي احسب محصلة القوة النهائية علما ان القوتين متعامدتان.
١٥- واثب عريض تؤثر فيه قوتان مقدارهما ٤٠٠ نيوتن، ٣٠٠ نيوتن على التوالي علماً ان الزاوية بين القوتين تساوي ٣٥° احسب المحصلة النهائية للقوة المؤثرة في الواثب.
١٦- قرص تؤثر عليه قوة مقدارها ٦٠٠ نيوتن ويكون اتجاهها بزاوية ٣٣ درجة مع الخط الافقي. احسب مركبات القوة العمودية والافقية.
١٧- كيف يمكن التغلب على القوة الطاردة من وجهة النظر الميكانيكية ؟
١٨- ماهي العلاقة بين كتلة الجسم الدائر ومقدار القوة الطاردة ؟
١٩- لماذا يكون مقدار القوة الطاردة عن المركز كبيرا في المنحنيات الحادة عنها من المنحنيات قليلة الحدة ؟
٢٠- ماهي الامور الميكانيكية التي يأخذها العداء بنظر اعتباره عندما يركض على منحنى لكي يبقى محافظاً على سرعته ؟

١- تقليل تأثير القوة الطاردة المركزية
بطريق زيادة زاوية ميلانه.

Scanned by CamScanner

الطاردة ؟

٢٢- ماالفرق بين الوزن والكتلة ؟

٢٣- كيف يمكنك استخدام المعادلة الرئيسية للديناميك لدراسة العلاقة بين الوزن والكتلة ؟

٢٤- ماذا يقصد بمصطلح دفع القوة ؟

٢٥- كيف يمكنك اشتقاق القانون النهائي لدفع القوة الذي يساوي التغيير في كمية الحركة ؟

٢٦- اعط مثلا توضح فيه قانون حفظ الزخم.

٢٧- يختلف مقدار الاحتكاك بين الاجسام باختلاف سطوحها. ناقش ذلك.

٢٨- ماهي العوامل التي تؤثر في الاحتكاك بين الاجسام. ؟

٢٩- ماذا يقصد بمعامل الاحتكاك ؟

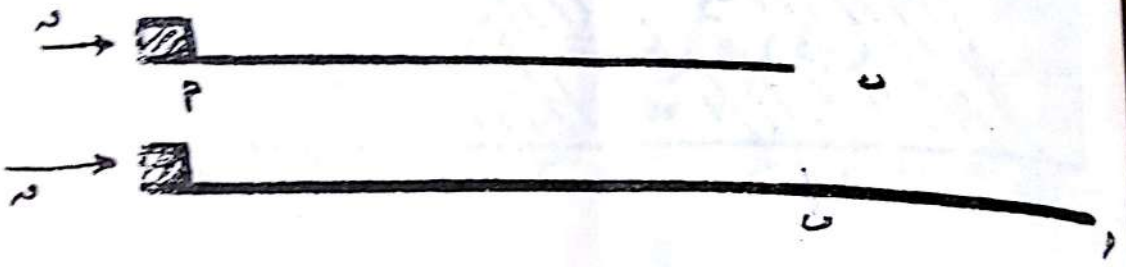
٣٠- هناك عدة انواع من معاملات الاحتكاك. اذكر اصغرها قيمة موضحاً لذلك بالمثال.

٣١- سلطت قوة مقدارها ٣٠٠ نيوتن على جسم وكان اتجاه القوة مائلا عن الخط الرأسي ٣٥ درجة وكان معامل الاحتكاك بين الجسم والسطح الذي يتحرك عليه ٠,٢٨ احسب وزن ذلك الجسم.

٣٢- تكون خطوات الشخص الذي يسير على ارض جليدية زلقة قصيرة بينما تكون خطواته اعتيادية عندما يسير على ارض ترابية. علل ذلك.

Scanned by CamScanner

من المصطلحات الميكانيكية التي يتم دراستها اثناء تأثير القوى لاحداث حركة معينة هو الشغل، لو اثرت قوة معينة في جسم وتحرك بفعل تأثير القوة فأنها تكون قد انجزت شغلاً. لقد اوضحنا في فصل سابق من الكتاب الفرق بين المسافة والازاحة، لو درسنا العلاقة بين مصطلح الشغل والمسافة والازاحة فقد يحدث احياناً ان يتحرك الجسم بفعل تأثير القوة ويقطع مسافة معينة ويعود لنفس النقطة التي بدأ منها فمن المفهوم الميكانيكي لايوجد شغل، اي يشترط بالشغل ان تكون هناك ازاحة نتيجة تأثير القوة. لو اثرنا في جسم بقوة معينة وقطع نتيجة تأثير هذه القوة المسافة من أ الى ب فأن القوة تكون قد انجزت شغلاً معيناً، اما اذا كانت المسافة المقطوعة نتيجة تأثير القوة من أ الى جـ فأن الشغل يكون في هذه الحالة اكبر من الحالة الاولى.



شكل (٨٣)

على ذلك يمكننا التعبير عن الشغل بأنه يساوي القوة في الازاحة التي تحدث اي:

الشغل = القوة × الازاحة

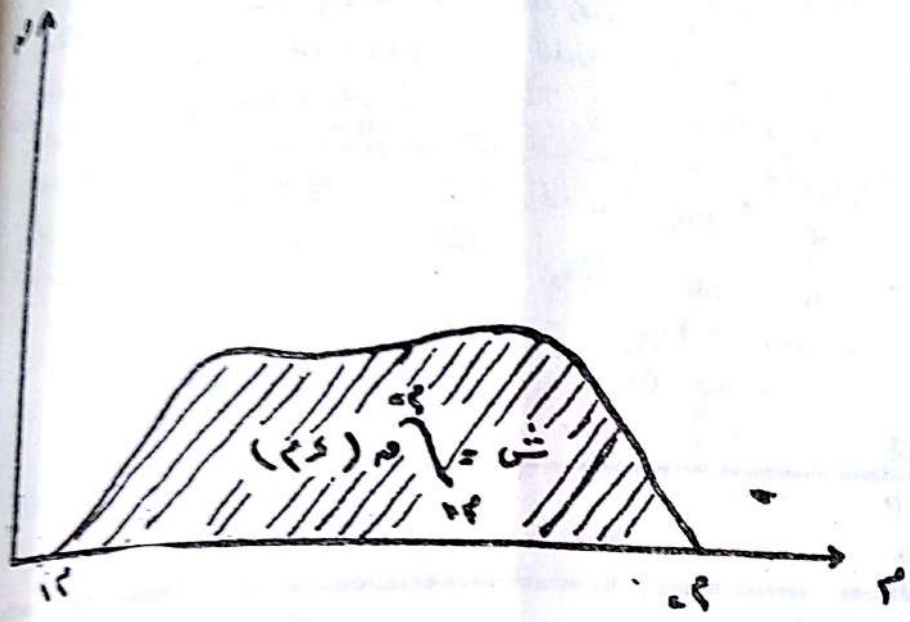
. ش = ق × ز ..... (٣٣)

ويقاس الشغل بوحدات القوة ووحدات المسافة فيعبر عن القوة بوحدة النيوتن والمسافة بوحدة المتر فتكون وحدة الشغل (نيوتن ـ متر) ويطلق عليها (جول).

وشأن الشغل في الحركات الرياضية شأن دفع القوة التي اشرنا اليها في موضع سابق بأن القوة متغيرة باستمرار. لذا يشار اليها بدالة القوة ـ الزمن، ويحدث الشئ نفسه في

Scanned by CamScanner

الشغل اثناء الحركات الرياضية حيث ان القوة غير منتظمة فيمكن التعبير عن المسافة التي يتحركها الجسم بفعل تأثير القوة بدالة القوة - المسافة، اي ان الشغل المنجز يساوي المساحة الواقعة تحت منحنى القوة - المسافة.



$$ش = \int_{ع_1}^{ع_2} ق\ (ع)\ د ع \quad \text{أو} \quad (ع_2 - ع_1)$$

شكل (٨٤)

د م تمثل الفرق بين ع٢ - ع١

مثال:-

ماهو مقدار الشغل الحادث نتيجة تأثير قوة مقدارها ١٠٠ نيوتن ادت الى تحريك جسم مسافة ٢٠ م عن موضعه الاصلي، وماهو مقدار الشغل اذا كانت المسافة التي تحركها

Scanned by CamScanner

جسم مي ٣٠م؟
نطبق المعادلة ٣٣
في الحالة الاولى
ش = ١٠٠ × ٢٠
= ٢٠٠٠ جول
في الحالة الثانية
ش = ١٠٠ × ٣٠
= ٣٠٠٠ جول

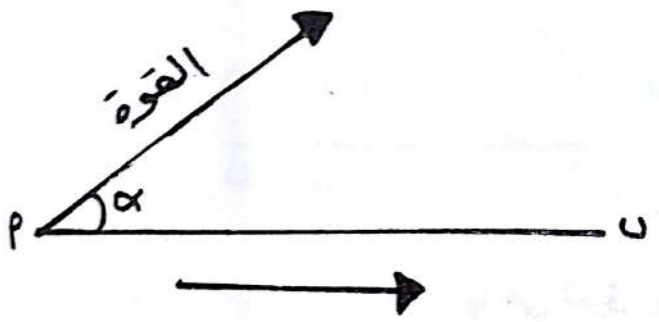
وعليه يكون الشغل المنجز في الحالة الثانية اكبر منه في الحالة الاولى لان مقدار الازاحة في الحالة الثانية كان اكبر.

ان في حالة الجسم الساقط من الاعلى باتجاه الارض فان مقدار الشغل المبذول بفعل تأثير قوة الجذب الارضي (وزن الجسم) فان الشغل يساوي

الشغل = الوزن × المسافة العمودية (الارتفاع)

ش = و × ع ..... (٣٤)

يحدث في بعض الاحيان ان تكون حركة الجسم من نقطة الى نقطة اخرى بفعل تأثير قوة لاينطبق خط عملها على مسار الازاحة بل تكون بزاوية معينة كما في الشكل



شكل (٨٥)

مقدار الشغل المبذول يساوي مقدار القوة في الأزاحة التي تحركها الجسم مضروباً في جيب تمام الزاوية بين القوة وخط الازاحة اي

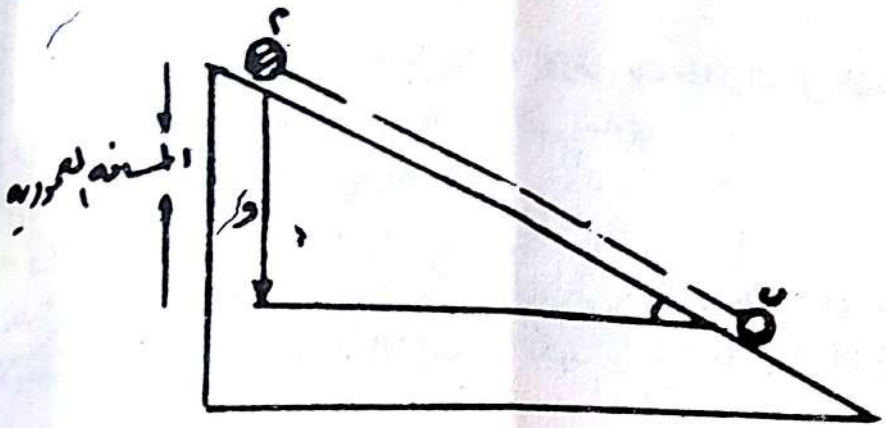
ش = القوة × أ ب جتا الزاوية ..... (٣٥)

Scanned by CamScanner

في الشكل اذا كان مقدار القوة ٢٠٠ نيوتن والمسافة التي قطعها الجسم هي ١٠ متر
فأن مقدار الشغل يساوي
ش = ٢٠٠×١٠×٠٫٨٦
= ١٧٢ جول

إستنادا الى ماتقدم فأن مقدار الشغل المبذول يكون اكبر كلما كانت الزاوية المحصورة بين خط عمل القوة والازاحة صغيرة وبالعكس.

اذا حدثت الحركة بفعل تأثير القوة في سطح مائل وليس في سطح مستو فأن الشغل في هذه الحالة يكون كالآتي كما في الشكل



شكل (٨٦)

ان المسافة العمودية التي تتحركها الكرة بفعل تأثير وزنها هي الفرق بين موضع ثقل الكرة بين أ ، ب والمسافة هذه يمكن استخراجها من خلال معرفة المسافة التي تقطعها الكرة على السطح والزاوية التي يصنعها مستوى السطح مع الخط الافقي كما مبين بالشكل فالشغل يساوي

ش = وزن الجسم × أ ب × حا الزاوية

Scanned by CamScanner

القدرة Power

لقد عرفنا ان الشغل هو عبارة عن المسافة التي يقطعها الجسم بفعل تأثير قوة معينة. ولو اردنا ان ندرس العلاقة بين مقدار القوة المؤثرة والزمن الذي تؤثر فيه نأخذ المثال الآتي:

لنفترض ان رباعين تمكنا من رفع ثقل وزنه ٢٠٠ نيوتن الى ارتفاع متر واحد فوقها يكون قد انجز الشغل نفسه ولكن اختلافهما في ومن رفع الثقل الى الاعلى فالرباع أ انجز الشغل في ثانية واحدة بينما الرباع ب انجزه في ثانية ونصف الثانية فأن الفاضل بين هذين الرباعين هو ان أ انجز الشغل بفترة زمنية اقصر و بناء على هذا نستطيع القول ان ا لديه قدرة اكثر من ب

تكون قدرة الرباع أ = $\frac{٢٠٠}{١}$ = ٢٠٠

بينما قدرة الرباع ب = $\frac{٢٠٠}{١,٥}$ = ١٣٣,٣

وتقاس القدرة بوحدة الشغل (جول) مقسومة على وحدة زمن (ثانية) فتسمى وحدة القدرة (واط).

يمكننا اذن ان نعرف القدرة بأنها (الشغل المنجز في وحدة الزمن)

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{القوة} \times \text{الازاحة}}{\text{الزمن}}$$

$$= \frac{\text{ق} \times \text{ز}}{\text{ن}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (٣٦)$$

بما ان $\frac{\text{ز}}{\text{ن}}$ تساوي السرعة معادلة رقم (١)

اذن يمكننا صياغة قانون القدرة بالشكل الاتي:

القدرة = القوة × السرعة
القدرة = ق × س ..... (٣٧)

استنادا الى هذا القانون يمكننا ان نتوصل الى حقيقة مفادها ان فعل تأثير القوة يكون اكبر عندما تؤدي الحركة بسرعة (بفترة زمنية قصيرة) اي ان هناك تناسبا طرديا بين قدرة الشخص وسرعة الحركة.

يمكننا تطبيق هذا المبدأ في كثير من فعالياتنا الرياضية حيث يوصي المدربون في فعالية رمي الثقل مثلا بأن يتوجب على الرياضي ان يرمي الثقل بأسرع ما يمكن.

لنوضح ذلك اكثر من خلال المثال الآتي:

لو استخدم الرامي أ قوة مقدارها ١٥٠ نيوتن لرمي ثقل بسرعة ٦ متر / ثانية بينما الرامي ب الذي استخدم قوة اقل كان مقدارها ١٠٠ نيوتن ولكن بسرعة ٩ متر / ثانية.

فنستنتج من هذا مايلي:

على الرغم من ان الشغل من وجهة النظر الميكانيكية مختلف في الحالتين لان المسافة التي قطعها الثقل ١٢ مترا لكل منهما واختلاف الفترة الزمنية الا ان القدرة لكل منهما متساوية

قدرة أ = ١٥٠ × ٦ = ٩٠٠ واط

قدرة ب = ١٠٠ × ٩ = ٩٠٠ واط

لذا ينبغي على الرياضيين والمدربين ان يأخذوا هذا المبدأ بنظر الاعتبار من حيث الفترة الزمنية التي تتم فيها الحركة الفعلية كما في حركة النهوض في العالي والعريض حيث يجب ان تكون الفترة الزمنية قصيرة جداً كي يتحقق مبدأ القوة المميزة بالسرعة والتي ترمي الى استخدام اقصى قوة بأقصى سرعة، ومن الضروري ان يتمتع الرياضي بهذه الصفة وخاصة في الفعاليات التي تتطلب سرعة الحركة.

الطاقة Energy

هناك اشكال متعددة للطاقة والذي يهمنا في هذا المجال هو الطاقة الميكانيكية، عند اداء الرياضي لحركة معينة فأنه يمتلك طاقة ميكانيكية ولكن تختلف انواع هذه الطاقة التي يمتلكها الجسم باختلاف وضعه اثناء الحركة فعندما يكون الجسم في حالة حركة فأنه

Scanned by CamScanner

يمتلك طاقة تدعى بالطاقة الحركية ويختلف مقدار هذه الطاقة تبعا لاختلاف كتلة الجسم المتحرك وسرعته اثناء الاداء، فاذا كان عداء كتلته ١٠٠ كغم يركض بسرعة ٢١ م / ثا فانه يمتلك طاقة حركية اقل مما لو كانت سرعته ٨ م / ثا، من هنا يمكننا ان نعبر عن مقدار الطاقة الحركية بالمعادلة الاتية:

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

طح = $\frac{1}{2}$ ك س^2 ..... (٣٨)

وتقاس الطاقة بوحدات كتلة (كيلوغرام) ووحدات سرعة (متر / ثانية) او (سم / ثانية) وتسمى بوحدة الجول اي وحدة قياس الشغل نفسها.

مثال:

جسم وزنه ٩٨٠ نيوتن يمتلك طاقة حركية مقدارها ١٩٦٠٠ جول احسب سرعة ذلك الجسم ؟

يجب اولا ان نحول الوزن الى كتلة بتطبيق المعادلة ٢٩

و = ك × ٩٫٨

ك = ١٠٠ كغم

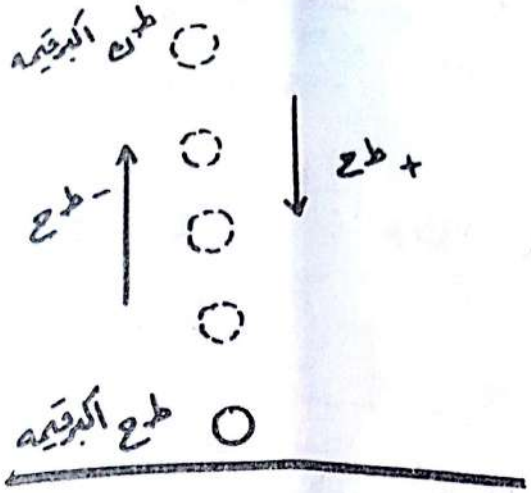
نطبق الان المعادلة ٣٨

١٩٦٠٠ = $\frac{1}{2}$ × ١٠٠ × س^2

س^2 = ٣٩٢

س = ١٩٫٨ متر / ثانية تقريبا سرعة الجسم.

هناك نوع اخر من الطاقة الميكانيكية هو مايسمى بالطاقة الكامنة او طاقة الوضع ويقصد بها الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين اثناء الثبات، ففي حالة رمي ثقل الى الاعلى فانه يتحرك بطاقة حركية ولكن سرعته اثناء الصعود تتناقص تدريجيا وعليه تقل طاقته الحركية تدريجيا وتتحول الى شكل اخر يخزن في الجسم الى اعلى نقطة عندئذ يصبح مقدار الطاقة الحركية صفراً اي تتحول بكاملها الى طاقة مخزونة في الجسم على ذلك الارتفاع.



شكل (٨٧)

ويمكن ان يستدل على مقدار الطاقة الكامنة التي يمتلكها الجسم وهو في اعلى وضع من ضرب وزن الجسم في ارتفاعه اي

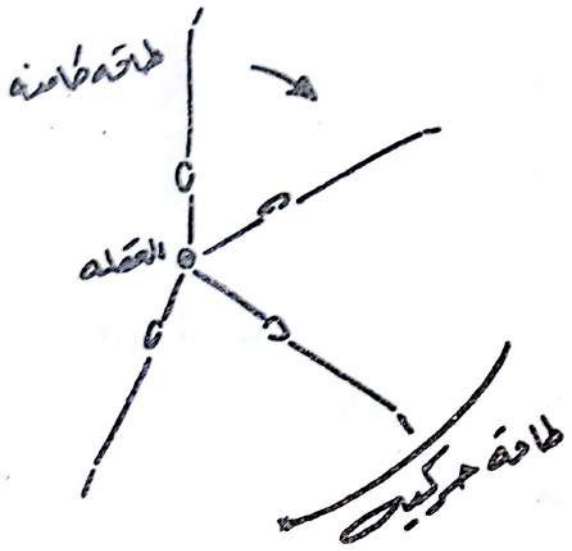
الطاقة الكامنة = وزن الجسم × الارتفاع

طك = و × ع ..... (٣٩)

تقاس الطاقة الكامنة كنوع من انواع الطاقة الميكانيكية بالجول ايضا. ان تحول الطاقة من شكل لاخر يتضح في كثير من الحركات الرياضية فلو درسنا حركة لاعب **الجباز اثناء دورانه على العقلة** كما في الشكل (٨٦) فعندما يكون اللاعب في حالة حركة فأنه يملك طاقة حركية وما ان يصل الى اعلى نقطة في حركته (وضع الوقوف على اليدين على العقلة) فأن جميع الطاقة التي يمتلكها تصبح طاقة كامنة: من المبادئ الاساسية في الميكانيك هو ان تحول الطاقة من شكل الى لاخر لايقلل من قيمة الطاقة

Scanned by CamScanner

الميكانيكية الكلية وهذا ماينص عليه القانون العام للطاقة (الطاقة لاتفنى ولاتستحدث)
الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة = مقدار ثابت



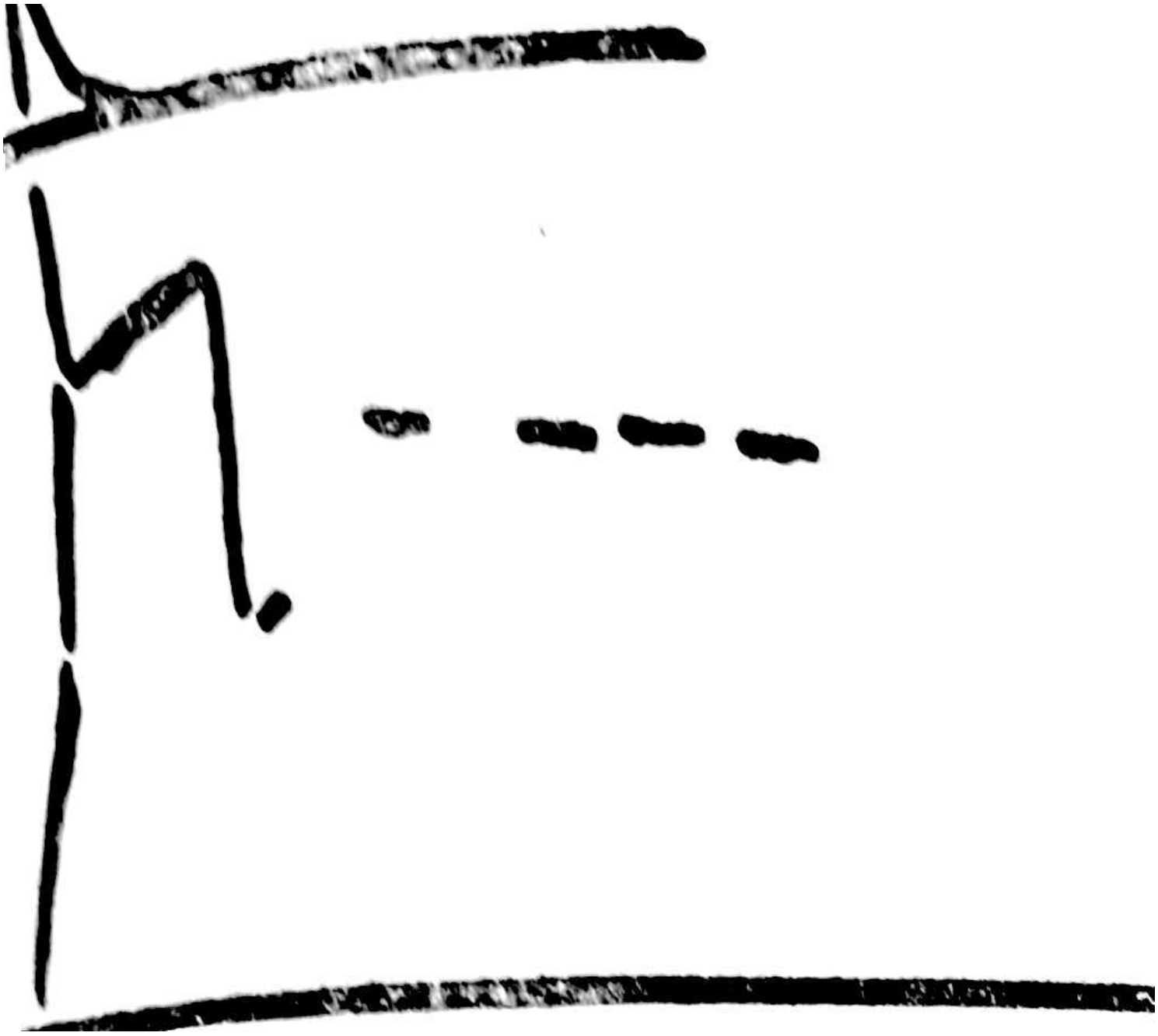
شكل (٨٨)

في مثال حركة دوران اللاعب على العقلة فنتيجة للاحتكاك الذي يحدث بين قبضتي اللاعب وبار العقلة فأن جزءاً من الطاقة يتحول الى طاقة حرارية وبذلك تصبح المعادلة السابقة كالاتي:

الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة + الطاقة الحرارية = مقدار ثابت.

تمت الاستفادة من هذا المبدأ ليس فقط في مجال تكنيك الحركة ووضع الجسم بالشكل الذي يؤهله لاكتساب مقدار كبير من الطاقة الحركية من خلال زيادة سرعة اجزاء الجسم بل تعدى ذلك الى استخدام هذه الاسس في تصنيع الاجهزة الرياضية التي اسهمت بشكل كبير في تطور المستوى الرقمي لكثير من الفعاليات ولعل تصنيع عمود القفز بالزانة (العمود الزجاجي) هو خير مثال على ذلك فقد استعمل العمود المعدني سابقا كعتلة مجردة يستعين بها القافز اثناء القفز، بينما يستخدم العمود الزجاجي في الوقت

Scanned by CamScanner



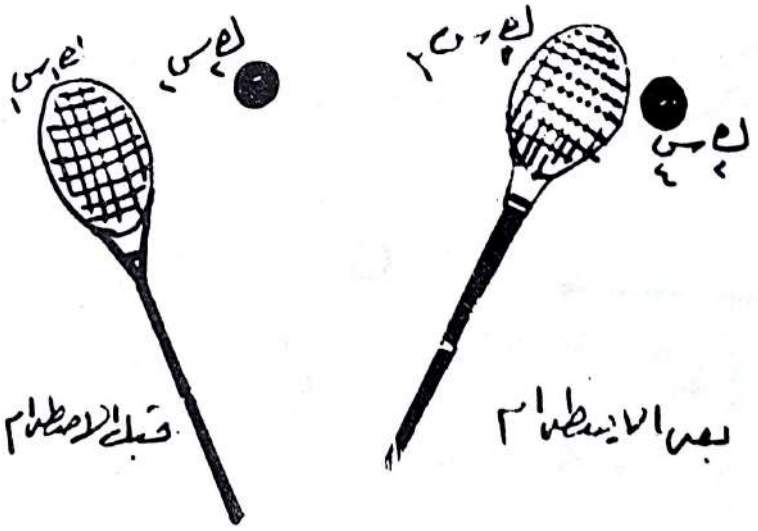
Scanned by CamScanner

مضرب التنس والكرة، فمن المعروف ان كـلاً من المضرب والكرة يمتلكان كمية حركة معينة هي عبارة عن كتلتها في سرعتها فلو فرضنا ان كتلة المضرب ك١ وسرعته قبل الاصطدام س١ وكتلـة الكرة ك٢ وسرعتهـا قبـل الاصطـدام س٢ فـان مجموع كمية حركتهما = ك١ س١ + ك٢ س٢، ولكن الـذي يحـدث بعـد التصـادم هـو تغير سرعة المضرب والكرة حيث تكون سرعة المضرب بعد التصادم س٣ وسرعة الكرة س٤ فأن كمية حركتهما = ك١ س٣ + ك٢ س٤. مما يجب الانتباه اليه هو ان مقدار مايفقده المضرب من سرعة اثناء اصطدامه بالكرة تكتسبه الكرة اي الزيادة الحاصلة في سرعتها وعلى هذا يمكننا القول:

كمية الحركة قبل التصادم = كمية الحركة بعد التصادم

ك١ س١ + ك٢ س٢ = ك١ س٣ + ك٢ س٤ ..... (٤٠)

يفهم من المعادلة السابقة بأن كمية الحركة تبقى مقدارا ثابتا ففقدان جزء من كمية حركة احد الجسمين يكتسبه الجسم الاخر.

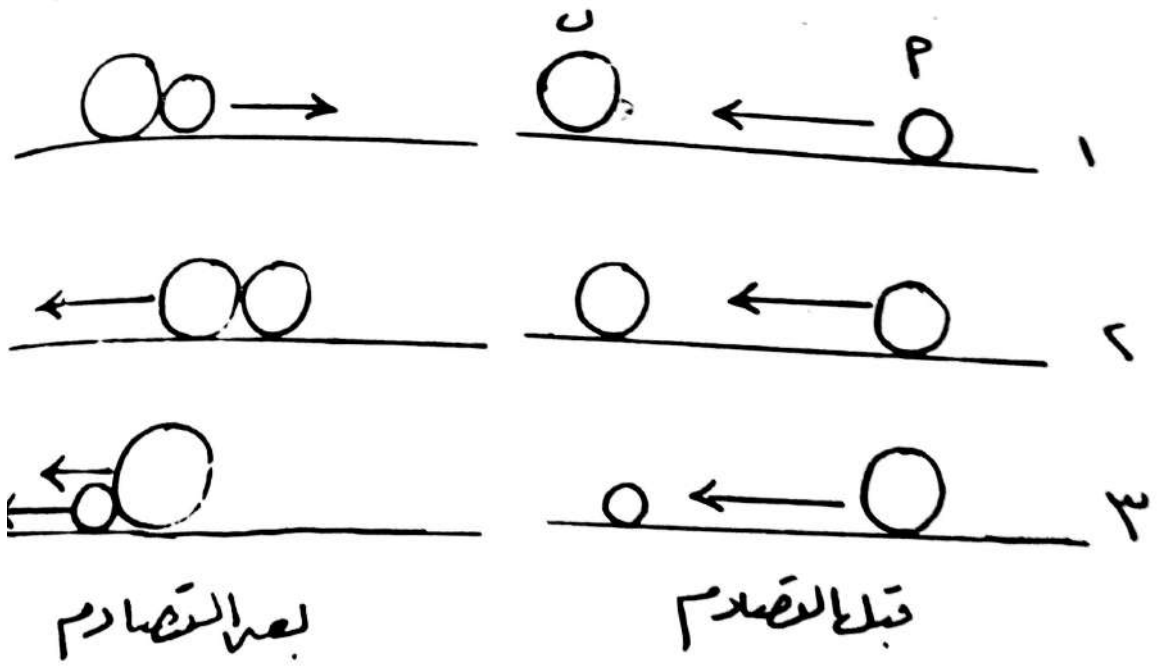


شكل (٩٠)

Scanned by CamScanner

يتأثر التصادم الحاصل بين جسمين بطبيعة الاجسام المتلامسة فنجد ان نتيجة التصادم بين كرة وارض مرنة تختلف عن نتيجته عندما يحدث بين سطوح او اجسام عديمة المرونة. ففي الحالة الاولى نجد ان سرعة الكرة قبل التصادم قد تساوي او اكبر من سرعتها بعد ذلك ويتوقف هنا على مقدار مرونة الاجسام المصطدمة بعضها مع بعض ويعبر عن النسبة بين سرعة الجسم بعد التصادم وسرعته قبل التصادم بمعامل الارتداد فنجد ان هنا المعامل تبلغ قيمته صفرا في حالة حدوث التصادم بين سطوح اجسام غير مرنة.

يعتد التصادم ايضا على كتلة الاجسام المصطدمة ببعضها، لتوضيح ذلك ندرس الحالات الثلاث الآتية:



شكل (٩١)

Scanned by CamScanner

ان التصادم الحادث في الحالات الثلاث السابقة بين كرة ثابتة واخرى متحركة، ففي الحالة (١) اذا كانت كتلة الكرة أ اصغر من ب فأن اتجاه حركة الكرة أ يكون بالاتجاه المعاكس. في الحالة (٢) عندما تكون كتلة أ بنفس كتلة ب فبعد التصادم نجد ان الحركة تنتقل من أ الى ب بحيث تبقى أ ساكنة. اما الحالة (٣) عندما تكون كتلة أ اكبر من ب فنجد ان الحركة بعد التصادم تستمر بالنسبة الى الكرتين باتجاه حركة الكرة الكبيرة نفسه.

٨ـ الضغط Pressure

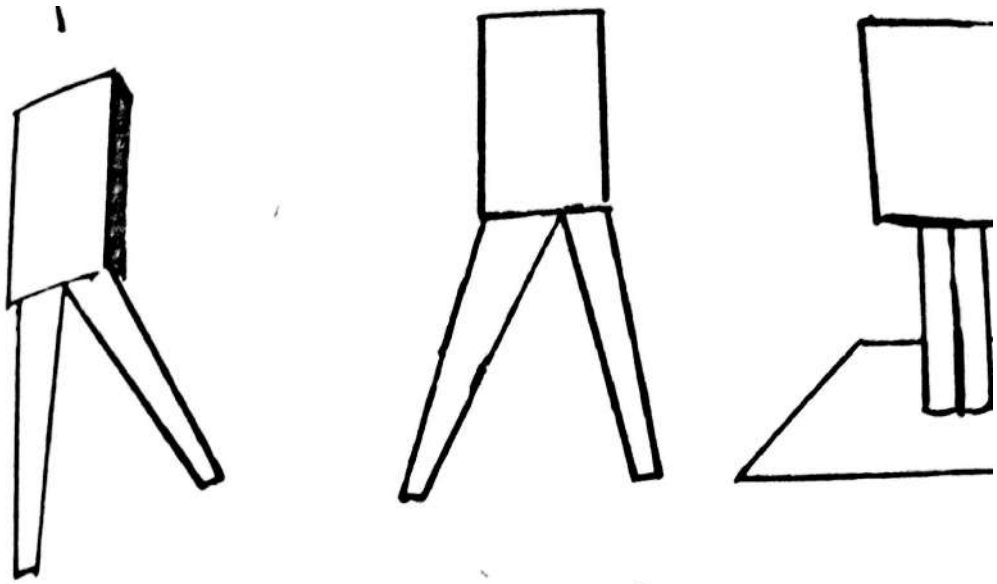
سبق ان درسنا مواصفات القوة وكانت نقطة تأثيرها هي احدى هذه المواصفات، فاذا اثرت قوة في جسم وكانت نقطة تأثيرها اي المساحة التي يقع عليها التأثير الفعلي للقوة صغيرة فأن الضغط المتولد نتيجة القوة يكون كبيراً، يفهم من هذا ان النسبة بين القوة المؤثرة والمساحة التي تؤثر فيها القوة من وجهة النظر الميكانيكية تسمى الضغط

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

$$\text{ض} = \frac{\text{ق}}{\text{مس}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (٤١)$$

لو قارنا بين ثلاث حالات يقف فيها شخص على ارض رخوة حيث يقف في الحالة الاولى على رجل واحدة وفي الحالة الثانية على كلتا رجليه وفي الثالثة على لوح خشب وكانت القوة التي يسلطها ٦٠٠ نيوتن.

Scanned by CamScanner



شكل (٩٢)

كل السابق نستنتج ان الضغط في الحالة أ هو اكبر من الحالات الاخرى
ب اكبر من جـ لان:

أ عندما تكون المساحة التي يستند عليها الشخص هي ٣٠ سنتمتر مربع

٦٠

. = ٢٠ نيوتن / سم٢

كانت المساحة ٤٠ سنتمتر مربع

Scanned by CamScanner

$$ض = \frac{٦٠٠}{٤٠٠} = ١٥ \text{ نيوتن / سم}^٢$$

في الحالة الثالثة اذا كانت المساحة ١٠٠ سنتمتر مربع

$$ض = \frac{٦٠٠}{١٠٠} = ٦ \text{ نيوتن / سم}^٢$$

نستنتج من هذا ان القوة تكون في اكبر حالات تأثيرها عندما تتركز في مساحة صغيرة جدا لهذا نجد ان لاعبي كرة القدم يعمدون الى وضع واقيات الساق تفادي خطورة القوة التي قد يتعرض اليها من الخضم والتي تؤدي فيا اذا تركزت في نقطة معينة عن الساق الى الكسر، فيكون الهدف من استعمال الواقيات هو توزيع القوة على مساحة كبيرة من الساق وبالتالي تخفيف حدة الضربة.

Scanned by CamScanner

اسئلة للمراجعة

١- ماهي العلاقة بين القوة التي يبذلها الرياضي والشغل المنجز ؟
٢- مم تتكون وحدات الشغل وماذا يطلق عليها ؟
٣- في المجال الرياضي تكون القوة المستخدمة متغيرة دائما. اذكر القانون الميكانيكي الذي يمكنك حساب الشغل من خلاله .
٤- مامقدار الشغل الذي ينجزه جسم يسقط من ارتفاع ١٠ م ويبلغ وزن ذلك الجسم ٢٠٠ نيوتن.
٥- مامقدار الشغل الذي ينجزه الجسم في المثال السابق اذا كان على سطح منحدر وكانت المسافة التي يقطعها على سطح المنحدر ٢٠ م علماً ان زاوية ميلان المنحدر مع الافقي ٢٥ درجة ؟
٦- ماذا يقصد بالقدرة ؟
٧- مامي اهمية مفهوم القدرة في فعاليات الرمي ؟
٨- رامي ثقل يسلط قوة مقدارها ٥٠٠ نيوتن ليرميه الى مسافة افقية مقدارها ٢٠ م بزمن قدره ١٫٥ ثانية احسب قدرة ذلك الرامي.
٩- ماالفرق بين الطاقة الكامنة والطاقة الحركية ؟
١٠- جسم وزنه ٩٨٠ نيوتن ينطلق بسرعة مقدارها ١٠ م / ثا احسب مقدار الطاقة الحركية لذلك الجسم.
١١- قافز زانة وزنه ٨٠٠ نيوتن يسقط من ارتفاع ٥٫٨٠ متراً احسب مقدار الطاقة الكامنة التي كان يمتلكها القافز وهو في اعلى نقطة.
١٢- للطاقة مقدار ثابت. ناقش هذه العبارة
١٣- تتم الاستفادة من خاصية انطواء العمود الزجاجي في القفز بالزانة. علل ذلك ؟
١٤- يتوقف مقدار الاصطدام على كتلة وسرعة الاجسام التي تصطدم بعضها مع بعض ناقش ذلك.
١٥- اذكر قانون الضغط .
١٦- يستعمل لاعب كرة القدم واقيات الساق. علل ذلك.

Scanned by CamScanner

الباب السادس
الكينتك الزاوي

١ـ القوى المزدوجة
٢ـ الاتزان
٣ـ مركز الثقل
٤ـ الثبات
٥ـ عزم القصور الذاتي
٦ـ الزخم الزاوي
٧ـ الطاقة الحركية الزاوية

Scanned by CamScanner

Scanned by CamScanner

تكون اقل مما لو كان موضع تأثيرها ابعد من ذلك لان القوة في الحركات الدائرية (الزاوية) لايكون تأثيرها بمقدارها فقط وانما ببعدها عن محور الدوران، نجد في الشكل (٩٢) ان القوة ق نفسها يختلف مقدار تأثيرها.

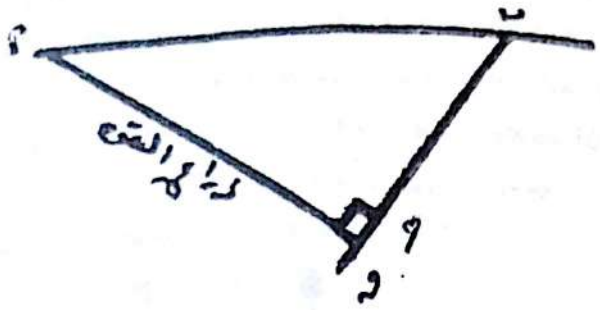
شكل (٩٤)

في الحالتين تبعا لبعدها العمودي عن محور الدوران حيث يطلق على القوة في بعدها العمودي (عزم القوة). على ضوء ذلك نجد ان تطبيق ذلك عمليا من خلال عملية التجديف فاذا كان الرياضي يستخدم قوة ٢٠٠ نيوتن مثلا لسحب المجذاف فقد يكون من الصعوبة عليه تحريكه عندما يكون موضع تأثير القوة في نقطة أ ولكن من الممكن ان تحدث حركة للمجذاف عندما تقع نقطة التأثير في ب اي ان عزم القوة في الحالة الاولى اقل من عزمها في الحالة الثانية.

شكل (٩٥)

Scanned by CamScanner

ري جدا في الحركات الدائرية عند دراسة عزم القوة ان يؤخذ بنظر
العمودي بين خط عمل القوة والمحور اي يجب ان تكون الزاوية قائمة بين
عدها عن محور الدوران

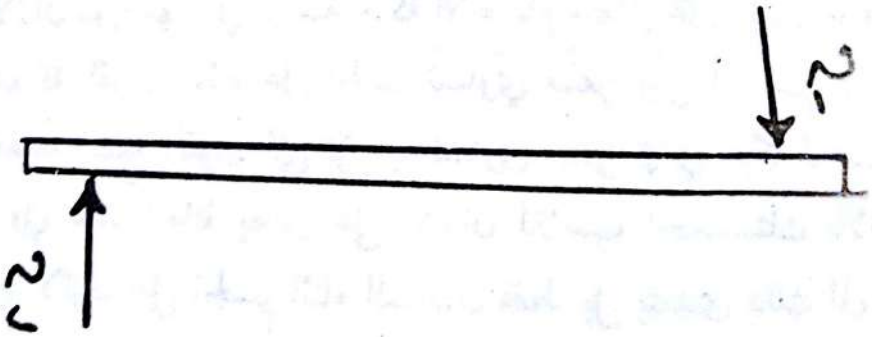


شكل (٩٦)

اي ان عزم القوة ق = ق × أ جـ

١- القوى المزدوجة Couple

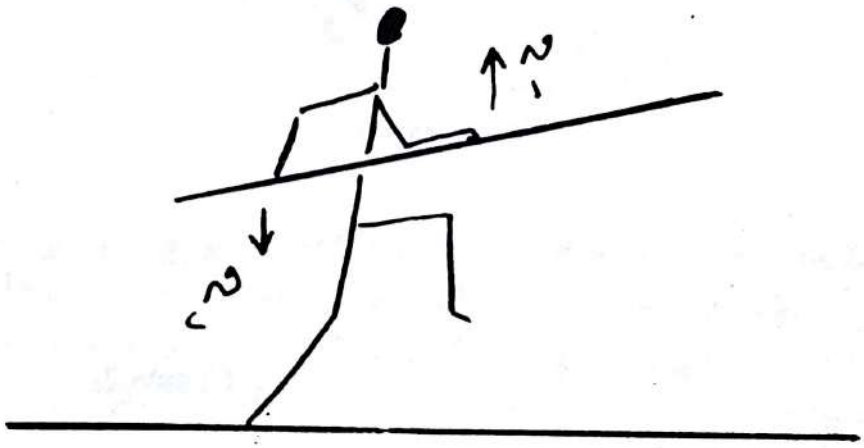
يحدث في بعض الحركات الرياضية ان تؤثر اكثر من قوة واحدة في الجسم لحدوث الحركة فاذا اثرت قوتان في جسم ولايمر خط عمل هذه القوى بمركز ثقل الجسم تحدث الحركة الدورانية وعادة مايحدث ازدواج القوى في هذا النوع من الحركات، فمن الشكل (٩٥) نستطيع توضيح ماهية حدوث القوى المزدوجة.



شكل (٩٧)

Scanned by CamScanner

نجد ان القوتين ق١ ، ق٢ تؤثران على العمود بالاتجاهات الموضحة في الشكل، فاذا اثرت القوة ق١ بمفردها فانها تعمل على تحريك الجسم انتقالياً والى تدويره الى اسفل، وكذلك القوة ق٢ عندما تعمل بمفردها فهي تحاول تحريك الجسم انتقالياً الى الاعلى وتدويره بالاتجاه نفسه ، اما اذا اثرت القوتان المتساوية وتحدث بالوقت نفسه فأن عملها يتحدد في تدوير الجسم فقط . ان لاعب القفز بالزانة عند حمله للعمود اثناء الاقتراب نجد ان القوة التي تسلطها اليد اليمنى والتي تتجه الى اسفل (على اعتبار ان القافز يحمل العمود على جهة اليمين) فأنها تعمل بعكس اتجاه عقرب الساعة ، اما اليد اليسرى فيكون خط عمل قوتها الى الاعلى وعكس اتجاه عقرب الساعة ايضاً ، وعادة اذا كانت هذه القوى متساوية في المقدار ولكنها متعاكسة في الاتجاه فأنها قوى مزدوجة .



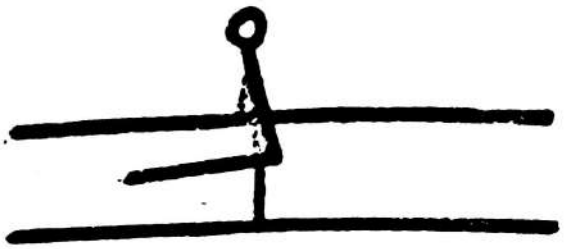
شكل (٩٨)

٢ – الاتزان Balance or equilibrium

يؤدي الاتزان دوراً مهماً في دراسة حركة الاجسام فيطلق على الجسم انه في حالة اتزان اذا كانت محصلة القوى المؤثرة على الجسم تساوي صفراً ومن الطبيعي اذا كان الجسم ساكناً فأن محصلة جميع القوى التي تؤثر فيه تساوي صفراً كما في حركة لاعب الجمناستك على المتوازي وفي هذه الحالة يطلق على الاتزان للاعب الجمناستك بالاتزان الثابت. لايقتصر مفهوم الاتزان على الجسم اثناء السكون فقط بل يتعدى ذلك الى الحركة ، فقد

Scanned by CamScanner

يكون الجسم في حالة حركة ولكنه متزن ايضاً ، حيث ان المقصود بحركة الجسم هنا ان تكون بسرع مستقيمة وزاوية ثابتة وهذا ممكن حدوثه فقط عندما يكون مجموع القوى المؤثرة فيه لتحرك حركة انتقالية وكذلك عزوم القوى التي تؤثر فيه ليتحرك حركة دائرية يساوي صفراً ، فالاتزان هنا يكون اتزاناً متحركاً . ان مثل هذا الاتزان اثناء الحركة قليل الحدوث ان لم يكن نادراً في فعالياتنا الرياضية بل يمكن تحقيق ذلك في بعض الرياضات الجوية .



شكل (٩٩)

انطلاقاً من ماهية الاتزان نجد ان الشخص اثناء الوقوف الاعتيادي في حالة اتزان وكذلك لاعب الجمناستك عند ادائه للميزان متزن وراقص الباليه عند وقوفه على اطراف اصابع رجل واحدة متزن ايضاً ، اي ان الجميع في حالة اتزان ولكن لو قارنا درجة اتزان الحالات الثلاث بتأثير قوة خارجية لوجدنا ان مقاومة كل حالة تختلف عن الحالات الاخرى ، فالشخص الواقف اعتيادياً تكون مقاومته اكبر للقوة الخارجية قياساً براقص الباليه بالقوة نفسها قد لاتؤثر في اتزان الشخص الواقف ولكنها تفقد راقص الباليه توازنه وبالتالي سقوطه على الارض . نستنتج مما تقدم العلاقة بين الاتزان ودرجة المقاومة عند تأثير قوة خارجية يطلق عليها عادة درجة الثبات .

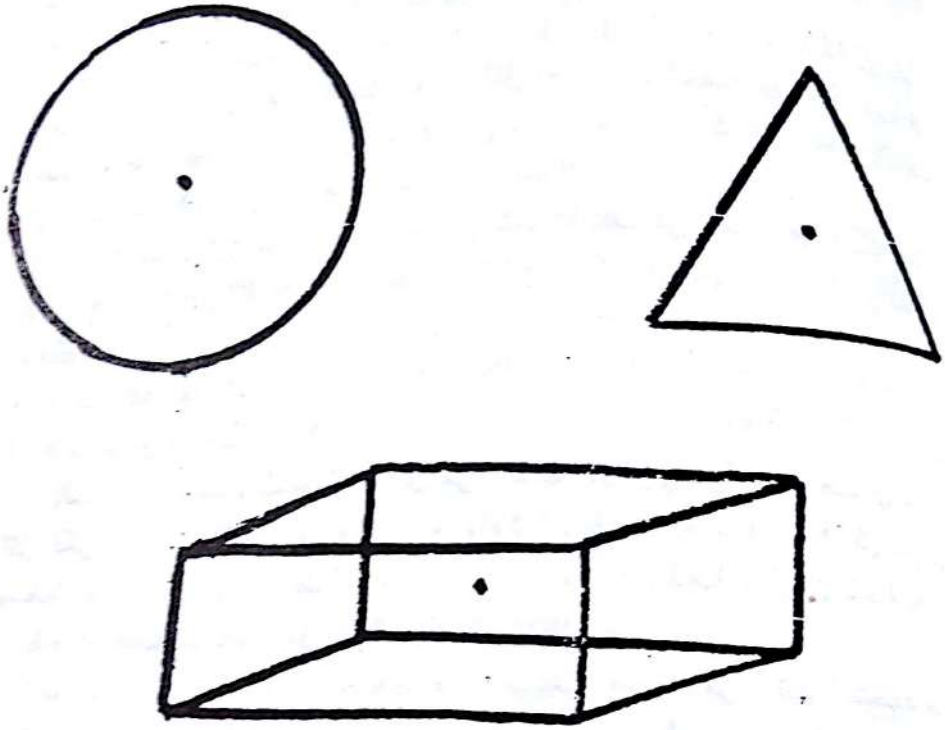
Scanned by CamScanner

وقوف اعتيادي

باليه

شكل (١٠٠)

Scanned by CamScanner



شكل (١٠١)

ثلاثة اشكال هندسية منتظمة

Scanned by CamScanner

٢ـ مركز الثقل Center of gravity

تختلف الاجسام من حيث شكلها ومظهرها الخارجي وان كانت متساوية في الوزن، وكما نعرف ان الجسم يتكون من عدد كبير جداً من الجزئيات، ولتأثير قوة جذب الارض على الاجسام يكون عادة اتجاه الجذب باتجاه مركز الارض، فنجد ان محصلة جميع القوى المؤثرة في مجموع الاجزاء التي يتكون منها الجسم تساوي وزن الجسم.

اذا اردنا ان نستخرج محصلة هذه القوى المؤثرة في الجسم نجدها تتركز في نقطة واحدة من نقاطه تسمى هذه النقطة مركز ثقل الجسم، اي النقطة التي تتركز فيها قوة جذب الارض باتجاه المركز، وعلى هذا الاساس يمكننا تعريف مركز الثقل بأنه (النقطة التي تظهر بأن جميع اوزان نقاط الجسم متركزة فيها).

ذكرنا سابقا ان موضع نقطة مركز الثقل تختلف من جسم لاخر حسب شكله وتوزيع اجزائه في الفراغ وبناء على ذلك يمكننا التفريق بين نوعين من اشكال الاجسام.

١ـ الاجسام منتظمة الاشكال

٢ـ الاجسام غير منتظمة الاشكال.

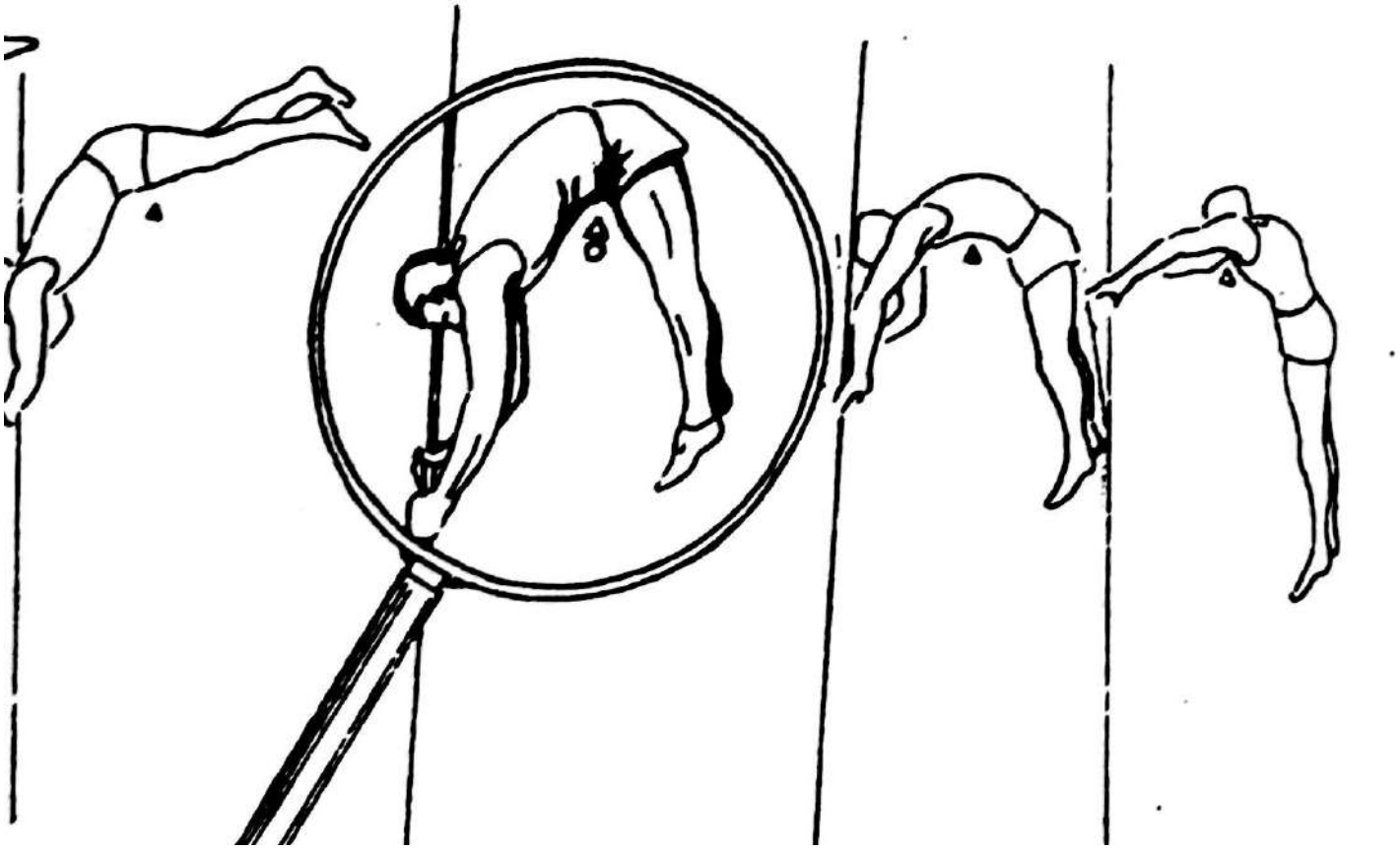
بالنسبة الى الاجسام المنتظمة نجد ان مركز ثقلها يتركز في مركزها فنجد ان مركز ثقل الكرة المستديرة الشكل يقع في مركزها والاشكال الهندسية منتظمة الشكل يقع في وسطها ايضا، وقد سبق ان تطرقنا في موضوع المحاور والمسطحات الى ان نقطة تلاقي المسطحات بعضها مع بعض تمثل نقطة مركز ثقل ذلك الجسم.

اما بالنسبة الى الاجسام غير المنتظمة فأن طريقة تحديد مركز ثقلها يتحدد من خلال اسس مختلفة، لايجاد مركز ثقل جسم شكله غير منتظم نقوم بتعليقه من عدة نقاط، ونؤشر الخط الرأسي النازل من تلك النقطة باتجاه جذب الارض في عدة حالات عند ذلك تؤشر نقطة تقاطع هذه الخطوط الممثلة لخطوط الجذب الارضي نقطة مركز الثقل كما في الشكل

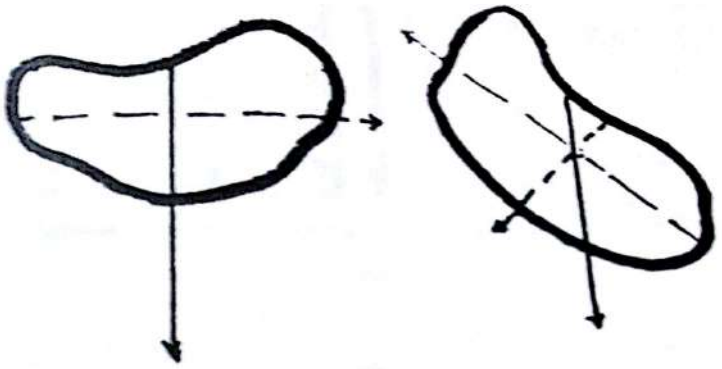
Scanned by CamScanner

شكل (١٠٢)

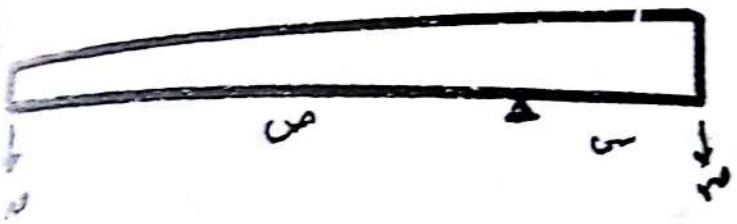
للاستفادة من هذا المبدأ في الفعاليات الرياضية، نجد انه في كثير
مركز ثقل جسم الرياضي طبقا لتكنيك الفعالية المعنية او المسار الذي
الاداء وبالتالي تباعد الاجزاء او تقاربها بعضها مع بعض، فلو اخذ
حركة القافز بالزانة اثناء عبوره العارضة فأن مركز ثقل جسمه يمكن
من خلال الشكل التالي:



Scanned by CamScanner



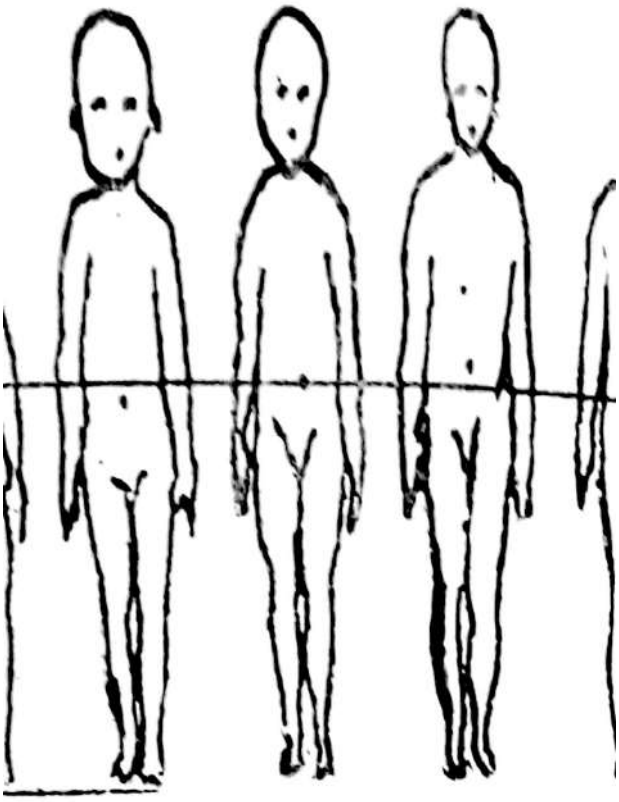
شكل (١٠٤)



شكل (١٠٥)

لتحديد مركز ثقل قضيب غير منتظم الشكل نجد ان النقطة التي يرتكز عليها ثقل مركز ثقله ويتم ذلك من خلال حساب عزوم القوى المؤثرة عليه، ففي شكل (١٠٥) عزم القوة ق١ اي ق١س = عزم القوة ق٢ اي ق٢ص، فعند تساوي العزوم يكون الجسم في حالة اتزان، اي يرتكز على النقطة التي تمثل مركز ثقله. نظرا لان بعض اشكال الجسم يحدد نقطة مركز ثقله نجد في بعض الاجسام ان النقطة التي تمثل مركز ثقلها لا تقع بالضرورة على الجسم (اي تقع خارجة عنه) كما في الشكل

Scanned by CamScanner



شكل (١٠٦)

وضع مركز ثقل الجسم منذ الطفولة وحتى سن

العلماء مركز ثقل الجسم، فمن الذين درسوا
بللي (١٦٠٨-١٦٧٩) الذي وضع الاسس العلمي
المانيان وجدا خلال دراستهما ان ارتفاع ا

Scanned by CamScanner

في اواخر القرن التاسع عشر وجد العالمان براون ، وفيشر نتيجة لدراستها ان ارتفاع نقطة مركز الثقل ٥٤,٨ ٪ من طول الشخص مقاساً من اسفل القدم . من الضروري الاشارة الى ان نقطة مركز ثقل الجسم تختلف بين الجنسين ، فنتيجة للتكوين الجسمي المختلف بين الرجال والنساء والذي يتمثل في الكتفين مثلاً التي تكون عند الرجال اكبر منها عند النساء او عرض الحوض عن النساء عنه عند الرجال نلاحظ بشكل عام ان موضع مركز الثقل عند الرجال اعلى منه عند النساء ، حيث وجد العالم كروسكي ومن شاركه العمل عام ١٩١٢ ان المسطح العرضي لمركز ثقل الجسم عند الرجال اعلى قليلاً من النساء حيث كان متوسط الارتفاع عند الرجال ٥٦,١٨ ٪ بينما بلغ المتوسط عند النساء ٥٥,٤٤ ٪ .

اجرى العالم (بالم) دراسته التي استمرت فترة طويلة من الزمن وكانت عينة دراسته ٥٩٦ ولداً ، و ٥٧٦ بنتاً من يوم ميلادهم حتى بلوغهم العشرين من العمر وكذلك على ثماني عشرة جثة جنين فوجد بشكل عام ان ارتفاع مركز الثقل بصرف النظر عن العمر والجنس يساوي

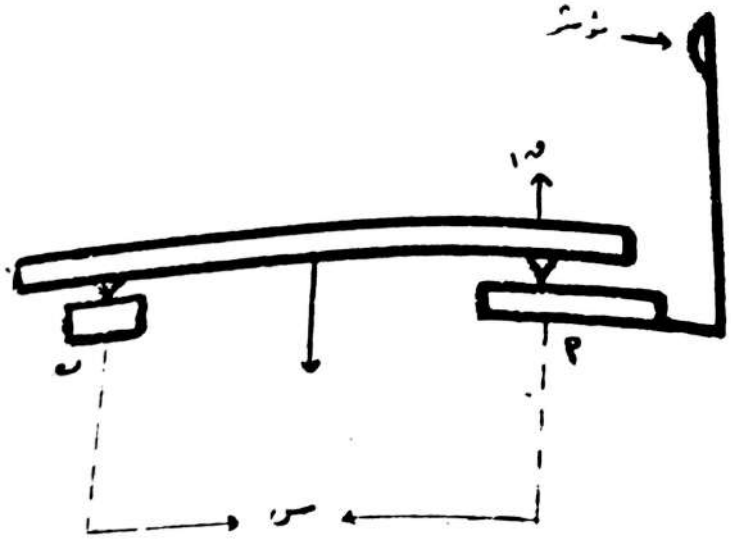
٠,٥٥٧ من الطول + ١,٤ سم مقاساً من اسفل القدم

ان طبيعة الاختلاف في ارتفاع مركز الثقل لاتكمن في اختلاف الجنس فقط بل هناك عوامل عديدة تؤثر في ذلك ، فعلى سبيل المثال نجد ان لاعب كرة القدم الذي يتميز بارجل ضخمة ينخفض مركز ثقله عن لاعب الجمناستك الذي يتميز بضخامة الجزء العلوي من جسمهم ولنفس الجسم يختلف وضع تلك النقطة في اوضاع مختلفة فمن وضع الوقوف والذراعان جانباً يكون مركز الثقل اوطأ مما لو كانت الذراعين عالياً .

ان الذي يهمنا في هذا المجال هو كيفية تحديد ارتفاع مركز ثقل جسم الانسان في وضعه الاعتيادي (وضع الثبات) ، اما عن كيفية استخراج مركز الثقل اثناء الحركات الرياضية فسيتم تناوله تفصيلياً في موضع اخر من الكتاب .

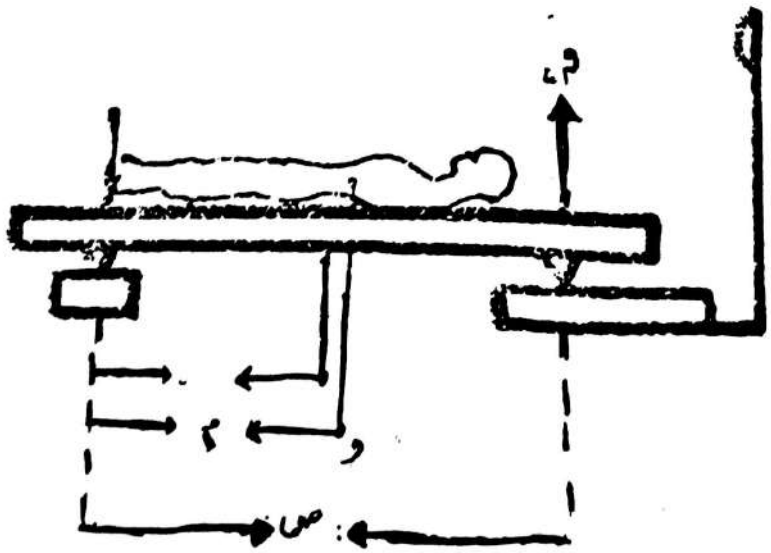
من الطرق الميكانيكية المستخدمة لتحديد موضع مسطح مركز الثقل هي طريقة لوح الثقل النوعي ويرجع الفضل في ابتكار هذه الطريقة الى العالمين الامريكيين رينولدز ولوفت حيث تتلخص هذه الطريقة باستعمال لوح طوله ٢,٥٠ وعرضه ١ م ويرتكز على حافتين حادتين كما في الشكل .

Scanned by CamScanner



شكل (١٠٧)

تثبت احدى الحافتين في أ على ميزان والحافة ب على لوح خشبي بحيث تكون اللوحة افقية تماماً وان وزن اللوحة يكون موزعاً على نقطتي الارتكاز أ ، ب تسجل قراءة الميزان اي ق١ ثم يستلقي الشخص على اللوحة



شكل (١٠٨)

تسجل قراءة الميزان ثانية ق٢ عندئذ يمكن حساب المسافة الافقية بين الخط النازل من مركز ثقل الجسم ونقطة ب التي تمثل اسفل القدمين من خلال المعادلة الاتية:

$$\text{البعد بين اسفل القدمين وسطح مركز الثقل} = \frac{\text{(القراءة الثانية - القراءة الاولى) المسافة بين الحافتين}}{\text{الوزن}}$$

$$م = \frac{(ق_2 - ق_1)\ س}{د} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (٤٢)$$

مثال:-

شخص وزنه ٨٠٠ نيوتن وكانت قراءة الميزان في الحالة الاولى ٨٠ نيوتن وفي الحالة الثانية ٥٠٠ نيوتن احسب البعد بين مسطح مركز الثقل واسفل القدمين علما ان المسافة بين حافتي اللوح ٢ م ؟

نطبق المعادلة رقم (٤٢)

$$م = \frac{٢ \times (٨٠ - ٥٠٠)}{٨٠٠}$$

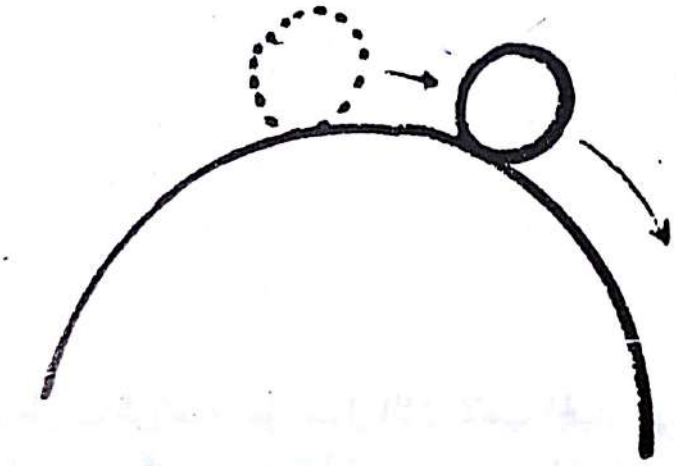
= ١٫٠٥ متر البعد بين اسفل القدمين وسطح مركز الثقل

٤- الثبات Stabilization

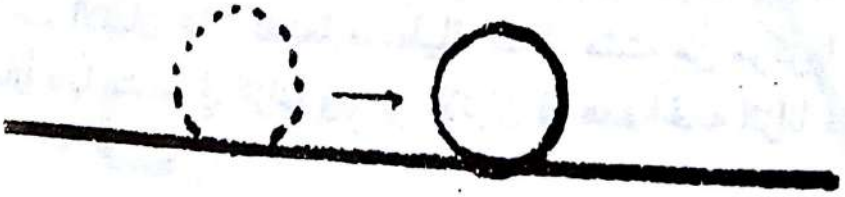
اوضحنا فيما سبق ولو بشئ من الايجاز العلاقة بين الاتزان والثبات، فثبات اي جسم هو مقدار قصوره الذاتي ازاء القوى الخارجية المؤثرة، فالجسم المتزن الذي يسقط نتيجة تأثير قوة مقدارها ٥٠ نيوتن مثلا هو اقل ثباتا من الجسم الذي لاتتمكن تلك القوة من التغلب على قصوره الذاتي. لتوضيح العلاقة بشكل ادق بين اتزان الجسم ودرجة ثباته، ندرس حالة الكرة الموضوعة على ثلاثة سطوح مختلفة. في الحالة التي يكون السطح محدبا

Scanned by CamScanner

ان الكرة وان كانت في حالة اتزان على السطح المحدب نجد ان اقل قوة تستطيع تغيير وضعها وتستمر في حركتها لتغيير وضع اتزانها الاصلي. وكما هو معلوم ان القوى التي تؤثر بها الكرة في السطح نتيجة وزنها بفعل الجذب الارضي والقوة المعاكسة المتمثلة برد فعل السطح على الكرة. في الحالة أ نجد ان قوة رد فعل السطح على الكرة يكاد يكون متعدماً وبذلك تتحرك الكرة بفعل وزنها الى الاسفل، اما في الحالة ب فنجد ان الكرة وهي على سطح مستو فأن قوة رد فعل السطح على الكرة يساوي دائما وزن الكرة على السطح فلو اثرنا فيها بقوة فسوف تستمر في حركتها بما يتناسب وكمية القوة المؤثرة لحين توقفها عن الحركة، بينما في الحالة جـ على سطح مقعر فعند تحريكها نتيجة تأثير قوة فانها ستتحرك باتجاه تأثير القوة ولكنها ماتلبث ان تعود الى وضعها الاصلي، وعلى هذا الاساس نطلق على اتزان الكرة في الحالة الاولى (اتزان غير ثابت) بينما في الحالة الثانية (اتزان متعادل) وفي الحالة الثالثة (اتزان ثابت).



أ. اتزان غير ثابت (قلق)



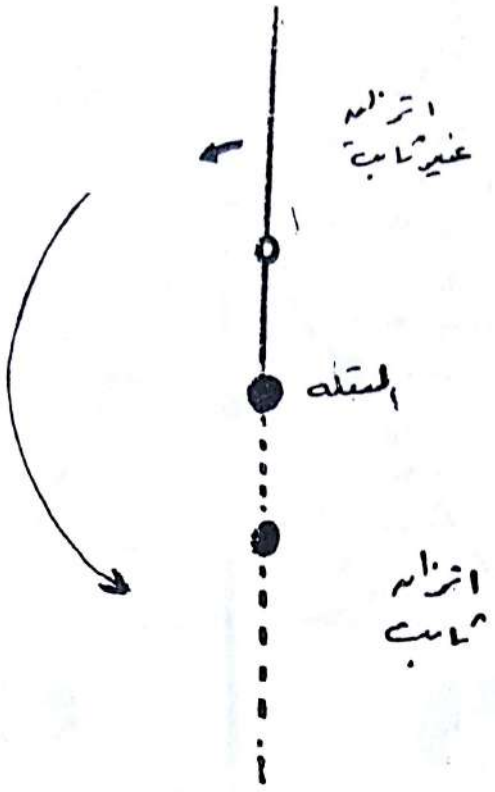
ب. اتزان متعادل

Scanned by CamScanner

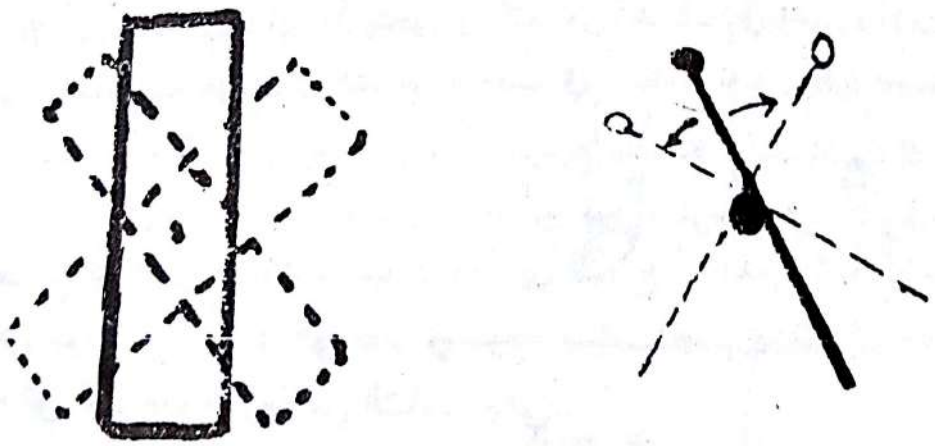
شكل (١٠٩)

في الحركات الرياضية وعلى سبيل المثال لاعب الجمباز على العقلة في ثلاث حالات يختلف فيها موضع مركز ثقله عن نقطة استناده على الجمباز ففي الحالة الاولى نجد ان مركز ثقله يقع فوق نقطة الاستناد فيكون اتزانه في هذه الحالة غير ثابت وأي قوة تؤثر فيه تغير من وضع جسمه وبالتالي سقوط مركز ثقله الى اسفل نقطة الاستناد، وفي الحالة الثانية شكل (١٠٩) نجد (على سبيل الافتراض) ان مركز ثقل اللاعب يقع ضمن نقطة الاستناد او (محور الارتكاز) فأن التأثير في الجسم بقوة معينة يجعله مستمرا بتوازنه، اذا مثلنا جسم الانسان جهازاً كقطعة مستطيلة الشكل مثبتة من مركزها فعند تحريكها يميناً و يساراً فانها ستستمر في اتزانها ويسمى الاتزان في هذه الحالة اتزانا متعادلاً.

Scanned by CamScanner



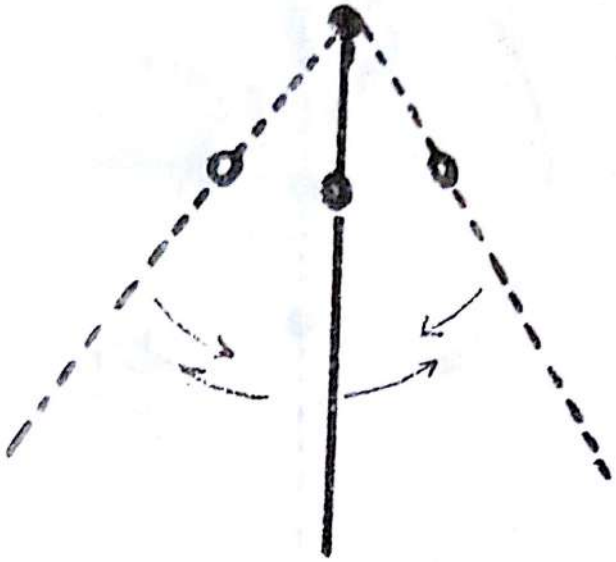
شكل (١١٠)



شكل (١١١)

Scanned by CamScanner

اما في الحالة الثالثة وعندما يكون مركز ثقل اللاعب اسفل نقطة الاستناد كما في الشكل (١١٠)، عند التأثير فيه بقوة معينة بأي اتجاه فلا يلبث ان يعود الى وضعه الاصلي بعد استنفاذه لكمية الحركة نتيجة تأثير القوة ويسمى اتزانه في هذه الحالة اتزاناً ثابتاً.



شكل (١١٢)

ان الاستفادة من هذا المبدأ يتجلى في كثير من الحركات في الحياة الاعتيادية والرياضية فللمحافظة على اتزان الشخص الراكب في حافلة بعد توقفه فجأة، يحاول تثبيت جسمه من خلال تقديم احدى رجليه لتوسيع قاعدة الاستناد وذلك للحد من سقوطه او فقدان توازنه. يحدث عادة عند تأثير قوة خارجية في الجسم فأن محاولة ومن الطبيعي ان نجد ان هناك تناسبا طرديا بين اتساع قاعدة استناد الجسم ودرجة ثباته وعلى ضوء هذه المتغيرات التي تؤثر في درجة ثبات الجسم يمكننا ان نحدد العوامل الاساسية التي تحدد هذه الدرجة من الثبات، وهي:-

١- وزن الجسم

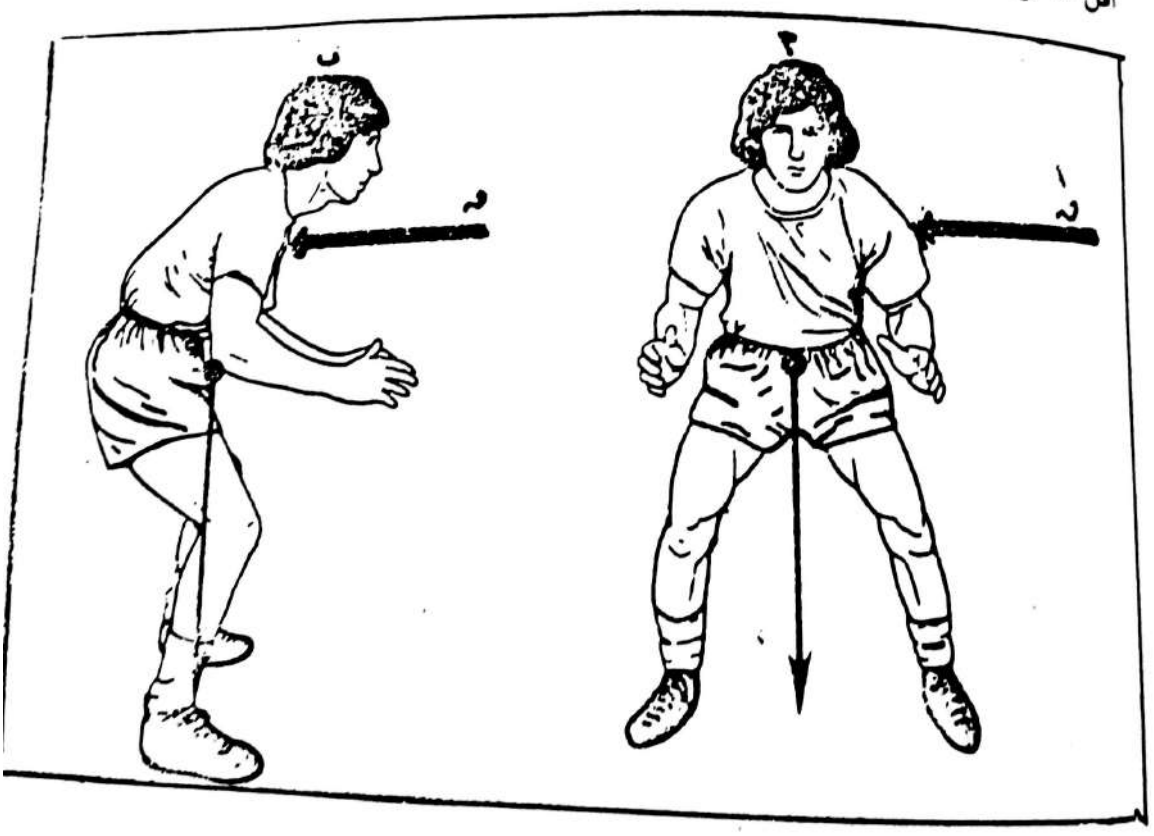
٢- مساحة قاعدة الاستناد

Scanned by CamScanner

٣- ارتفاع مركز الثقل
٤- زاوية السقوط.

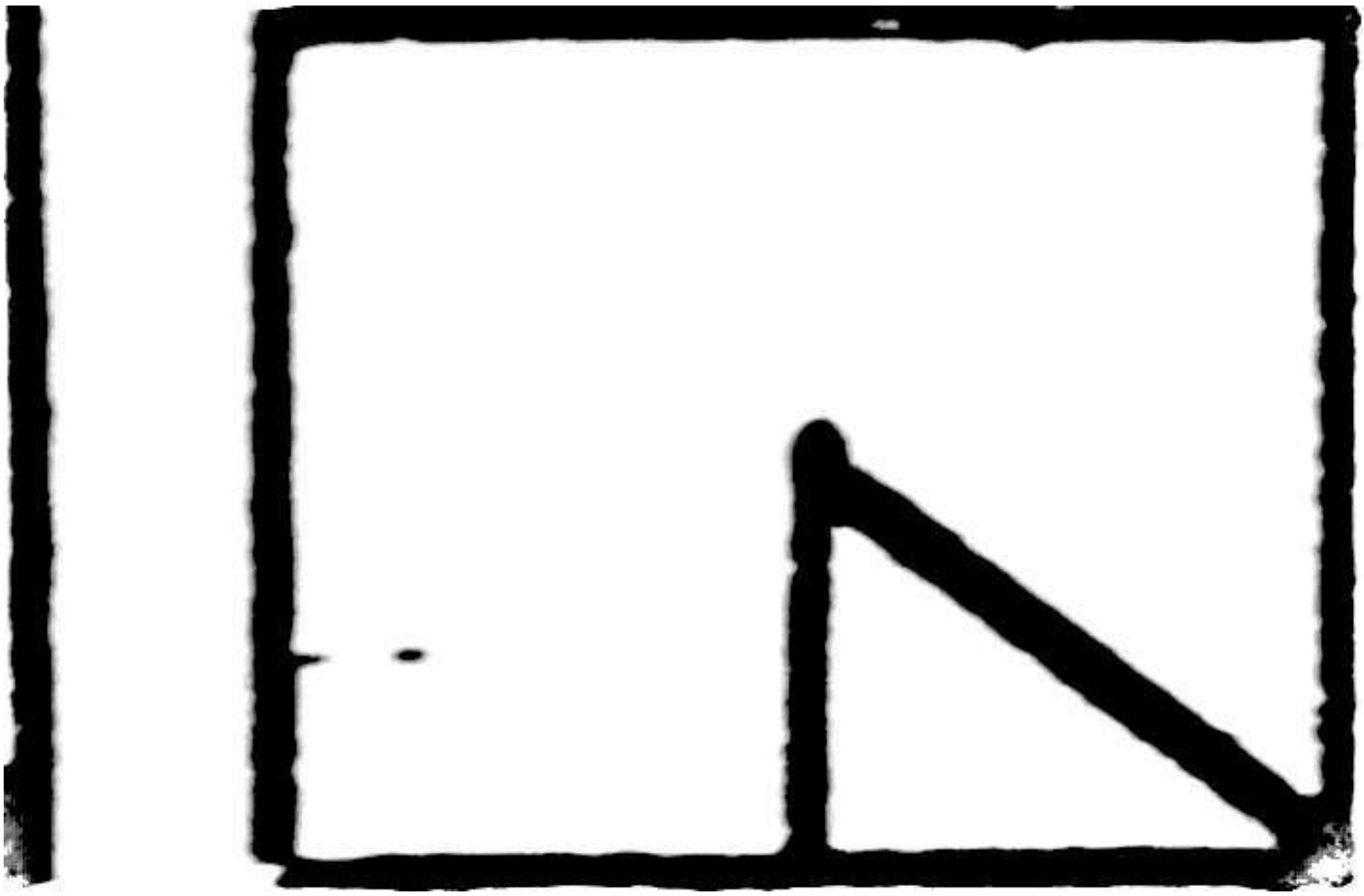
من ابسط الاسس الميكانيكية- ان التغلب على القصور الذاتي لجسم يتوقف على مقدار وزنه فكلما كان الوزن كبيرا تطلب الامر قدراً كبيراً من القوة فلاسقاط مصارع وزنه ١٠٠٠ نيوتن يتطلب قدراً كبيراً من القوة لذلك، بينما تكون القوة المطلوبة اقل من ذلك اذا كان وزنه مثلا ٦٠٠ نيوتن (في حالة تكافؤ بقية العوامل).

لمساحة القاعدة التي يستند عليها الجسم تأثير كبير في درجة ثباته، فالجسم الذي يستند على مساحة واسعة تكون درجة ثباته اكبر من ثبات نفس الجسم اذا كانت قاعدة استناده ضيقة، من هذا المنطلق نجد ان المصارع يحاول دائما توسيع القاعدة بين رجليه لتقليل تأثير قوة الخصم. ذكرنا قبل قليل ان العلاقة بين قاعدة الاستناد واتجاه القوة المؤثرة يجب ان يأخذها الرياضي بنظر الاعتبار، فمساحة قاعدة استناد الرياضي في الوضع الاعتيادي هي المسافة المحصورة بين قدميه فعند محاولة التأثير فيه بقوة من الجانب ينبغي ان يكون اتجاه قاعدة الاستناد باتجاه القوة المؤثرة نفسه عندئذ يكون تأثير القوة اقل مما لو كانت عكس الاتجاه.

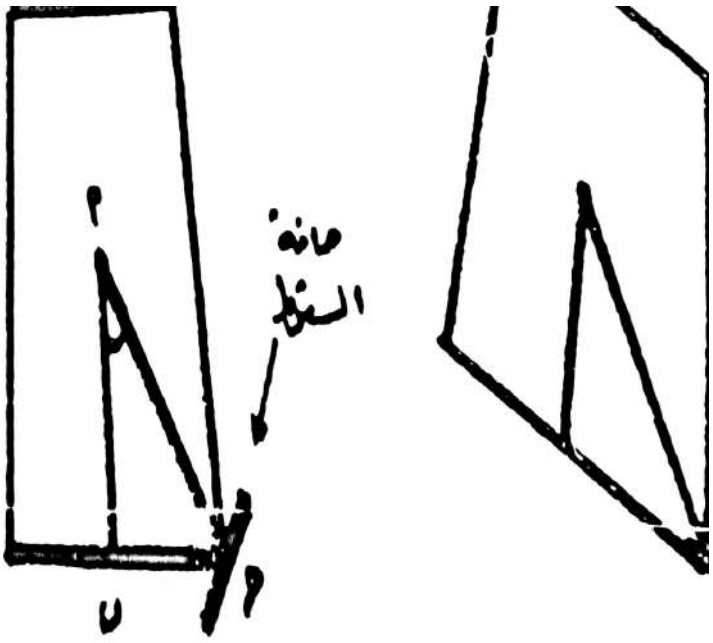


شكل (١١٣)

Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner

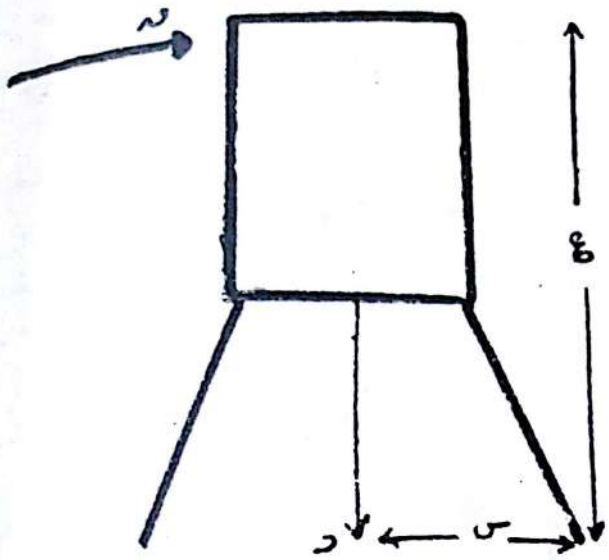


شكل (١١٥)

اضيا من خلال مقارنة عزم القوة المؤثر

كون بمجموع عزوم القوى المؤثرة فيه صف

. وذلك يؤدى الى اختلال في اتز



شكل (١١٦)

في حالة اتزان الجسم فأن
عزم القوة ق = عزم الوزن و
ق × ع = و × س

مقياس الطاقة

يقصد به مقدار الطاقة المصروفة للتغلب على ثبات الجسم ويتوقف هذا على مقدار الشغل الذي تنجزه القوة المؤثرة، ولمعرفة مقدار الشغل المنجز ينبغي تحديد المسافة التي يقطعها مركز ثقل الجسم (ارجع الى الشغل) كي يصل فوق او يخرج عن حافة السقوط، فاذا كانت المسافة التي يقطعها الجسم اكبر ويحدث هذا في حالة اتساع قاعدة الاستناد وانخفاض مركز الثقل كان الشغل المبذول اكبر مما لو كانت قاعدة الاستناد ضيقة ومركز الثقل مرتفعاً.

Scanned by CamScanner

٥ـ عزم القصور الذاتي Torque

عند دراستنا لقوانين نيوتن للحركة وضحنا ماهية القانون الاول اي القصور الذاتي للجسم في الحركة المستقيمة اي مقاومته للحركة ويتوقف هذا على مقدار كتلة الجسم. لكي ندرس هذه الناحية اثناء الحركات الدائرية فلانكتفي بمصطلح القصور الذاتي بل يقال عزم القصور الذاتي، وذلك لان مقاومة الجسم للحركة الدائرية لايتوقف على كتلته فقط وانما على بعده العمودي عن محور الدوران..

ان جسم الانسان يتكون من عدة اجزاء ولكل منها قصوره الذاتي وان عزم القصور الذاتي للجسم بأكمله هو عبارة عن مجموع القصور الذاتي لاجزائه. لو اردنا معرفة عزم القصور الذاتي للذراع مثلا عند دورانه حول مفصل الكتف فيمكن ذلك من حساب عزم القصور الذاتي للاجزاء حيث يكون العزم للجزء يساوي

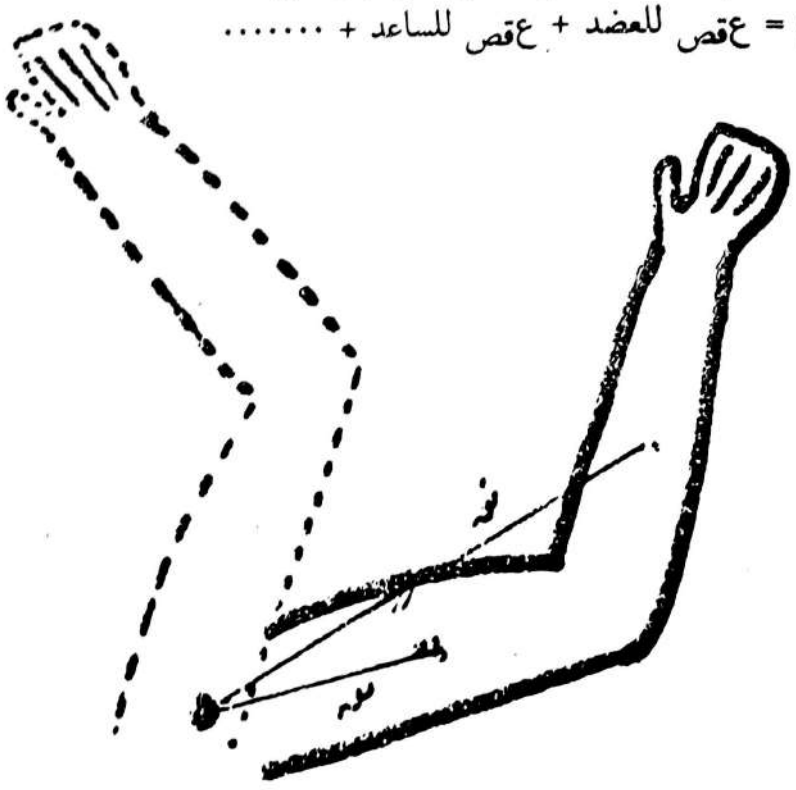
عزم القصور الذاتي = الكتلة × (نصف القطر)^{٢}

فلو رمزنا لعزم القصور الذاتي عقص

$$ع_{قص} = ك \times نق^{٢} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (٤٣)$$

وبالتالي يكون عزم القصور الذاتي للذراع هو عبارة عن

عقص للذراع = عقص للعضد + عقص للساعد + ...

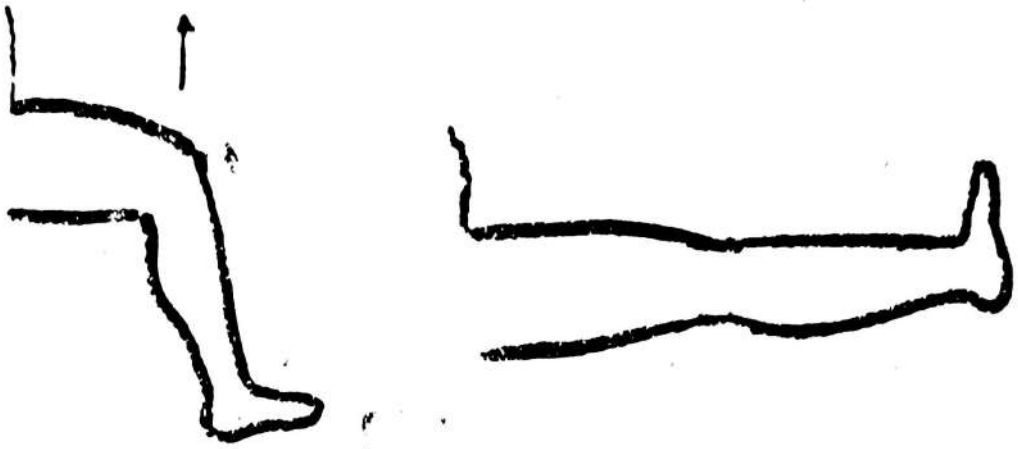


شكل (١١٧)

Scanned by CamScanner

اذا كان الجسم الدائر يقع محور دورانه في نقطة مركز ثقله فان عزم القصور الذاتي لذلك الجسم يكون اقل من عزمه عندما لا يمر محور الدوران بمركز الثقل، وعلى هذا الاساس يمكننا ان نستنتج ان دوران الجسم الذي يبعد قليلا عن محور الدوران اكبر من دوران الجسم الذي يبعد اكثر عن المحور، لذلك يمكننا تفسير سهولة رفع الرجل الى الاعلى وهي مثنية عنها وهي ممدودة.

شكل (١١٨)

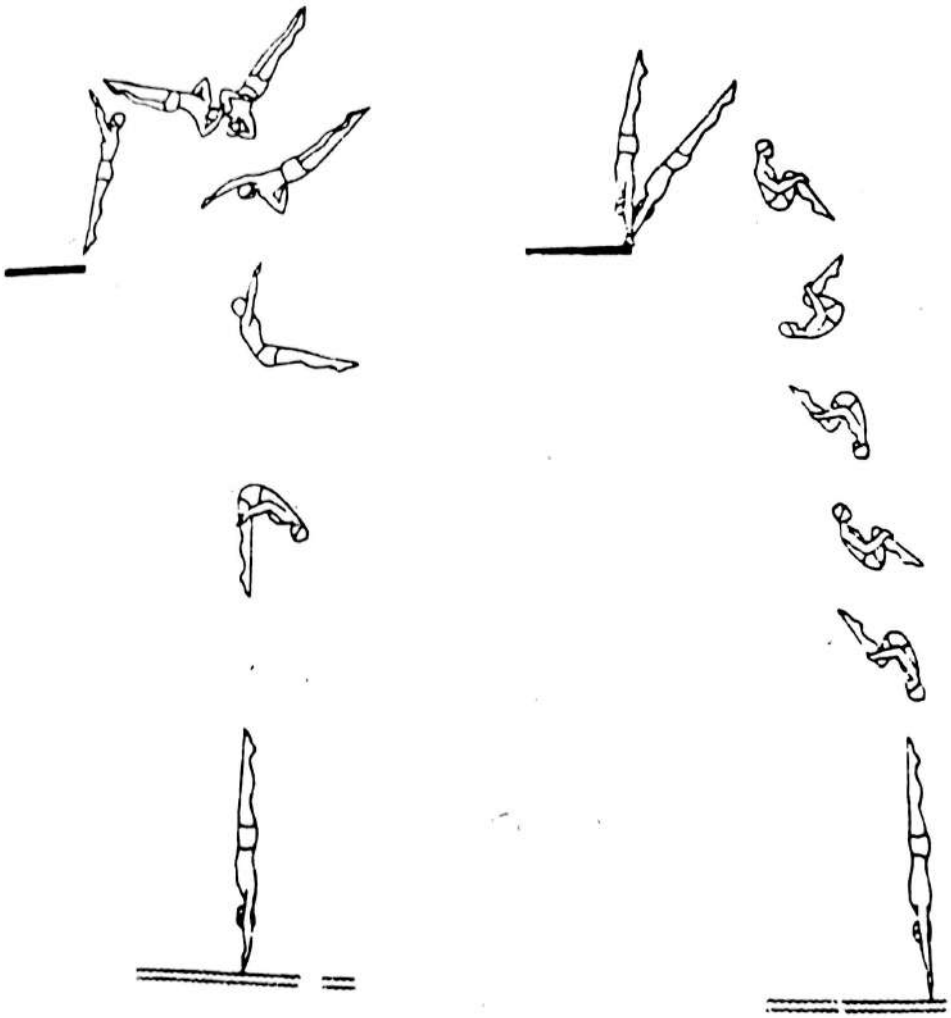


شكل (١١٩).

يمكننا ملاحظة ذلك في كثير من الفعاليات كالرقص على **الجليد** والباليه فعندما يحاول الرياضي الدوران اسرع ما يمكن حول **محوره** الطولي يقوم بتقريب اجزاء جسمه

Scanned by CamScanner

بعضها من بعض وذلك لتقليل عزم تصورها الذاتي وبالتالي زيادة سرعتها الزاوية نظراً لطبيعة العلاقة العكسية بين عزم القصور الذاتي والسرعة الزاوية ويمكن ملاحظة ذلك اثناء حركة الغطس الى الماء فعند مد اجزاء الجسم وابعادها بعضها عن بعض يزداد عزم قصورها الذاتي وبالتالي تقل السرعة الزاوية للجسم، بينما في حالة تكوره تزداد سرعة الجسم الزاوية نظرا لقلة عزم القصور الذاتي كما في الشكل



أ

عزم قصور ذاتي قليل

اجزاء الجسم قريبة من بعضها

ب

عزم قصور ذاتي كبير

اجزاء الجسم بعيدة عن بعضها

شكل (١٢٠)

Scanned by CamScanner

٦- الزخم الزاوي Angular momentum

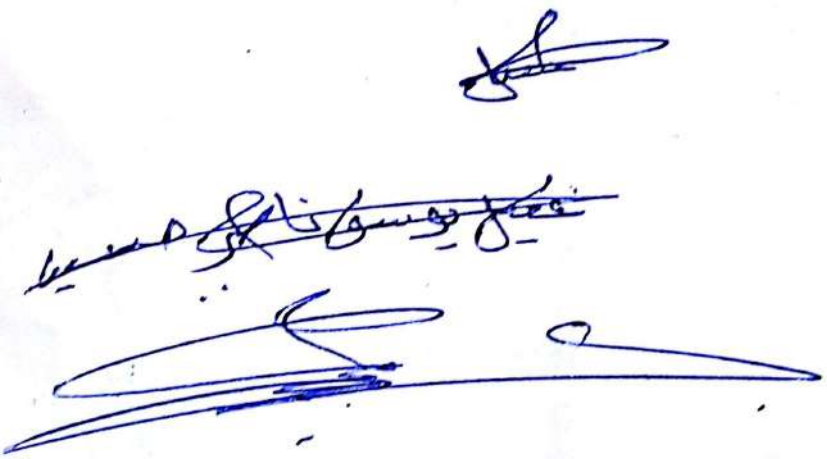
ان كمية الحركة (الزخم) الذي يمتلكه الجسم اثناء الحركة المستقيمة هو عبارة عن كتلة الجسم في سرعته بينما تتكون كمية حركة الجسم اثناء الحركات الدائرية من حاصل ضرب عزم القصور الذاتي في سرعته اي ان

الزخم الزاوي = عزم القصور الذاتي × السرعة الزاوية

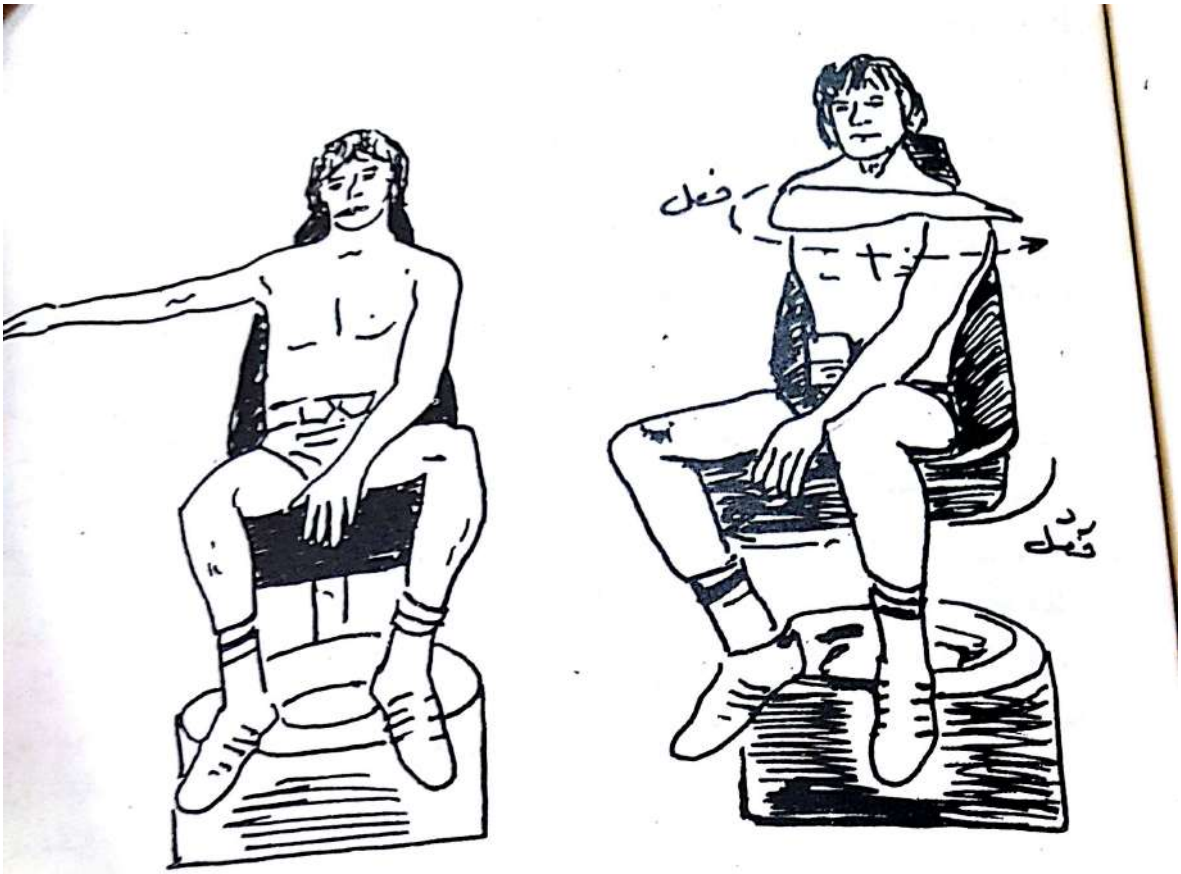
فاذا رمزنا للزخم الزاوي بالرمز خز

خز = ع قص × س ز ..... (٤٤)

انطلاقا من قانون نيوتن الثالث (الفعل ورد الفعل) اذا اثر جسم بزخم معين في جسم اخر فأن الجسم المؤثر فيه يرد على الجسم الاول بكمية الزخم نفسها وبعكس اتجاهها وهذا مايطلق عليه قانون حفظ الزخم الزاوي، فعند الجلوس على كرسي دوار والذراع الى الجانب، فأن الزخم الزاوي للشخص والكرسي يساوي صفرا اما اذا حرك الشخص ذراعه الى جهة اليسار فأن حركة الفعل هذه يتولد عنها حركة رد فعل من الجزء السفلي من الجسم الى جهة اليمين، وهاتان الحركتان تبطل احداهما الاخرى ليبقى مقدار الزخم الزاوي ثابتا كما في الشكل.



Scanned by CamScanner



شكل (١٢١)

الزخم الزاوي للجسم

Scanned by CamScanner

٧- الطاقة الحركية للزاوية Angular Kinetic energy

انطلاقا من اهمية مفهوم الطاقة الحركية في الفعاليات الرياضية وماينبغي على الرياضي ان يأخذه بنظر الاعتبار لما لها من علاقة وثيقة بطبيعة الاداء، حيث تناولنا الطاقة الحركية بشكل عام وكانت معادلتها

$$\text{طح} = \frac{1}{2} \text{ك} \times \text{س}^2 \quad \cdots\cdots\cdots (٣٨)$$

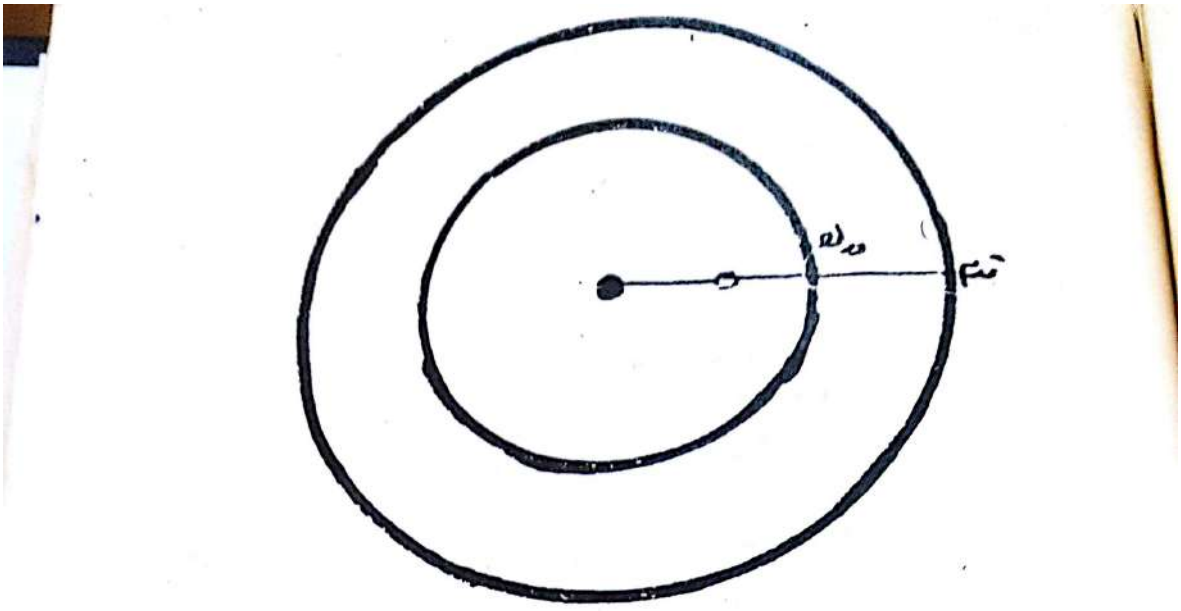
ان الذي يهمنا في هذا الخصوص هو دراسة الفرق بين الطاقة الحركية التي يمتلكها اللاعب اثناء الحركة الانتقالية (المستقيمة) وبين الحركة الدائرية (الزاوية)، فلو اخذنا على سبيل المثال حركة المتزحلق على الجليد الذي تكون حركته انتقالية فأن سرعة كل جزء من اجزاء جسمه يتحرك بسرعة اجزاء الجسم الاخرى وبما ان الطاقة الحركية للجسم كله تساوي مجموع الطاقات الحركية للاجزاء، فاذا رمزنا للاجزاء بالارقام ١،٢،٣،٤،..... الخ فأن الطاقة الحركية الكلية

$$\text{طح كلية} = \text{طح}_1 + \text{طح}_2 + \text{ط}_3 + \text{طح}_4 \quad \cdots\cdots$$

اما في الحركات الدائرية فنجد ان اجزاء الجسم تختلف في سرعتها فيما بينها نظرا لاختلاف بعدها عن محور الدوران ففي حركة دوران اللاعب حول العقلة نجد ان سرعة دوران الورك اسرع من الكتف على الرغم من ان حركتهما بسرعة زاوية واحدة وكذلك سرعة دوران الركبة اسرع من الورك، اما القدم فتكون اكثر اجزاء الجسم سرعة نظراً لطول نصف قطر الدائرة التي تدور حولها القدم، اي ان سرعة اجزاء الجسم المحيطية تختلف فيما بينها وبما ان

$$\text{س}_م = \text{س}_ز \times \text{نق} \quad \cdots\cdots\cdots (١٨)$$

Scanned by CamScanner



شكل (١٢٢)

اذا عوضنا عن قيمة س م في المعادلة ١٨ بما يساويها في المعادلة ٣٨ يصبح قانون الطاقة الحركية في الحركة الزاوية كالآتي

$$\text{ط ح} = \frac{1}{2} \text{ ك } (\text{س ز} \times \text{نق})^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٤٥)$$

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

∴ عزم القصور الذاتي = ك نق^2

لذا من الممكن القول ان هناك تناسبا طرديا بين مقدار الطاقة الحركية التي يبذلها الرياضي وبين مقدار عزم القصور الذاتي للجسم اثناء ادائه للحركة الدائرية.

Scanned by CamScanner

اسئلة للمناقشة

١- ماذا يحدث عندما يمر خط عمل القوة بمركز ثقل الجسم المؤثر فيه ؟
٢- ماذا يحدث عندما لا يمر خط عمل القوة بمركز ثقل الجسم المؤثر فيه ؟
٣- كيف تحدث الحركة الدورانية ؟
٤- ماذا يطلق على القوة في الحركات الدائرية ؟
٥- ماذا يقصد بالاتزان ؟
٦- ماهي العوامل المؤثرة في الاتزان ؟
٧- كيف يمكنك تحديد موضع مركز ثقل عمود غير منتظم الشكل ؟
٨- هل يتغير موضع مركز ثقل الجسم باختلاف المقاييس الجسمية ؟
٩- ماهي العلاقة بين الاتزان والثبات من الجانب الميكانيكي ؟
١٠- ماهي العوامل التي تؤثر في الثبات ؟
١١- ماهي العلاقة بين اتجاه القوة المؤثرة واتجاه قاعدة الاستناد ؟
١٢- ماهي زاوية السقوط ؟
١٣- عدد مقاييس درجة ثبات الاجسام ؟
١٤- ماذا يقصد بالمقياس الديناميكي ؟
١٥- ماذا يقصد بعزم القصور الذاتي ؟
١٦- اذكر قانون عزم القصور الذاتي ؟
١٧- في الوثب العالي تربض الرجل الحرة مثنية اسهل من رفعها ممدودة اثناء النهوض، علل ذلك ؟
١٨- اذكر قانون الزخم الزاوي ؟
١٩- ماالفرق بين الطاقة الحركية للجسم بين الحركة المستقيمة والحركة الدائرية ؟
٢٠- اضرب مثلا للطاقة الحركية الزاوية في الفعاليات الرياضية.
٢١- ماهي العلاقة بين الطاقة الحركية، والقصور الذاتي للجسم اثناء الحركات الدائرية ؟

Scanned by CamScanner

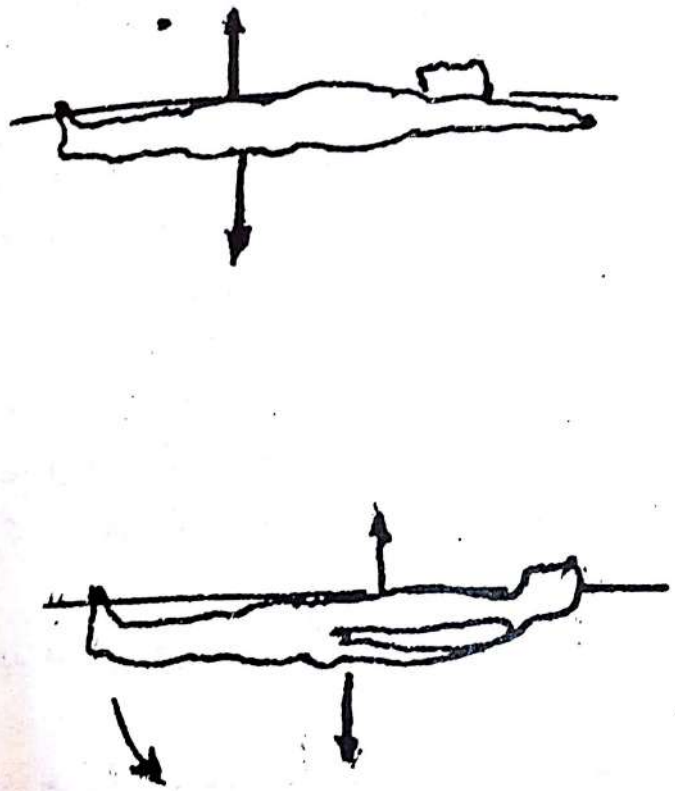
ان التتبع العلمي لماهية الاداء الحركي قديماً وحديثاً يبرز لنا الفارق الكبير بين الحركة التي يمارسها الرياضي لتحقيق هدف معين وفق المفاهيم التي كانت مفهومة آنذاك وبين ماآلت اليه الحركة من تطور اذ انعكس بشكل مباشر على الانجازات التي يحققها الرياضيون في كافة الميادين، ومنها الميدان الرياضي. فبعد ان كانت الحركة تلاحظ ملاحظة فجة من خلال مشاهدتها للوقوف على نقاط الضعف والقوة في مسارها برزت الحاجة الى استخدام الاجهزة العلمية المتطورة للتشخيص العلمي لكل مراحل الحركة آخذين بعين الاعتبار ماهية العوامل المؤثرة في الاداء ومايرتبط به سواء اكان من الجانب الهندسي او الفيزيائي الذي يحكم الحركة او من جانب امكانيات الفرد اي قواه الذاتية والتي تختلف من فرد لآخر وفقاً لطبيعة التركيب التشريحي والفسلجي ومواصفاته الجسمية، لذا اصبح لزاماً ان تتم دراسة الحركة من جانبيها الميكانيكي والحيوي ونتيجة لهذا انشئت المختبرات المعنية بدراسة حركة الانسان دراسة علمية مستفيضة وفق اسس موضوعية وكان لاستخدام الاجهزة الحديثة اثر كبير في تحقيق ذلك. لقد شهدت السنوات الاخيرة تطوراً ملحوظاً في نوعية البحوث العلمية التي يتم اجراؤها سواء ماكان يجري داخل المختبر او في الميدان وكذلك تكوين فرق بحث يشترك فيها ذوو العلاقة كالطبيب، والفيزيائي، والنفسي، والمهندس والمعنيين بشؤون التدريب. ان الهدف من انعقاد المؤتمرات العلمية لدراسة ماهو جديد في مجال البايوميكانيك كان وراء انتشار طرق البحث في هذا المجال وتبادل الخبرات باتجاه تطور تصنيع الاجهزة المستخدمة لدراسة الحركة. سنوضح في هذا الباب جانبا من الطرق العلمية المستخدمة في بحوث البايوميكانيك وكذلك نلقي الضوء على بعض الاجهزة العلمية المستخدمة.

١. طريقة تحديد مركز ثقل جسم الانسان

عند تحليل اي حركة رياضية لمعرفة مدى تطابق مسار الحركة مع المتطلبات الميكانيكية يعبر عن مسار الجسم بكامله بنقطة ممثلة لجميع اجزائه الا وهي نقطة مركز ثقل الجسم، فعند اشارتنا الى ان المسار الحركي لجسم معين اثناء الطيران او اثناء ادائه حركة معينة يقصد بذلك مسار مركز ثقله الذي من خلاله يتم تحديد مدى التطابق بين هذا المسار وماينبغي ان تكون عليه الحركة وفق الاسس والقوانين الميكانيكية التي تحد الحركة..

Scanned by CamScanner

عند دراستنا لتأثير قوة معينة في جسم تتم الاشارة الى ان القوة المؤثرة تؤدي بالجسم الى ان يتحرك حركة انتقالية او دائرية من خلال معرفة نقطة مركز ثقل ذلك الجسم. في الحالات التي يقع فيها الجسم تحت تأثير قوتين /كما في حالة الطفو على سطح الماء حيث تؤثر قوة الجذب الارضي الى الاسفل بينما تؤثر قوة رد فعل الماء بعكس الاتجاه اي الى الاعلى، ففي هذا المثال ينبغي تحديد نقطة مركز الثقل، ففي الحالة أ عندما لا يمر خط عمل رد فعل الماء بمركز ثقل الجسم تحدث حركة دائرية اي هبوط الجسم السفلي الى الاسفل نتيجة اختلاف عزوم القوة، اما اذا كان خط عمل رد فعل الماء يمر بمركز الثقل كما في الحالة (ب) فذلك يمكن الجسم من البقاء افقيا فوق سطح الماء لتساوي عزوم القوى المؤثرة فيه.

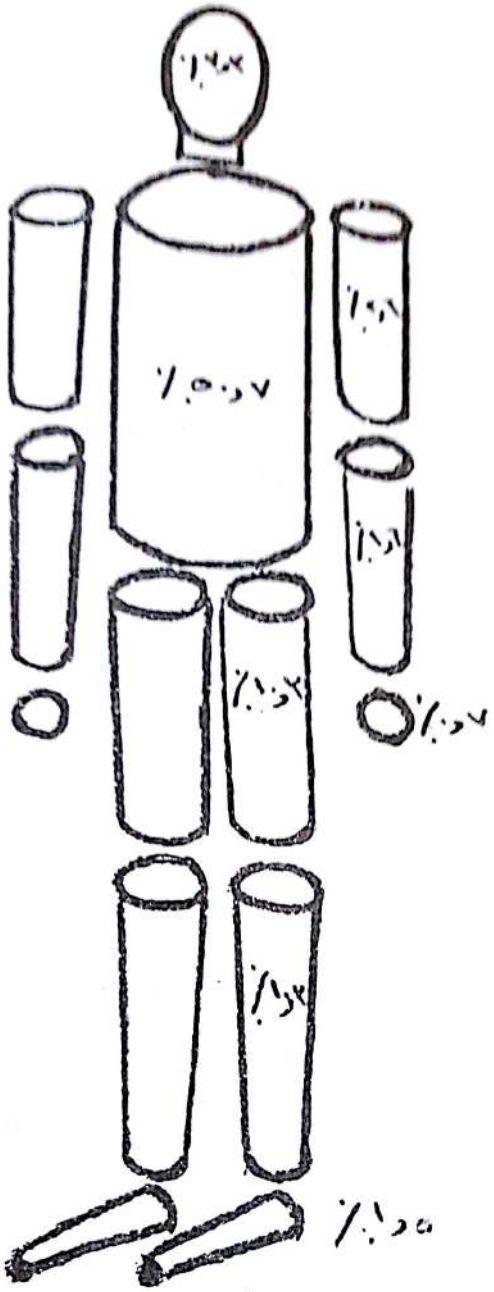


شكل (١٢٣)

Scanned by CamScanner

تكلمنا عن مركز ثقل الاجسام بشكل عام في الباب السابق ووضحنا طبيعة الفرق بين تحديد نقطة مركز ثقل الاجسام الصلبة وجسم الانسان فلو اردنا تحديد زاوية ملجوان واثب العريض من الناحية الميكانيكية لايمكننا معرفة ذلك مالم يتم تحديد نقطة مركز ثقله. لايجاد مركز ثقل جسم الانسان اثناء الحركات الرياضية نأخذ في الاعتبار ان جسم الانسان يختلف عن الاجسام الصلبة التي من السهولة تحديد مركز ثقلها حيث يتكون جسم الانسان من اجزاء تختلف فيما بينها من حيث الوزن والطول اضافة الى اختلاف اوزانها النوعية لان الجسم يتكون من عظام وعضلات وشحوم ومواد اخرى، لذلك نجد ان كثيراً من الباحثين حاولوا دراسة تحديد نقطة مركز ثقل الجسم من وضع الحركة. كما هو معلوم ان جسم الانسان يتكون من اربعة عشر جزءاً (شكل (١٢٢)، ولكل جزء من هذه الاجزاء وزناً نسبياً، فقد حدد مجموعة من الباحثين امثال بلاجنهوف، وبرنشتين، وكليفلاند، وبراون وفيشر واخرين هذه الاوزان النسبية كل حسب دراسته وكذلك النسبة المئوية لوضع مركز ثقل كل جزء من هذه الاجزاء وبصورة عامة يمكننا تحديد الاوزان النسبية للاجزاء نسبة الى الوزن الكلي وكذلك موضع مركز ثقل جزء في الجدول الآتي:

Scanned by CamScanner

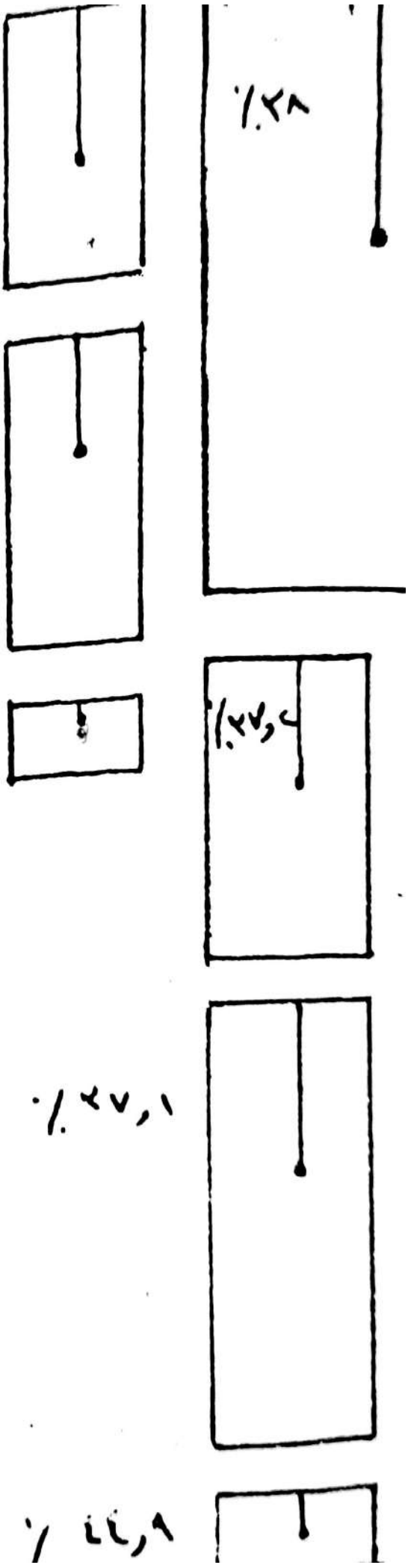


شكل (١٢٤)

الاوزان النسبية لاجزاء جسم الانسان*

* G Bober, T. and others. Biomechanika – Wybrane Zagadnienia. Poland. 1983. P. 18.

Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner

جدول (٧)

الاوزان النسبية لاجزاء الجسم والنسب المئوية لبعد مركز ثقلها

التسلسل	الجزء	الوزن النسبي ٪	النسبة المئوية للبعد عن المفصل العلوي ٪
	الرأس والرقبة	٧ر٣	٤٦ر٦
١	الجذع	٥٠ر٧	٣٨
٢	عضد أيمن	٢ر٦	٥١ر٣
٣	عضد أيسر	٢ر٦	٥١ر٣
٤	ساعد ايمن	١ر٦	٣٩
٥	ساعد ايسر	١ر٦	٣٩
٦	يد يمنى	٠ر٧	١٨
٧	يد يسرى	٠ر٧	١٨
٨	فخذ ايمن	١٠ر٣	٣٧ر٢
٩	فخذ ايسر	١٠ر٣	٣٧ر٢
١٠	ساق ايمن	٤ر٣	٣٧ر١
١١	ساق ايسر	٤ر٣	٣٧ر١
١٢	قدم يمنى	١ر٥	٤٤ر٩
١٣	قدم يسرى	١ر٥	٤٤ر٩

Scanned by CamScanner

في الصورة الواحدة يتم بالطريقة الآتية ويفضل استخدام ورقة بيانية.

١- يجب ان نعرف وزن اللاعب
٢- نستخرج الوزن الحقيقي لكل جزء..
٣- يتم قياس طول الجزء (المسافة بين مفصلين) كما في العضد مثلا حيث تقاس المسافة بين مفصل الكتف ومفصل المرفق.
٤- نحدد موضع مركز ثقل كل جزء كما موضح بالشكل (١٢٤) .
٥- نرسم الاحداثيين السيني والصادي
٦- نقيس المسافة الافقية بين مركز ثقل كل جزء والمحور السيني
٧- نضرب الوزن الحقيقي لكل جزء في بعده الأفقي
٨- نقيس المسافة العمودية بين مركز ثقل كل جزء والمحور الصادي
٩- نضرب الوزن الحقيقي لكل جزء في بعده العمودي
١٠- مجموع ماذكر في الفقرة السابعة وتقسيمه على الوزن لاستخراج محصلة وزن الاجزاء الافقي.
١١- مجموع ماذكر في الفقرة التاسعة وتقسيمه على الوزن لاستخراج محصلة وزن الاجزاء العمودي.
١٢- نقطة تلاقي النقطتين الافقية والعمودية تمثل نقطة مركز ثقل الجسم.

اجزاء الجسم	الوزن النسبي للجزء	الوزن الحقيقي للجزء
البعد عن المفصل ٪	البعد الافقي	الوزن الحقيقي × البعد الافقي
البعد العمودي	الوزن الحقيقي × البعد العمودي	

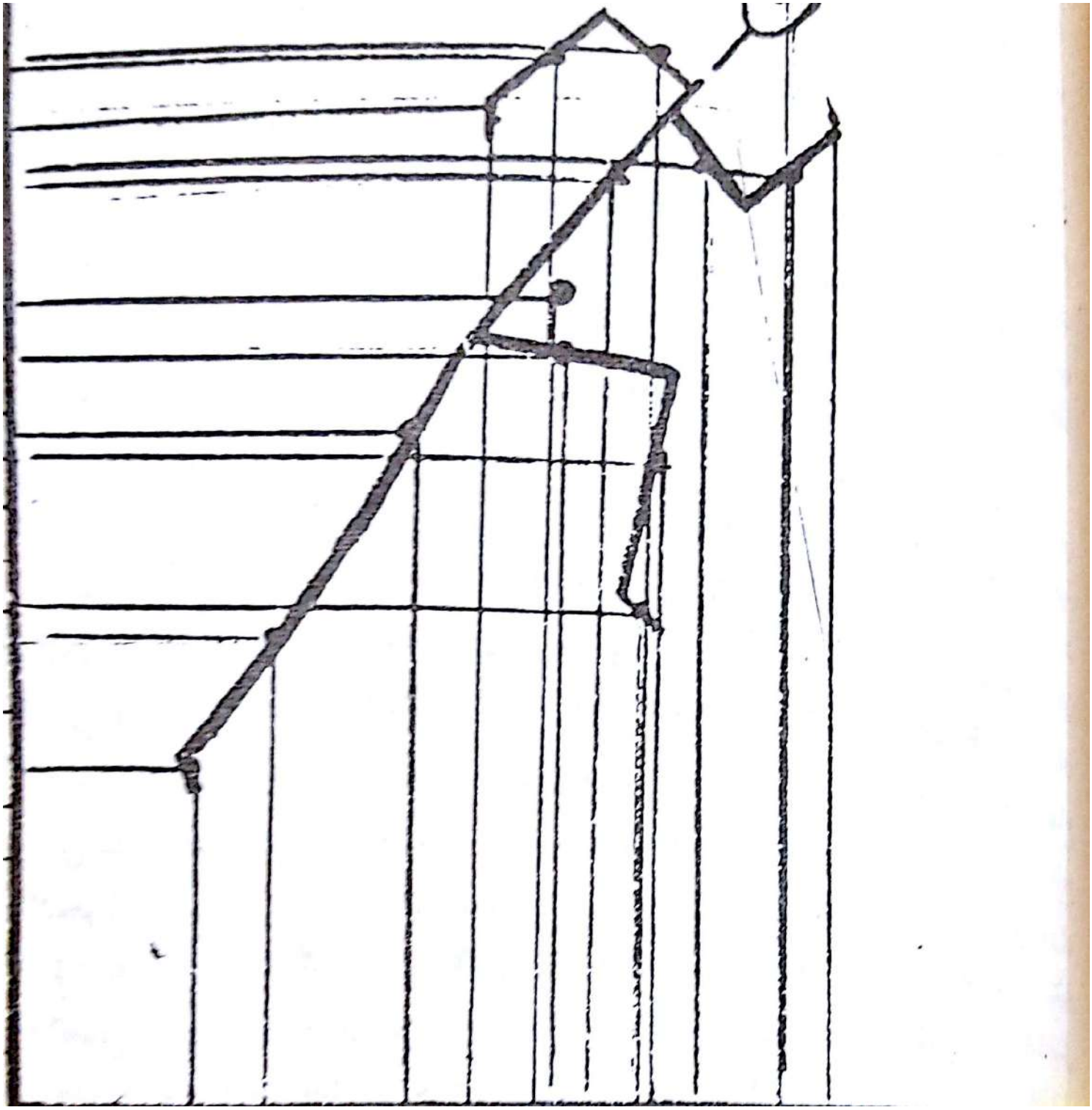
المجموع
_____ = النقطة الافقية
الوزن

المجموع
_____ = النقطة العمودية
الوزن

Scanned by CamScanner

الجزاء الجسم	الوزن النسبي للجزء	الوزن الحقيقي للجزء	البعد عن الفصل ٪	البعد الافقي	الوزن الحقيقي × البعد الافقي	البعد العمودي	الوزن الحقيقي × البعد العمودي

Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner

ان الهدف الرئيس من الاستعانة بالعلوم سواء اكان منها تطبيقياً ام اساسياً في المجالات كافة وفي المجال الرياضي على وجه الخصوص هو السبيل الوحيد للارتقاء بمستوى الاداء وبالتالي النهوض بالانجاز من خلال معرفة الاسس المؤثرة في الحركة من حيث زمان ومكان حدوثها وكذلك دراسة المتغيرات المؤثرة فيها كالسرعة والازاحة والارتفاعات كمتغيرات كيناتيكية بالاضافة الى القوى التي تسبب حدوث الحركة كمتغيرات كينتكية.

عند اجراء مقارنة بسيطة بين اداء الحركة سابقاً والاداء حالياً يمكننا ان نستنتج من ان اللاعب سابقاً عندما يؤدي حركة معينة فانه يبذل قوة كبيرة وهذا ناشيء عن الاستخدام غير الصحيح لمسارات الحركة وعدم الاخذ بنظر الاعتبار العلاقة التبادلية بين القوى الداخلية والخارجية المؤثرة في الحركة مما ينعكس بالتالي على انسيابية الاداء الامر الذي يكلف اللاعب بذل قوة اكبر وعدم استغلال هذه القوة باكملها لصالح الاداء وهذا مانطلق عليه ضياع الجهد وعدم تحقيق الهدف المطلوب ، اما في الوقت الحاضر وبعد ان اخضعت الحركة للتحليل بغية معرفة دقائق اجزائها ومساراتها والبحث عن الوسائل التي تضمن الاستثمار الكامل للقوى التي يبذلها اللاعب فضلاً عن استثمار القوى الخارجية المحيطة بالحركة لاحظنا مدى التطور الذي حدث في مجال الانجاز فعلى سبيل المثال عند تتبعنا للطرق التي استخدمت في القفز العالي والانجاز الذي تم بكل طريقة فلو فرضنا ان اقصى قوة يبذلها القافز هي ١٠٠٠ نيوتن مثلاً فعند استخدام الطريقة المتبعة قديماً نجد ان الانجاز كان محدود جداً ولكن عند استخدام الطريقة الغربية نجد انه تم القفز الى ارتفاع اعلى بنفس القوة المبذولة وهكذا تم تحقيق انجاز افضل بالطريقة السرجية وبعد تطبيق نتائج البحوث العلمية من هذا المجال وتسخيرها لصالح الاداء تم استخدام طريقة الفوسبوري التي ظهر من خلال النتائج انها اكثر الطرق فاعلية في الاداء ويتم من خلالها الاستثمار الافضل للقوى والاستفادة من طبيعة تركيب اجزاء الجسم من حيث مرونة المفاصل ومطاطية العضلات ، ان دل هذا على شيء انما يدل على ان القوة هي ليست العامل الوحيد في تحقيق الانجاز وانما يكمن السر في كيفية استخدام القوة بما يتناسب وطبيعة الحركة المؤداة وهذا مايطلق عليه مبدأ الاستثمار الامثل للقوة او مايطلق عليه بمبدأ الاقتصاد بالجهد.

انطلاقاً مما تقدم تبرز اهمية دراسة الحركة دراسة مستفيضة من حيث معرفة الاسس المؤثرة فيها وبالتالي تحديد نقاط الضعف والقوة بما يتناسب وميكانيكية اداء الحركة.

Scanned by CamScanner

٢. تحديد نوعية الكاميرات السينمائية او الفيديو وبالسرعة التي تتناسب مع سرعة الحركة ، حيث ان الحركات السريعة مثل حركات الجمناستك والقفز الى الماء تحتاج الى كاميرات ذات سرع عالية .

٣. تثبيت مقياس الرسم في مكان الاداء ، لاجل معرفة الابعاد الحقيقية وللارتفاعات المسافات يقطعها جسم اللاعب او الاداة ، حيث ان طول مقياس الرسم الحقيقي معلوم وهو ١ م يستخرج طوله النسبي من خلال الفلم السينمائي واستناد الى هذه العلاقة يتم احتساب القياسات الاخرى نسبة الى مقياس الرسم .

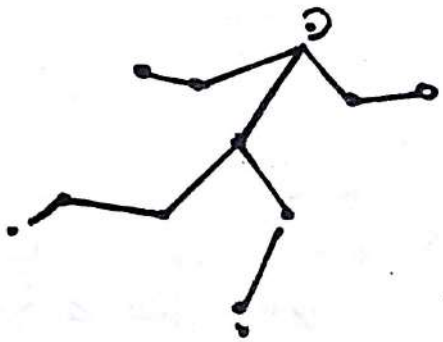
٤. تأشير مفاصل جسم اللاعب بنقاط واضحة تظهر بشكل جيد خلال تحليل الفلم السينمائي .

٥. تحميض الافلام السينمائية في المختبرات الخاصة .

٦. مونتاج الافلام الفديوية بوساطة المنظومة متعددة الوسائط المرتبطة بالحاسوب الآلي.

٧. عرض الفلم بوساطة جهاز المفيولا وهو جهاز يستخدم لتكبير وتقطيع الصور السينمائية .

٨. تهيئة ورق رسم هندسي بياني شفاف لوضعه على جهاز المفيولا لتثبيت نقاط مفاصل الجسم كي يتسنى للباحث ايصال تلك النقاط بخطوط مستقيمة يطلق (stick figure) كما في الشكل ( ) .



شكل (١٢٧)

٩. يتم احتساب جميع المتغيرات المطلوب دراستها من خلال الصور التي تم تثبيتها على الورق البياني وبالاستناد الى مقياس الرسم وسرعة الكاميرا فضلاً عن قياس الزوايا باستخدام المنقلة الهندسية .

Scanned by CamScanner

يعد التصوير السينمائي من الوسائل الواسعة الانتشار في تسجيل الحركات الرياضية لدراستها دراسة دقيقة، فمن خلال التصوير السينمائي على شكل رقوق يمكن دراسة الحركة كمياً ونوعياً، من هنا جاءت ضرورة الملم المدرسين والمدربون وخصوصا في ريادة المستويات العالية بأسس التصوير السينمائي وكيفية تسجيل الحركة ميدانياً أو في مختبرات، وفي الوقت الذي بدأ فيه باحثونا باعتماد طريقة التصوير السينمائي في بحوثهم متوخين الدقة في تحليلهم لتكنيك الفعالية موضع الدراسة لابد لنا من تناول التصوير السينمائي كأحدى طرق البحث العلمي من حيث انواعه وطبيعة الآت التصوير المستعملة واجراءات التصوير وكذلك الاجهزة المساعدة في تحليل الحركات.

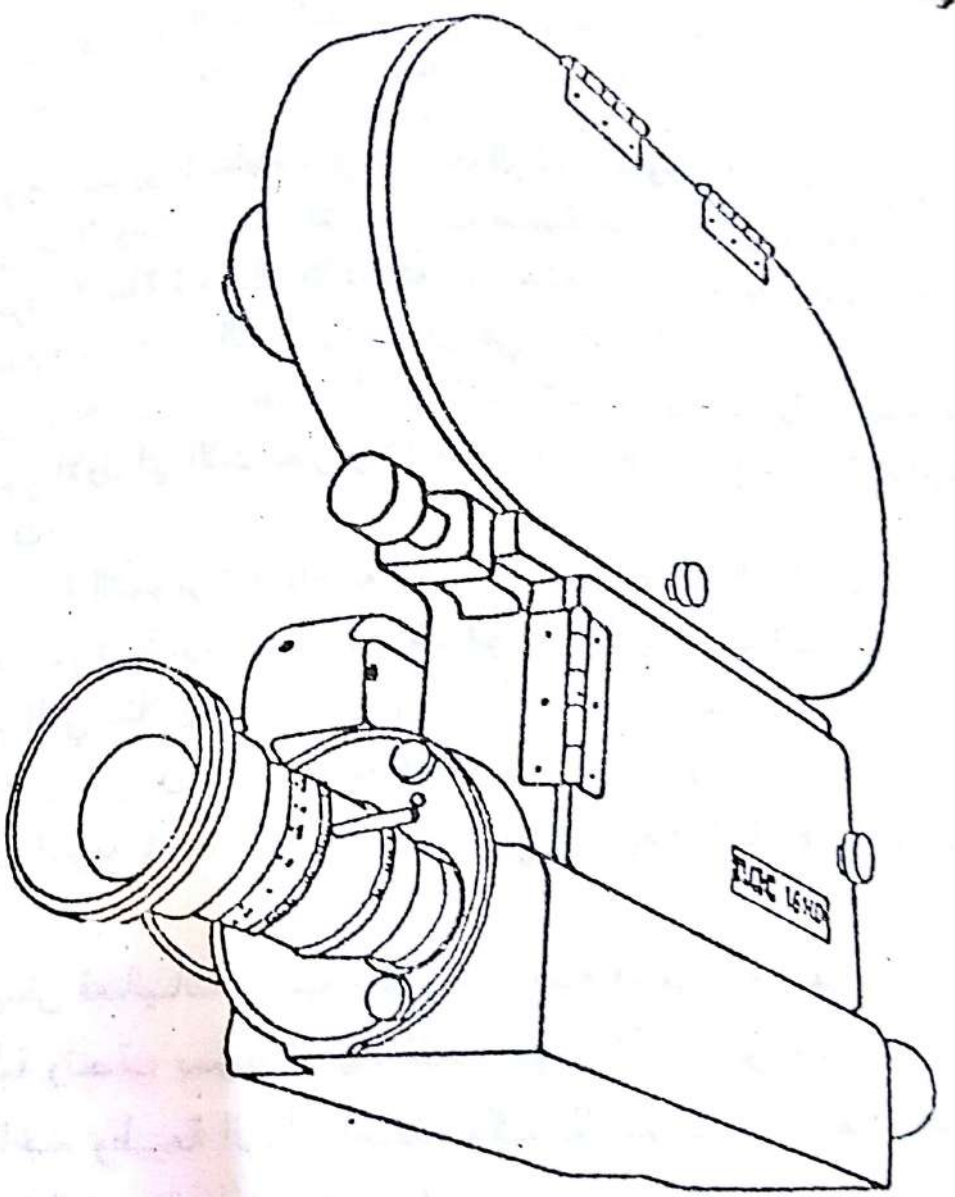
ان الآت التصوير المستخدمة في البحوث الرياضية وجدت لما لها من ضرورة في تتبع مسار الحركة وخاصة التي تتم بسرعات عالية حيث لايمكن معرفة دقائق اجزاء الحركة بمجرد الملاحظة لذا فأن الآت التصوير اصبحت هي الوسيلة الرئيسة في دراسة الحركات ومن اوسع الات التصوير انتشاراً هي ١٦ ملم، ٣٥ ملم، ان النوع الاخير يعد بالرغم من اضافة الى احتياجها الى اجهزة تحليل تتناسب وحجم الرقوق المستخدمة لها لذا فأن النوع الاول اي الات تصوير ١٦ ملم هو اكثر اجهزة التصوير استخداماً في بحوث البايوميكانيك.

ان سرعة الة التصوير تعد ناحية اساسية يجب الأنتباه اليها عند القيام بعملية التصوير، فالتحكم في السرعة يعتمد في الاساس على طبيعة الفعالية التي يتم تصويرها فعند تصوير المشي مثلا يكون بالامكان من خلال سرع بطيئة اما عند تصوير الفعاليات التي تتم بسرعة ينبغي ان تكون سرعة ألة التصوير تتلاءم وسرعة الحركة المؤداة كما يحدث اثناء الارسال السريع في التنس او حركة الذراع السريعة اثناء عملية الكبس في الكرة الطائرة.

نجد في بعض فعاليات الوثب والقفز وخاصة في مرحلة النهوض التي تعد من اهم مراحل الفعالية وتتصف بسرعة ادائها، فلدراستها بشكل دقيق والوقوف على ميكانيكية حركة اجزاء الجسم وطبيعة الزوايا الحادثة وكذلك سرعة مركز ثقل الجسم، فعلى سبيل المثال في فعالية الوثب العريض يفضل ان لاتقل سرعة ألة التصوير عن ١٠٠ صورة في الثانية وذلك انسجاماً مع الاسس الفنية للفعالية فقد وجد ان فترة النهوض تتم في فترة زمنية تتراوح بين ١٢ر٠-١٤ر٠ من الثانية فعند تصويرها يمكن الحصول على ١٠٨ صورة عندئذ يمكن الحصول على النتائج المطلوبة عند تحليلها.

Scanned by CamScanner

عند بداية استخدام التصوير السينمائي كأحدى الطرق لدراسة الحركة الرياضية كان يتم اتباع الطرق التقليدية في معالجة الرقوق واظهارها على شكل صور تحدد مساحتها وفق الابعاد المطلوبة ومن ثم يتم اجراء التحليل عليها، ونظراً للتطور التقني الذي حصل مؤخراً وزيادة في الدقة برزت الحاجة الى ابتكار اجهزة ويتم بواسطتها دراسة الحركة من خلال الرق مباشرة مثل جهاز التحليل الحركي (Motion analyzer) ويعد هذا من اوسع اجهزة تحليل الحركة انتشارا لدراسة ميكانيكية الحركات الرياضية وكذلك جهاز اكتساب المعلومات الاوتوماتيكي والحاسبات الرقمية ذات السرعات العالية.



شكل (١٢٨)

آلة التصوير التي تستعمل بشكل واسع في البحوث البيوميكانيكية

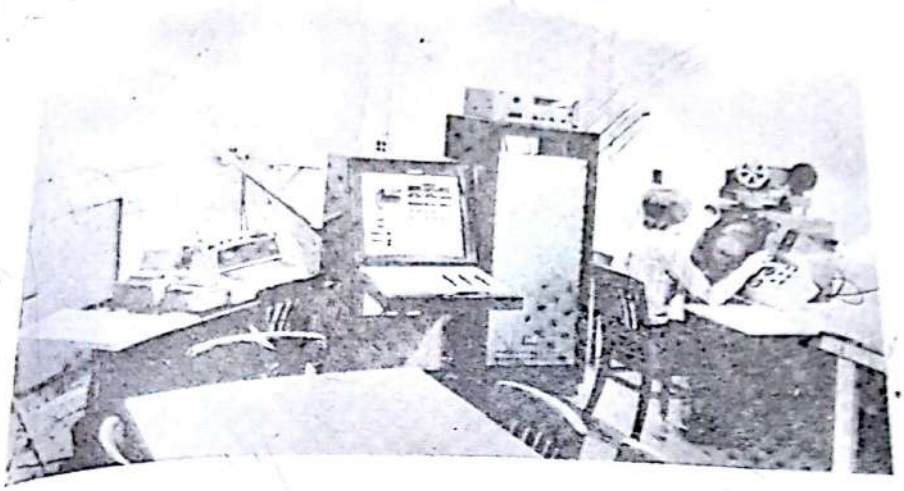
قياس ١٦ ملم

Scanned by CamScanner

شكل (١٢٩)

جهاز تحليل الحركة Motion analyzer

Scanned by CamScanner



شكل (١٣٠)

جهاز تحليل الحركة واجهزة استخراج المعلومات

ان دراسة الحركة وتحليلها بشكل دقيق يتوقف على دقة اجراءات التصوير ومن هذه الاجراءات هو سرعة الة التصوير اي عدد الصور التي يتم التقاطها في الثانية الواحدة لان حساب الزمن المستغرق يمكن اشتقاقه من سرعة الة التصوير،وبشكل عام ان الات التصوير الحديثة تحتوي على جهاز ضبط السرعات فاذا كانت سرعة الة التصوير ٥٠ صورة في الثانية فأن زمن الصورة الواحدة هو ٠٫٠٢ ثانية وعلى هذا الاساس يمكن حساب الفترة الزمنية المستغرقة لجزء من الحركة او الحركة بكاملها..

للزيادة في الايضاح قد تستعمل في بعض الاحيان الآت تصوير لاتحتوي على جهاز ضبط السرعات، فمن الطرق التي كانت تتبع لضبط سرعة آلة التصوير هي الطريقة التي استخدمها الباحث Cureton عام ١٩٣٩ بتصوير جسم ساقط من مسافة معلومة الارتفاع ويمكن تسجيل الزمن وبالتالي معرفة سرعة آلة التصوير من خلال القانون

$$م = س_{١ن} + \frac{١}{٢} ع ن^{٢} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (١٢)$$

وتوخياً للدقة في البحث العلمي فأن هذه الطريقة لاتعد دقيقة جداً لصعوبة تحديد اللحظة التي يتم فيها السقوط الفعلي للجسم وكذلك الصورة التي يتم فيها اول اصطدام مع الارض.

ثانياً: بيئة التصوير السينمائي في البحث العلمي ولكي يتم الحصول على نتائج موضوعية ينبغي على الباحث او القائم بالتصوير الالمام بأسس التصوير السينمائي والاجراءات المتبعة وكذلك الامكانيات الواجب توافرها عند القيام بعملية التصوير لذا سنحدد النقاط الاساسية التي يجب مراعاتها اثناء القيام بعملية التصوير:

١. ان يفهم الرياضي الذي يتم تصويره ماهية التصوير والهدف منه وماينبغي عليه اداءه.

٢. يجب استعمال لوحة خلفية توضع خلف الموضع الذي يتم اداء الحركة الفعلية فيه ويكون لونها في العادة مختلف عن لون الملابس التي يرتديها الرياضي. قد تستعمل احيانا على شكل لوحة مقسمة الى مربعات طول ضلعها حوالي ١٠ سم.

٣. يفضل الاستعانة بجسم ثابت خلف مكان التصوير كعمود ثابت او ركن بناية او مشابه ذلك..

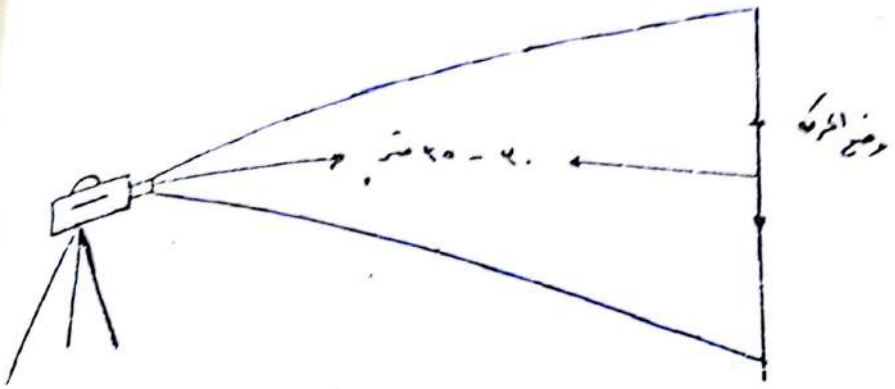
٤. لغرض وضوح حركة اجزاء الجسم يجب ان تكون آلة التصوير بعيدة بالقدر الذي يوضح موضع اداء الرياضي.

٥. يجب ان يكون وضع آلة التصوير ثابتاً، ومن الخطأ تحريكها بأي اتجاه من الاتجاهات.

٦. ان عدسة آلة التصوير تكون مركزة باتجاه مركز موضع الاداء.

٧. يجب ان تكون حركة الرياضي الذي يتم تصويره بزاوية قائمة مع العدسة، فعلى سبيل المثال عند تصوير حركة النهوض في الوثب العالي يجب ان يكون موضع الة التصوير متعامدا مع الخطوات التقريبية الاخيرة وجهاز الوثب.

Scanned by CamScanner



شكل (١٣١)

٨ـ تؤدي الاضاءة دوراً مهماً جداً في التصوير فاذا كان التصوير يتم داخل المختبر مثلاً فيجب استعمال اضاءة كافية وخاصة اذا كانت سرعة آلة التصوير عالية، ولكن يؤخذ بنظر الاعتبار ان لاتؤثر شدة الاضاءة على اداء الرياضي.

٩ـ يستحسن ان تشغل آلة التصوير قبل بدء الرياضي بالحركة ضماناً لوصولها الى سرعتها المطلوبة.

١٠ـ لكي يتم تحديد حركة جسم الرياضي تثبت على كل مفصل نقطة واحدة او يحدد ماحول المفصل.

١١ـ يجب ان تكون الملابس التي يرتديها الرياضي غير واسعة ليتم تجسيد اجزاء الجسم بشكل واضح:.

١٢ـ ان تكون العلامات المميزة للمفاصل بشكل يختلف عن لون الملابس.

١٣ـ في بعض الفعاليات التي يستخدم فيها الرياضي بعض الادوات يجب ان يكون لون الادوات مغايراً للون الجسم.

١٤ـ عندما يكون الهدف من التحليل هو تحديد لحظة الاتصال بين القدم والارض كما في فعاليات الوثب يجب ان يكون لون الحذاء مغايرا للون الارض او المجال الذي تتم فيه الحركة.

Scanned by CamScanner

و- يجب استخدام وحدة قياس بعرض ١ متر وكما موضح بالشكل لنتمكن من خلالها
القياس الارتفاع والمسافة اثناء اداء الحركات التي يتطلب فيها الحصول على
مدوان.

Scanned by CamScanner

كيفية احتساب المتغيرات الميكانيكية بالتصوير السينمائي

ان تحديد قيم بعض المتغيرات الميكانيكية يعتمد على طبيعة الاداء والظروف التي يتم بها فعلى سبيل المثال يمكن قياس الزمن الذي يستغرقه العداء لقطع مسافة ٥٠ متر بواسطة التوقيت اليدوي الالكتروني ولكن لايمكن قياس الفترة الزمنية للنهوض في الجمناستك او في المريض بالطريقة سالفة الذكر لان الفترة الزمنية في هذه الحالة صغيرة جداً ولكن تقاس بدقة لابد من الاعتماد على نتائج التصوير السينمائي لقياس ذلك المتغير والمتغيرات الاخرى كما في المثال الآتي :

قافز عريض تم تصويره بكاميرا سرعتها ١٠٠ صورة/ثانية وكان عدد الصور التي ظهرت اثناء التحليل (من لحظة وضع كعب قدم رجل النهوض على اللوحة حتى مغادرة المشط كما موضح بالشكل من A الى B) ٢٠ صورة مثلاً احسب :

١ – الفترة الزمنية للنهوض.

٢ – السرعة الخطية للورك علماً ان طول رجل القافز ١ متر.

٣ – التعجيل الزاوي للقافز.

٤ – التعجيل العمودي للورك.

لاحتساب الفترة الزمنية للنهوض من A الى B بما ان سرعة الكاميرا ١٠٠ صورة بالثانية فان زمن الصورة الواحدة = $\frac{١}{١٠٠}$ = ٠,٠١ ثا.

بما ان عدد الصور التي ظهرت خلال مرحلة النهوض فان الزمن الكلي للنهوض هو حاصل ضرب زمن الصورة الواحدة في عدد الصور اي :

الفترة الزمنية للنهوض = ٠,٠١ × ٢٠ = ٠,٢ ثا

اما بالنسبة للسرعة الخطية للورك فان السرعة الخطية بشكل عام يمكن احتسابها من القانون

$$س_م = س_ز \times نق$$

∴ لابد من معرفة السرعة الزاوية التي انتقلها القافز اثناء النهوض وبما ان السرعة الزاوية = $\frac{\text{الزاوية}}{\text{الزمن}}$

لذا ينبغي قياس الزاوية المؤشرة في الشكل بطريقة بسيطة جداً وبواسطة المنقلة ولتكن ٢٠ درجة مثلاً

∴ السرعة الزاوية = $\frac{٢٠}{٠,٢}$ = ١٠٠ درجة/ثانية

ان طول رجل القافز يمثل نصف قطر حركة مفصل الورك

Scanned by CamScanner

س م = ١٠٠ × ١ = ١٠٠ م/ثا

أما بالنسبة للتعجيل الزاوي لمفصل الركبة

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

$$= \frac{\text{س ز}_{١} - \text{س ز}_{٢}}{\text{ن}}$$

$$= \frac{١٠٠ - \text{صفر}}{٠,٢}$$

$$= ١٠٠٠^{\circ} / \text{ثا}^{٢}$$

Scanned by CamScanner

شكل (١٣٢)
حركة القافز اثناء حركة النهوض كما تم تثبيتها من جهاز المفيولا

Scanned by CamScanner

Scanned by CamScanner

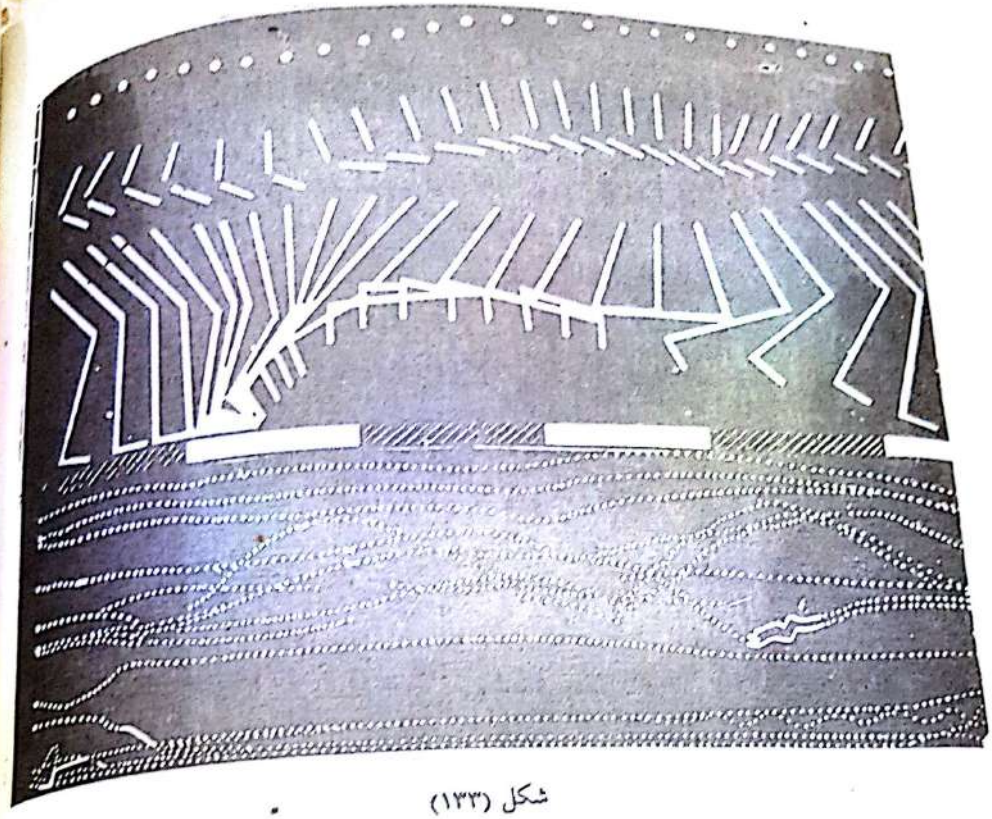
د- التصوير بالاثر الضوئي

تعد طريقة التصوير هذه هي احدى الطرق التي تتبع في دراسة حركة اللاعب من خلال ربط عدة نقاط مضيئة على مواضع مختارة في جسم اللاعب، وقد يتعذر في بعض الاحيان استخدام نقاط كهربائية حيث يتم الاستعاضة عنها برقائق لماعة تعكس الاشعة. وهذه طريقة تتبع مسار حركة اللاعب يتم من خلال الخطوط الضوئية التي يرسمها الجسم اثناء حركته، لذا ينبغي ان تكون اللوحة او المنطقة خلف اللاعب معتمة كي يتم تحديد المسار الضوئي لاجزاء الجسم المطلوب دراسة حركتها. يوضح الشكل الآتي نموذجاً للاثر الضوئي لحركة اللاعب اثناء حركة الركض. يجب ان نشير الى ناحية مهمة هو ان استعمال هذه الطريقة محدود جدا نظرا لصعوبة التقنية اثناء التصوير وكذلك اجراء هذا العمل في اماكن خاصة.

د- طرق البحث على اساس ميكانيكي

ان الاهتمام بدراسة الحركة وكيفية الارتقاء بمستوى الاداء من خلال ايجاد الحل الامثل المتمثل بالاسلوب الميكانيكي الذي تتوافر فيه مقومات العمل وفق الاسس الفيزيائية والهندسية والتشريحية والفسيولوجية، مما دعا الباحثين الى العمل الجاد من اجل سبر اغوار المشكلات التي تقترن بالاداء فكانت البحوث الاساسية منها والتطبيقية، المختبرية او الميدانية.

ان التطور في مجال دراسة الحركة ابرز ضرورة ملحة للاستعانة بالوسائل الدقيقة لاجراء الدراسات والبحوث، فكانت اجهزة قياس القوة من الاجهزة التي اوليت اهتماماً خاصاً لما تحتله هذه الصفة البدنية من اهمية خاصة والدور الذي تؤديه في كافة الفعاليات الرياضية.



شكل (١٣٣)

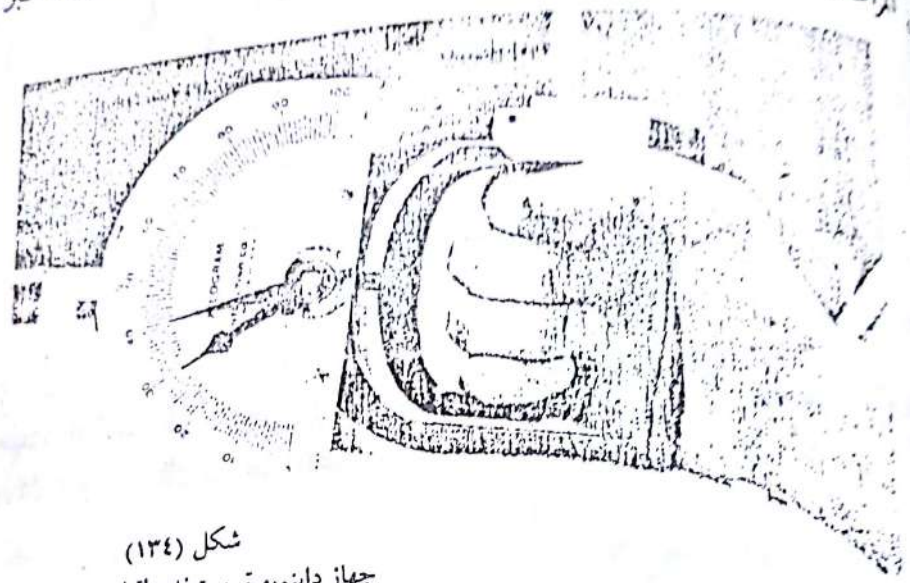
طرق قياس القوة

انطلاقاً من اهمية القوة في الحياة العامة وفي المجال الرياضي بشكل خاص حيث تعد صفة القوة القاسم المشترك الاعظم في جميع الفعاليات الرياضية سواء اكانت الحركة تتم بوزن الجسم نفسه او باستخدام الادوات كما في رفع الاثقال او في فعاليات المرمى على سبيل المثال نجد انه من اللازم ضرورة دراسة مقدار القوة المستخدمة سواء اكانت الفعالية تتم من الثبات او من الحركة. وبقصد تحديد مقادير القوى التي يبذلها اللاعب لابد من معرفة نوع القوة التي ينبغي قياسها وعلى هذا الاساس يتم اتباع الطريقة التي تقاس بها القوة لذلك تتباين طرق قياسها :

Scanned by CamScanner

١- طريقة قياس القوة الثابتة

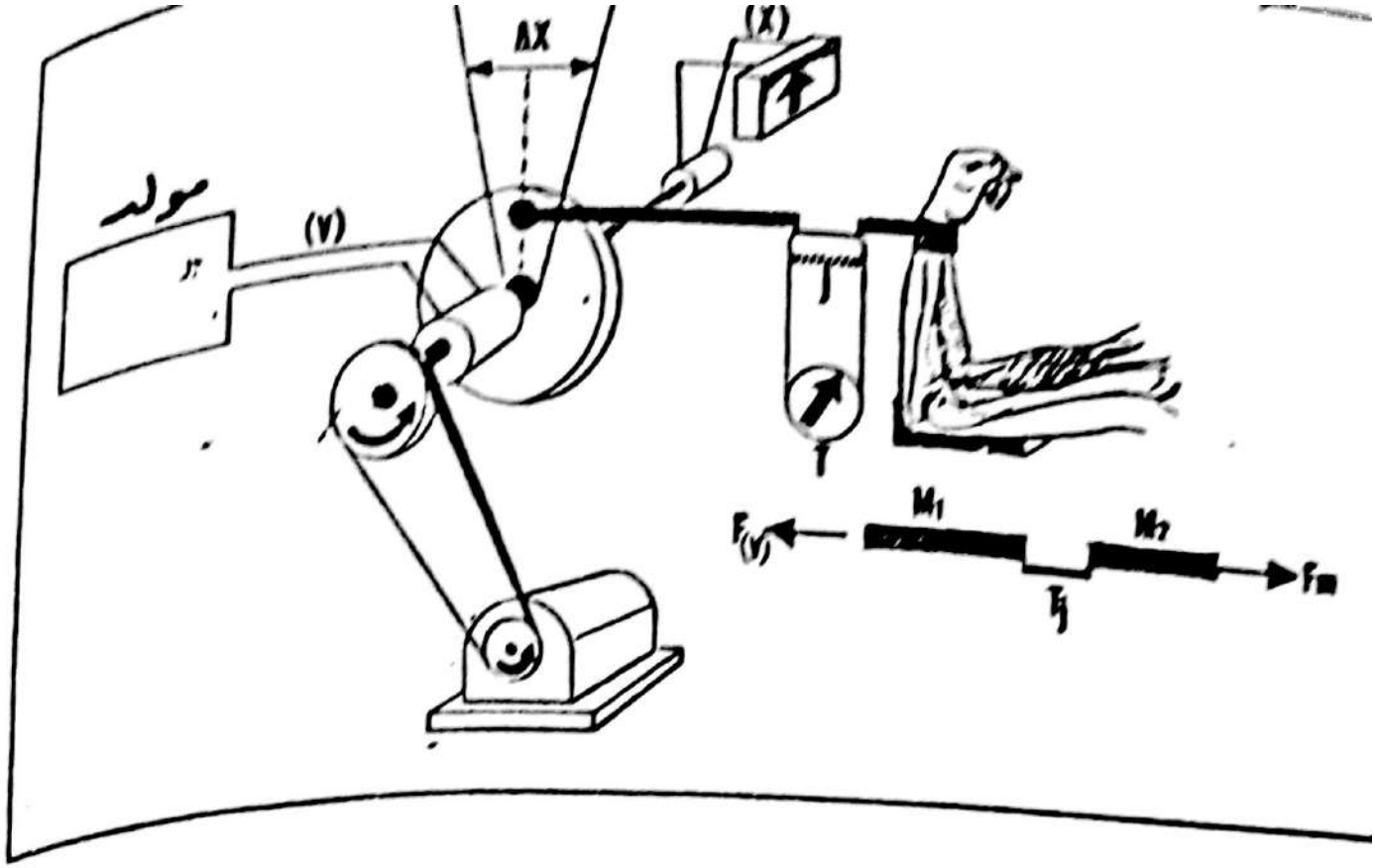
يقاس هذا النوع من القوة وكمثال على ذلك قياس القوة القصوى وبذلك يستخدم
دينمومتر اليدوي (لقياس قوة القبضة) او جهاز داينموميتر لقياس القوة القصوى
لعضلات الرجلين والظهر كما في الشكل. وقد تستخدم الاوزان نفسها لقياس مقدار القوة
التي يرفعها الرياضي لمرة واحدة مثال على ذلك قياس قوة عضلات الذراعين والصدر كما
في الضغط بريس ولكن يعد شكل اداء القوة في هذه الحالة من القياسات المتحركة كما هو
الحال في قياس عنصر تحمل القوة اثناء التعلق على العقلة مع ثني ومد الذراعين لاكبر عدد
من المرات.



شكل (١٣٤)
جهاز داينموميتر يستخدم لقياس قوة القبضة

شكل (١٣٥)
جهاز داينموميتر لقياس قوة عضلات الرجلين والظهر
(BACK & LEG DYNAMOMETER)

Scanned by CamScanner



شكل(١٣٥أ)

حيث ان القوة التي تسجل على جهتي المقياس متساوية دائماً (في حالة الانقباض ومتري) ويمكن التعبير عنه بالمعادلة الاتية☆

$$Tj = Fm + m_2 X = F - m_1 X$$

حيث ان (F) تساوي القوة التي يصدرها الجهاز لابعاد الساعد عن العضد الى مد اع، بينما (Fm) قوة الانقباض العضلي للعضلات المعنية، M_2 كتلة الساعد والجزء وط بين الرسغ والمؤشر، M_1 كتلة الجزء المربوط بين المؤشر وقرص الجهاز الكبير، X التعجيل.

• According to S. Metral. A torque producing stimulator for the study of musc response to variable forces. Medicine and sport vol. 8 Biomechanics III, Ka

Scanned by CamScanner

٢- طريقة قياس القوة اثناء اداء الحركة

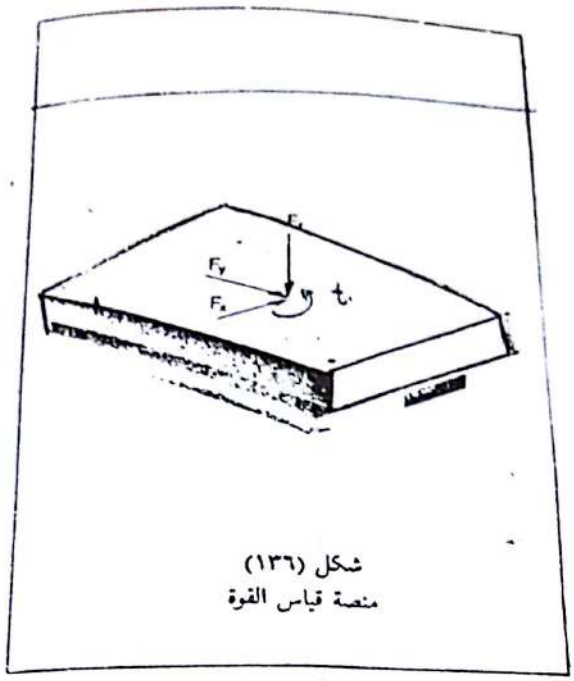
ان اداء اي حركة رياضية يتطلب قدراً معيناً من القوة ولكن هذا المقدار يختلف باختلاف مراحل الحركة او حتى من لحظات متقاربة جداً خلال الاداء لذا فان الشكل العام يتأثر بشكل كبير بتغير القوى التي يبذلها الرياضي حيث لايمكن قياس هذه القوة بالطرق سالفة الذكر وانما تستخدم اجهزة كهربائية خاصة توضع مساراً لقيم القوى التي يبذلها اللاعب من لحظة بدء الحركة حتى نهايتها.

ان هذا الجهاز عبارة عن منصة يطلق عليها منصة قياس القوة (Force platform) يسجل ثلاث مركبات للقوى مركبة عمودية (F_z) ومركبتان افقيتان متعامدتان (F_x, F_y) كما موضح بالشكل اضافة الى عزم التدوير (t) ويرتبط بهذه المنصة جهازاً خاصاً لاظهار منحنيات القوى مثبتة على ورق حساس، اما في الوقت الحاضر فان المنصة ترتبط بجهاز حاسوب آلي حيث يتم برمجة اجزاء الحركة وفق تسلسلها ويبدأ العمل بتسجيل الحركة للحصول على منحنيات القوة حيث يمكن اظهارها مباشرة على شاشة الحاسوب ومن ثم يتم نقلها على ورق. ان الميزة العلمية لاستخدام هذه المنصة هو ان الاشكال البيانية التي تزودنا بها تمثل احداثيين يمثل الاحداثي العمودي مؤشر القوة بينما يمثل الاحداثي الافقي مؤشر الزمن المستغرق للاداء فضلاً عن ذلك يمكن احتساب زمن حدوث اي قيمة للقوى في اي لحظة من لحظات حدوث الحركة. يمثل الشكل الآتي تمثيلاً بيانياً لحركة رامي الثقل موضحاً مقادير القوة العمودية كما تظهر من الشكل (F_y) والقوتين الافقيتين (F_z, F_x) للرجل اليمنى للرامي حيث يمثل كل جزء من اجزاء المنحني تسلسلاً لقيم القوى التي تصدرها رجل الرامي اليمنى فنجد ان قمة المنحني تمثل اقصى قوة تصدرها الرجل وفي اي لحظة زمنية كما يؤشره الاحداثي الافقي الخاص بالزمن.

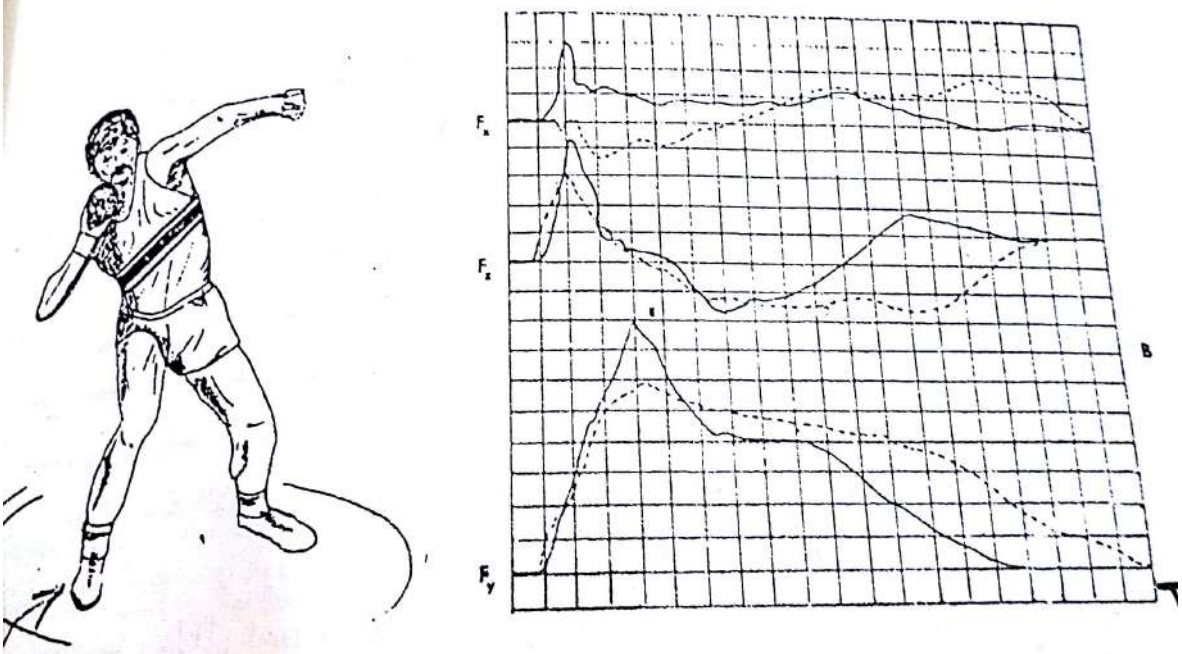
من خلال المنحنيات اعلاه يمكننا حساب مقدار القوة الكلية التي سلطها اللاعب على اساس عدد المربعات التي تقع ضمن المنحنى او استخراجها رياضياً من خلال مايسمى بمساحة ماتحت المنحني.

ان الدراسة العلمية المشتركة بين القائم بالبحث والمدرب او اللاعب تفصح عن كثير من نقاط الضعف والقوة في الاداء التي لايمكن لاحد ان يشخصها مالم يتم تسجيل الاداء وتمثيله بيانياً وبالتالي اعطاء اللاعب صورة دقيقة عن مراحل الاداء وماينبغي عليه ان يؤديه.

Scanned by CamScanner

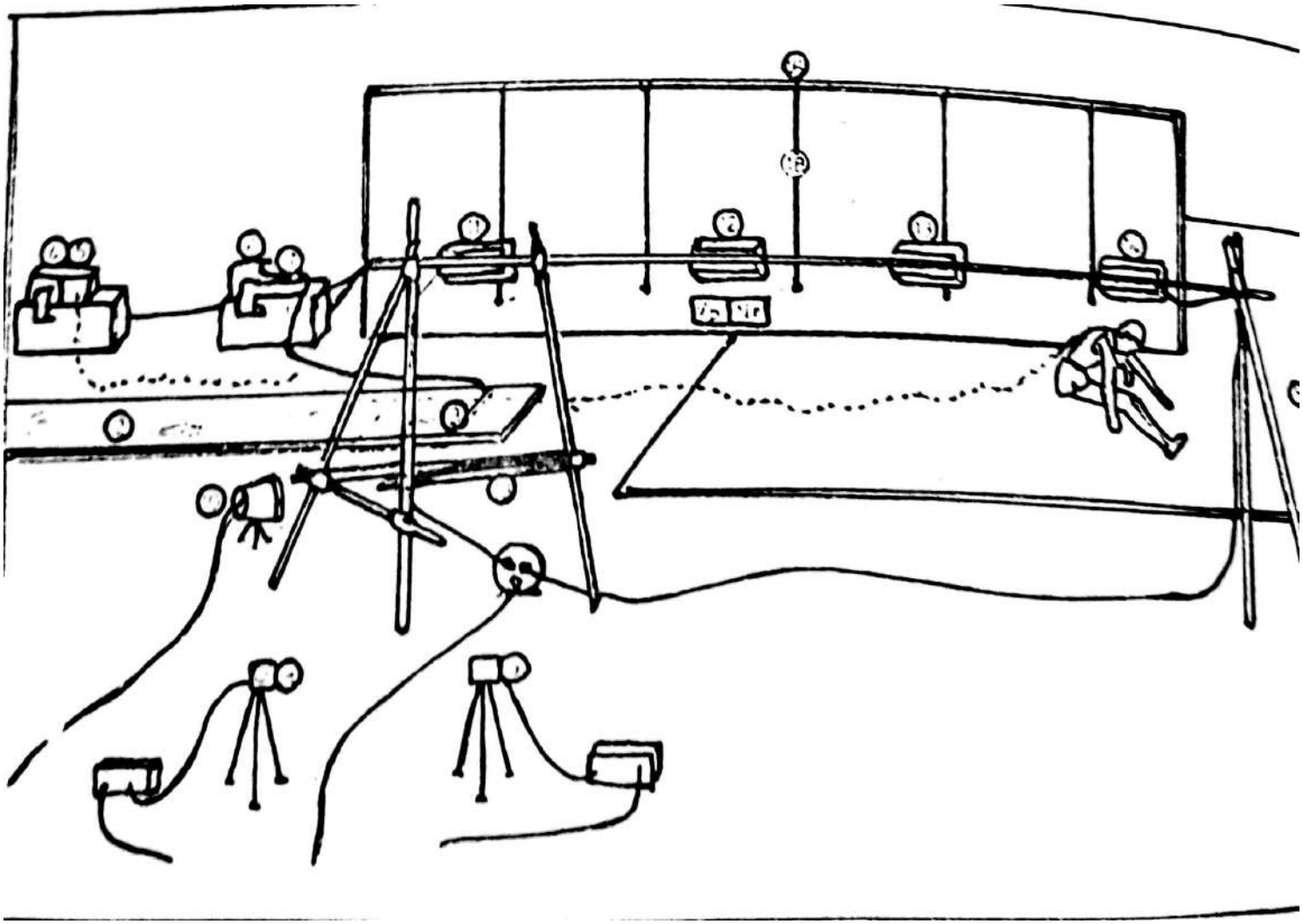


شكل (١٣٦)
منصة قياس القوة



شكل (١٣٧)
منحنيات القوى – الزمن لرامي الثقل

Scanned by CamScanner

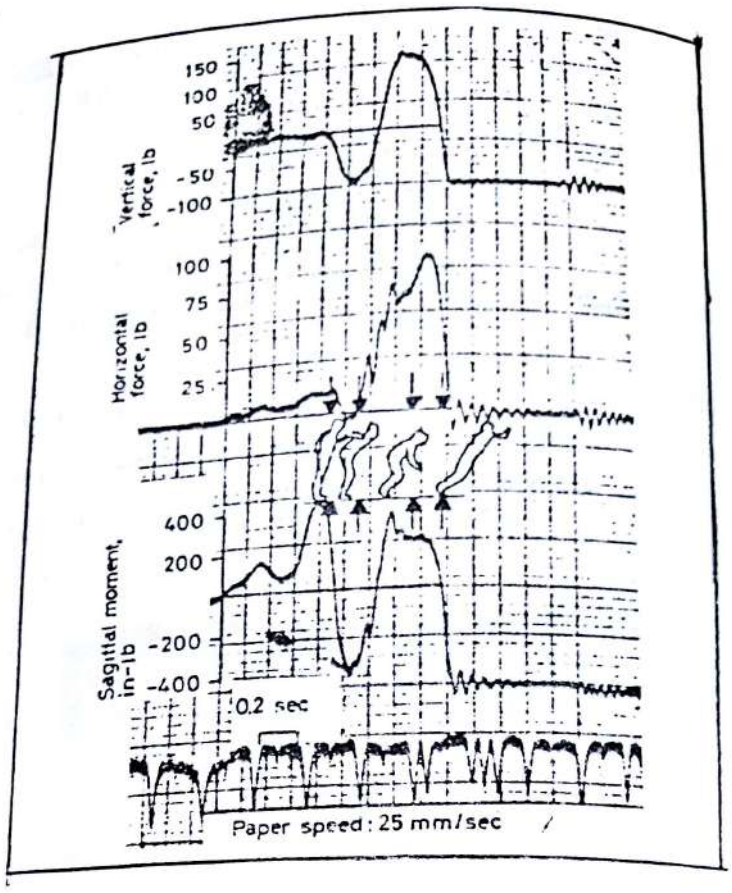


Scanned by CamScanner

بغية الحصول على نتائج دقيقة وموضوعية في بحوث البايوميكانيك ينبغي تهيئة كافة مستلزمات العمل الميكانيكي بالاضافة الى وضع هذه الاجهزة بالشكل الذي تؤخذ فيه دقة القياس وفيما يلي تعريف بالاجهزة المستخدمة في الدراسة اعلاه وحسب ارقامها الموضحة بالشكل.

١- الواثب
٢- الغطاء المطاطي الذي يغطي مجال الاقتراب ويكون بالمستوى نفسه مع السطح العلوي لجهاز القياس.
٣- جهاز قياس القوة
٤- مسجل قوة - زمن
٥- مكبر تسجيل
٦- مسجل اشعة ضوئية
٧- مكبر
٨- } الات تصوير بسرعة عالية
٩-
١٠-] نقاط ضوئية (هالوجين)
١١-
١٢-
١٣-
١٤-
١٥- حفرة وثب
١٦- لوحة خلفية
١٧- اجهزة قياس جسمية.

Scanned by CamScanner



شكل (١٣٩)

يبين الشكل طبيعة الشرائط التي تسجل عليها القوى - الزمنيه ويمكن ملاحظة القوى الافقية والرأسية على الاحداثي الرأسي بينما يمثل الاحداثي الافقي الزمن الذي تم فيه الحركة ويلاحظ ان سرعة حركة ورق التسجيل ٢٥ ملم / ثا.

٢.٢- طرق القياس بواسطة الالكترومايوجراف EMG

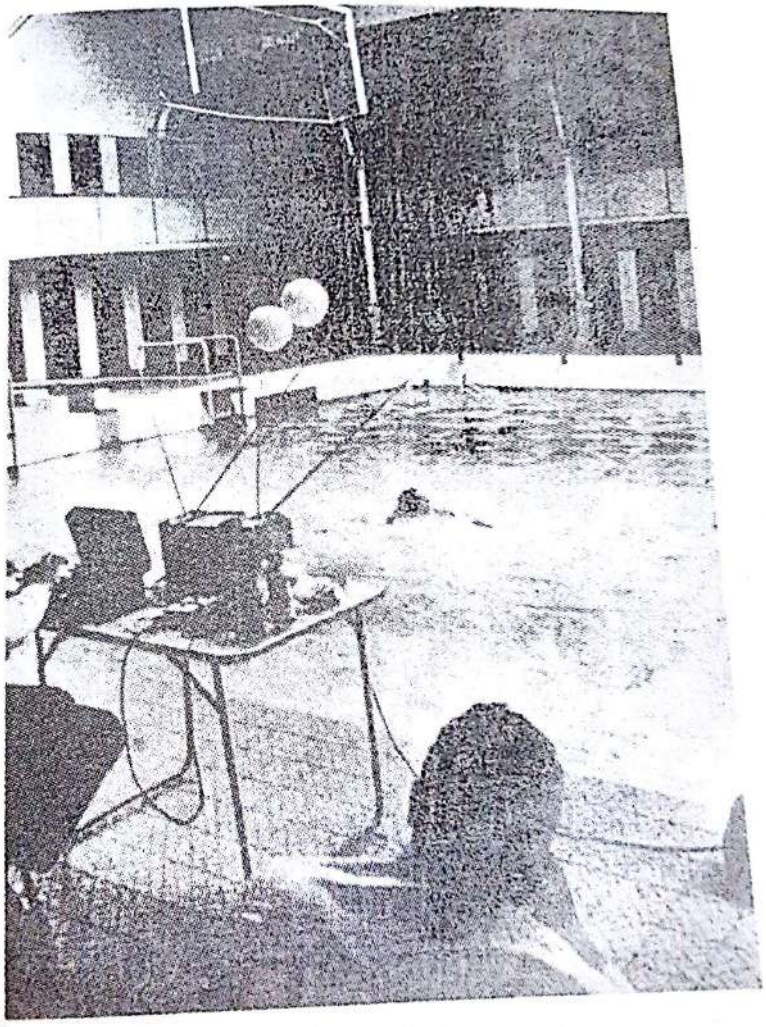
ان احدى الطرق الميكانيكية الدقيقة التي تستخدم في البحوث البايوميكانيكية والتي يتم الحصول من خلالها على نتائج موضوعية كبحوث اساسية يتم تطبيق نتائجها

Scanned by CamScanner

في البحوث التطبيقية الا وهي طريقة التسجيل المرئي لحركة العضلات ويتم في هذه الطريقة استخدام اقطاب كهربائية تتصل بجلد اللاعب المراد دراسة حركته او تدغم داخل العضلة لدراسة التغيرات التي تطرأ على العضلة اثناء الاداء حيث يتم تسجيل ذلك كهربائياً.

ان طريقة الالكترومايوجراف Electro myo groph ومختصرها EMG تستخدم بطريقتين يتم من خلال الطريقة الاولى معرفة الفترة الزمنية التي يتم فيها استثارة العضلة وبالامكان قياس هذه الفترة بدقة متناهية وخاصة في البحوث التي تتناول التوافق العضلي.

اما استخدام الطريقة الثانية فهي تعد كمؤشر للقوة التي تصدرها العضلة في تلك اللحظة او مايطلق عليها القوة اللحظية. تستخدم طريقة EMG في دراسة كثير من الفعاليات ففي الشكل يظهر السباح داخل حوض الماء وتتم دراسة حركته بهذه الطريقة.



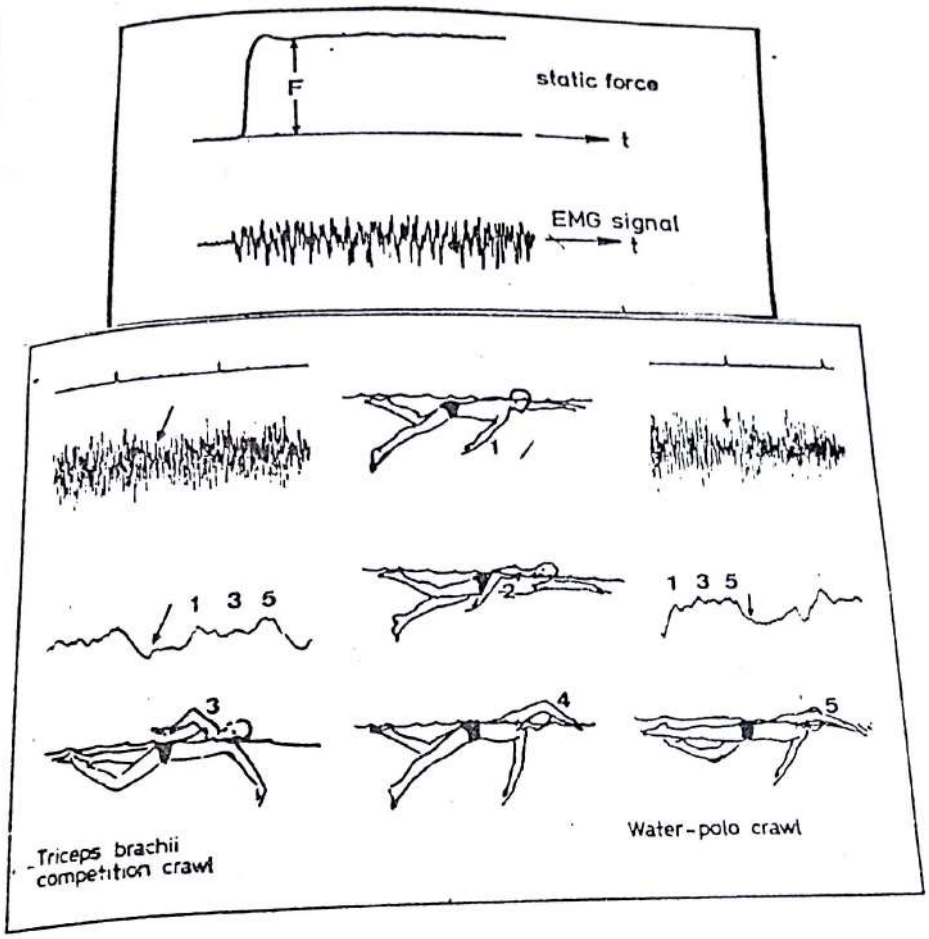
شكل (١٤٠)

Scanned by CamScanner

يلاحظ في الشكل ان تسجيل حركة السباح يتم من بعد حيث يطلق على هذه
الطريقة الالكترومايوجرافية البعيدة او Tele electro myo groph في دراسة
اجريت من قبل الباحثين ج . راو، جي فريدبفركت على العضلة ذات الرأسين
العضدية في جسم الانسان لايجاد العلاقة بين فاعلية الالكترومايوجراف ومقدار القوة
وزمن الانقباض الاستاتيكي*.

* G.Rau, J. Vredenbregt. Force relatioship.....
Medicine and sport. Biomechanics III, 1973. P. 272

Scanned by CamScanner



شكل (١٤١)

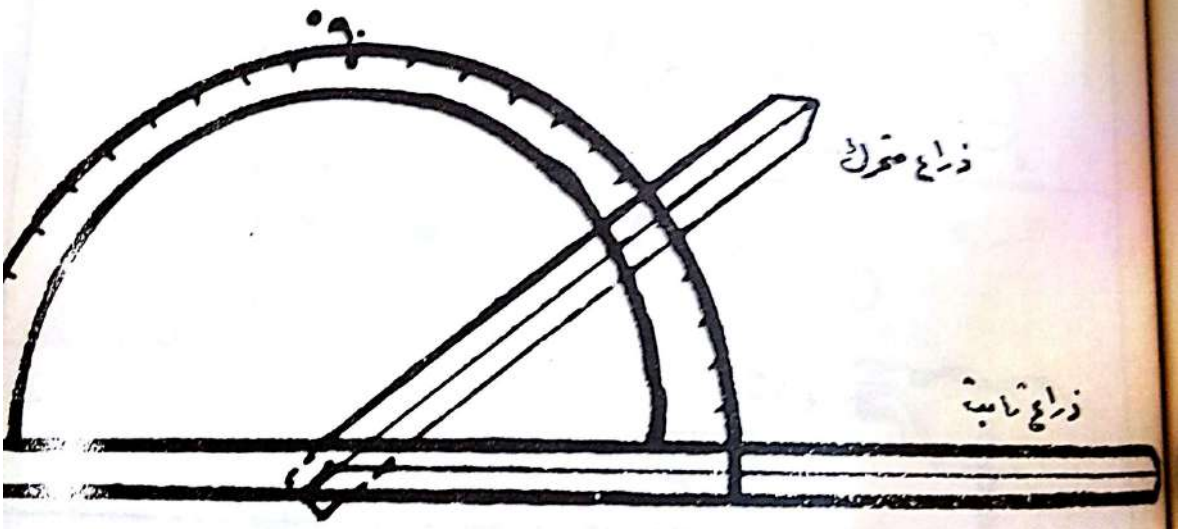
شكل يوضح اشارة الالكترومايوجراف والزمن وكذلك منحنى القوة الاستاتيكية في فعالية السباحة

من الشكل يمكننا ملاحظة البيانات التي يمكن تسجيلها من خلال هذه الطريقة حيث يمثل الجزء العلوي من الشكل منحنى القوة الزمنية (الاستاتيكي) بينما يمثل الجزء

Scanned by CamScanner

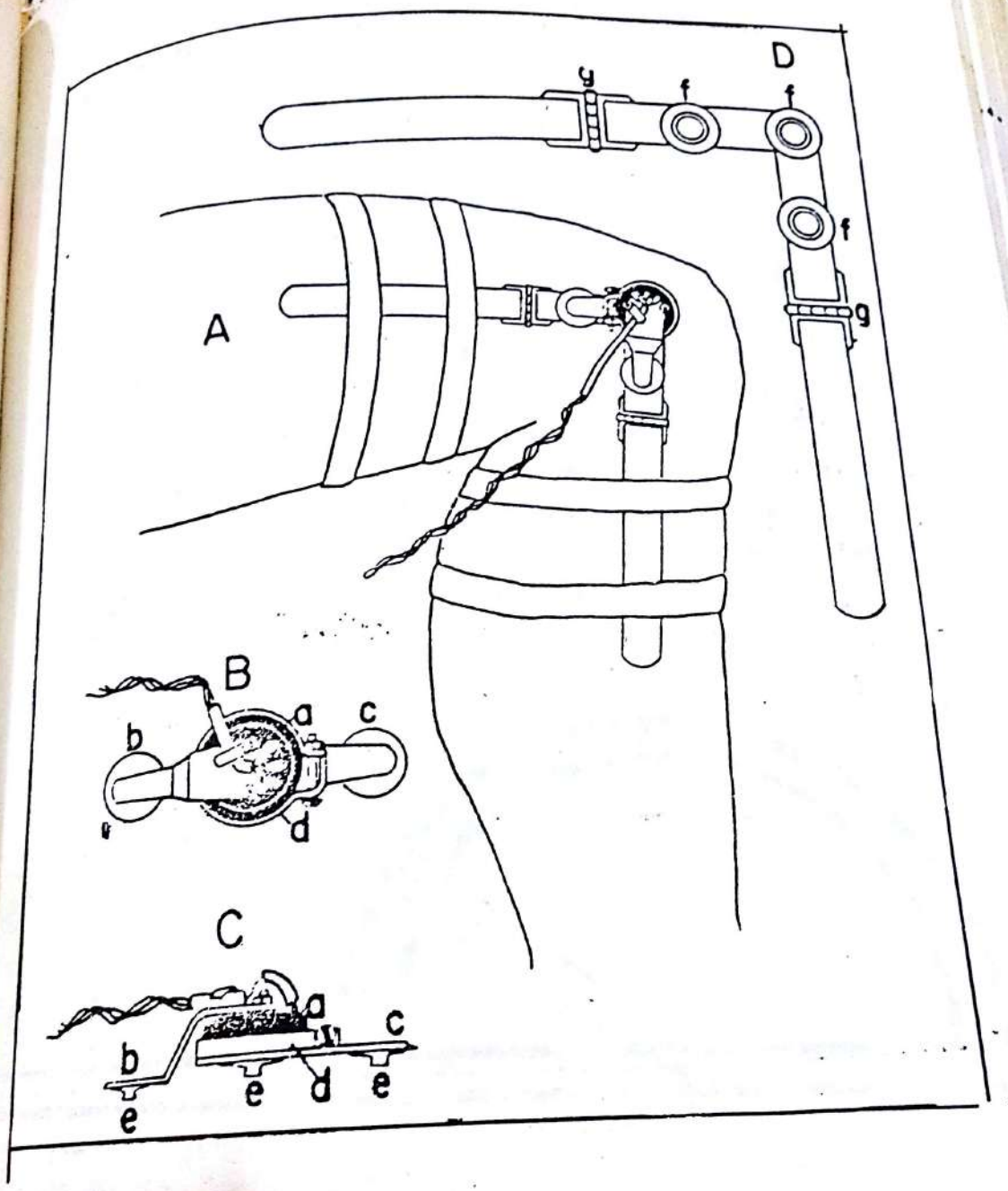
٣- طرق قياس الزوايا

تؤدي حركة اجزاء جسم الانسان دوراً مهماً في تحريك الجسم بكامله ففي رياضة السباحة تشكل حركة الذراعين عاملاً اساسياً في مساعدة السباح على حركته في الماء وكذلك الحركة الزاوية لارجل وذراعي العداء والشئ نفسه بالنسبة الى المسار الحركي للرجلين في فعالية الوثب، على هذا الاساس اولى الباحثون عناية خاصة بدراسة الطريقة المثلى لتحريك اجزاء الجسم من خلال الزوايا التي تتحرك بها هذه الاجزاء وما يترتب على ذلك من استغلال امثل لقوى الرياضي الذاتية والتغلب قدر الامكان على القوى الخارجية التي تعيق الحركة كما في حركة الذراعين اثناء السباحة، لذا فأن احدى الطرق الميكانيكية لقياس حركة اجزاء الجسم تتم بواسطة جهاز يتم ربطه على جانبي المفصل حيث تتم حركة الرجل (اثناء الثني والمد) نتيجة حركة مفصل الركبة وبذلك يتم تسجيل مدى حركة ذلك الجزء من الجسم وسرعته.



شكل (١٤٢)

جونيومتر يدوي



شكل (١٤٣)

جونيوميتر كهربائي

Scanned by CamScanner

دراسة حركة الجسم بواسطة جهاز
الذي يسجل حركة الجزء المراد دراسة حركته مع الزمن المستغرق كما يبد

Scanned by CamScanner

اسئلة للمراجعة

١- ماهي اهمية تحديد مركز ثقل جسم الانسان ؟
٢- ما هي العوامل المؤثرة في جسم الانسان اثناء السباحة ؟
٣- ماذا يقصد الوزن النسبي لاجزاء الجسم ؟
٤- اذكر الاوزان النسبية لاجزاء الجسم .
٥- يتحدد مركز ثقل كل جزء من الجسم وفق نسب معينة. اذكرها .
٦- اذكر خطوات تحديد مركز ثقل الجسم اثناء الحركة .
٧- ماهي اهمية التصوير الفوتوغرافي في البحوث البايوميكانيكية ؟
٨- عدد انواع الات التصوير التي تستخدم في التصوير السينمائي .
٩- عدد النقاط الاساسية الواجب اتباعها اثناء التصوير في المجال الرياضي .
١٠- ماذا يقصد بطريقة الالكترومايوجراف ؟
١١- اذكر فائدة استخدام جهاز الجونيوميتر .
١٢- ماذا يقصد بالتصوير بالاثر الضوئي ؟

Scanned by CamScanner

الباب الثاني

التحليل الميكانيكي للفعاليات الرياضية

١- العاب الساحة والميدان
١-١- الركض
١-٢- القفز
١-٣- الرمي
٢- الجمناستك
٣- السباحة
٤- التنس

Scanned by CamScanner

لابد لنا من الاشارة الى ان ضرورة توضيح المبادئ البيوميكانيكية التي تم تناولها في الابواب السابقة من الكتاب، حيث تم دراسة بعض الفعاليات الرياضية من وجهة نظر تطبيقية، ومما يجدر الانتباه اليه هو ان تناول جميع الفعاليات التي تتضمنها العاب الساحة والميدان وفعاليات الجمناستك بكافة انواعه وكذلك فعاليات السباحة والتنس فذلك يتطلب اكثر من مجلد، لذا اثرنا ان نتناول بعضا من جوانبها كي يتم تفسيره وفق الاسس الميكانيكية المذكورة آنفا.

١- العاب الساحة والميدان

١-١- الركض

ان حركة الركض بشكل عام هي عبارة عن حركة عامة (مركبة) اي مزيج من الحركات الانتقالية والدائرية. ان العوامل الاساسية لتحقيق السرعة المطلوبة خلال الركض تتحدد بما يلي:

١- طول الخطوة

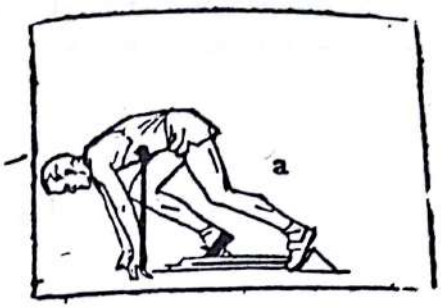
٢- تردد الخطوة

لزيادة سرعة الركض ينبغي تطوير احد العاملين او كليهما معا، فلدراسة ميكانيكية الركض بشكل ديناميكي لايمكننا تجزئة الحركة بشكل منفصل نتيجة للترابط الميكانيكي منذ التهيؤ لحين بلوغ السرعة القصوى.

البداية

ان افضل اوضاع التهيؤ للركض اي الانطلاق من الثبات وبلوغ السرعة القصوى بأقصر فترة زمنية سواء اكان ذلك من وضع البداية من الجلوس او من الوقوف اي ان مركز ثقل الراكض في لحظة التهيؤ يقع تقريبا فوق حافة السقوط الممثلة للذراعين مع بداية (من وضع الجلوس) القدمين في البداية من الوقوف.

Scanned by CamScanner

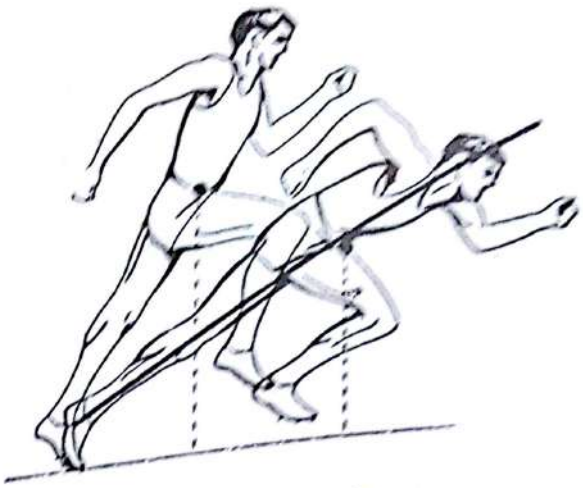


شكل (١٤٥)

ان المتطلبات الميكانيكية لحركة الركض اثناء وضع التهيؤ للانطلاق هو ان الزوايا بين الساق والفخذ لكلتا الرجلين تكون ثابتة وخاصة الرجل الامامية التي يقع عليها العبء الاكبر في الدفع اثناء الانطلاق، فنجد ان الزاوية بين الساق والفخذ تكون ٩٠ درجة تقريبا، وذلك لان اكبر قدر من القوة يمكن ان تنتجه العضلة او المجموعة العضلية المشتركة في ذلك الاداء عندما تكون زاوية المفصل قائمة.

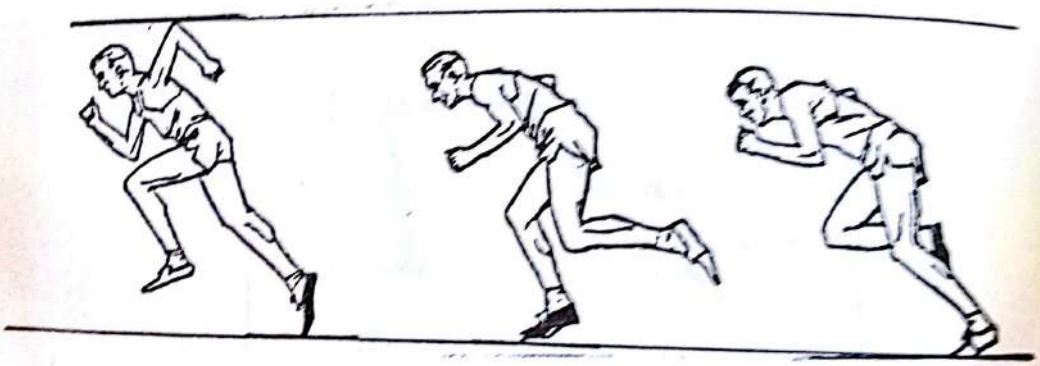
ان وضع جسم الراكض اثناء لحظة الانطلاق يشكل اهمية كبيرة في ركض المسافات القصيرة فضرورة الانتقال من وضع الثبات الى اقصى سرعة بأقصر فترة زمنية يُحتم على الراكض ان يكون مائلا بشكل يجعل المحور الطولي للجسم يشكل زاوية حادة مع الارض كما في الشكل، والسبب في ذلك هو ان الخطوات الاولى من الركض يجب ان تكون قصيرة

Scanned by CamScanner

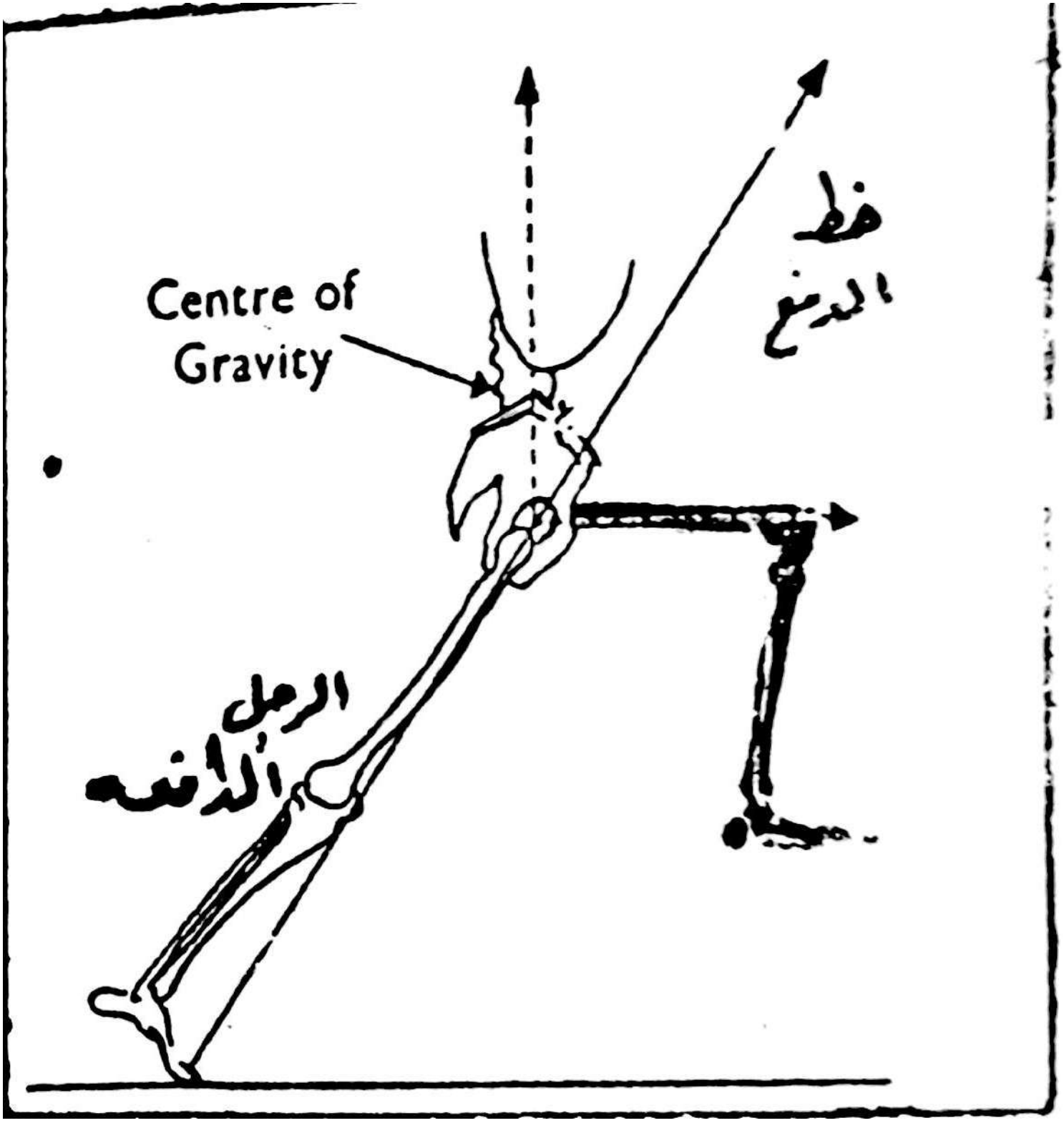


شكل (١٤٦)

ثم يبقى مركز الثقل الى الامام لان حركة الراكض غير منتظمة زمنيا اي ان سرعته تزداد تدريجياً فتكون حركته بتعجيل موجب (ارجع الى موضوع التعجيل). وعلى هذا يجب ان يستمر الجسم في ميلانه لحين بلوغه سرعته القصوى حيث تبدأ حركته بالانتظام.



Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner

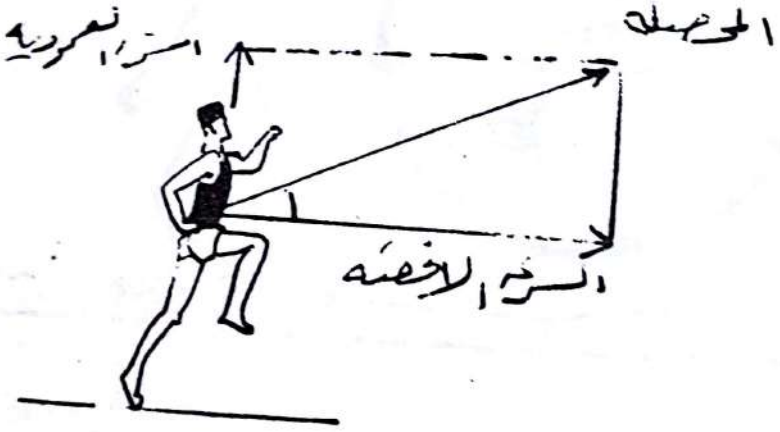
تختلف فعاليات الوثب والقفز فيما بينها من حيث طبيعة ادائها وكذلك من حيث العوامل المؤثرة فيها، فنجد ان ميكانيكية الوثب العالي تختلف عن ميكانيكية القفز بالرغم من ان الهدف في الحالتين هو الارتفاع للاعلى.

يمكن جميع فعاليات الوثب والقفز بأسس ميكانيكية عامة نحدد منها:

١. سرعة الطيران

٢. زاوية الطيران

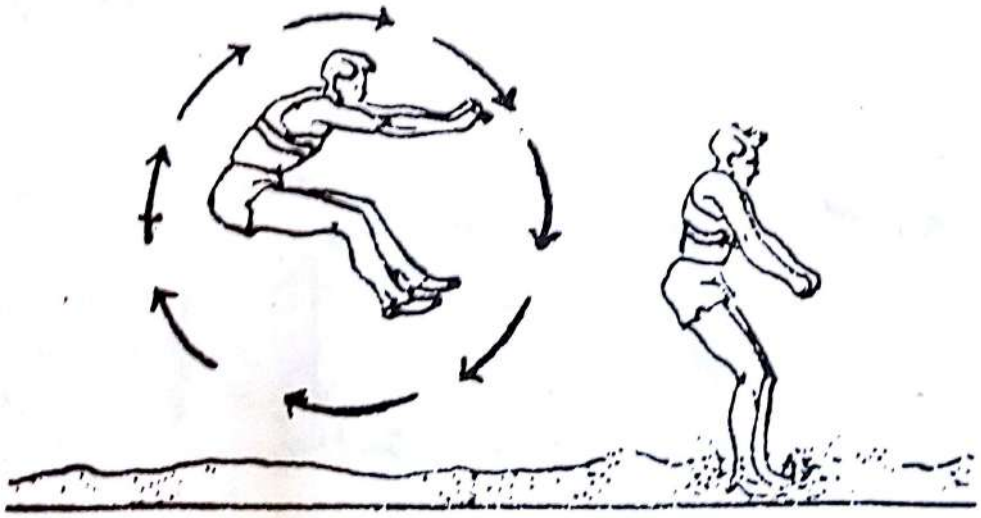
تؤدي السرعة دورا كبيرا في جميع الفعاليات حيث يتمكن القافز من الحصول على مقدار معين من الطاقة الحركية من خلال السرعة الافقية التي يكتسبها خلال الاقتراب ويتوقف اتجاه مركز ثقل الجسم اثناء النهوض على تحويله للسرعة الافقية الى سرعة تناسب وطبيعة الاداء الفني للفعالية المعنية، حيث تتحلل سرعة مركز ثقل الجسم اثناء النهوض الى مركبتين احداهما افقية والاخرى عمودية اما حركة مركز ثقله النهائية فتتحدد على اساس المحصلة التي تشكل مع الخط الافقي الصادر من مركز الثقل خطة النهوض مايسمى بزاوية الطيران. ان مقدار الزاوية التي ينطلق بها الواثب يتوقف على طبيعة الفعالية فنجدها في الثلاثية اقل منها في العريض وهذه اقل من زاوية الطيران في الوثب العالي.



شكل (١٤٩)

ان جميع اجزاء جسم الواثب تكون ممثلة بنقطة وهي مركز ثقل الجسم ويتم دراسة مسار الجسم من خلال تلك النقطة فيجب تهيئة مركز الثقل خلال الخطوات الاخيرة من الاقتراب بكل مؤهله ان يستمر بحركته بسرعته نفسها وبالزاوية المطلوبة. في الوثب العريض يجب ان تتم حركة مركز ثقل الجسم من ملامسة الرجل للوحة حتى مغادرتها (اثناء فترة النهوض) والتي يقطع الجسم فيها مسافة مكر تقريبا يجب ان تتم بفترة زمنية قصيرة مع ملاحظة حركة اجزاء الجسم وعزوم القوى المتولدة عنها (لان اغلب هذه الاجزاء تتحرك حركة دائرية) بأن لاتؤثر في توازن الجسم وبالتالي عدم تمكنه من اتباع المسار الذي يمثل الزاوية المطلوبة كما يحدث عند المبتدئين عندما تكون حركة الجزء العلوي من الجسم غير متوازنة مع الجزء السفلي وبالتالي يتولد عنها عزم قوى اكبر الامر الذي يؤدي الى اختلال التأثير المتبادل بين الفعل ورد الفعل مما يؤدي الى سرعة دورانه حول محوره العرضي وبالتالي هبوطه مبكراً.

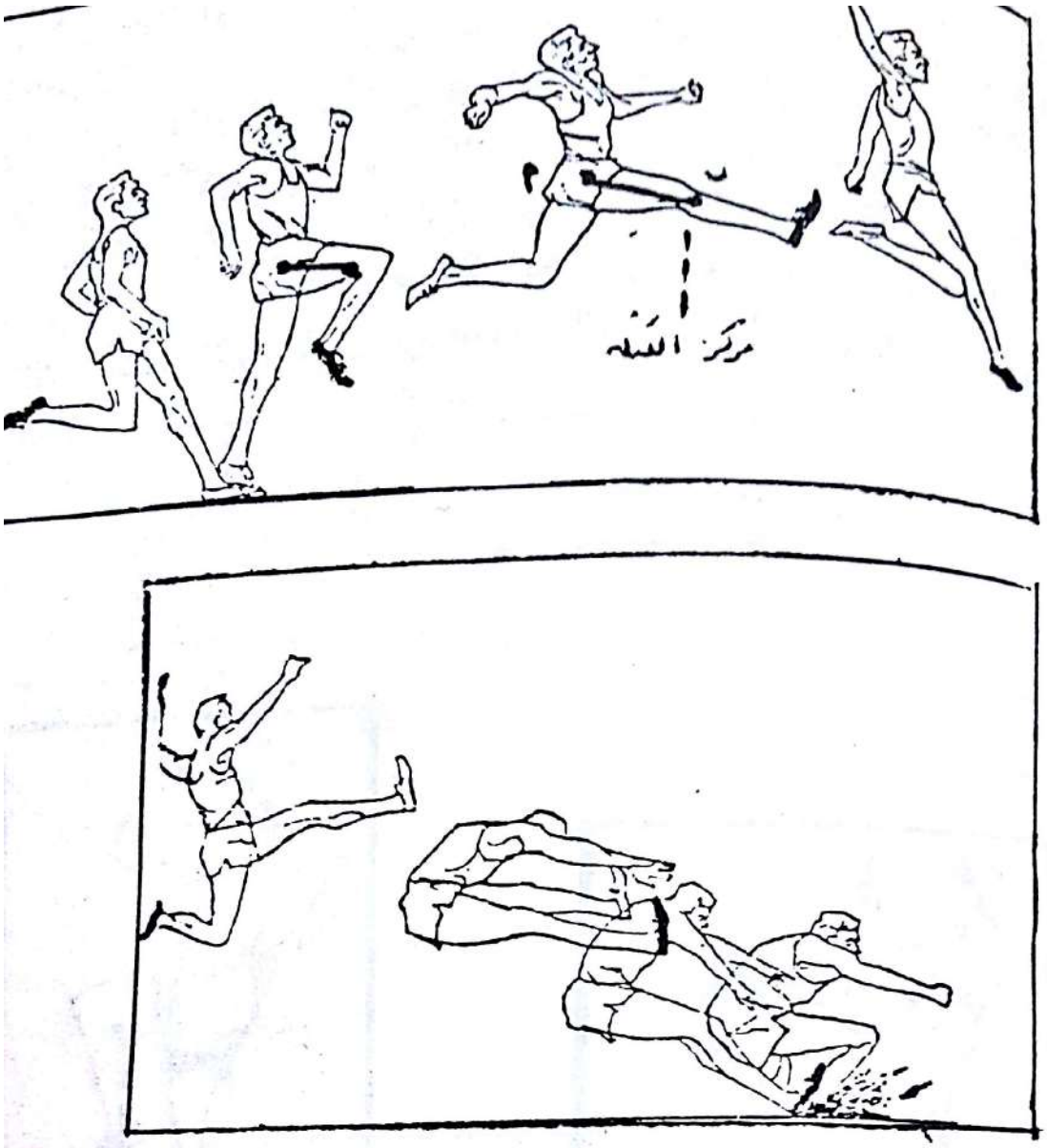
ان الطريقة التي تؤدي اثناء فترة الطيران في العريض تختلف من واثب لاخر فالمبتدئ يسهل عليه اداء طريقة القرنصاء وذلك من خلال تقريب اجزاء جسمه بعضها من بعض، بينما يؤدي الواثب المتقدم طريقة المشي في الهواء حيث تبقى اجزاء الجسم بعيدة عن محور دورانها وهي منطقة الورك.



شكل (١٥٠)

الوثب العريض بطريقة القرنصاء

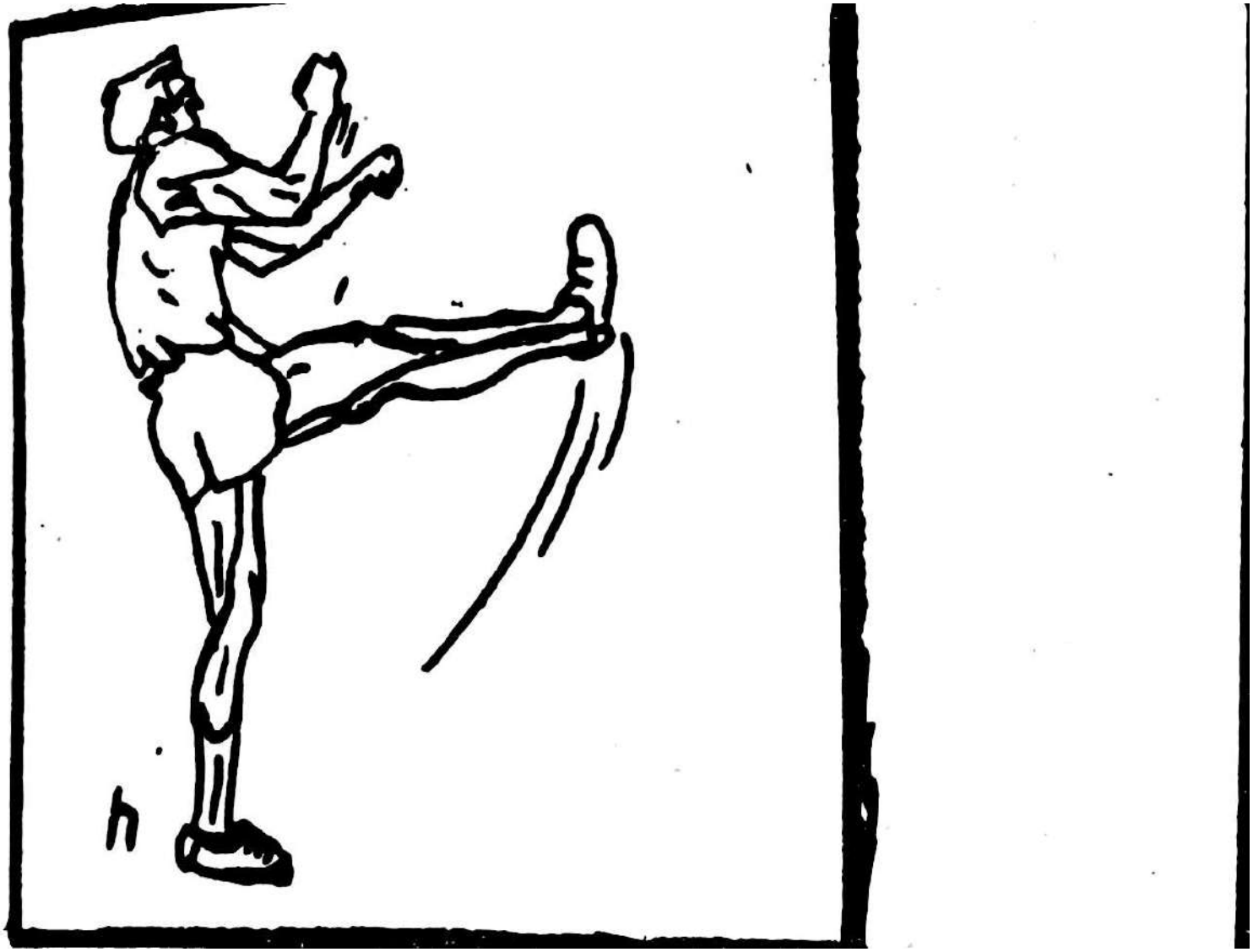
Scanned by CamScanner



شكل (١٥١)

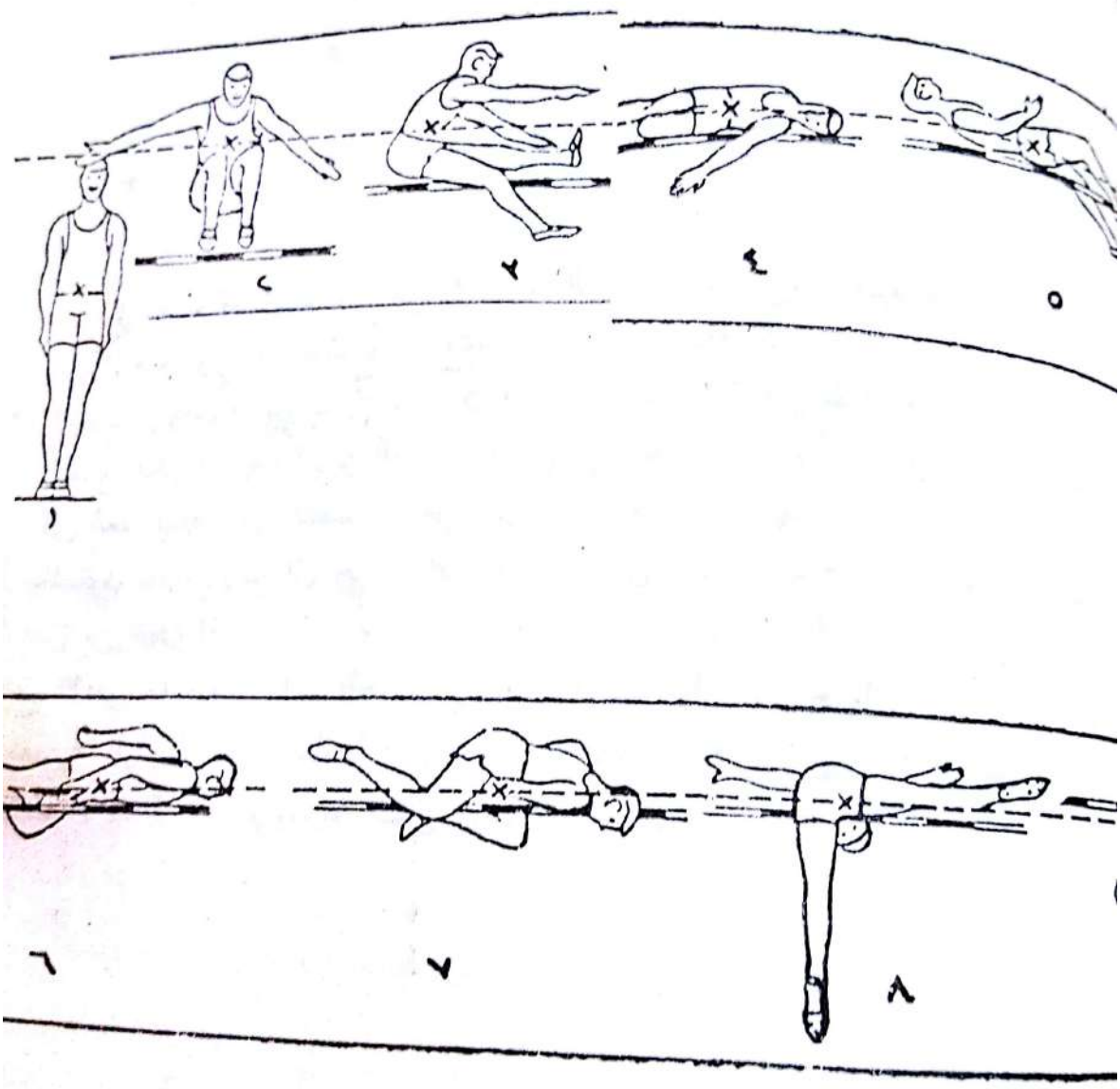
يتضح من الشكل ١٤٨ الذي يمثل طريقة المشي في الهواء ويلاحظ ان ارجحة ا
تكون ممدودة ويظهر على الصورة الثالثة من الشكل ان الرجل اليمنى للامام ويظهر
الخط الذي يصل بين أ ، ب حيث يمثل أ محور الدوران الذي تدور حوله ا
والنقطة ب مركز كتلة الرجل.

Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner

ان دراسة الحركات من الناحية البيوميكانيكية اعطت مردوداتها الايجابيه على
النتائج من حيث اختيار الطريقة الملائمة للاداء وكذلك تحقيق مبدأ الاقتصاد بالجهد
لتحقيق الهدف المطلوب. فلو تتبعنا الطرق التي استخدمت في الوثب العالي نجد ان تغير
الشكل التكنيك جاء نتيجة منطقية للدراسات التي اجريت بخصوص اتباع الطريقة التي
يتم من خلالها رفع مركز ثقل الجسم بأقل جهد ممكن اخذين بنظر الاعتبار طبيعة
العمل التشريحي لمفاصل جسم الانسان والعمل العضلي للمجاميع العضلية التي تعمل على
كل مفصل. نوضح فيما يأتي تطوراً للطرق التي استخدمت في الوثب العالي.



شكل (١٥٣)

١٥٣ العلامة × مركز ثقل الجسم

Scanned by CamScanner

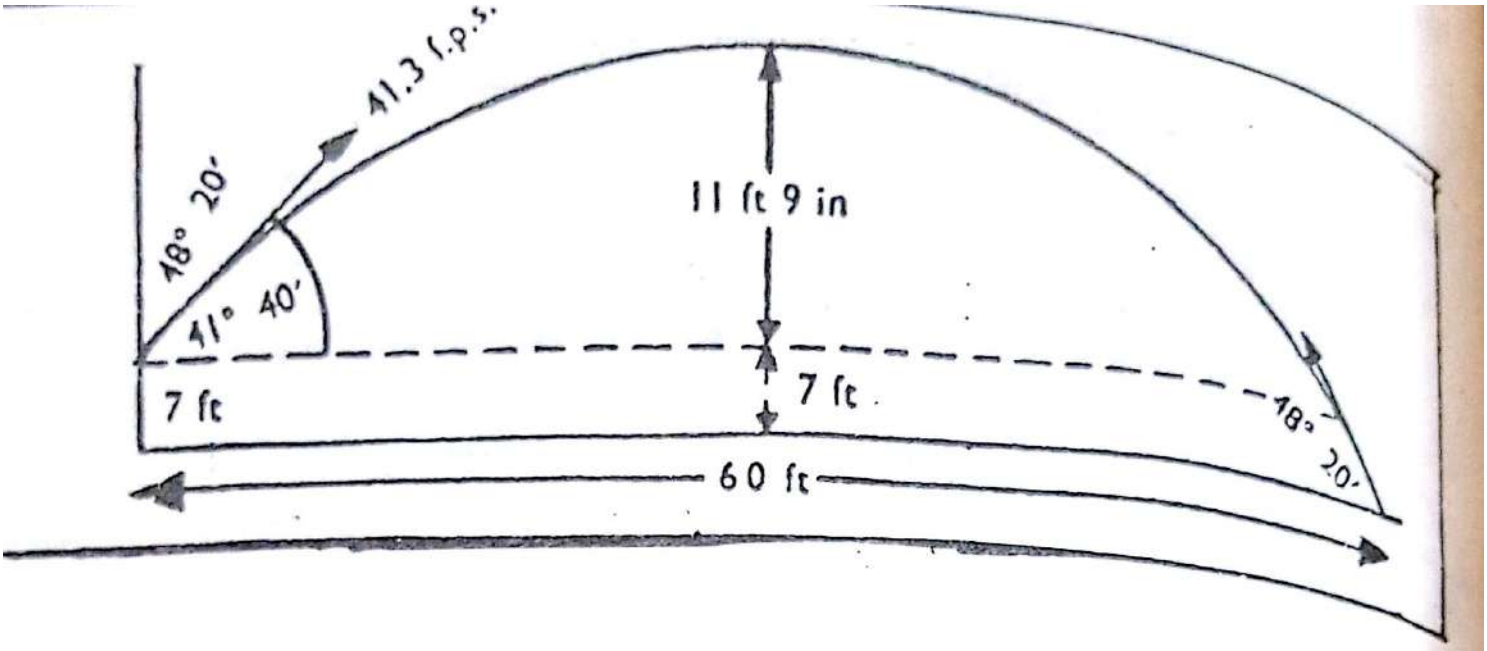
عند دراسة الشكل السابق نستطيع ملاحظة العلاقة بين ارتفاع نقطة مركز ثقل الجسم والطريقة المستخدمة، فاذا كانت القوة التي يسلطها الواثب في كل حالة هي ٥٠٠ نيوتن مثلا نلاحظ ان رفع مركز الثقل نتيجة القوة التي استخدمها في طريقة القرفصاء هي ١ر٢٠ متر في الوقت الذي تمكن فيه من رفع مركز ثقله الى ١ر٤٠ متراً بعد اتباعه اداء الطريقة المقصية وهكذا تمكن المعنيون من دراسة الحركة الى استغلال القوى المستخدمة استغلالاً جيداً تمكنوا من خلاله ان يحددوا الطرق التي تستخدم ليتمكن الواثب من رفع مركز ثقله اعلى مايمكن وبجهد اقل وبالتالي اجتيازه ارتفاعات عالية كما حدث في طريقة الفوسبوري حيث وجد بعد التحليل السينمائي ان نقطة مركز الثقل تقع تحت العارضة في الوقت الذي يجتاز فيه الجسم اعلى العارضة.

١-٣- الرمي

في جميع فعاليات الرمي (الثقل، والقرص، والرمح، والمطرقة) تؤدي الاسس الميكانيكية دوراً مهما، فالمقذوفات تتأثر بشكل كبير جدا بالسرعة التي تنطلق بها وكذلك الزاوية ويؤدي الريح دورا اساسيا في فعاليتي القرص والرمح مقارنة بتأثيره القليل في الثقل والمطرقة. انطلاقا من القانون الفيزيائي للمقذوفات بأن الزاوية المثلى للحصول على ابعد مسافة افقية للمقذوف هي زاوية ٤٥° عندما تكون نقطتا الانطلاق والهبوط بالمستوى نفسه (ارجع الى حركة المقذوفات)، ولكن الذي يحدث هو ان نقطة الانطلاق اعلى من نقطة الهبوط دائما. بناء على ماجاء به (دايسن)* ان الثقل عندما يرمى بزاوية مع الافقي مقدارها ٤١°٤٠ (احدى واربعون درجة واربعون جزءاً) فأنه يهبط بزاوية مقدارها الزاوية المتمة للزاوية التي انطلق بها اي ٤٨°٢٠ كما مبين بالشكل علماً ان ارتفاع نقطة الانطلاق ٧ قدم وسرعة الثقل ٣ر٤١ قدم / ثانية.

*Dyson, G.N.G. The mechanics of athletics. sixth editio. 1973. P. 101

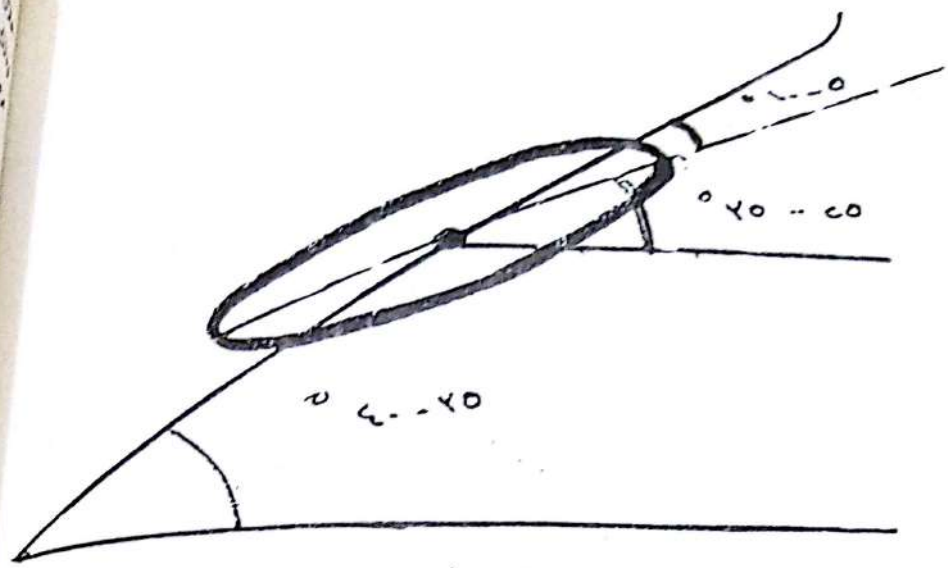
Scanned by CamScanner



شكل (١٥٤)

تتأثر فعاليتي القرص والرمح بشكل كبير بعامل الريح وعلى هذا يجب على الرامي
ن يأخذ بنظر الاعتبار اذا كانت الريح مع اتجاه حركته او عكسها، وعلى هذا الاساس
يمكن التحكم بالزاوية التي ينطلق بها القرص مع مراعاة العلاقة بأن الزاوية تقل قيمتها

Scanned by CamScanner



شكل (١٥٥)

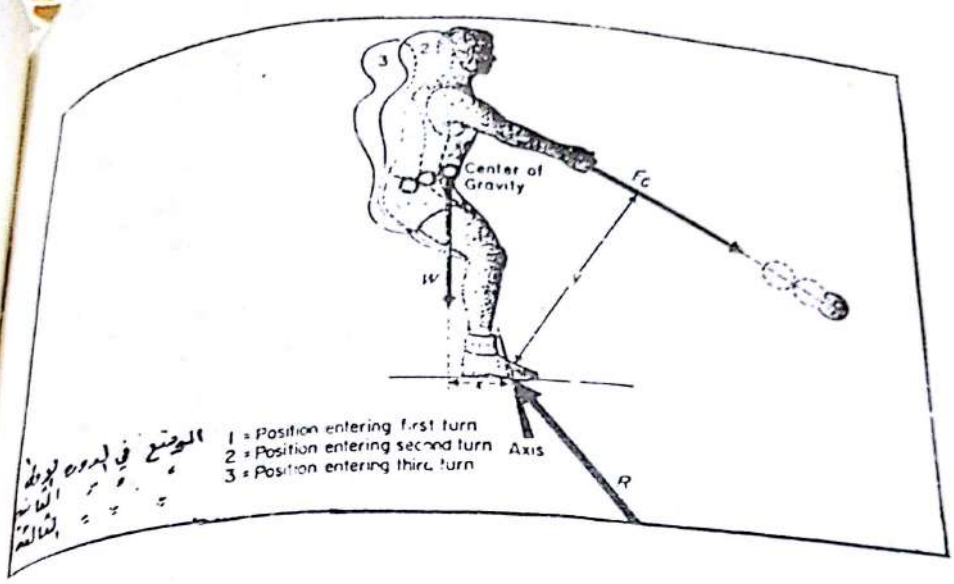
يمكننا من خلال الشكل ملاحظة الزوايا التي ينطلق بها القرص فنجد ان زاوية الانطلاق بعد رمي القرص مباشرة تكون قيمتها عند الرماة الجيدين بين ٣٥-٤٠ درجة، اما عند الرماة المتوسطي المستوى فتكون اكبر قليلا ولكن لاتصل الى ٤٥ درجة بأي حال من الاحوال. اما الزاوية المحصورة بين مسار ثقل القرص اثناء الطيران والخط الافقي تسمى زاوية الاتجاه وتتراوح قيمتها بين ٢٥-٣٥ درجة اما الزاوية المحصورة بين سطح القرص واتجاه الريح النسبي فتسمى بزاوية الهجوم وتتراوح قيمتها بين ٥-١٠ درجات.

من العوامل الميكانيكية التي تؤثر بشكل كبير في الفعاليات التي تتم الحركة فيها بشكل دائري (فعاليتي القرص والمطرقة) هي القوة المركزية والقوة الطاردة، فنتيجة دوران الاداة خلال المرحلة الاولى من الحركة تؤثر فيها قوتان متضادتان في الاتجاه هي القوة التي تسحب الى الخارج (القوة الطاردة) والقوة التي يبذلها الرامي للحد من تأثير هذه القوة. عند زيادة سرعة المطرقة خلال الدوران تزداد القوة الطاردة (انظر المعادلة ٢٤) لذا ينبغي على الرامي ان يزيد من القوة التي تسحب الى المركز للمحافظة على المطرقة في دورانها وبسرعتها نفسها ويترتب على هذا ان الرامي يتحكم بوضع جسمه من

Scanned by CamScanner

خلال الرجوع الى الخلف كلما ازدادت سرعة المطرقة الى ان يصل بما يسمى وضع الجلوس
وذلك لتعادل عزوم القوى المتضادة اي:
عزم القوة الطاردة = عزم القوة المركزية
درسنا في موضوع سابق من الكتاب ماهية العلاقة بين السرعة الزاوية والسرعة
الخطية من خلال المعادلة الاتية:
ع = ω × نق ..... (١٨)
في حالة ثبات السرعة الزاوية فأن اطالة نصف قطر الدوران يؤدي الى زيادة
السرعة الخطية للمطرقة، لهذا يجب تأكيد مد الذراعين كاملة اثناء الدوران لاطالة نصف
القطر والحصول على اكبر سرعة دورانية للمطرقة وهذا مايهدف اليه الرامي، لذا يصبح
لزاما على الرامي ان يدير المطرقة بسرعة زاوية كبيرة وبنصف قطر دوران طويل.
اوضح (جيمس هاي) في تحليله للقوى المؤثرة في رامي المطرقة اثناء دورانه ان رامي
المطرقة في الشكل اعلاه تؤثر فيه ثلاث قوى اولها قوة الجاذبية الارضية المتمثلة بوزنه
(W) وهذه تؤثر فيه من خلال مركز ثقله، والقوة الطاردة (Fc) وهي قوة تأثير دوران
المطرقة في يد الرامي وكذلك (R) اي قوة رد فعل الارض وتكون نقطة تأثيرها في
قدمي اللاعب. ان تأثير هذه القوة يكون كالاتي:
يؤثر وزن الجسم في حركة الرامي بعزمه اي بوزنه مضروبا في بعده العمودي عن محور
الدوران وهي النقطة المبينة في الشكل اي ان عزم الوزن = ٠xV اما عزم القوة الطاردة
فيكون Fcy اي مقدار القوة الطاردة في بعدها العمودي ولكن بالاتجاه المعاكس لعزم
الوزن. عند زيادة سرعة المطرقة يؤدي ذلك الى زيادة عزم القوة الطاردة، فلكي يتعادل
عزم وزن الجسم مع عزم القوة الطاردة يحاول الرامي اطالة ذراع الوزن من خلال
رجوعه بمركز ثقله الى الخلف كما مبين بالشكل (١٥٣).

Scanned by CamScanner



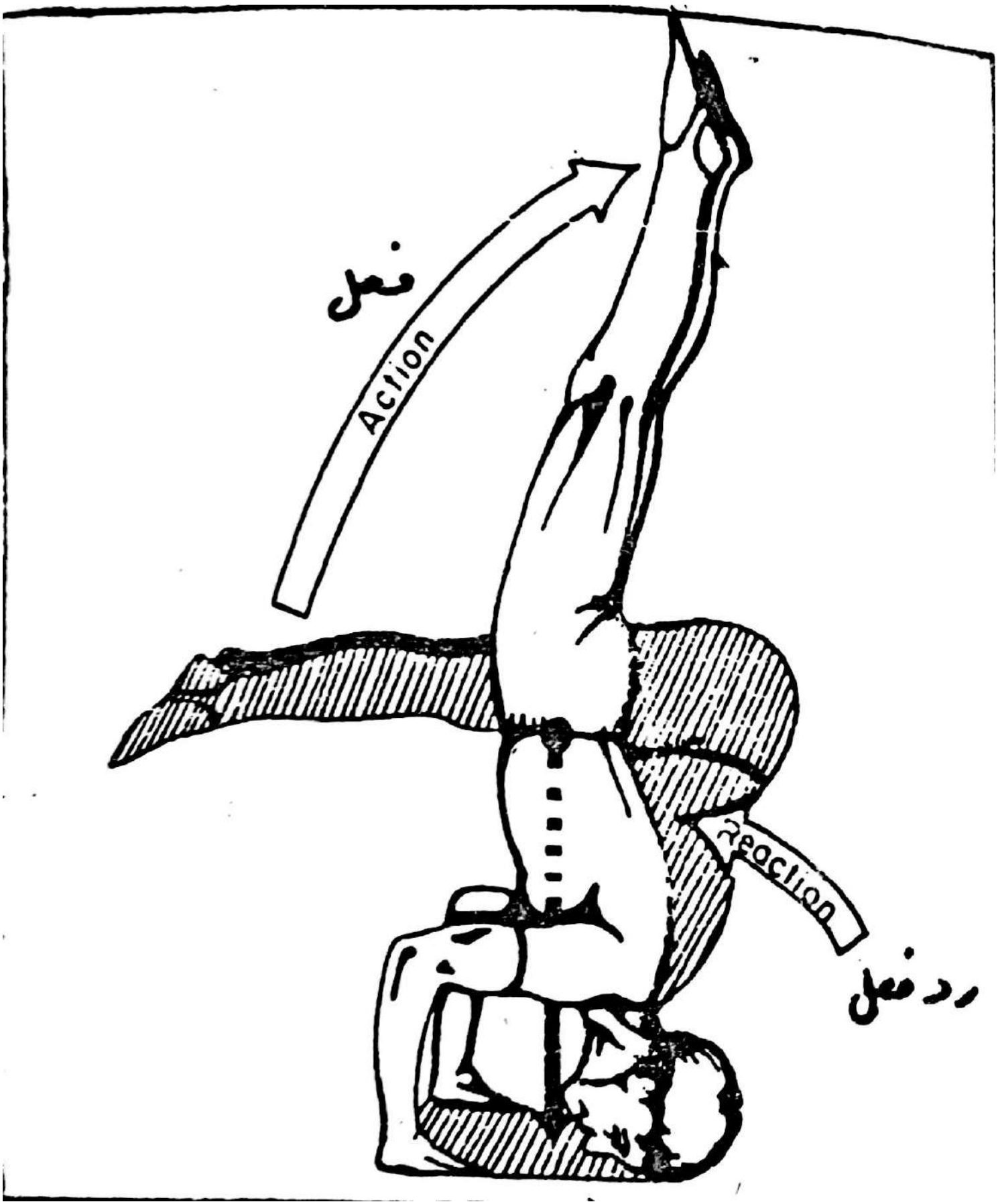
شكل (١٥٦)

٢- الجمناستك

مما لاشك فيه ان جميع فعاليات الجمناستك سواء اكان منها الحركات الارضية او حركات الاجهزة تحكم بقوانين ميكانيكية ثابتة يتحدد على اساسها الهدف من الحركة، اذا كانت السرعة مثلا او الحركة باتجاه معين، وماهية الترابط بين اجزاء الجسم وفقا لطبيعة الاداء، نجد احيانا ان اداء الفعالية يتطلب ان يكون الجسم ممدودا بشكل كامل او متكوراً او ان تكون الزاوية بين الجذع والرجلين حادة او منفرجة. ان درجة صعوبة الاداء تكمن في اداء الحركات التي تتطلب عمل عضلي كبير ودقة وموازنة وخطورة وغيرها من الاسس التي تتحدد على اساسها الصعوبة.

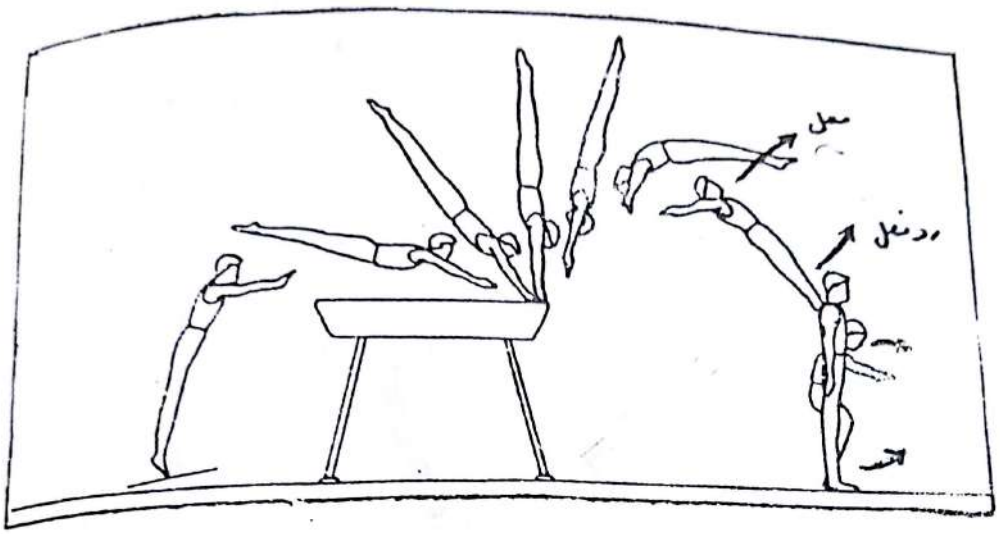
ان لكل حركة ميزاتها الخاصة وبذلك تتحدد مواصفات مسار الجسم ميكانيكيا، فليس من السهولة ان نتناول جميع هذه الحركات وتحليلها بايوميكانيكيا من حيث طبيعة القوى التي تؤثر فيها والعمل العضلي وكذلك المحاور والمسطحات التي تتم عليها الحركة وتحليل سرع مركز ثقل جسم اللاعب، لذا آثرنا ان نتناول بعض الجوانب من

Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner

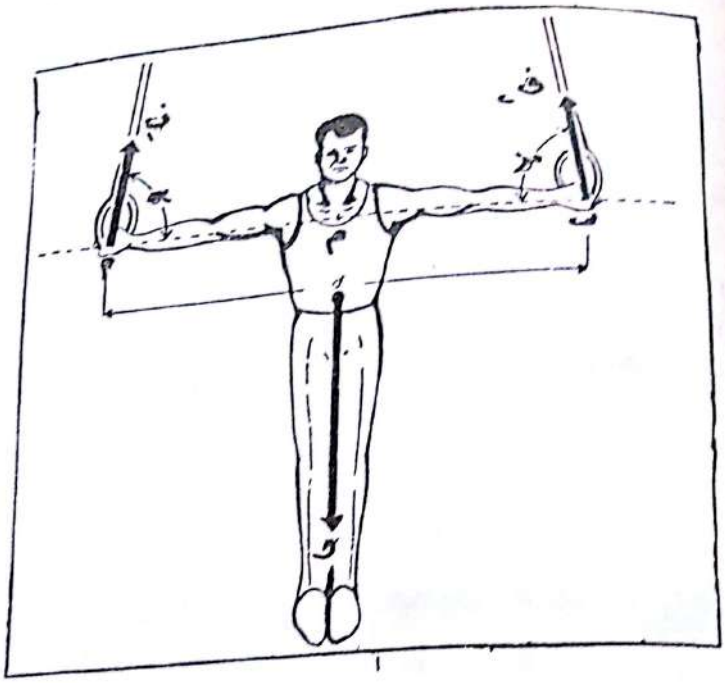
يتضح ايضا التبادل بين الفعل ورد الفعل لاجزاء الجسم عند اداء المبوط بعد اداء حركة القفز على الحصان مثلا فنجد في الشكل ان انتقال الجسم من وضع الطيران للتهيؤ لوضع المبوط يقوم اللاعب بابعاد اجزاء جسمه عن بعضها والمحافظة عليها بذلك الوضع للتقليل من سرعة دوران الجسم حول محوره العرضي وبالتالي اداء المبوط السليم.



شكل (١٥٨)

للقوى وعزومها تأثير كبير في القوة المطلوبة من اللاعب ان يبذلها. ففي الحركات التي يراد فيها توازن جسم اللاعب ينبغي ان تكون جميع القوى المؤثرة فيه تساوي صفراً، فعند المقارنة بين تعلق اللاعب على الحلق في حالتين الاولى عنده ا كون متزناً بذراعين ممتدتين جانبا كما في الشكل.

Scanned by CamScanner



شكل (١٥٩)

اوضح (هاي)* في تناوله للقوى التي تؤثر في اللاعب في الشكل السابق فأنه يتأثر بقوى الى الاعلى وبقوة جذب الارض المتمثل بوزن جسمه الى الاسفل. بما ان جميع القوى المؤثرة في الجسم تساوي صفراً فأن محصلة القوى الرأسية هي:

ر = ف٢ حا هـ - و

ومحصلة القوى الافقية فهي

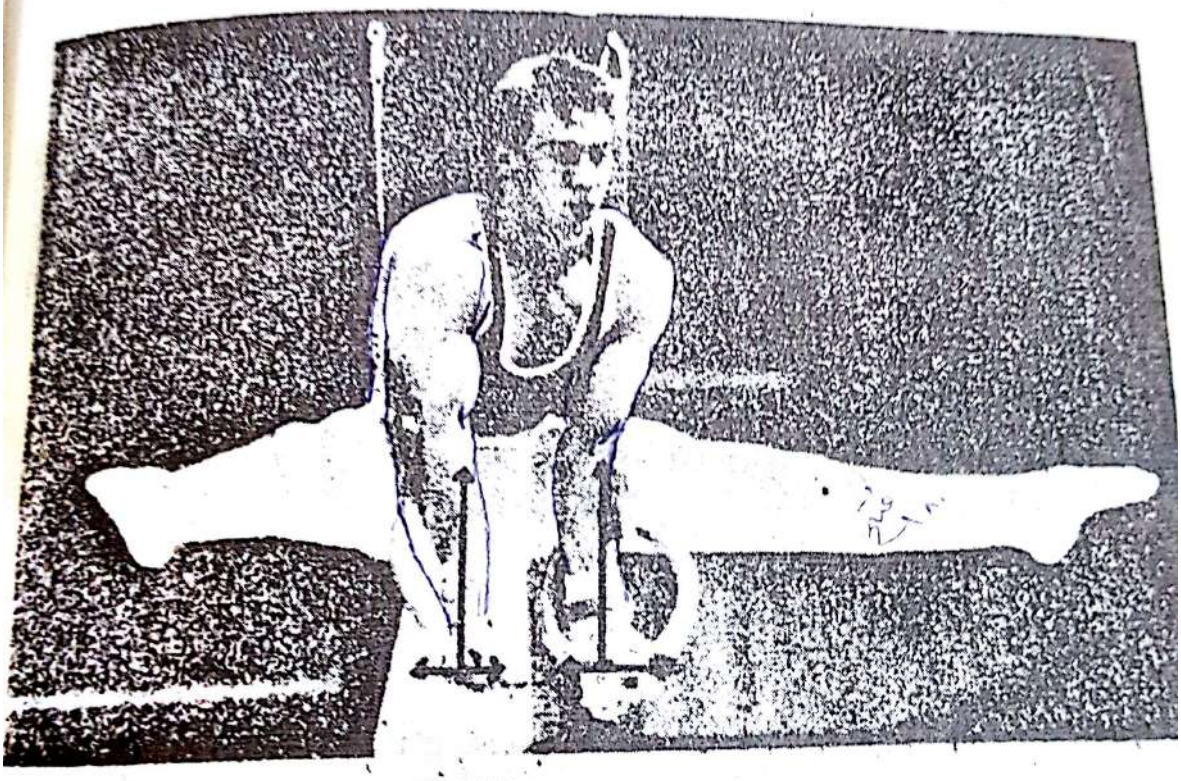
هـ = ف٢ جتا هـ

* Hay, Games. The biomechanics of sport tec... 2nd edition. 1978. P. 113.

Scanned by CamScanner

لما كان عزم القوة = القوة × بعدها العمودي، فأن محصلة عزوم القوى المؤثرة في الجسم
حول نقطة م تساوي
ق١ جاهـ × أ م - ق٢ جاهـ × ب م

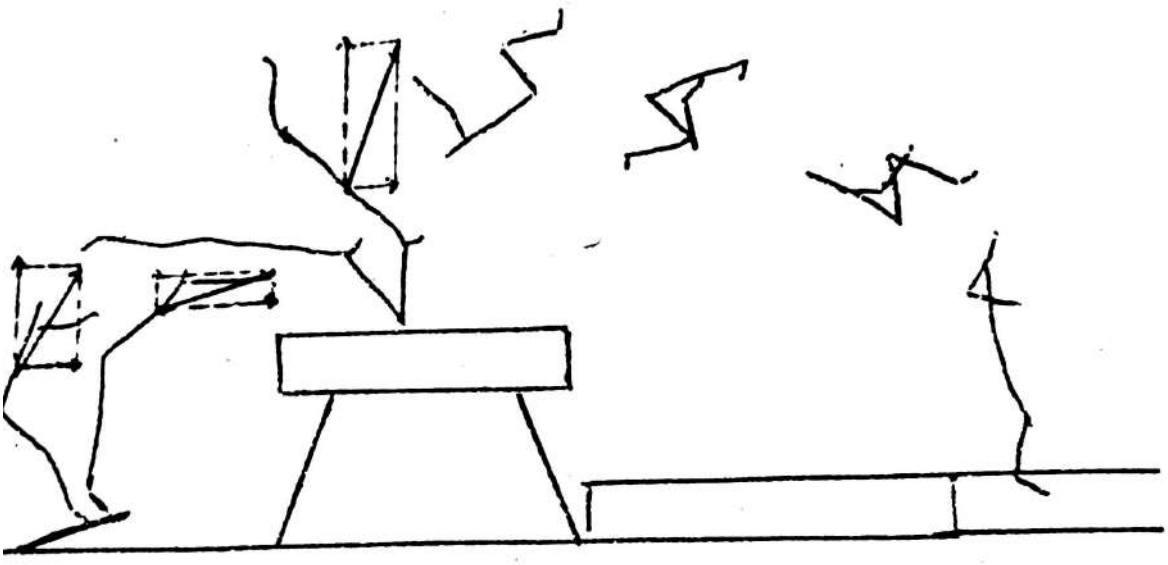
ان مقدار القوة التي يبذلها اللاعب للحفاظ على توازنه كبيرة، وذلك لان عزم وزن الجسم يكون كبيراً وان القوة التي يبذلها اللاعب هي عبارة عن مركبات افقية وعمودية. اما اذا كان الجسم متعلقا بحيث تكون نقطة مركز ثقله تقع قرب او ضمن منطقة الاستناد كما في الشكل (١٥٧) فأن القوة التي يبذلها اللاعب للحفاظ على توازنه اقل من الحالة الاولى، لان عزم وزن الجسم يكون اقل ومركبة القوة العمودية للاعب تكون اكبر من المركبة الافقية، لذا فأن اللاعب يمكنه البقاء فترة اطول في الحالة الثانية، بينما لا يمكنه البقاء طويلا في وضعه في الحالة الاولى.



شكل (١٦٠)

Scanned by CamScanner

ان بلوغ الاداء الجيد في الفعاليات الرياضية عموماً وفي الجمناستك بشكل خاص يتم من خلال تحليل الحركة التي يقوم بها اللاعب وذلك من خلال تسجيلها على رق وتحليله مختبريا لانه من الصعوبة ملاحظة جميع مفردات اداء اللاعب من خلال النظر حيث من الممكن ان يتم تقويم الاداء نوعيا كما يحدث في التحكيم، اما لمعرفة نقاط القوة والضعف التي تتحلل الاداء يتطلب الامر دراسة حركة اجزاء الجسم وتتبع مساره اثناء انتقاله من وضع الى اخر، وبطبيعة الحال يتم ذلك من خلال تحديد مراكز ثقل اجزاء الجسم وبالتالي تحديد مركز ثقل الجسم بكامله. لبيان كيفية تطبيق البحوث البايوميكانيكية في مجال الجمناستك سنعمل على توضيح كيفية تحليل الحركة، ونأخذ على سبيل المثال قفزة اليدين على الحصان متبوعة بقلبة هوائية امامية كما في الشكل



شكل (١٦١)

يمكننا تحليل الشكل السابق لاستخراج:

١ـ السرعة الافقية والعمودية للاعب اثناء النهوض.

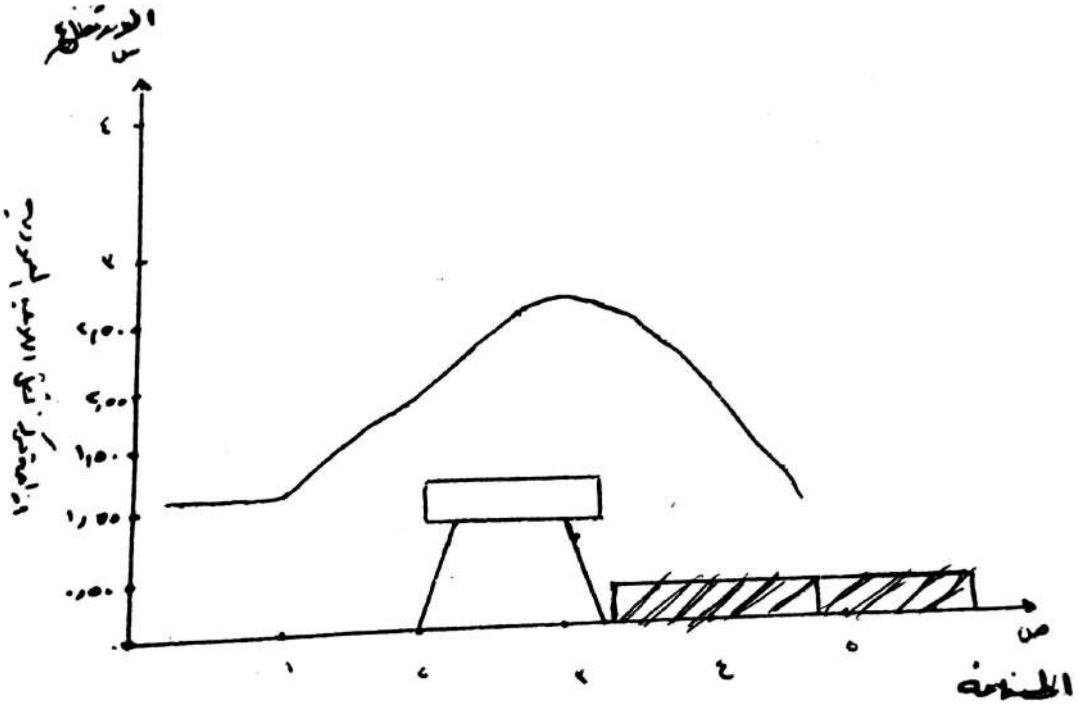
٢ـ السرعة الزاوية للاعب على اللوحة والسرعة المحيطية للركبتين والقدمين

٣ـ الزمن المستغرق على لوحة النهوض.

٤ـ الزمن المستغرق للاستناد على الحصان.

Scanned by CamScanner

٥ـ السرعة الزاوية لجسم اللاعب اثناء الاستناد وكذلك السرعة المحيطية.
٦ـ تتبع مسار مركز ثقل اللاعب.
٧ـ تتبع اتفاع اجزاء الجسم وانخفاضها اثناء مراحل الحركة.
٨ـ مقدار الازاحة الافقية التي يقطعها مركز الثقل.
٩ـ مقدار الازاحة العمودية التي يقطعها مركز الثقل
١٠ـ زمن الطيران الاول والثاني
١١ـ زاوية الهبوط الى القفاز
١٢ـ زاوية النهوض من القفاز
١٣ـ زاوية الهبوط على الحصان
١٤ـ زاوية النهوض من الحصان (الدفع)



شكل (١٦٢)

ازاحة مركز ثقل اللاعب الافقية

Scanned by CamScanner

انطلاقا من اهمية البايوميكانيك بجانبيه الحيوي والميكانيكي في فعالية السباحة نجد ان حركة الجسم داخل الماء تختلف تماما عن حركته على الارض، لذا اولى الميكانيكيون اهمية خاصة للحركة داخل الماء تحت موضوع ميكانيكية السوائل Fluid mechanism.

ان المفهوم العام للسباحة هو طوفان جسم الانسان على سطح الماء ومن المعلوم ان القدرة على الطوفان تحكم بجوانب ميكانيكية اهمها ماينص عليه قانون الطفو الذي اكتشف من قبل العالم ارخميدس قبل حوالي ٢٢٠٠ سنة والذي مفاده:

(اذا غمر جسم في سائل فأنه يفقد من وزنه بقدر وزن السائل المزاح)

يتأثر الجسم اثناء وجوده داخل الماء في قوتين الاولى وزن الجسم ويكون اتجاهها باتجاه الجذب نفسه الى الاسفل، والثانية قوة دفع الماء الى الاعلى اي عكس اتجاه الاولى، فاذا تساوت هاتان القوتان تمكن الجسم من الطفو فوق سطح الماء، اما اذا تغلبت قوة الجذب الارضي نتيجة وزن الجسم فأن يغطس الى الاسفل. هناك عوامل عديدة تؤثر في القدرة على الطفو، منها تباين الكثافة بين الجسم الطافي وكثافة الماء، فاذا كانت كثافة الجسم اقل من كثافة الماء سهل الطوفان حيث ينص قانون الكثافة

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

على ضوء ماتقدم نجد ان الجسم ذا الكتلة الصغيرة والحجم الكبير يسهل عليه الطوفان لانه يزيح كمية اكبر من الماء وبالتالي على دفع اقوى الى الاعلى، اما اذا كان العكس، وكان حجم الجسم صغيرا فأنه يجد صعوبة في طوفانه للسبب نفسه اعلاه.

عندما يكون الطابع المميز عضلياً وعظمياً فأن كثافته تكون عالية (لان كثافة العظام والعضلات اكبر من كثافة الماء) فذلك يؤدي به الى بذل مجهود اكبر للحفاظ على طوفانه. ان جسم الانسان الذي تكثر به الدهون نجد ان طوفانه اسهل وذلك لان كثافة الدهون اقل من كثافة الماء. ان العلاقة المتبادلة بين كثافة الجسم وكثافة الماء يمكن الاستدلال عليها من دراسة الفرق بين مياه الانهار العذبة ومياه البحار المالحة حيث ان الجسم الذي يجد صعوبة في الطوفان على الماء العذب يكون سهلاً عليه ان يطوف في ماء البحر المالح، لان كثافة ماء البحر اكبر من كثافة الماء العذب.

Scanned by CamScanner

هناك عوامل اخرى تؤثر في قابلية الجسم على الطوفان، فللجنس اثر كبير في ذلك حيث وجد من خلال الدراسات التي اجريت على الرجال والنساء وبهذا الخصوص ان كثافة جسم الرجل تتراوح بين ٩٥ر٠-٩٨ر٠ غم / سم٣ بينما تبلغ كثافة جسم المرأة بين ٩٢ر٠-٩٦ر٠ غم / سم٣ لذا نجد ان طوفان المرأة اسهل من طوفان الرجل.

للعمر تأثير ايضا في طوان الجسم فالانسان في اولى مراحل حياته ونظرا لعدم تكامل نمو انسجة جسمه نجد ان قدرته على الطوفان اكبر وذلك لان كثافة عظامه وعضلاته اقل من كثافة الماء، اما عند تقدمه في العمر مما يؤدي الى زيادة كثافة انسجة الاعضاء المكونة للجسم وبالتالي يكون طوفانه اصعب.

من العوامل الاساسية في عملية الطوفان مقدار الهواء الذي تحتويه الرئتان حيث يولى المدربون اهمية كبيرة لعملية التنفس اثناء السباحة ويدربون سباحيهم على تنظيم هذه العملية لان الجسم يكون طوفانه اسهل عندما تكون رئتاه مليئتين بالهواء من كونهما فارغتين.

نعود الى مفهوم ارخميدس من حيث العلاقة بين وزن الجسن ومقدار مايزيحه من الماء نتيجة انغماره فيعبر عن هذه العلاقة بالوزن النوعي.

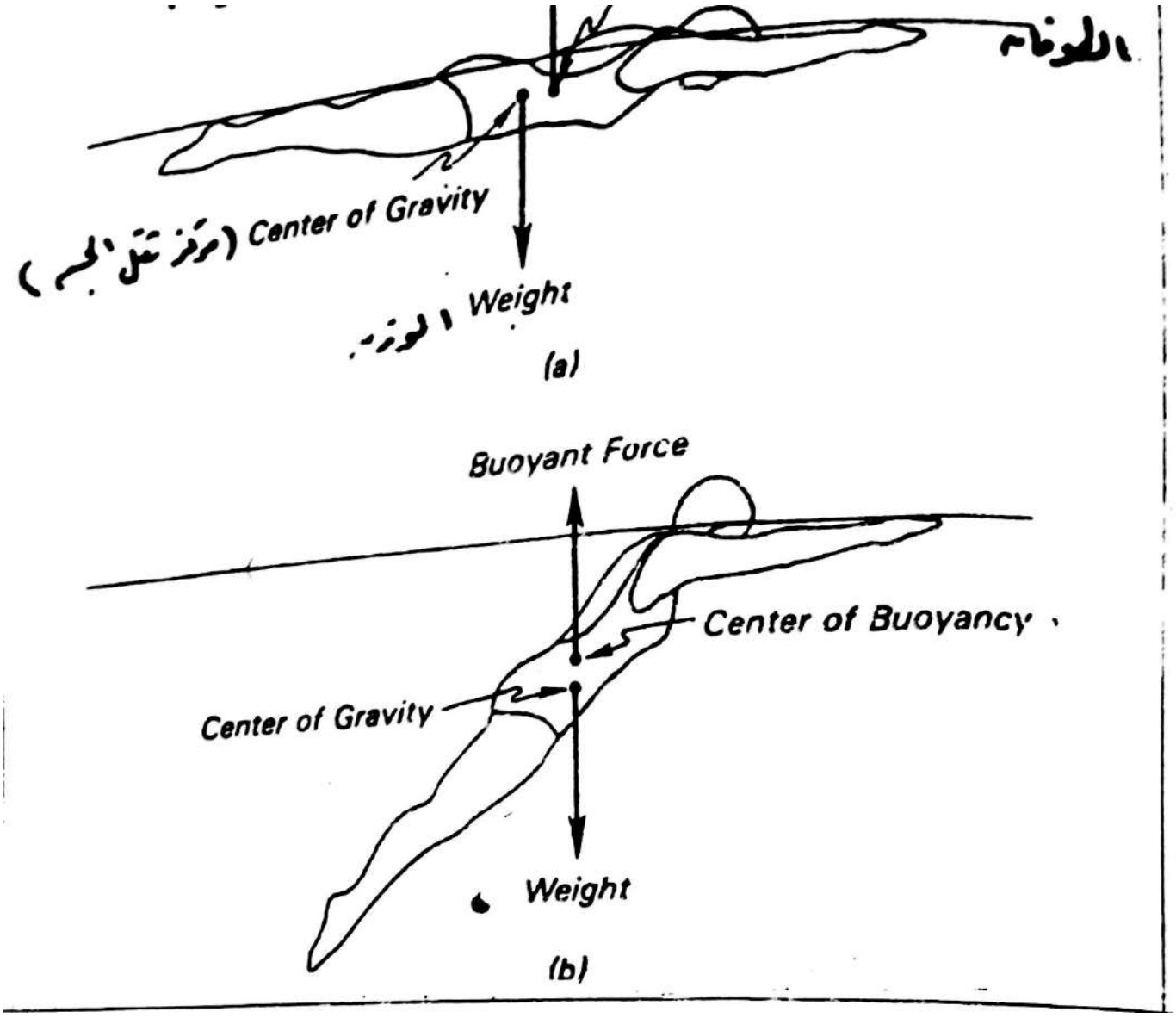
$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{وزن الجسم}}{\text{مقدار مايفقده الجسم من وزنه من الماء}}$$

يعتمد الطوفان على العلاقة بين اتجاه مركز ثقل الجسم الى الاسفل ومركز دفع الماء الى الاعلى. ان محاولة الطوفان بشكل افقي فوق سطح الماء يتخلله في البداية سقوط الجزء السفلي من الجسم (الرجلين) وذلك لانها اثقل من مقدار الماء الذي تزيحه، اما الصدر فوزنه اقل من وزن الماء المزاح. تستمر حركة الرجلين الى الاسفل الى ان يلتقي خط عمل مركز ثقل الجسم الى الاسفل مع مركز قوة دفع الماء الى الاعلى، ويكون خط عملها واحداً، عندئذ تتوقف الرجلان عن النزول كما في الشكل ١٦٠

الاسس الميكانيكية للسباحة

ان الهدف من السباحة لايقتصر على طوفان الجسم فقط على سطح الماء، بل يتعدى ذلك الى سرعة انزلاقه داخل الماء (اي قطع مسافة معينة بأقصر فترة زمنية) حيث تتحدد

Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner

٢- معدل تكرار الضربة: ويقصد بها معدل عدد دورات الذراع المنجزة في وحدة زمنية

$$\text{معدل تكرار الضربة} = \frac{\text{عدد دورات الذراع}}{\text{الزمن المستغرق}}$$

لنأخذ على سبيل المثال سباحاً يعمل ١٠ دورات كاملة للذراع ليقطع مسافة ٨٠ قدماً وبزمن قدره ٢٠ ثانية فأن

$$\text{معدل طول الضربة} = \frac{٨٠}{١٠} = ٨ \text{ أقدام / دورة}$$

$$\text{معدل تكرار الضربة} = \frac{١٠}{٢٠} = ٥ر٠ \text{ دورة / ثانية}$$

اما سرعة السباح فهي عبارة عن

سرعة السباح = معدل طول الضربة × معدل تكرار الضربة

= ٨ × ٥ر٠

= ٤ أقدام / ثانية

ان حركة السباح بشكل عام هي حركة عامة حيث يندفع الجسم بكامله الى الامام حركة انتقالية نتيجة الحركة الدائرية للذراعين والرجلين٠ تعد حركة الذراع اثناء سحبها الى الخلف داخل الماء عتلة من النوع الذي تتمثل فيها النقاط الثلاث كالآتي:

نقطة الارتكاز: محور الكتف

نقطة تأثير القوة: مدغم العضلات التي تعمل على تدوير وسحب الذراع (ارجع الى العمل العضلي لعضلات الكتف)

نقطة تأثير المقاومة: ان المقاومة في السباحة تتمثل في مقاومة الماء وحيث ان المقاومة تؤثر في طول محور الذراع ولكننا نفترض مجازاً ان نقطة المقاومة تتركز في كف يد السباح فعلى هذا الاساس تعد عتلة ذراع السباح عتلة من النوع الثالث٠

اما بالنسبة الى حركة الرجل فهي حركة دائرية وتتم على ثلاثة محاور عرضية هي محور مفصل الورك، ومفصل الركبة، ومفصل الكاحل٠ عند التحليل الميكانيكي الدقيق لحركة الرجل اثناء السباحة هي في الحقيقة عبارة عن ثلاث عتلات يتداخل عملها

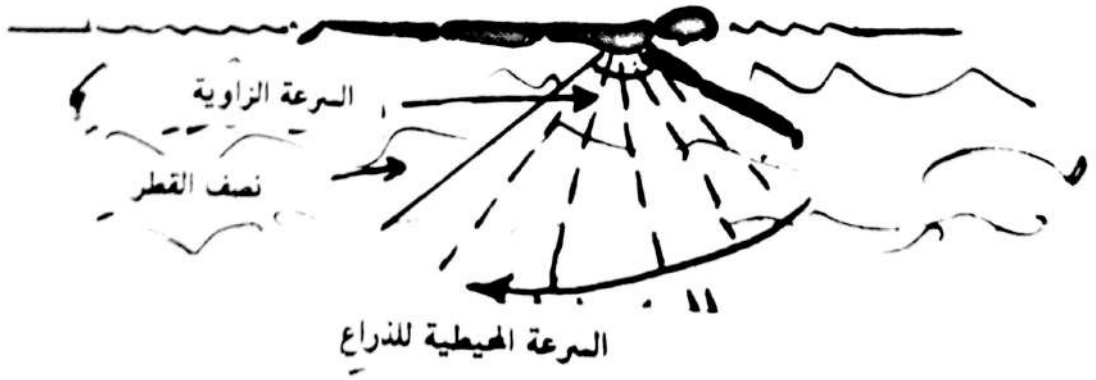
Scanned by CamScanner

العضلي بعضها مع بعض عتلة الفخذ، وعتلة الساق، وعتلة القدم، ولكل عتلة من هذه العتلات محور دورانها ونقطة تأثير قوتها، ونقطة المقاومة التي تقع عليها.

القوى المؤثرة في السباح:

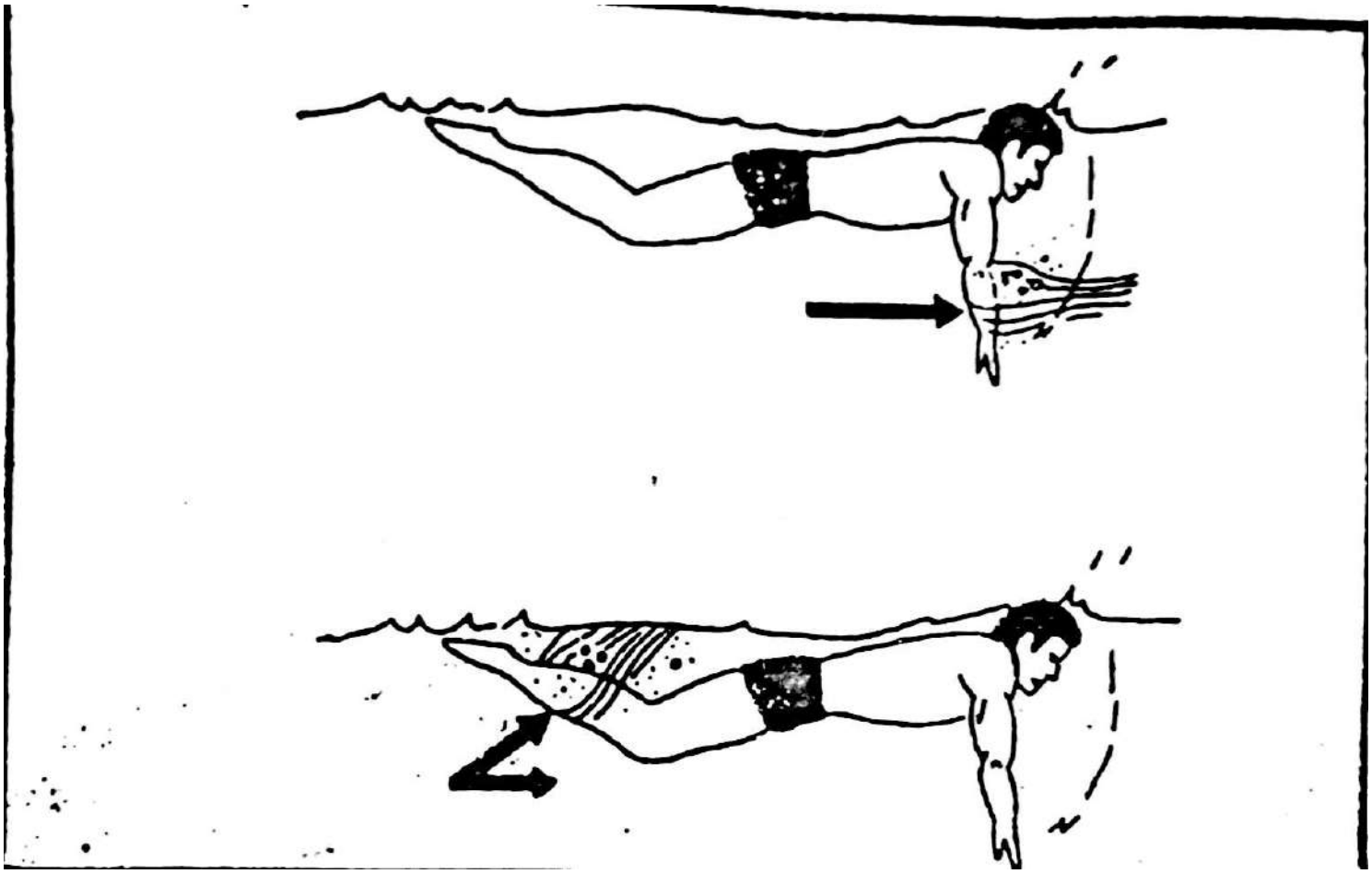
ان الحركة اثناء السباحة تكون نتيجة قوتين تؤثران في السباح اولهما قوة اندفاعه الى الامام، وهذه تتأتى كرد فعل للحركات التي يؤديها باجزاء جسمه داخل الماء، والقوة الاخرى التي تتمثل بمقاومة الماء ويكون اتجاهها عكس اتجاه حركة السباح.

ان الحركات الرئيسة التي يقوم بها السباح داخل الماء والتي يعتمدها في اندفاعه الى الامام هي عبارة عن حركة جزئين رئيسيين في الجسم، هما الذراعان والرجلان. تختلف الدراسات والاراء حول الاهمية النسبية لكل من الذراع والرجل اثناء توليد قوة الاندفاع، وان كانت هذه الاراء تختلف بناء على اختلاف الطريقة التي يؤديها السباح، ولكن بشكل عام ان قوة الاندفاع الرئيسة لجسم السباح ناتج عن حركة الذراع حيث يكون لحركتها الزاوية نتيجة وضعها في الماء اثر اكبر من الحركة الزاوية للرجل في اندفاع الجسم للامام. هناك تناسب بين سرعة الذراع المحيطية وسرعة اندفاع الجسم الى الامام ولهذا يتوقف على السرعة الزاوية للذراع، ففي حالة بقاء نصف القطر ثابتاً (لان نصف القطر يتمثل بطول الذراع) فلزيادة سرعة السباح ينبغي زيادة السرعة الزاوية ارجع الى المعادلة (١٨)، لذا يفضل اختيار السباح ذي الاذرع الطويلة على الرغم من انه يبذل قوة اكبر نتيجة قوة المقاومة التي تتلقاها الذراع من الماء نتيجة السحب.

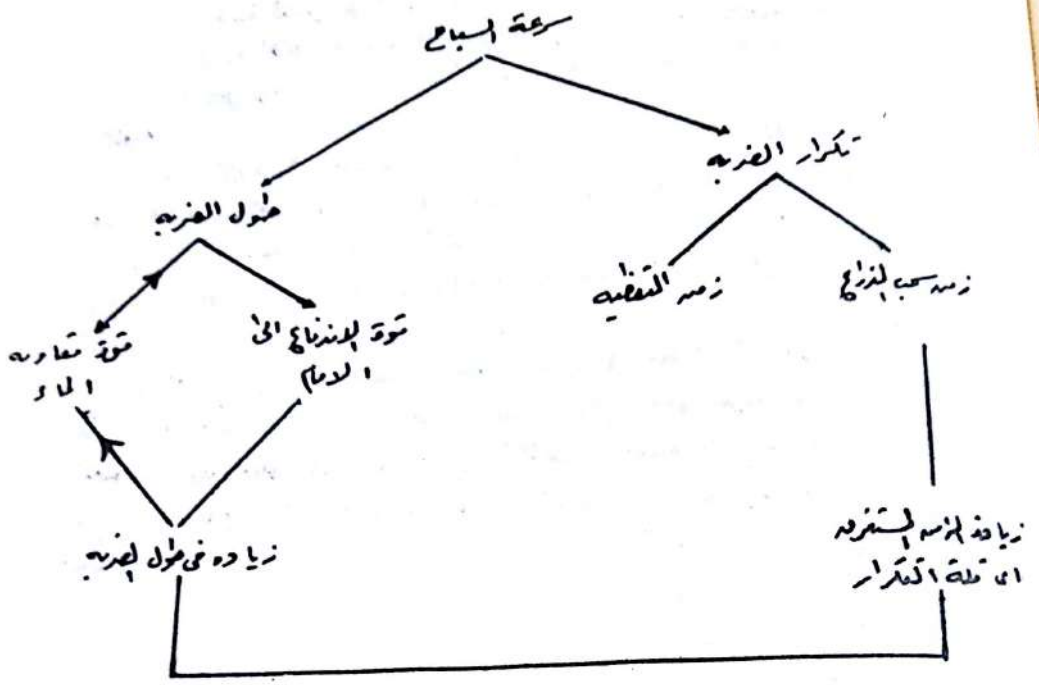


شكل (١٦٤)

Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner



شكل (١٦٦)

٤ـ التنس Tennis

سوف نتناول لعبة التنس من حيث التأثير الميكانيكي في الاداء يتم من خلال بعض المحاور الإتية:

١ـ المضرب كعتلة
٢ـ اتجاه حركة المضرب
٣ـ التصادم بين الكرة والمضرب
٤ـ كمية حركة المضرب قبل الاصطدام
٥ـ كمية حركة الكرة بعد الاصطدام
٦ـ اتجاه حركة الكرة.

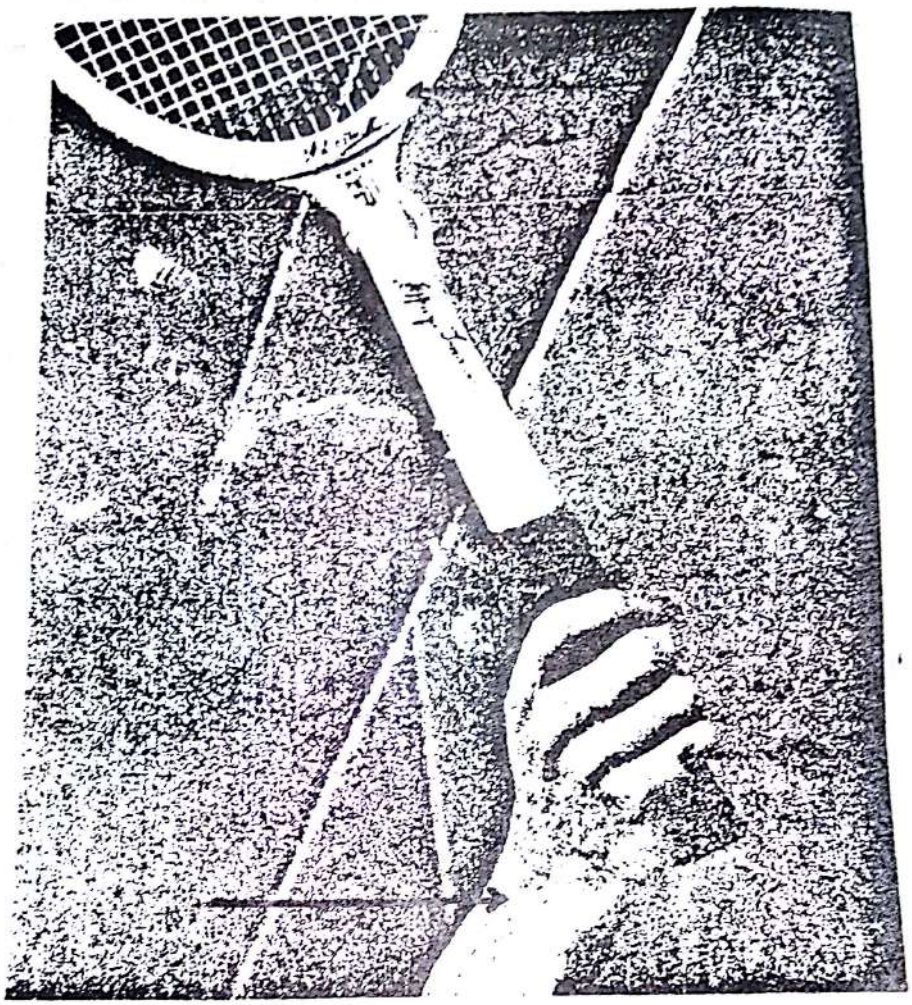
Scanned by CamScanner

تشتمل لعبة التنس على اسس فيزيائية متعددة حيث يؤدي قانون المقاومة دورا بارزاً في تحديد الاتجاه والمسافة التي تقطعها الكرة وتأثرها بالقوى الخارجية كالجذب الارضي ومقاومة الهواء. وكذلك مبدأ التصادم الذي يشكل اهمية خاصة في اللعبة.

استنادا الى ماذكر بخصوص العتلات وكيفية الاستفادة منها عملياً فقد يكون الهدف منها الاقتصاد بالقوة، او لزيادة مدى وسرعة الحركة، والذي يهمنا في هذا البحث توضيح ماهية استخدام المضرب كعتلة عندما يكون محور الدوران قبضة اللاعب او عندما يكون الذراع والمضرب عتلة واحدة عندما يكون محور الدوران هو منتصف الكتف.

ان كلامنا عن ماهية المضرب كعتلة سيقتصر في لحظة الارسال، ومن الطبيعي ان جل اهتمام اللاعب عند الارسال هو ان تنطلق الكرة باقصى سرعة وفي المنطقة المرغوب التصويب اليها، وعلى اي حال فأن استعمال المضرب كعتلة غالباً ماتكون عتلة من النوع الاول حيث تقع نقطة الارتكاز بين القوة والمقاومة وتستخدم لزيادة السرعة (العتلات).

Scanned by CamScanner



شكل (١٦٧)

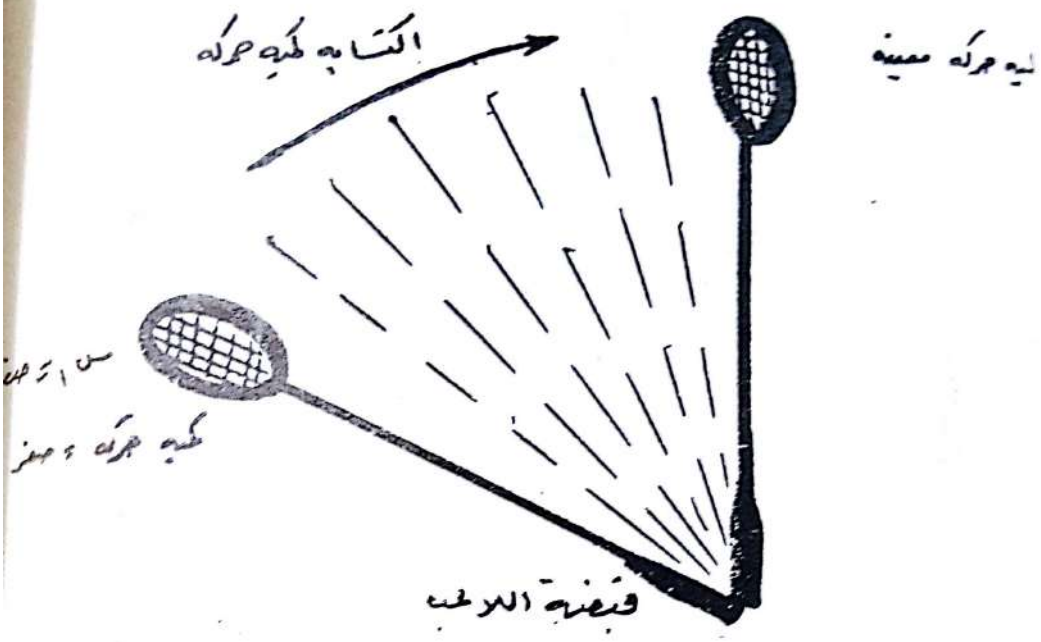
ان اتجاه حركة المضرب قبل ارسال الكرة هو الذي يحدد اتجاه سرعة انطلاقها بعد اصطدامها بالمضرب، ولدراسة مسار الكرة عند انطلاقها كباقي المقذوفات فأنها تحكم بناحيتين هما:

١ـ سرعة الانطلاق

٢ـ زاوية الانطلاق

Scanned by CamScanner

كما ذكرنا قبل قليل ان سرعة انطلاق الكرة يجب ان تكون كبيرة جدا وهذا يتم طبعا من خلال كمية الحركة التي تكتسبها الكرة نتيجة اصطدام المضرب بها بعد ان يكون المضرب قد اكتسب كمية حركة وهي عبارة عن كتلته × سرعته.



شكل (١٦٨)

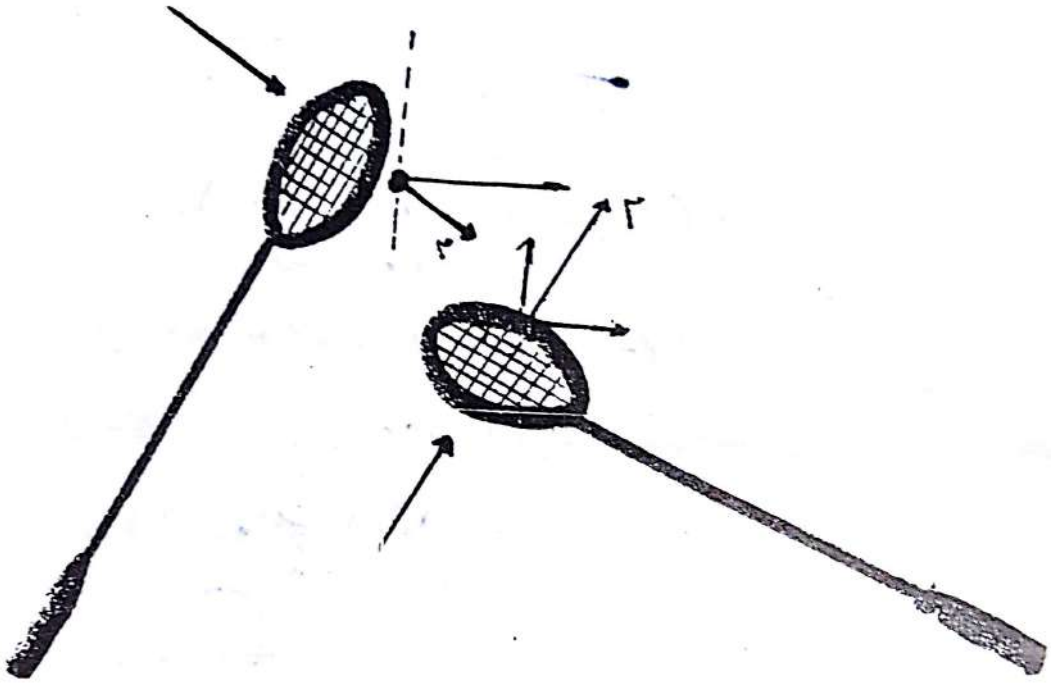
ان كمية الحركة التي يكتسبها المضرب ستنتقل بكاملها الى الكرة بعد التصادم بها وعلى هذا الاساس ينبغي ان تكون حركة المضرب سريعة جداً (ارجع الى كمية الحركة) وتتحدد كمية حركة المضرب ومايترتب عليها من سرعة للكرة من خلال العلاقة بين الدفع وكمية الحركة Impulse and momentum حيث تتوقف على:

١- القوى التي يسلطها اللاعب على المضرب
٢- الزمن الذي يتم فيه استخدام القوة
٣- كتلة المضرب.

Scanned by CamScanner

لكي تنتقل كمية الحركة بكاملها الى الكرة يتم من خلال انتقال كمية حركة المضرب الى الكرة بأقصر فترة زمنية حيث تبلغ الفترة حوالي ٠٠٤ر٠ ثانية، اما بالنسبة الى اتجاه الكرة عند انطلاقها فذلك يتم التحكم به من خلال توجيه قرص المضرب بالزاوية التي يراد ان ترسل فيها الكرة وبالتالي نحو المنطقة المعينة في ملعب الخصم.

يختلف توجيه المضرب من ضربة لاخرى اثناء اللعب وكذلك منطقة الاصطدام بين الكرة والمضرب كما في الشكل الآتي:



شكل (١٦٩)

* Hay, Games and Reid, J., The anatomical and mechanical Bases of human motion. 1982. p.334.

Scanned by CamScanner

ان اتجاهات اليد والمضرب تتحدد على اساس المحاور والمسطحات التي تعزى اليها الحركة، فحركة المضرب اثناء الارسال يتم حول المحور العرضي وفي المسطح الجانبي (ارجع الى المحاور والمسطحات)، اما الضربة الجانبية فتتم حول المحور الطولي وفي المسطح المستعرض. تتم الاستفادة من اعزاء الحركة الى المحاور والمسطحات عند تحليل الحركة بعد تصويرها لاستخراج مركبات السرعة الافقية والعمودية للمضرب قبل التصادم وللكرة بعد اصطدامها بالمضرب يتم من خلال ذلك تحديد الزاوية التي تنطلق بها الكرة وكذلك المسافة الافقية التي ستقطعها.

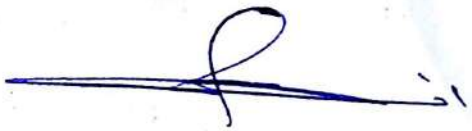
((عقيل يوسف ناصر حسين))

((الاثري))

((جامعة بابل))

((كلية التربية الرياضية))

((المرحلة الثانية))



انسي الحاويلي

٣/٦/٢٠٠١

الاحد

Scanned by CamScanner

المراجع العربية

١ـ الخميسي، زكي، علم الحركة في الميدان الرياضي ـ القاهرة ـ مكتبة القاهرة الحديثة، ١٩٦٤.

٢ـ الخفاجي، طالب ناهي، فيزياء الرياضة البسيطة ـ الجمهورية العراقية ـ وزارة الثقافة والاعلام ـ دائرة الشؤون الثقافية والنشر، ١٩٨٤.

٣ـ الدوري، قيس، علم التشريح ـ بغداد ـ دار المعرفة ـ الطبعة الاولى، ١٩٨٠

٤ـ السامرائي، فؤاد توفيق، البايوميكانيك ـ مطبعة جامعة الموصل ـ ١٩٨٢.

٥ـ الشيخ، محمد يوسف، الميكانيكا الحيوية وعلم الحركة ـ مصر ـ دار المعارف، ١٩٦٦.

٦ـ الطالب، نزار مجيد، المدخل الى البايوميكانيك ـ تحليل الحركات الرياضية ـ بغداد ـ مطبعة الوراق، ١٩٧٦.

٧ـ الهاشمي، سمير مسلط، اصول الوثب والقفز في العاب الساحة والميدان ـ بغداد ـ مطبعة الحوادث، ١٩٨١.

٨ـ عبدالحميد، كمال وسليمان علي حسن (ترجمة) ـ الميكانيكا الحيوية وطرق البحث العلمي للحركات الرياضية ـ مصر ـ دار المعارف، ١٩٧٨.

٩ـ كروي، داود سليمان (ترجمة)، الفيزياء للجميع ـ موسكو ـ دار مير للطباعة والنشر، ١٩٦٨.

١٠ـ ليفينسون ـ اسس الميكانيكا التطبيقية ـ موسكو ـ دار مير للطباعة والنشر، ١٩٦٨.

١١ـ محجوب، وجيه ونزار الطالب ـ التحليل الحركي ـ بغداد ـ مطبعة جامعة بغداد، ١٩٨٢

١٢ـ نصيف، عبد علي (ترجمة)، اصول التدريب ـ بغداد ـ المكتبة الوطنية ١٩٧٦.

١٣ـ نصيف، عبد علي وكيرهارد ميزر ـ البايوميكانيك ـ بغداد ـ مطبعة الميناء، ١٩٧١.

Scanned by CamScanner

المراجع الاجنبيه

1- Adomson, G.T. and Whitney, J. Critical apraisal of jumping as a measure of human power. Medicine and Sport. Vol. 6. Biomechanics 11. Karger, Basel. 1971. pp 208–211.

2- Anderson, F. Registration of the pressure power (the force) of the body on the floor during movement, especiolly vertical jumps. Medicine and Sport Vol. 2 Biomechamics Karger, Basel. 1968. pp. 87–89.

3- Barham, Jerry N. Mechanical Kinesiology. Saint Louis. 1978.

4- Bober, T. and others. Biomechanika–Wybrane Zagadnienia. Poland. 1983.

5- Cooper, John M. and Glassow, Ruth B. Kinesiology. Fourth edition. Saint louis. 1976.

6- Cooper, John M. Kinesiology of high jumping Biomechanics of sport. Thomas, P. Martin. State university of New York. 1976. PP. 72–78.

7- Dapena, J. The Fosbary. flop technique. University of lowa. 1977.

8- Dyson, G.H.G. The mechanics of athletics. Sixth edition. London. 1973.

9- Ecker, T. Track and field technique through dynamics. Colifornia. 1976.

10- Evansa, F. Biomechanical studies of the mus–culaskeletal system. Spring field. 1961.

11- Fidelus, K. Przewodnik do cwiczen z biomechamika. AWF. Warsaw. 1975.

12- Fidelus, K. and others. Comparison of cinem–atographic and dynamagraphic methods of body motion analysis. Biomechanics V11–A. Poland. 1981. PP. 194–199.

13- Gombac, R. The mechanics of take. off in high jump. Biomechanics 11. Medicine and sport Vol. 6. Karger, Basel. 1971. PP. 232–235.

Scanned by CamScanner

14– Gombac, R. Analysis of movement by film. Medicine and sport vol. 2. Biomechanics, Kanger, Pasel. 1968. PP. 37–41.

15– Hay, Games G. The biomechanics of sport techniques. Second edition. N.Y. 1978.

16– Hay, Games G. and Reid, J. The anatomical and mechanical bases of human motion. New Jersey. 1982.

17– Johnson, C. Success in athletics. London. 1977.

18– Komi, Paavo V. Neuromuscular performance factors influencimg force and speed production. Scandanavian journal of sport sciences vol. 1. 1979. PP. 2–15.

19– Metral, S. A torque– producing stimulatar for the study of muscular response to variable forces. Medicine and sport vol. 8. Biomechanics 111. 1973. PP. 158–164.

20– Miller, 1. and Nelson, C. Biomechanics of sport. Philadelphia. 1973.

21– Ramey, M.R. The use of force plates for jumping research. Biomechanics in sports. Juris Terauds. San Diego State University. 1983. PP. 81–91.

22– Shibukawa, K. and others. A biomechanical analysis of the segmental contribution to the take off at one. leg running jump for height W.D.

23– Shibukawa, K. and others. Mechanical energy or power of periodic movements. International sersies on biomechanics vol. 4B. Nagoya. Japan. 1983. PP. 648–653.

24– Wells, Katherine F. Kinesiology. Third edition. Philadelphia and London. 1961.

25– Willcoms, M. and Lissner, R. Biomechanics of human motion. Philodelphia. London 1962.

Scanned by CamScanner

الملاحق

Scanned by CamScanner

الدرجة	جيب	جيب تمام	ظل
صفر	صفر	١ر	صفر
١	٠ر٠١٧٥	٠ر٩٩٩٨	٠ر٠١٧٥
٢	٠ر٠٣٤٩	٠ر٩٩٩٤	٠ر٠٣٤٩
٣	٠ر٠٥٢٣	٠ر٩٩٨٦	٠ر٠٥٢٤
٤	٠ر٠٦٩٨	٠ر٩٩٧٦	٠ر٠٦٩٩
٥	٠ر٠٨٧٢	٠ر٩٩٦٢	٠ر٠٨٧٥
٦	٠ر١٠٤٥	٠ر٩٩٤٥	٠ر١٠٥١
٧	٠ر١٢١٩	٠ر٩٩٢٥	٠ر١٢٢٨
٨	٠ر١٣٩٢	٠ر٩٩٠٣	٠ر١٤٠٥
٩	٠ر١٥٦٤	٠ر٩٨٧٧	٠ر١٥٨٤
١٠	٠ر١٧٣٦	٠ر٩٨٤٨	٠ر١٧٦٣
١١	٠ر١٩٠٨	٠ر٩٨١٦	٠ر١٩٤٤
١٢	٠ر٢٠٧٩	٠ر٩٧٨١	٠ر٢١٢٦
١٣	٠ر٢٢٥٠	٠ر٩٧٤٤	٠ر٢٣٠٩
١٤	٠ر٢٤١٩	٠ر٩٧٠٣	٠ر٢٤٩٣
١٥	٠ر٢٥٨٨	٠ر٦٩٥٩	٠ر٢٦٧٩
١٦	٠ر٢٧٥٦	٠ر٩٦١٣	٠ر٢٨٧٦
١٧	٠ر٢٩٢٤	٠ر٩٥٦٣	٠ر٣٠٥٧
١٨	٠ر٣٠٩٠	٠ر٩٥١١	٠ر٣٢٤٩
١٩	٠ر٣٢٥٦	٠ر٩٤٥٥	٠ر٣٤٤٣
٢٠	٠ر٣٤٢٠	٠ر٩٣٩٧	٠ر٣٦٤٠
٢١	٠ر٣٥٨٤	٠ر٩٣٣٦	٠ر٣٨٣٩
٢٢	٠ر٣٧٤٦	٠ر٩٢٧٢	٠ر٤٠٤٠
٢٣	٠ر٣٩٠٧	٠ر٩٢٠٥	٠ر٤٢٤٥
٢٤	٠ر٤٠٦٧	٠ر٩١٣٥	٠ر٤٤٥٢
٢٥	٠ر٤٢٢٦	٠ر٩٠٦٣	٠ر٤٦٦٣

Scanned by CamScanner

٢٦	٠ر٤٣٨٤	٠ر٨٩٨٨	٠ر٤٨٧٧
٢٧	٠ر٤٥٤٠	٠ر٨٩١٠	٠ر٥٠٩٥
٢٨	٠ر٤٦٩٥	٠ر٨٨٢٩	٠ر٥٣١٧
٢٩	٠ر٤٨٤٨	٠ر٨٧٤٦	٠ر٥٥٤٣
٣٠	٠ر٥٠٠٠	٠ر٨٦٦٠	٠ر٥٧٧٤
٣١	٠ر٥١٥٠	٠ر٨٥٧٢	٠ر٦٠٠٩
٣٢	٠ر٥٢٩٩	٠ر٨٤٨٠	٠ر٦٢٤٩
٣٣	٠ر٥٤٤٦	٠ر٨٣٨٧	٠ر٦٤٩٤
٣٤	٠ر٥٥٩٢	٠ر٨٢٩٠	٠ر٦٧٤٥
٣٥	٠ر٥٧٣٦	٠ر٨١٩٢	٠ر٧٠٠٢
٣٦	٠ر٥٨٧٨	٠ر٨٠٩٠	٠ر٧٢٦٥
٣٧	٠ر٦٠١٨	٠ر٧٩٨٦	٠ر٧٥٣٦
٣٨	٠ر٦١٥٧	٠ر٧٨٨٠	٠ر٧٨١٣
٣٩	٠ر٦٢٩٣	٠ر٧٧٧١	٠ر٨٠٩٨
٤٠	٠ر٦٤٢٨	٠ر٧٦٦٠	٠ر٨٣٩١
٤١	٠ر٦٥٦١	٠ر٧٥٤٧	٠ر٨٦٩٣
٤٢	٠ر٦٦٩١	٠ر٧٤٣١	٠ر٩٠٠٤
٤٣	٠ر٦٨٢٠	٠ر٧٣١٤	٠ر٩٣٢٥
٤٤	٠ر٦٩٤٧	٠ر٧١٩٣	٠ر٦٩٥٧
٤٥	٠ر٧٠٧١	٠ر٧٠٧١	١ر٠٠٠
٤٦	٠ر٧١٩٣	٠ر٦٩٤٧	١ر٠٣٥٥
٤٧	٠ر٧٣١٤	٠ر٦٨٢٠	١ر٠٧٢٤
٤٨	٠ر٧٤٣١	٠ر٦٦٩١	١ر١١٠٦
٤٩	٠ر٧٥٤٧	١ر٦٥٦١	١ر١٥٠٤
٥٠	٠ر٧٦٦٠	٠ر٦٤٢٨	١ر١٩١٨
٥١	٠ر٧٧٧١	٠ر٦٢٩٣	١ر٢٣٤٩
٥٢	٠ر٧٨٨٠	٠ر٦١٥٧	١ر٢٧٩٩
٥٢	٠ر٧٩٨٦	٠ر٦٠١٨	١ر٣٢٧٠
٥٤	٠ر٨٠٩٠	٠ر٥٨٧٨	١ر٣٧٦٤
٥٥	٠ر٨١٩٢	٠ر٥٧٣٦	١ر٤٢٨١

Scanned by CamScanner

٥٦	٠ر٨٢٩٠	٠ر٥٥٩٢	١ر٤٨٢٦
٥٧	٠ر٨٣٨٧	٠ر٥٤٤٦	١ر٥٣٩٩
٥٨	٠ر٨٤٨٠	٠ر٥٢٩٩	١ر٦٠٠٣
٥٩	٠ر٨٥٧٢	٠ر٥١٥٠	١ر٦٦٤٣
٦٠	٠ر٨٦٦٠	٠ر٥٠٠٠	١ر٧٣٢١
٦١	٠ر٨٧٤٦	٠ر٤٨٤٨	١ر٨٠٤٠
٦٢	٠ر٨٨٢٩	٠ر٤٦٩٥	١ر٨٨٠٧
٦٣	٠ر٨٩١٠	٠ر٤٥٤٠	١ر٩٦٢٦
٦٤	٠ر٨٩٨٨	٠ر٤٣٨٤	٢ر٠٥٠٣
٦٥	٠ر٩٠٦٣	٠ر٤٢٢٦	٢ر١٤٤٥
٦٦	٠ر٩١٣٥	٠ر٤٠٦٧	٢ر٢٤٦٠
٦٧	٠ر٩٢٠٥	٠ر٣٩٠٧	٢ر٣٥٥٩
٦٨	٠ر٩٢٧٢	٠ر٣٧٤٦	٢ر٤٧٥١
٦٩	٠ر٩٣٣٦	٠ر٣٥٨٤	٢ر٦٠٥١
٧٠	٠ر٩٣٩٧	٠ر٣٤٢٠	٢ر٧٤٧٥
٧١	٠ر٩٤٥٥	٠ر٣٢٥٦	٢ر٩٠٤٢
٧٢	٠ر٩٥١١	٠ر٣٠٩٠	٣ر٠٧٧٧
٧٣	٠ر٩٥٦٣	٠ر٢٩٢٤	٣ر٢٧٠٩
٧٤	٠ر٩٦١٣	٠ر٢٧٥٦	٣ر٤٨٧٤
٧٥	٠ر٩٦٥٩	٠ر٢٥٨٨	٣ر٧٣٢١
٧٦	٠ر٩٧٠٣	٠ر٢٤١٩	٤ر٠١٠٨
٧٧	٠ر٩٧٤٤	٠ر٢٢٥٠	٤ر٣٣١٥
٧٨	٠ر٩٧٨١	٠ر٢٠٧٩	٤ر٧٠٤٦
٧٩	٠ر٩٨١٦	٠ر١٩٠٨	٥ر١٤٤٦
٨٠	٠ر٩٨٤٨	٠ر١٧٣٦	٥ر٦٧١٣
٨١	٠ر٩٨٧٧	٠ر١٥٦٤	٦ر٣١٣٨
٨٢	٠ر٩٩٠٣	٠ر١٣٩٢	٧ر١١٥٤
٨٣	٠ر٩٩٢٥	٠ر١٢١٩	٨ر١٤٤٣
٨٤	٠ر٩٩٤٥	٠ر١٠٤٥	٩ر٥١٤٤
٨٥	٠ر٩٩٦٢	٠ر٠٨٧٢	١١ر٤٣

Scanned by CamScanner

٨٦	٠ر٩٩٧٦	٠ر٠٦٦٨	١٤ر٣٠
٨٧	٠ر٩٩٨٦	٠ر٠٥٢٣	١٩ر٠٨
٨٨	٠ر٩٩٩٤	٠ر٠٣٤٩	٢٨ر٦٤
٨٩	٠ر٩٩٩٨	٠ر٠١٧٥	٥٧ر٢٩
٩٠	١ر٠٠٠	٠ر٠٠٠	

Scanned by CamScanner

الصفحة

التسلسل

١ـ المسافة بدلالة السرعة والزمن

م = س × ن .....

٢ـ السرعة المتجهة بدلالة الازاحة والزمن

$$س = \frac{ز}{ن} \quad .....$$

٣ـ متوسط السرعة في حالة الحركة المنتظمة

$$سَ = \frac{س_1 + س_2}{2} \quad .....$$

٤ـ اذا كانت السرعة الابتدائية تساوي صفراً

$$سَ = \frac{س_2}{2} \quad .....$$

٥ـ متوسط السرعة في حالة الحركة غير المنتظمة

$$سَ = \frac{ف_2 - ف_1}{ن_2 - ن_1} \quad .....$$

٦ـ السرعة الآنية او اللحظية

$$س_{لحظية} = \frac{\Delta ف}{\Delta ن} \quad .....$$

٧ـ المحصلة حسب نظرية فيثاغورس في المثلث قائم الزاوية

$$(أ ب)^2 + (أ جـ)^2 \quad .....$$

Scanned by CamScanner

٨ـ اذا كانت الزاوية بين القوتين غير قائمة

$م^{2} = (أ ب)^{2} + (أ جـ)^{2} + 2 \times أ ب \times أ جـ \times جتا \quad ب أ جـ$ .....

٩ـ اتجاه المحصلة

$$- ظا \left(\frac{أ ب حا \quad ب أ جـ}{أ جـ + أ ب جتا \quad ب أ جـ} \right) \quad .....$$

١٠ـ التعجيل

$$ع = \frac{س_{2} - س_{1}}{ن} \quad .....$$

١١ـ المسافة في حالة الحركة بتعجيل منتظم

$$م = \frac{1}{2} (س_{1} + س_{2}) \times ن \quad .....$$

١٢ـ المسافة بدلالة السرعة الابتدائية والتعجيل والزمن

$$م = س_{1} ن + \frac{1}{2} ع ن^{2} \quad .....$$

١٣ـ التعجيل الآني او اللحظي

$$ع_{لحظي} = \frac{\Delta س}{\Delta ن} \quad .....$$

١٤ـ المسافة التي يقطعها المقذوف بدلالة التعجيل الارضي والزمن

$$م = \frac{جـ ن^{2}}{2} \quad .....$$

١٥ـ سرعة المقذوف بدلالة التعجيل الارضي والمسافة

$$س^{2} = 2 جـ م \quad .....$$

١٦ـ المسافة الافقية التي يقطعها المقذوف بدلالة السرعة والتعجيل الارضي والزاوية

$$م = \frac{س^{2} \times حا 2 \text{ الزاوية}}{جـ} \quad .....$$

Scanned by CamScanner

١٧- الزمن الذي يستغرقه المقذوف بدلالة السرعة والتعجيل الارضي والزاوية

$$\text{ن} = \frac{\text{٢ س} \times \text{حا الزاوية}}{\text{جـ}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

١٨- السرعة المحيطية اثناء الحركة الدائرية بدلالة السوعة الزاوية ونصف القطر

$$\text{س م} = \text{س ز} \times \text{نق} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

١٩- التعجيل العمودي بدلالة السرعة على محيط الدائرة ونصف القطر

$$\text{ع عمودي} = \frac{\text{س}^{٢}}{\text{نق}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

٢٠- التعجيل المماس بدلالة السرع والزمن

$$\text{ع مماس} = \frac{\text{س٢} - \text{س١}}{\text{ن}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

٢١- قانون نيوتن الثاني

$$\text{ق} = \text{ك} \times \text{جـ} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

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

٢٣- محصلة قوتين بينهما زاوية غير قائمة

$$\text{م}^{٢} = \text{ق}_{١}^{٢} + \text{ق}_{٢}^{٢} + ٢\ \text{ق}_{١}\ \text{ق}_{٢}\ \text{جتا الزاوية} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

٢٤- القوة المركزية واللامركزية اثناء الحركة الدائرية

$$\text{ق} = \frac{\text{ك} \times \text{س}^{٢}}{\text{نق}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

٢٥- زاوية الميلان المطلوبة للتغلب على القوة الطاردة

$$\text{ظل زاوية الميلان} = \frac{\text{س}^{٢}}{\text{جـ} \times \text{نق}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

٢٦ـ تأثير القوة المتبادل بين الارض واللاعب

ق = و + ك جـ

٢٧ـ مركبة التعجيل الافقي

$$\text{جس} = \frac{\text{ق٢ س}}{\text{ك}}$$

٢٨ـ مركبة التعجيل العمودي

$$\text{جص} = \frac{١}{٢} (\text{ق٢ ص} - \text{و})$$

٢٩ـ الوزن بدلالة الكتلة والتعجيل

و = ك × جـ

٣٠ـ قانون الدفع الزمني

د = ق × ن

٣١ـ علاقة الدفع بكمية الحركة عندما تتغير القوة باستمرار

$$\int_{\text{ن١}}^{\text{ن٢}} \text{ق (ن٢ - ن١)} = \text{ك (س٢ - س١)}$$

٣٢ـ قوة الاحتكاك بدلالة المعامل والضغط (الوزن)

ق = U × و

٣٣ـ الشغل بدلالة القوة والازاحة

ش = ق × ز

٣٤ـ الشغل بالنسبة الى الاجسام الساقطة

ش = و × ع

٣٥ـ الشغل في حالة السطوح المائلة بزاوية

ش = ق × المسافة المقطوعة على السطح المائل × جتا الزاوية

٣٦ـ القدرة بدلالة الشغل

$$\text{قد} = \frac{\text{ق} \times \text{ز}}{\text{ن}}$$

٣٧ـ قد = ق × س

Scanned by CamScanner

٣٨- الطاقة الحركية

طح = $\frac{١}{٢}$ ك × س^{٢} .....

٣٩- الطاقة الكامنة

طك = و × ع .....

٤٠- كمية الحركة اثناء الاصطدام بين جسمين

ك١ س١ + ك٢ س٢ = ك١ س٣ + ك٢ س٤ .....

٤١- الضغط بدلالة القوة والمساحة

$$ض = \frac{ق}{مس} \quad .....$$

٤٢- تحديد مركز الثقل بواسطة لوح الثقل النوعي

$$م = \frac{(ق١ - ق١) س}{و} \quad .....$$

٤٣- عزم القصور الذاتي

عقص = ك × نق^{٢} .....

٤٤- الزخم الزاوي

خز = عقص × سز

٤٥- الطاقة الحركية اثناء الحركة الزاوية

طح = $\frac{١}{٢}$ ك (سز × نق)^{٢} .....

Scanned by CamScanner

دار الكتب للطباعة والنشر
جامعة الموصل

Scanned by CamScanner

التغلب على القصور الذاتي لجسم ساكن على ارض ملساء تختلف عنها عندما يكون الجسم نفسه على ارض خشنة. ان هذا الاختلاف متأت نتيجة لطبيعة الارض التي تتم عليها الحركة التي تتمثل بما يسمى قوة الاحتكاك (سنتطرق الى ذلك بالتفصيل في موضع اخر من الكتاب) ونتيجة لهذا الاختلاف فان القوة المبذولة لتحريك الجسم في الحالة الاولى اقل منها في الحالة الثانية، اي ان القوة العضلية للرياضي تتحدد على اساس القوى الخارجية.

لو أخذنا بنظر الاعتبار طبيعة اداء رامي القرص مثلا فهو يحاول استغلال امكاناته الذاتية على ضوء القوى الخارجية، فهو يحاول الحد من تأثير قوة الجاذبية الارضية التي تعمل على جذب المقذوف نحو الارض، فهو يعمل جاهداً على تحديد الزاوية التي ينطلق بها القرص نسبة الى ارتفاع النقطة التي ينطلق منها، وكذلك على سرعة انطلاق القرص. ان اشتراك جميع هذه العوامل في اداء الرياضي لحركة معينة سواء اكانت حركة جسمه بمفرده او مع الاداة يجعل من الاهمية دراسة طبيعة العوامل الميكانيكية التي تؤثر في الاداء ومدى الاستغلال الجيد للقوى الخارجية المحيطة. لو درسنا العلاقة بين القوى التي يصدرها الرياضي اثناء عملية القفز الى الاعلى ومايرتبط ذلك بالقوى المضادة التي تصدرها الارض كقوى رد فعل حيث يمكننا دراسة هذه العلاقة من جانبين الاول عندما يكون الدفع عموديا على الارض والثاني عندما يكون الدفع مائلا بزاوية مع مستوى سطح الارض.

من الشكل السابق نرى ان خط عمل وزن الجسم يتجه الى الاسفل، ان بقاء الجسم بهذا الوضع يتأثر بقوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، هما وزن الجسم الى الاسفل، ورد فعل الارض الى الاعلى.

عندما يبدأ الجسم بالنزول الى الاسفل تدريجيا فأن القوى التي تعمل بالاتجاه الاسفل هي وزن الجسم مضافا اليه القوة المستخدمة باتجاه الارض. وانطلاقا من قانون نيوتن الثاني الذي ينص على ان

ق = ك × جـ

∴ قوة رد فعل الارض = الوزن + الكتلة × التعجيل

ق = و + ك جـ ..... (٢٦)

Scanned by CamScanner

$$\text{ظا زاوية الميلان} = \frac{\text{س}^2}{\text{جـ} \times \text{نق}} \quad \ldots\ldots\ldots (٢٥)$$

مثال:

احسب مقدار الزاوية التي يميل بها عداء يركض بسرعة ٣٠ قدما / ثانية على ارض
فصر دائرة يسوي ٦٠ قدما ؟
بفرض الجاذبية (٣٢)

$$\text{ظل زاوية الميلان} = \frac{(٣٠)^2}{٣٢ \times ٦٠}$$

$$= \frac{٩٠}{١٩٢٠}$$

= ٠٫٤٦٨

نستنتج من هذا ان الزاوية التي يجب ان يميل بها الرياضي هي ٢٥ درجة تقريبا لان
ظل زاوية ٢٥ = ٠٫٤٦٦

أثر المتبادل بين القوى الخارجية والداخلية

ان كل حركة يقوم بها الرياضي من ركض او رمي او قفز لايمكن ان تحدث الا
قوى. عند محاولة رفع ثقل من الارض الى الاعلى فمحاولة الرياضي للتغلب على
المقاومة هو من خلال قواه الذاتية (العضلية)، والمقاومة الا عبارة عن قوة الجذب
لذلك الثقل، فنجد ان القوة التي يستخدمها الرباع لرفع ثقل وزنه ٣٠٠ نيوتن
القوة المستخدمة لرفع ثقل وزنه ٥٠٠ نيوتن، من ناحية اخرى ان محاولة

Scanned by CamScanner

استنادا الى ماتقدم نجد ان مقدار القوة الطاردة للجسم يتناسب تناسبا طرديا مع
... وسرعته وعكسيا مع نصف قطر الدائرة التي تتم حولها الحركة كما توضح
... الآتية:

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

$$\text{ق} = \frac{\text{ك} \times \text{س}^2}{\text{نق}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢٤)$$

حسب نصف قطر المنحنى الذي يدور حوله عداء كتلته ٨٠ كغم وسرعته ٨ م / ثا
... مقدار القوة الطاردة المؤثرة فيه ٥٠ نيوتن ؟

المعادلة رقم (٢٤)

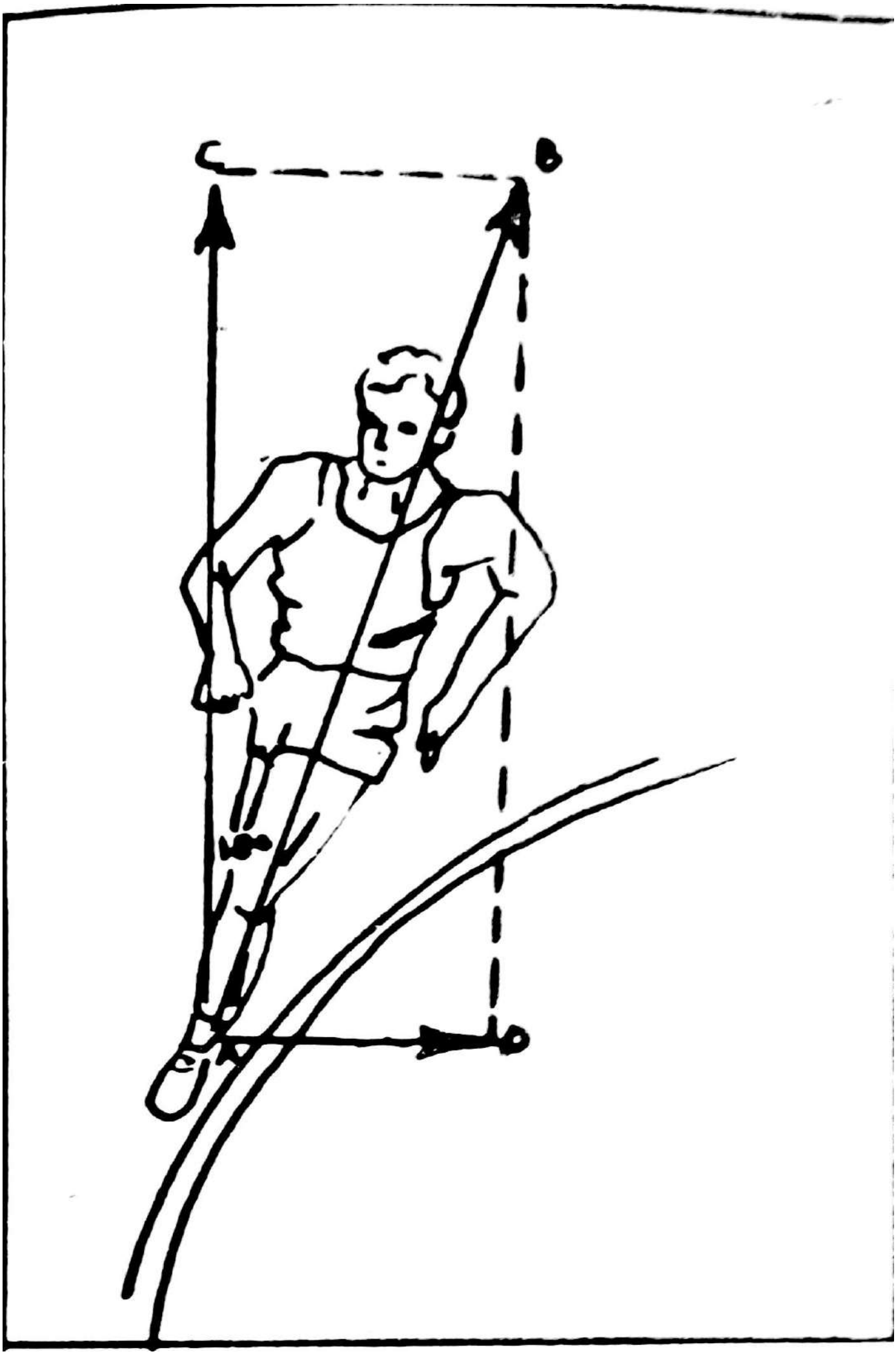
$$\text{نق} = \frac{٨٠ \times ٨}{٥٠}$$

= ١٢٫٨ م نصف قطر الدائرة

معرفة مقدار القوة الطاردة عن المركز ليس هو الاساس في دراستنا للعلوم
... بل الذي يجب معرفته هو مقدار درجة الميلان التي يجب على العداء او راكب
... الدراجة ان يحققها لاستمرارد بسرعته دون ان يفقد منها شيئاً، يتحقق ذلك من
... حساب ظل الزاوية التي يجب ان يميل بها وتكون معادلة ظل الزاوية كما يلي:

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

Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner

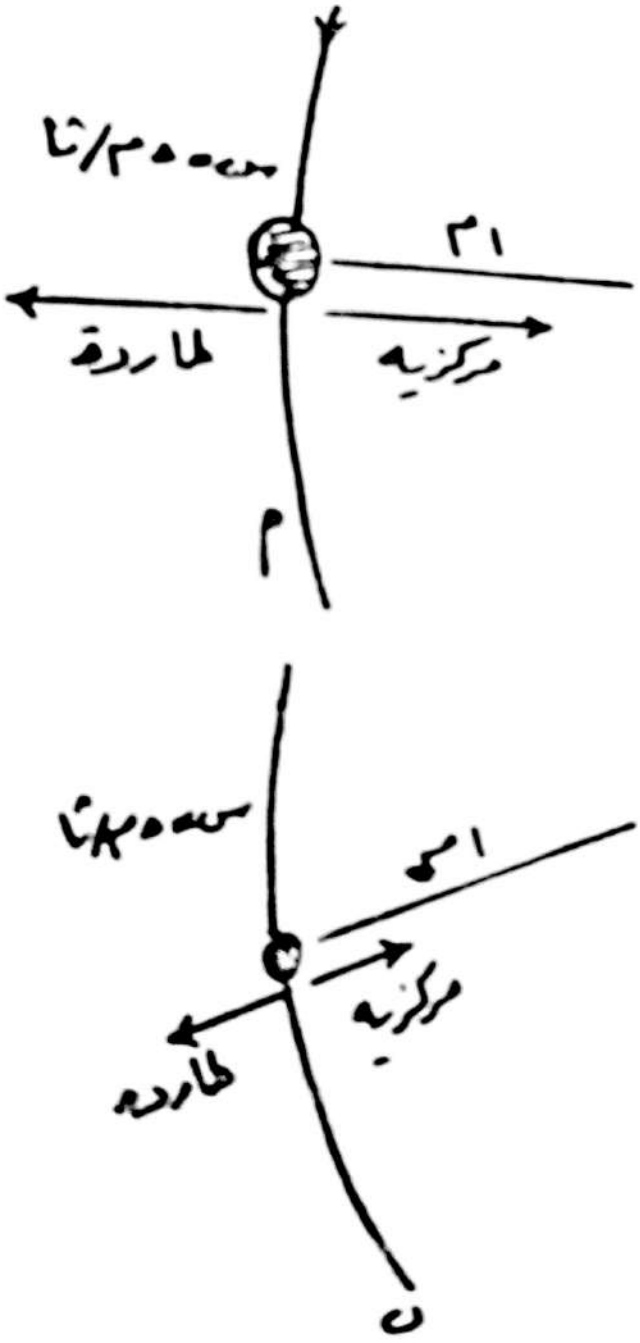
نجد في فعاليات اخرى عندما يقع الرياضي تحت تأثير القوة الطاردة اثناء دورانه حول محيط دائرة، وليس هناك من قوة تسحبه الى الداخل كما في رمي المطرقة والقرص. ان راكب الدراجة الهوائية عندما يدور حول منحنى فهول يحاول الحد من تأثير القوة الطاردة اما بتخفيف سرعته وهذا يؤثر في نتيجته في المنافسة او بتغيير ميكانيكية وضعه اثناء الدوران فيحاول الميلان الى الداخل وان مقدار ميلانه للداخل يزداد كلما ازدادت سرعته، الامر الذي حدا بالمعنيين على تصميم المنشآت الرياضية، فنلاحظ ان مضمار سباق الدراجات الهوائية يكون شديد الميلان عند المنحنيات وتتوقف درجة ميلان المنحنى على درجة نصف قطر الدائرة التي يكون المنحنى جزءاً منها. فعندما يكون المنحنى شديد التقوس (نصف قطر الدائرة قليل) تكون درجة ميلانه اكبر مما لو كان نصف قطر الدائرة كبيراً عندئذ تكون درجة الميلان اقل.

يمكننا تطبيق القول نفسه على العداء اثناء الركض على المنحنى فهو يحاول الحد من تأثير القوة الطاردة في جسمه بتغيير ميكانيكية الركض من خلال ميلانه الى الداخل، وقد نوضح بالتحليل الدقيق ان حركة الذراع الخارجية هي اوسع مدى من حركة الذراع الداخلية. فعند المقارنة بين ركض العداء على منحنى في ملاعب خارجية يكون محيطها ٤٠٠ م والملاعب الداخلية التي محيطها ٢٠٠ م نجد ان الحاجة تكون اشد الى ميلان اكبر وذلك لان شدة تقوس منحنى اللاعب الداخلية يكون اكبر من تقوس المنحنى في الملاعب الخارجية.

* تغيير ميكانيكية اي كفاءة حلول ميلانه للداخل.

لزيادة * الميلان يزداد وذلك للحد تأثير القوة الطاردة

Scanned by CamScanner



شكل (٢٩)

Scanned by CamScanner

حركة الدوران، فسيتحرك الجسم
الى الخارج، فلاستمراره في مساره الدا
القوة الطاردة (الطاردة) والقوى التي تحاول الحـ
القوى اللامركزية اي التي تسحب الجسم الى مركز
عليها القوة المركزية

شكل (٦٨)

ففي الشكل (٦٨) اثناء تدوير الرامي للمطرقة يظهر تـ
المطرقة، فالقوة الطاردة تؤثر بشكل يؤدي الى حركة المطرقة بـ
التي يصدرها الرامي هي باتجاه مركز دوران المطرقة. فلو توقف
الى الداخل لبقيت تحت تأثير القوة الطاردة واستمرت في حركـ
مايحدث اثناء لحظة الرمي الحقيقية للمطرقة. هناك علاقة بـ

Scanned by CamScanner

من المثلث أ د جـ القائم الزاوية في د يعد أ جـ هو وتر المثلث، أ د هو المجاور للزاوية جـ أ د، جـ د مقابلا للزاوية فيمكننا استخراج المركبتين الافقية والعمودية كما يلي:

$$\text{حا}٢٠ = \frac{\text{جـ د (المركبة العمودية)}}{\text{أ جـ (الوتر)}}$$

$$\frac{١}{٢} = \frac{\text{جـ د}}{٢٠}$$

جـ د = ١٠ نيوتن المركبة العمودية

$$\text{جتا}٢٠ = \frac{\text{ا د (المجاور)}}{\text{أ جـ (الوتر)}}$$

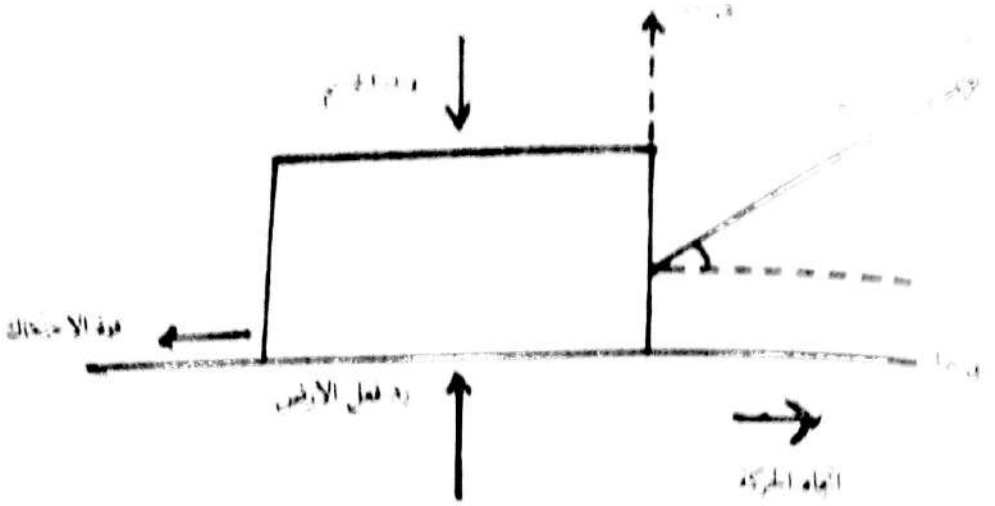
$$٠٫٩٦ = \frac{\text{أ د}}{٢٠}$$

∴ أ د = ١٧٫٢ نيوتن المركبة الافقية

القوى الطاردة والقوى المركزية Centrifugal and centripetal forces

ذكرنا في موضع سابق ان حدوث الحركة هو عبارة عن مزيج من تأثيرات قوى معينة في الجسم اثناء حركته فمنها مايؤثر بشكل ايجابي، وهنا يعمل الرياضي على تعزيز هذه القوي ورسم مسار حركته بما يتفق والطبيعة الايجابية لتلك القوى المؤثرة، ومنها مايؤثر سلبيا وهي القوى التي يحاول الرياضي ان يحد منها. فنجد ان القوى المؤثرة في حركة جسم اثناء الحركة المستقيمة تكاد تكون متوازنة مقارنة بتأثير القوى الخارجية فيه

Scanned by CamScanner

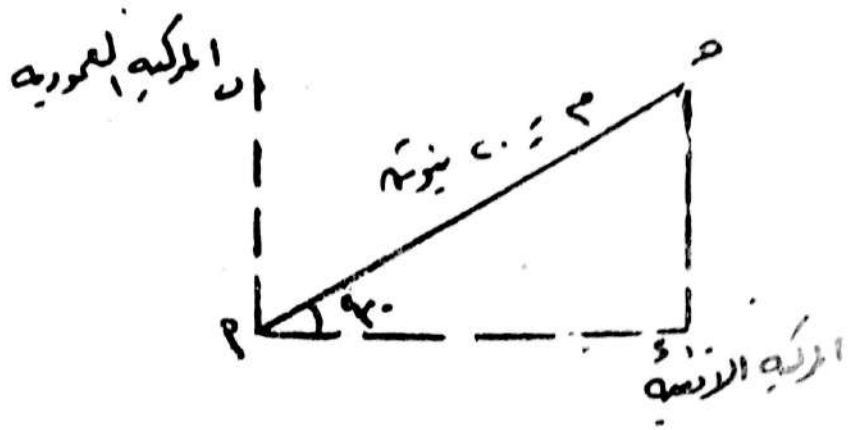


شكل (٦٦)

تحليل القوى Resolution of forces

ان عملية تحليل القوى هي عكس تركيبها او جمعها ففي هذه الحالة نعمل على تحليل القوى الى مركباتها الافقية والعمودية عندما تكون المحصلة المؤثرة في الجسم معلومة. لنأخذ المثال الاتي:

كانت محصلة القوى المؤثرة في ثقل ٢٠ نيوتن وكانت المحصلة تعمل زاوية ٣٠ درجة مع الخط الافقي احسب مركبات القوى الافقية والعمودية ؟

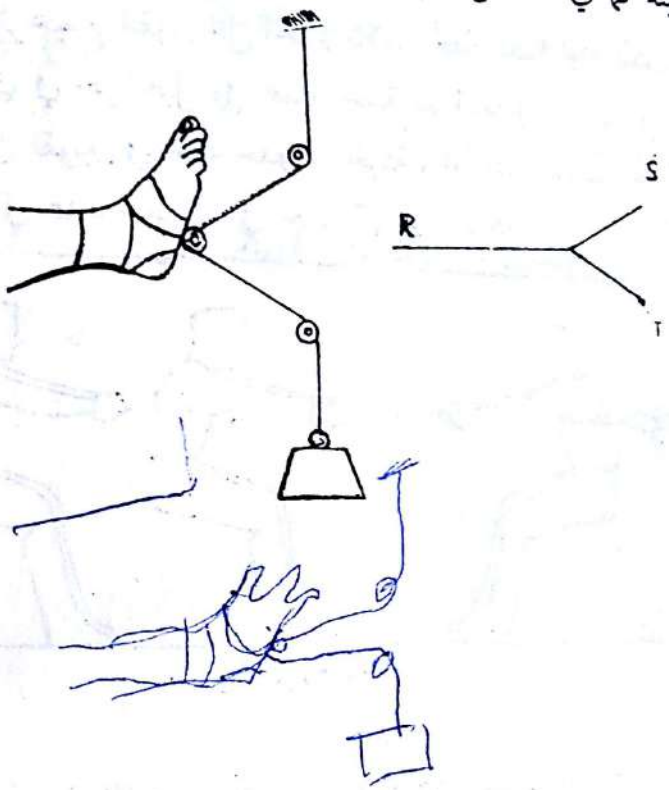


شكل (٦٧)

Scanned by CamScanner

٣- المتلاقية

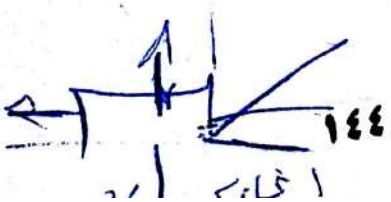
يحدث هذا النوع من تأثيرات القوى عندما يتأثر جسم بأكثر من قوة مختلفة الاتجاهات ولكنها تؤثر في ذلك الجسم بنقطة واحدة ، وغالباً ما يستخدم هذا النوع من تأثيرات القوى في تثبيت الأجسام حيث تعتمد مقادير تلك القوى وزوايا عملها على وضع الجسم المراد تثبيته كما في الشكل.



شكل (٦٥)

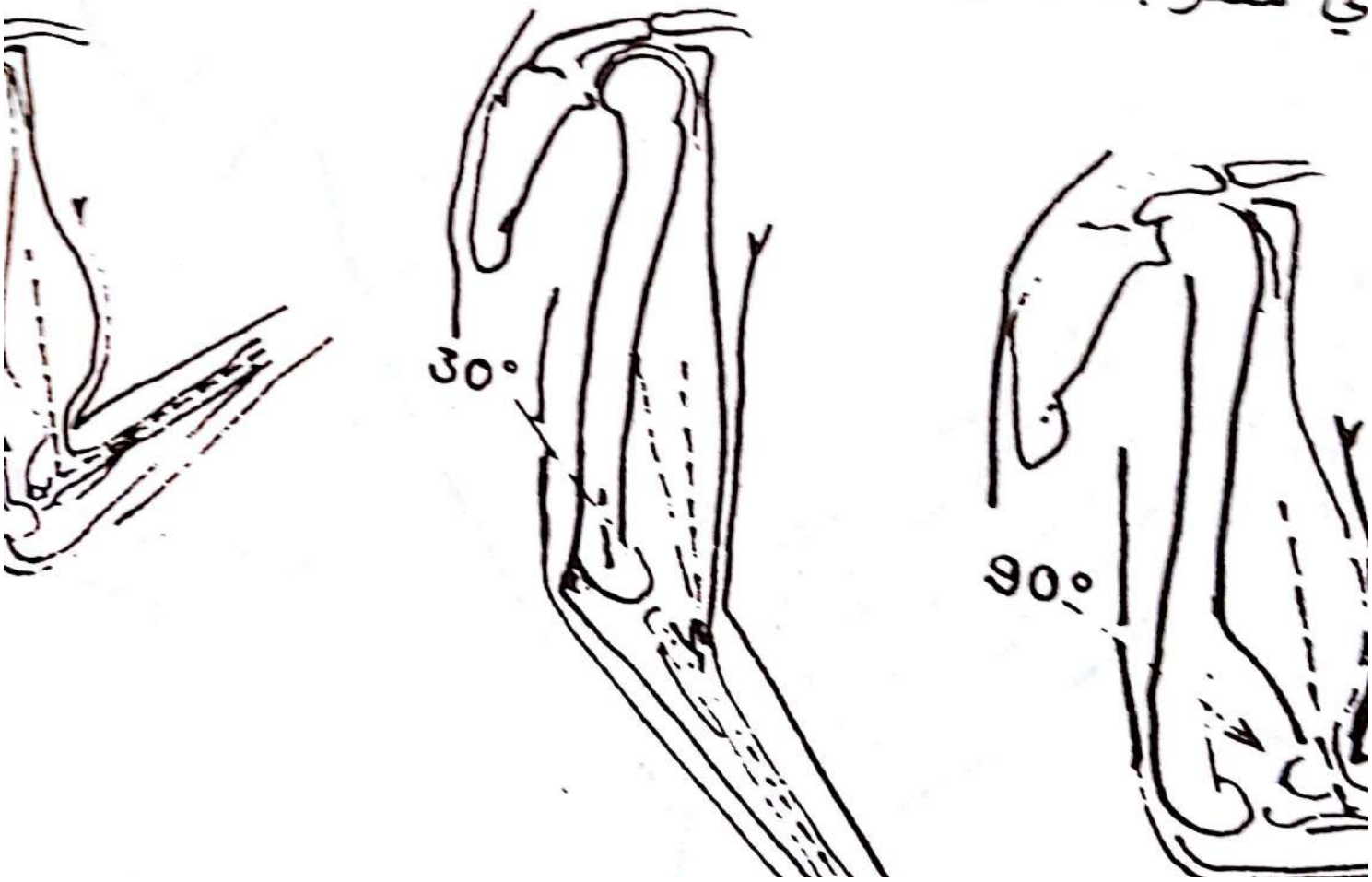
٤- العامة

تكون تأثيرات القوى في هذه الحالة بشكل مختلف تماماً عن الحالات السابقة حيث تختلف في مقاديرها واتجاهاتها فضلاً عن اختلاف نقاط تأثيرها في الجسم وكذلك اختلاف خطوط عملها وهذا ما يحدث في أغلب حركاتنا اليومية بشكل عام او في المجال الرياضي بشكل خاص كما في الشكل .

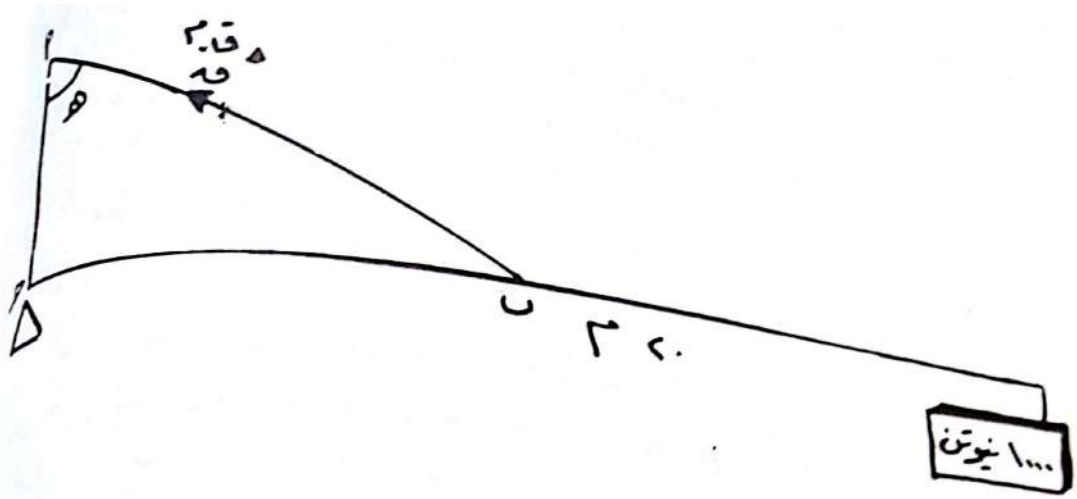


Scanned by CamScanner

ـمة وتقل قوتها عن ذلك اذا كان خط عملها يشكل زاوية حـ
ـ على سبيل المثال عمل العضلة ذات الرأسين العضدية التي تش
ـاعد عتلة من النوع الثالث (كما اشرنا قبل قليل) والتي تتحدد فا
ـعة الحركة نظرا لان ذراع المقاومة اطول من ذراع القوة والتي
ـسم الانسان، لو اخذنا عمل هذه العضلة في ثلاث حالات مختلفة
ـة الزاوية على القوة التي تنتجها العضلة، ففي الحالة (١) تكون
حادة بينما في الحالة (٢) تكون الزاوية قائمة اي (٩٠°) وفي الحالة (
ي منفرجة كما في الشكل.



Scanned by CamScanner



شكل (٣١)

اوجد مقدار القوة اللازمة لرفع ثقل وزنه ١٠٠٠ نيوتن يبعد عن محور الارتكاز مسافة ٢٠ قدماً علماً ان اتجاه القوة يشكل زاوية ٣٦°م وتبعد نقطة تأثيرها عن المحور مسافة ٥ أقدام مع العلم ان حا د ٣٦ = ٠٫٨ ؟

يجب في البداية ان نحسب مقدار المسافة العمودية بين نقطة تأثير القوة ومحور الارتكاز ويتم ذلك من خلال المثلث القائم الزاوية حيث ان

$$\text{حا } ٣٦ = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$$

$$٠٫٨ = \frac{\text{س}}{٥}$$

∴ س = ٠٫٨ × ٥ = ٤ قدم

عندئذ يمكننا تطبيق القانون الاتي:

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

س × ٤ = ١٠٠٠ × ٢٠

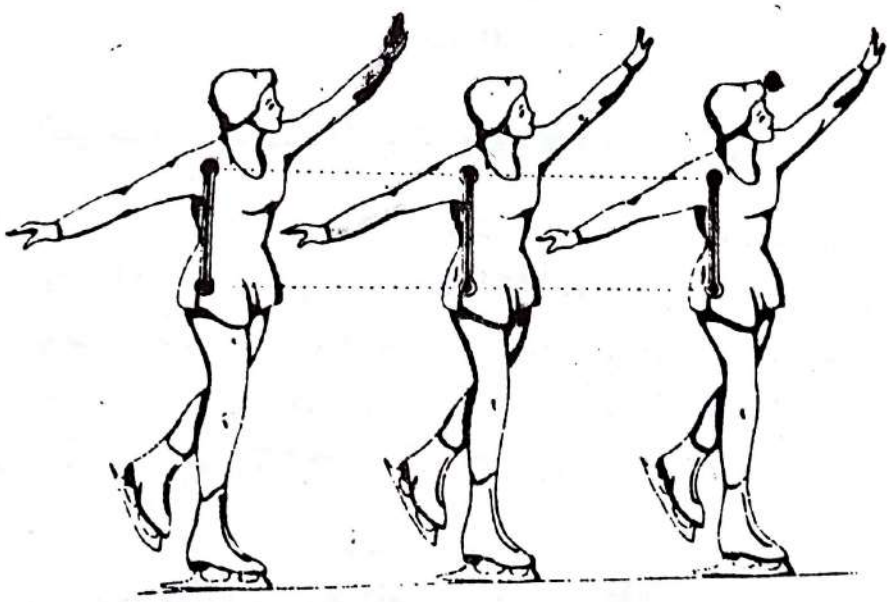
Scanned by CamScanner

٣- انواع الحركات:- Types of motions

ان الحركات التي يقوم بها الانسان تختلف من موقع لاخر ومن هدف لاخر ولدراسة هذا الجانب من الناحية الكينماتيكية اي وصف الحركات من حيث اشكالها الهندسية وكذلك من حيث توقيتها الزمني. لدراسة الحركة هندسيا يمكن تقسيمها الى ثلاثة انواع:

أ- الحركة الانتقالية (المستقيمة) Linear motion

يحدث هذا النوع من الحركة عندما ينتقل الجسم بكامل اجزائه من مكان لاخر بحيث ترسم الاجزاء المكونة لذلك الجسم مسارات متوازية مع بعضها في اي لحظة من لحظات حدوث الحركة وتقطع مسافات متساوية اثناء حدوثها، وقد تكون هذه المسارات متوازية مع بعضها بشكل افقي كما في حركة التزحلق على الجليد او بشكل منحني كما في الهبوط بالمظلات انظر الشكل (٣٤).



شكل (٣٤)

حركة انتقالية مستقيمة

Scanned by CamScanner

ان الارتباط الوثيق بين مراحل اجزاء الحركة وتأثير كل منها في الاسلوب العام للاداء يحتم على المعنى بدراسة الحركة ان يلم بعض الشيء باسلوب تحليل الحركة ودراستها من الناحية العلمية وهذا مايتم غالباً باسلوبين :

١- الاسلوب الاول (النوعي)

وفي هذا الاسلوب يعتمد المدرب او المدرس على توثيق الحركة (تسجيلها) بجهاز الفيديو تيب مثلاً ليتمكن بعد ذلك من عرضها ثانية للتعرف على نوعية الاداء بشكل عام وقد تتم الافادة من قبل اللاعب نفسه من عرض الاداء حيث تكون بمثابة تغذية راجعة للعمل على تصحيح بعض الاخطاء التي حدثت خلال الاداء السابق .

ان هذا الاسلوب يعتمده المدرسون والمدربون في تدريسهم وتدريبهم لما تتميز به هذه الطريقة من سرعة العرض بعد الاداء مباشرة فضلاً عن قلة تكاليفه وسهولة استعماله دون الحاجة الى امكانيات كبيرة . ان هذا الاسلوب من اساليب دراسة الحركة يكون قاصراً على معرفة الجانب النوعي للاداء اي الشكل الخارجي المميز له من حيث المسار العام او ملاحظة وضع الجذع او الذراعين على سبيل المثال دون التمكن من دراسة دقائق اجزاء الحركة والعوامل المؤثرة فيها مثال على ذلك الزاوية ينطلق بها اللاعب او سرعته اثناء الانطلاق وما الى ذلك من المتغيرات التي تؤثر تأثيراً كبيراً في الانجاز، لذا فان الاسلوب النوعي يعد اسلوباً قاصراً في دراسة الحركة لذلك استعاض الباحثون واتبعوا اسلوباً اكثر دقة وكفاءة الا وهو الاسلوب الكمي .

٢- الاسلوب الثاني (الكمي)

يهدف هذا الاسلوب الى دراسة الحركة من خلال تصويرها سينمائياً وبالتالي تحديد قيم المتغيرات المؤثرة في الحركة تحديداً كمياً التي من الصعوبة بمكان ان تحدد من خلال دراستها بالملاحظة الخارجية فمثلاً رامي الثقل عندما يرمي الثقل بسرعة ١٠ م/ثا وبارتفاع ١,٨ متر يجب ان تحدد الزاوية بمقدار معين ولكن عندما تختلف سرعة الرمي لاينبغي الابقاء على نفس الزاوية بل تتغير تبعاً لتغير المتغيرات الميكانيكية الاخرى لذلك فان توثيق الحركة سينمائياً يعد الطريقة الافضل لمعالجة المتغيرات التي يريد المدرب او اللاعب اجراؤها على الاداء ولتوضيح اهمية الاسلوب الكمي في بحوث التربية الرياضية نأخذ المثال الآتي موضحاً فيه الاجراءات التي يجب اتباعها :

١. ان مفردات عملية التحليل الحركي للحركات الرياضية تتحدد وفقاً لطبيعة الحركة المراد تحليلها .

Scanned by CamScanner