

الميكانيكا الحيوية و التكامل بين النظرية و التطبيق فى المجال الرياضى

دكتور

عادل عبد البصير على

أستاذ الميكانيكا الحيوية

ورئيس قسم علوم الرياضة

وعميد كلية التربية

مركز الكتاب للنشر



المقدمة

يعتبر علم الميكانيكا الحيوية فى مقدمة العلوم التى تهتم بدراسة وتحليل الأداء الحركى الإنسانى فى إطار العوامل المؤثرة على الأداء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة سواء كانت هذه العوامل عوامل بيولوجية أو فسيولوجية أو تشريعية أو عوامل اجتماعية، وبيئية ونفسية، أو عوامل تدريبية أو عوامل ميكانيكية، مستهدفا الوصول إلى أنسب الحلول الميكانيكية الحيوية للمشاكل الحركية المطروحة للبحث والدراسة، وتعميم المعلومات المكتسبة حول فن الأداء الأنسب لألوان الأنشطة الرياضية المختلفة كل على حده، ووضع ذلك فى صور أسس ثابتة للميكانيكا الحيوية، بما يخدم فن الأداء الرياضى الأنسب.

لذلك راعيت أن يتناول هذا الكتاب ماهية الميكانيكا الحيوية وتعريفاتها ومجالات البحث فيها، وأغراضها، والتطور التاريخى لها، المفاهيم الميكانيكية الحيوية، وكينماتيكا كلا الحركتين الخطية والدائرية، وكينماتيكا كل من الحركتين الانتقالية والدائرية، والاستاتيكا وخواص واستعدادات جسم الإنسان، وميكانيكا الموائع، ودراسة الحركة الرياضية، والأسس الميكانيكية الحركية، وتحليل تكنيك أداء بعض الأنشطة الرياضية.

ولقد كان الغرض الأساسى من تقديم هذا الكتاب هو أن يجد فيه الطالب المتخصص فى مجال الميكانيكا الحيوية والمدرس والمدرّب حاجته للاستزادة بأحدث المعلومات المرتبطة بفنية الأداء الحركى وأفضل الطرق والأساليب لدراسة أداء المهارات الحركية فى مختلف الأنشطة الرياضية فى إطار التكامل بين النظرية والتطبيق.

وادعو إلى الله سبحانه وتعالى أن أكون قد وفقت فى الإسهام والمشاركة بهذا الجهد المتواضع فى ملء فراغ ولو ضئيل مما تعانيه المكتبة العربية فى مجال الميكانيكا الحيوية.

أ.د. عادل عبد البصير على

عميد كلية التربية الرياضية
ببورفؤاد - بورسعيد

بورشعيد
مارس ١٩٩٠م

مقدمة الطبعة الثانية

هذه الطبعة الثانية لكتاب (الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق في المجال الرياضي)، أعدت لعدة أسباب: السبب الأول هو مضي سبع سنوات على استخدام هذا المرجع مما يتطلب إضافة بعض المعلومات الحديثة نتيجة للبحوث في مجال الميكانيكا الحيوية. السبب الثاني بعض المواد التي يحتويها هذا المؤلف منذ سبع سنوات تحتاج إلى طرق ووسائل إيضاح أكثر. السبب الثالث إقبال المتخصصين في مجال الميكانيكا الحيوية والتربية الرياضية والرياضة على الاطلاع على هذا المؤلف.

والله ولي التوفيق.

أ.د. عادل عبد البصير على

أستاذ الميكانيكا الحيوية وعميد كلية

التربية الرياضية ببورسعيد

١٩٩٨م

الفصل الأول الميكانيكا الحيوية

-
- ١ - ماهية الميكانيكا الحيوية وتعريفاتها .
 - ٢ - مجالات البحث في الميكانيكا الحيوية .
 - ٣ - أغراض الميكانيكا الحيوية .
 - ٤ - التطور التاريخي للميكانيكا الحيوية .
-

١- «هى الأسس الميكانيكية للنشاط العضلى البيولوجى ودراسة المبادئ والعلاقات المتواجدة (٦٢: ١٠٠ - ١٠٤).

٢- هى تطبيق القوانين الميكانيكية على الأجسام الحية وخاصة على الجهاز الحركى لجسم الإنسان (٣٢: ٢١٠ - ٢١٥).

٣- هى العلم الذى يدرس القوى الداخلية والخارجية المؤثرة على جسم الإنسان والآثار الناتجة عن هذه القوى (٤١: ٢ - ٦).

٢- مجالات البحث فى الميكانيكا الحيوية:

حدد فارتن فيلد (١٩٧٤) مجالات الميكانيكا الحيوية فيما يلى:

التربية الرياضية.

الأطراف الصناعية.

الصناعة والإنتاج.

ويعتبر مجال الرياضة والتربية الرياضية هو المجال الحيوى بالنسبة لدراستنا الحالية. حيث يهدف ذلك المجال إلى:

اشتراك الميكانيكا والتشريح والبيولوجى والفسيولوجى جنباً إلى جنب لدراسة الحركة البشرية فى المجال الرياضى، خصوصاً وأن حركات الجسم البشرى معقدة إلى حد كبير ويتطلب دراستها التعمق العملى من أجل البحث فى أسرارها، ويستطيع المساهمة فى ذلك مختلف العلوم سائلة الذكر حيث يتناولها كل علم من زاويته للحصول على معلومات متكاملة للمهارات الحركية المختلفة فى مجال الأنشطة الرياضية.

ومن هذا المنطلق كان على الميكانيكا أن تفسر لنا كيفية تواجد القوة العضلية، وكيفية تأثيرها ميكانيكياً.

وعليه فإننا نقوم بدراسة الحركة ومدى تأثير مختلف القوى عليها، والشروط والظروف المحيطة بالأداء الحركى.

ويمكن القول إن المجال الرئيسى للميكانيكا الحيوية هو البحث فى القواعد

الفصل الأول

الميكانيكا الحيوية

١ - ماهية الميكانيكا الحيوية وتعريفاتها ؟

أطلق مصطلح «الميكانيكا الحيوية» على المادة كتعريف للمصطلح اليوناني *biomechanics*، ويتكون هذا المصطلح من كلمتين يونانيتين هما "bio" ومعناها الحياة و *mechanics* ومعناها علم الميكانيكا، وقد تطور هذا الاسم بمراحل عديدة سارت جنباً إلى جنب ملازمة لتطور المادة نفسها.

وقد كان الاسم الشائع عندما بدأت مهارات الأنشطة الرياضية تخضع للتحليل الحركي من زاوية الميكانيكا البحتة هو «التحليل الميكانيكي» *Mechanical Analysis*، وعندما تطورت المعالجة العلمية للتحليل الحركي لحركة جسم الإنسان أطلق على المادة مصطلح «علم الحركة» *Science of Movement. Kinesiology* وكان مصطلح علم الحركة يستعمل لوصف المحتوى العلمي المتعلق بتكوين ووظيفة الجهاز العضلي - العظمي لجسم الإنسان، وانتشرت بعد ذلك دراسة وتطبيق الأسس الميكانيكية على حركة الإنسان ضمن نطاق علم الحركة.

وأصبح أخيراً مصطلح يطلق على أى دراسة لأى علم يتعلق بحركة جسم الانسان، حتى أن كثيراً من جامعات الولايات المتحدة الأمريكية وخاصة بولاية كاليفورنيا أطلقت مصطلح «علم الحركة» على «التربية الرياضية».

لذا بدأ التفكير فى اختيار مصطلح جديد يطلق على العلم الجديد ويعبر عن أهدافه واختصاصاته ومحتواه، واقتُرحت أسماء عديدة مثل: *Anthropomechanics*, *Anthropokinetics*, *Biokinetics*, *Homokinetics*, *Kinanthropology*.

إلا أن مصطلح «الميكانيكا الحيوية» لاقى تأييداً كبيراً ليصبح الاسم الجديد لهذه المادة.

ومن ثم ظهرت تعريفات كثيرة لاصطلاح «الميكانيكا الحيوية» نذكر منها ما يلى:

١- وضع البحوث الخاصة بالأداء الرياضى الأنسب، ومعنى ذلك إيجاد أنسب الحلول الميكانيكية الحيوية لتحقيق هدف الحركة الرياضية.

٢- تعميم المعلومات المكتسبة عن التكنيك الأنسب لأنواع الرياضات المتعددة ووضعها فى صورة أسس ثابتة للميكانيكا الحيوية بما يؤدى إلى خدمة التكنيك الرياضى الأنسب.

٣- إيجاد طرق سهلة لبحث الحركة الرياضية (الاختبارات الرياضية لتساعد المدرس والمدرّب فى تحديد الأخطاء واكتشافها موضوعيا أثناء الحركة الرياضية).

٥- الاستناد على استخدام أسس الميكانيكا الحيوية فى التدريبات الخاصة الهادفة الى القدرات البدنية والنفسية المطلوبة مثل (القوة، السرعة، رشاقة الجسم، القدرة على رد الفعل وسرعته). (١٧ : ٢٣ - ٣٩)

٤- التطور التاريخى للميكانيكا الحيوية:

فى عام (٣٢٣ - ٢٨٤ ق.م) كان أرسطو أول من أشار إلى هذا العلم فى مؤلفاته حيث تناول مركز الثقل وقوانين الروافع وأثرها على حركة الاجسام وشرح أثر حركة الذراعين على سرعة العدو. كما وصف حركة المشى.

وفى عام (٢٠١ - ١٣١ ق.م) برهن جالان العالم والطبيب المعروف على أن الدفع الحركى ينتقل من المخ إلى العضلات عن طريق الأعصاب حيث يؤثر فى العضلات التى تنقبض بدورها وتسبب حدوث الحركة، وساهم جالان فى تطوير علم التشريح.

حيث بدأه على القردة والكلاب والأغنام والفيلة، وكانت أبحاثه قاصرة على الحيوانات، لأنه لم يكن بالإمكان تشريح جثث الإنسان.

وفى عام (١٤٥٢ - ١٥١٩ م) جاء العالم والفنان والهندسى الإيطالى ليونارد دافنشى، الذى درس الطبيعة والتشريح وكان مولعا بدراسة حركة الإنسان فقام بدراسة تكوين جسم الإنسان على الجثث البشرية، وأعلن أن جسم الإنسان خاضع لقوانين الميكانيكا. وكان ذلك يعد عملا عظيما فى ذلك الوقت كما وضع وصفا ميكانيكيا لجسم الانسان فى عدة نماذج.

والشروط والأصول الفنية لمختلف المهارات الحركية فى التربية الرياضية بطريقة موضوعية ملموسة.

وليس من شك أن الدراسة الموضوعية للمهارة الحركية تساهم فى إيجاد الأسس والقواعد والشروط المناسبة لأفضل وأنسب وأعلى أداء مهارى ممكن.

التكنيك الأنسب فى حدود القدرات البشرية:

كذلك تعمل دراسة الميكانيكا على توسيع قاعدة المعلومات النظرية حول مختلف ألوان الأنشطة الرياضية من أجل القدرة على الابتكار فى المجال الرياضى، وتحقيق أقصى إنجاز حركى ممكن.

والمشاهد للدورات الأولمبية وبطولات العالم يلمس ذلك عن قرب.

وتلعب الميكانيكا الحيوية دورا هاما فى مجال التعلم المهارى للمبتدئ فى المدرسة، وكذلك للمتقدم على المستوى المهارى العالى فى الأداء بالنسبة لمجال التدريب.

وتساهم الميكانيكا أيضا فى ميدان العلاج الطبيعى والتمرينات العلاجية للمعاقين حركيا وأيضا فى مجال تركيب الأطراف الصناعية للمعاقين حركيا، وأيضا فى مجال تركيب الأطراف الصناعية للجسم البشرى للقدرة على الحركة العادية. وذلك من خلال قياس مقادير الزوايا والمدى الحركى للمفاصل البشرية، وتصنيع أطراف مشابهة لها ولها نفس القواعد الفنية.

٣- أغراض الميكانيكا الحيوية:

يقول دنسكوى «إن التمارين البدنية هى الوسيلة الرئيسية الوحيدة لتحليل أغراض الثقافة البدنية، ولا يمكن ممارستها ممارسة سليمة إلا إذا كانت قد بحثت من جميع الوجوه».

ويتطلب التمرين البدنى أساسا من علم الميكانيكا الحيوية إيجاد التكنيك الرياضى وتعليمه سواء فى التدريب أو فى درس التربية الرياضية. وانطلاقا من هذا المفهوم تحددت أغراض الميكانيكا الحيوية بالآتى:

ولقد اضطر ليونارد دافنشى أن يحيط أعماله بسياج من السرية خوفا من بطش الكنيسة ولذلك لم تنشر أبحاثه إلا بعد مائة عام - عندما قام عالم آخر بنفس الأبحاث والاكتشافات (٣١٤:٤).

وفى عام (١٩٧٩) وضع العالم الإيطالى الفوتوبوريللى أول كتاب فى الميكانيكا الحيوية وأطلق عليه اسم «من حركات الحيوانات» لقد جاهر فيه بأبحاثه عن تحديد مواقع مركز ثقل جسم الإنسان التى اعتمد فيها على تطبيق قانون الروافع - كما كانت تدور أبحاثه حول الحركة الانتقالية للإنسان والحيوان، وتبويبها من حيث علاقتها بالظروف المحيطة بها (الدفع من الأرض، والدفع من وسط آخر مثل الماء، والدفع من الأداة مثل السلم).

كما ساهم بوريللى فى تطوير حركة الإنسان واهتم بتطبيق المعادلات الرياضية فى حل مشاكل الحركة وأوضح أن العضلات تعمل - إلى حد ما - وفقا لمعادلات وقوانين ميكانيكية وطبيعية. ويعتبر أول من وضع تدريبات للعلاج الطبيعى على أساس ميكانيكى.

وفى عام (١٦٤٢م - ١٧٢٧م) كان اسحاق نيوتن علامة بارزة من علامات تطوير علم الميكانيكا والحركة، بوضعه لقوانين الميكانيكية الأساسية التى تعتبر أعمدة علم الميكانيكا الحيوية الآن.

وفى عصر النهضة الصناعية عام (١٨٣٦م) ازدهرت العلوم الطبيعية وزادت الرغبة فى بحث حركة الأجسام الحية حتى نشر العالمان الفسيولوجيان ي.ب فيبر. من نتائج أبحاثهما عن الحركة الانتقالية للإنسان وعن حركة المشى، ووضع بعض النظريات عن حركة المشى حيث وضعوا سلسلة موضوعية من التحليل الحركى.

وفى عام (١٨٧٧م) جاء اختراع التصوير الذى دفع بأبحاث الحركة خطوات إلى الأمام، وبدأ استخدامه بأخذ لقطات خاطفة للحركات. ثم تلى ذلك ما قام به المصور الأمريكى هاى بريدج من عمل سلسلة صور للحركة حيث أقام ٢٤ آلة تصوير بجانب بعضها لتصوير حصانا وراكبة بطريقة أوتوماتيكية أثناء ركضه ركضة كاملة.

وبدأوا فى تصوير حركة الجرى بعد ذلك عندما تقدم وتطور التصوير السينمائى حيث تم تصوير الإنسان بعد وضع ستارة خلفية سوداء، وألبسوه ملابس بيضاء، ثم بدلة سوداء بها شرائط لامعة بيضاء ليتمكن تحديد محاور الجسم بها.

واستبدلت الشرائط بعد ذلك بنقاط مضيئة عند نهاية المحاور بعد ذلك تمكنوا من تحديد المسارات الحركية للحركة الرياضية تم دراستها بطريقة موضوعية حيث أمكن بعد ذلك قياس الزمن مع التصوير السينمائى.

جاء العالمان الألمانيان فيشر وبراون وبحثا فى نسبة كتل أجزاء الجسم المختلفة وتحديد مركز ثقل كل منها. حساب العجلة والسرعة مع مراعاة اختلاف كتل أجزاء الجسم.

وفى عام (١٩٠٩م) أدخل لجافت طريقة بحث جديدة مرتبطة بالتشريح والميكانيكا الحيوية، وكان أول من وضع الأساس التشريحي الفسيولوجى للإجابة على استفسارات التربية البدنية ولقد بحث فى العلاقة بين شكل الجسم ووظيفته وعلاقته بالبيئة المحيطة.

وفى عام (١٩٣٩م) لعب كتاب الميكانيكا الحيوية للتمرينات البدنية الذى ألفه كوتوتيكوفا - وهو أستاذ الميكانيكا الحيوية بمعهد ليننجراد للثقافة البدنية دورا كبيرا من إعداد الرياضيين حيث ظهرت العديد من الكتب بعد ذلك.

وبارتفاع المستوى العلمى وتطور السينما تم التوصل إلى معلومات جديدة فى مجال أبحاث الميكانيكا الحيوية، وكذلك قام أبلاكوف - بتطوير مجموعة خاصة من أجهزة تسجيل القوى لاستخدامها فى قياس القوى فى المجال الرياضى.

وتطورت المادة، وزاد نشاط العلماء فى البحث فى الميكانيكا الحيوية فى المجال الرياضى حتى تم اكتشاف الأسس العامة للميكانيكا الحيوية فى المجال الرياضى، وأمكن استخدامها لخدمة الحركة الرياضية.

الفصل الثانى

مفاهيم الميكانيكا الحيوية

-
- ١ - الحركة .
 - ٢ - خصائص الحركة الرياضية .
 - ٣ - الحركة النسبية .
 - ٤ - أنواع الحركة .
-

الفصل الثانى

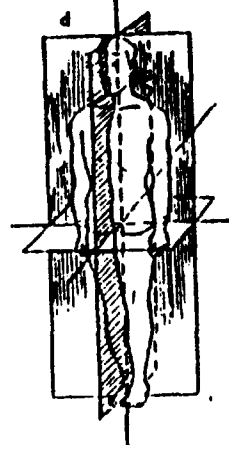
مفاهيم الميكانيكا الحيوية

تخضع الحركات التى يقوم بها الإنسان أثناء التدريبات الرياضية مثلها فى ذلك كمثل باقى الأجسام الصلبة للقانون العام الذى يشير إلى أن كتلة الجسم لا تتحرك من سكونها أو تغير حركتها إلا إذا وقعت تحت تأثير قوة ما . وتنشأ مثل تلك القوة المؤثرة عن التبادل الذى يتم بين القوة العضلية للاعب، وبين القوى الخارجية للبيئة المحيطة به، ويكون ذلك متمثلاً فى معظم الحالات فى الصراع ضد قوة الجاذبية الأرضية، وقد تكون القوة للاعب أكبر أو أقل من القوى الخارجية التى تواجهها.

ففى حالة تمكن القوة العضلية للاعب من التغلب على القوى الخارجية أى عندما يتمكن جسم اللاعب من أداء حركة ما، فإننا يمكننا القول إن هذه الحركة ذاتية - مثل الوثب لأعلى - وفى الحالة الأخرى أى عندما لا تتمكن القوة العضلية من التغلب على القوى الخارجية وتزبل أثرها، فإن الأمر يكون متعلقاً بما يطلق عليه الحركة غير الذاتية - مثل الانزلاق على الجليد فى اتجاه الهبوط - إلا أن الارتباط بين تأثير القوة والحركة من الأمور التى لاتضعها الكينماتيكا فى الاعتبار، فإن علم الكينماتيكا لايهتم إلا بتوضيح ووصف أنواع الحركات المختلفة، وذلك باستخدام المتغيرات الخاصة بالسرعة والعجلة التى وضعت على أساس من قياسات المسافة والزمن، وعلى العكس من ذلك، فإننا نرى أن علم الديناميكا يبحث عن الارتباط الفرضى بين تأثير القوة والانواع المختلفة من الحركات كما يحدث فى الشروط التى يمكن أن تنشأ تأثيرات القوة فى ظروفها، وتعد المعرفة بالكينماتيكا شرطاً أساسياً يجب توفره لفهم الديناميكا.

- ١- تقسيم الحركات وفقاً للأسس الفسيولوجية .
- ٢- تقسيم الحركات وفقاً للأسس المرتبطة بمراحل الحركة .
- ٣- تقسيم الحركات وفقاً للأسس الميكانيكية .

شكل (٢)
محاور الجسم
والمستويات الفراغية



أولاً: التقسيم وفقاً للأسس الفسيولوجية

يرتبط هذا التقسيم بالوظائف الخاصة بالحركات في جسم الإنسان حيث تعتمد حركة جسم الإنسان على الانقباض العضلي الذي ينتج قوة محركة ويحتوي تركيب جسم الإنسان على تقسيم فسيولوجي على النحو التالي:

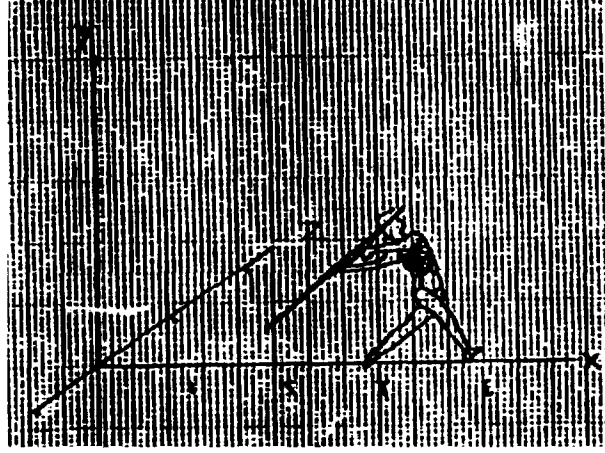
(١) الحركات الإرادية :

وهي تلك الأنواع من الحركات التي يقوم بها الإنسان وفقاً لإرادته الشخصية، كما أنه من الممكن التحكم في هذه الحركات ومن أمثلة هذا النوع مختلف أنواع المهارات الحركية في مجال النشاط الرياضي الفردي أو الجماعي أو المنازعات .

(٢) الحركات اللاإرادية:

وهي التي يقوم بها الفرد نتيجة لمؤثرات لاتخضع للإرادة مثل حركات المعدة والأمعاء في عملية الهضم والامتصاص والقلب والأجهزة الرئوية الداخلية بجسم الإنسان . وهناك اختلافات في السرعة والانقباضات العضلية بين العضلات الإرادية وغير الإرادية .

وينسب موضع الجسم إلى هذا الهيكل .
وتبدو هذه المحاور الثلاثة المتعامدة على بعضها البعض كأنسب محاور للحركات الرياضية شكل (١) .



شكل (١) هيكل الرصد

محاور الرصد :

١- المحور الأفقى أو المحور السينى :

ويكون فى اتجاه الحركة الرئيسى موازى لسطح الأرض .

٢- المحور السهمى :

ويكون مواز لسطح الأرض ولكن عمودى على المحور الأفقى أى مقاطع للاتجاه الرئيسى للحركة .

٣- المحور الرأسى أو المحور الطولى :

ويكون مار من الرأس للقدمين وعمودى على سطح الأرض .

٤- أنواع الحركة :

هناك عدة أنواع من الحركات وكذا عدة تقسيمات ولكن كل تقسيم يرتبط بزاوية من الرؤية خاصة به .

ويمكن تقسيم الحركات وفقا لعدة أسس على النحو التالى :

الحركات المتكررة :

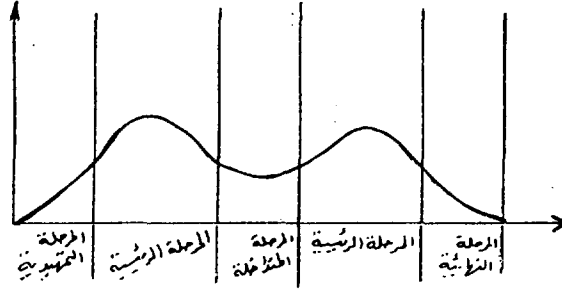
وهى تلك الحركات التى تكرر نفسها بنفس الأسلوب ، وقد تسعى الحركات ثنائية المراحل حيث أنها تبدو من الشكل الخارجى لها ولو كانت حركات ذات مرحلتين .

وتتكون الحركات المتكررة من مرحلتين:

١- **مرحلة الأساسية:** وهى التى يتم فيها إنجاز الهدف الحركى الأساسى كما فى الحركات الوحيدة .

المرحلة المزدوجة : وقد تسمى المرحلة الختامية والتحضيرية بمعنى أن تكون نهاية الحركة الختامية للمهارة الأولى وهو الجزء التحضيرى للمهارة الثانية .

كما يلاحظ أن هذه المرحلة متداخلة فى بعضها وهى التى تقوم بربط بداية الحركة مع نهايتها، ويبدو ذلك واضحاً فى السباحة . . التجديف . . المشى . . الجرى . . الدراجات ، كما فى شكل (٤) .



شكل (٤) المنحنى البياني للحركة المتكررة

الحركات المركبة :

وهى تلك الحركات التى تجمع ما بين عدة حركات من نوع الحركات الوحيدة والحركات المتكررة . وقد تسمى بالجملة الحركية كما فى الحركات الأرضية فى الجمباز والحركات المركبة وتؤدى من حركتين فأكثر وهنا يحدث أحيانا اختزال للجزء النهائى للمهارة الأولى ، ويدخل ويحل محله الجزء الابتدائى للمهارة الثانية .

ثانياً: تقسيم الحركات وفقاً للأسس المرتبطة بمراحل الحركة:

وتشير معظم المراجع التي تتناول دراسة تقسيم الحركة إلى أنه يمكن تقسيم الحركة وفقاً للأسس المرتبطة بمراحل أداؤها إلى مايلي:

الحركة الوحيدة :

وهي التي تؤدي لمرة واحدة فقط، كما أنها تعتبر حركة متكاملة ولها هدف واضح ولها بداية وأساس ونهاية، ويتميز هذا النوع بأن له ثلاثة مراحل يمكن مشاهدتهم بوضوح وهم:

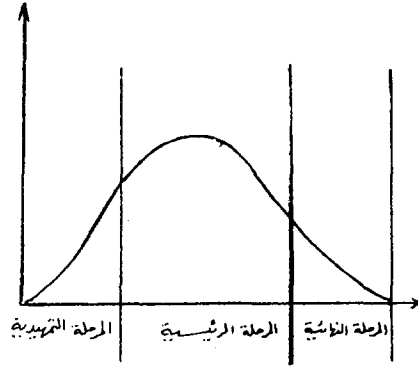
(١) الجزء التمهيدي .

(٢) الجزء الأساسي .

(٣) الجزء النهائي .

وهناك العديد من الأمثلة على هذا النوع .

كحركات الجمباز على جميع الأجهزة، وكذلك حركات الغطس، دفع الجلة ورمي الرمح وتطويح المطرقة والوثب العالي والطويل والثلاثي والقفز بالزانة في ألعاب القوى والتصويب على المرمى في كرة القدم وكرة اليد وكرة السلة الخ .



شكل (٣) المنحنى البياني للحركة الوحيدة

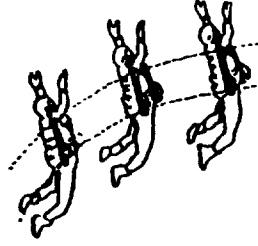
الحركة المستقيمة :

وقد تسمى أيضا الحركة الخطية ويعنى ذلك أن الجسم يتحرك كله بحيث أن كل جزء من أجزائه يتحرك نفس المسافة فى نفس الاتجاه وب نفس السرعة، كما فى الانزلاق على الماء أو الجليد، أى تنتقل جميع نقاط الجسم انتقالا متساويا ومتوازيا، ويظل أى خط فى الجسم تبعا لذلك موازيا لما يقابله طول فترة الأداء.

ب- الحركة الانتقالية المنحنية :

وهى الحركة التى تتم فى خط منحنى أثناء انتقال الجسم، وهى تختلف عن الحركة الدائرية فى أن الحركة الدائرية يكون محور دورانها داخل أو خارج الجسم، أما الحركة المنحنية الانتقالية فيكون محور دورانها خارج الجسم.

كما تعرف الحركة الانتقالية المنحنية بأنها حركة انتقالية لا تتم فى خط مستقيم ولكن تتحرك فى مسار منحنى، ويتضح ذلك فى حركة رجل المظلات بالنسبة للجدع، حيث تأخذ حركة الجذع خطوط منحنية بدلا من أن تكون مستقيمة.



شكل (٧) الحركة المنحنية (لرجل المظلات)

ج- الحركات الدائرية أو الزاوية :

وهذا النوع من الحركات وارد بكثرة فى مجال الأنشطة الرياضية، وفيه ترسم أى نقطة من الجسم قوس أو دائرة حول محور دوران قد يكون داخل الجسم أو خارج الجسم ويسمى محور الدوران ثابت فى حالة لو كان الجسم فى وضع دائرى واحد كما فى المرجحة على العقلة أو المتوازيين.

ثالثاً: تقسيم الحركات وفقاً للأسس الميكانيكية

يمكن تقسيم الحركات وفقاً للأسس الميكانيكية على النحو التالي:

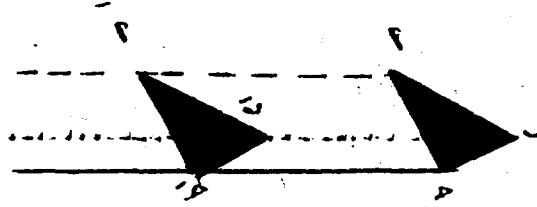
* التقسيم من حيث المسار الزمني:

أ - حركة منتظمة : وهي تلك الحركات التي تسير بسرعة ثابتة أو التي يقطع فيها الجسم وحدات مسافية متساوية في وحدات زمنية متساوية، حيث يقطع الجسم مثلاً ٢ متر في الثانية وبصفة مستمرة. وهذا النوع غير وارد في الأنشطة الرياضية.

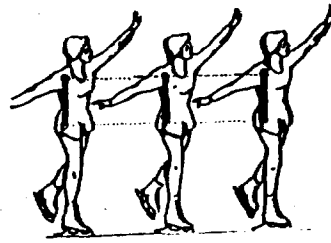
ب - حركات غير منتظمة : وفيها يقطع الجسم مسافات غير متساوية في وحدات زمنية متساوية وهذا اللون منتشر في الأنشطة الرياضية حيث تتغير سرعة الحركة بالزيادة أو النقصان فيقطع الجسم مسافات غير متساوية في وحدات زمنية متساوية.

* التقسيم وفقاً للمسار الهندسي للحركة:

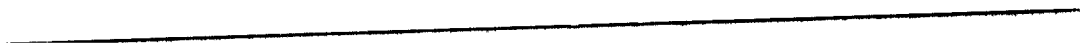
أ - الحركات الانتقالية: وفي هذا النوع من الحركات تقطع نقاط الجسم خطوطاً متوازية مع بعضها، ويمكن تقسيم الحركة الانتقالية إلى نوعين:



شكل (٥) الحركة في خط مستقيم



شكل (٦) الانزلاق على الجليد

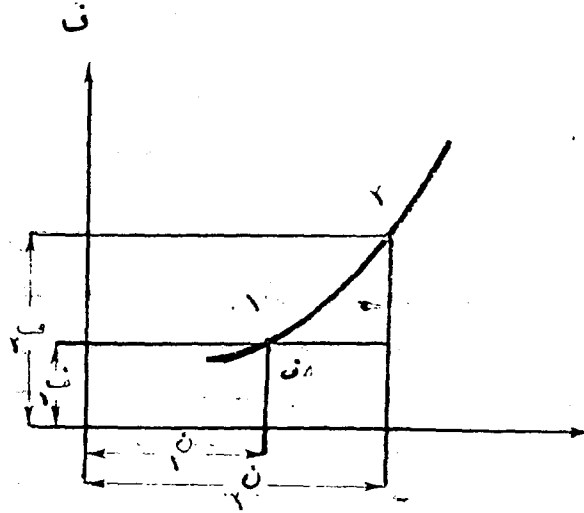


أما في حالة أداء تلك الحركات التي تتطلب تحريك مختلف أجزاء الجسم حول محاور وهمية فلا تكون أبعاد الجسم ثابتة مثل حركات رمي الرمح تطويح المطرقة ودفع الجلة. وقد تتم الحركة حول محور داخلي للجسم كما في رفع الرجل أو الذراع لأعلى. وهناك من المحاور الحقيقية المحاور التي تؤدي عليها مختلف ألوان المهارات الحركية الرياضية.

والسواد الأعظم من الحركات التي يؤديها جسم الإنسان تعتبر حركات دائرية فيما عدا حركة الجذع، حيث تعتبر حركة مستقيمة منحنية وخصوصا في مجال النشاط الرياضي، فحركة الذراع أماما وخلفا تعتبر حركة دائرية أو في أقواس. وكذلك حركة مفصلي الفخذين في المشي، أو في الجري أو في مرجحه الرجل أماما وخلفا.

د- الحركة العامة :

۲۷



شكل (١٠) منحني سير المسافة مع الزمن

٢- الكميات القياسية والموجهة : Vectors and Scalars

السرعة - السرعة المتجهة Speed - Velocity

اعتدنا أن نقول إن السرعة، والسرعة المتجهة لهما نفس المعنى وهو المعدل الذي تقطع به مسافة معينة وتقاس غالبا بالقدم/ ثانية. أو كيلو متر/ ساعة. الخ، ولكن يجب أن نعرف أن هناك فرقا بينهما ميكانيكيا حيث أن السرعة ماهي إلا المسافة المقطوعة من الجسم في وحدة الزمن خلال الطريق الذي يسلكه بدون مراعاة الانتظام فيه أي هي مقدار السرعة فقط.

في حين أن السرعة المتجهة هي المعدل الذي يغير فيه الجسم وضعه في اتجاه معين، وعلى سبيل المثال فإن الإجراءات التي يتخذها لاعب الماراثون تعتمد على السرعة التي يقطع بها مناطق معينة من الجرى وهذا الحكم على مقدار السرعة وليس على الاتجاه الذي يتخذه العداء، وخلال الجرى فإن العداء سيجرى بسرعات مختلفة وفي اتجاهات متعددة. وفي كل لحظة سيكون له سرعة ما، وعليه فإن هذا اللاعب دائما له سرعة لحظية وهي السرعة لحظة القياس وهي بالطبع تتغير مع معدل حركته واتجاهه. إذن السرعة اللحظية تعتمد على قيمة واتجاه الحركة أي أن السرعة اللحظية تحدد بمقدار واتجاه.

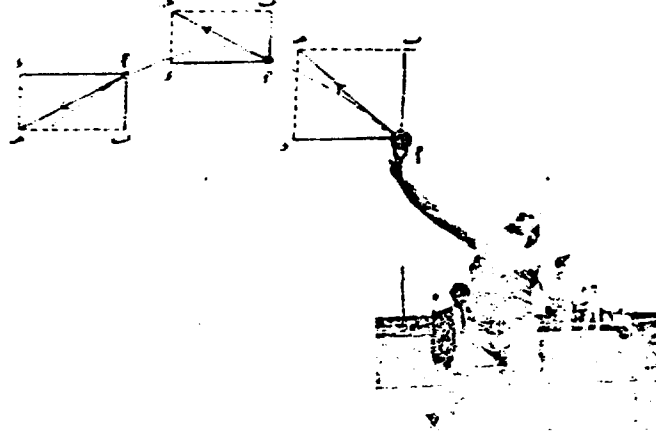
الفصل الثالث

كينماتيكا الحركة المستقيمة

- ١ - السرعة الخطية.
- ٢ - الكميات القياسية والموجهة.
- ٣ - المتجهات والتركيب الهندسي لها.
- ٤ - السقوط الحر .
- ٥ - العجلة.
- ٦ - حركة المقذوف.

تحليل المتجهات :

فى شكل (١٢) يمكن تحليل المتجه (أح) إلى مركبتين واحدة فى الاتجاه الأفقى (أد) والأخرى فى الاتجاه الرأسى (أب) مع مراعاة أن $\sqrt{أب^2 + أد^2} = أح$.



شكل (١٢) تحليل المتجهات

ولو أهملنا مقاومة الريح بالنسبة لوزن الجلة فإنه يمكن اعتبار أن المركبة الأفقية (أد) ثابتة، بينما الحركة الرأسية (أب) تتغير حيث تقل كلما ارتفعنا إلى أعلى إلى أن تصل الجلة إلى أقصى ارتفاع لها حيث تصبح السرعة الرأسية لها مساوية صفر بينما تمتلك سرعة أفقية وعقب الوصول لأقصى ارتفاع تبدأ الجلة فى الهبوط تحت تأثير وزنها إلى أسفل حيث تبدأ السرعة الرأسية فى التزايد إلى أسفل كما موضح فى الشكل (١٢) ونظرا إلى أن وزن الجلة ثابت فإن معدل تغير المتجه (أب) إلى أسفل يكون كذلك ثابتا.

جمع المتجهات :

يوضح الشكل الهندسى (١٣) العلاقة بين الموجه ومركبتيه الأفقية، الرأسية، وتكون غالبا أما مربع أو مستطيل ولكن هذه حالات خاصة. حيث يمكن تحليل الموجه إلى مركبتين تقع فى مستواه وفى هذه الحالة يكون الشكل متوازى أضلاع القوى.

فلو أثرت عدة قوى على جسم ما فى نقطة واحدة وكانت فى مستوى واحد فإنه يمكن اختزالها إلى قوة محصلة واحدة عن طريق تطبيق قاعدة متوازى أضلاع القوى

الفصل الثالث

كينماتيكا الحركة المستقيمة

LINEAR KINMATIC

١- السرعة الخطية : VELOCITY

من تعريف الحركة نجد أنه إذا تحرك جسم ما مسافة قدرها (ف٢ - ف١) في زمن قدره (ن٢ - ن١) فإنه يمكن حساب السرعة المتوسطة من العلاقة التالية:

$$ع = \frac{ف٢ - ف١}{ن٢ - ن١} \dots\dots\dots (١)$$

ولكن في معظم الأحيان عندما يتعلق الأمر بدراسة الاختلافات الجوهرية بين الاساليب التكنيكية المختلفة لأداء الحركة الرياضية يتطلب ذلك معرفة سرعة الجسم أو أحد اجزائه بعد قطع مسافات متباينة في أزمنة متناهية في الصغر وتقترب من الصفر، ويعنى ذلك دراسة السرعات اللحظية لمراكز ثقل كتل كل من أجزاء الجسم والجسم في الأوضاع المختلفة المحددة كنقاط للدراسة خلال المسار الحركي لأداء المهارة الرياضية والتي يمكن الحصول عليها باستخدام المعادلة التالية:

$$ع اللحظية = نها \rightarrow \text{صفر} = \frac{ف٢ - ف١}{ن٢ - ن١} = \frac{\Delta ف}{\Delta ن} = \frac{د ف}{د ن} \dots\dots (٢)$$

حيث أن الرمز (نها) اختصار لكلمة نهاية ونعنى بها نهاية ما يصل إليه الفرق في المسافة إلى الفرق في الزمن $\frac{\Delta ف}{\Delta ن}$ عند اقتراب $\Delta ن$ من الصفر

ويوضح الشكل (١٠) كيفية الحصول على عنصرى السماقة والزمن الصغيرين جدا من سير الحركة الرياضية إذا سجلت بالتصوير السينمائي وسيأتى الحديث عنه بالتفصيل فيما بعد. ويجب التنويه بأنه من الصعب قياس عنصر الزمن الصغير جدا بساعة إيقاف لأن خطأ الإيقاف الشخصى، قد تصل إلى أكثر من ٥٠٪.

وفى هذه الطريقة تبدأ بالمتجه الذى يمثل ق ١ حيث ترسم من نهايته المتجه الذى يمثل ق ٢، ثم بعده المتجه الذى يمثل ق ٣، وأخيراً المتجه الذى يمثل ق ٤، ومن نهاية ق ٤ وبداية ق ١ أى المضلع القافل للقوى ويسمى بمضلع القوى ويكون اتجاه المحصلة دائماً من بداية ق ١، إلى نهاية ق ٤.

ونستنتج من هذا أن المحصلة لقوتين على استقامة واحدة وفى اتجاه واحد تساوى المجموع.

٤- السقوط الحر:

منذ زمن بعيد كان سقوط الأجسام من الموضوعات التى شغلت اهتمام الفلاسفة، فقد أوضح أرسطوطاليس أن الحركة لأسفل لأى جسم قد وهب وزنا أسرع بما يتناسب مع حجمه، ثم جاء جاليليو جاليلي حوالى ١٥٦٤م - ١٦٤٢م - وهو عالم إيطالى - مكتشفا الحقيقة وعارض ما ذكره أرسطوطاليس بأن الجسم الأثقل يسقط أسرع، وكان هذا رأى ذائع الصيت خصوصا لو أحضر أحد ريشة طير وكرة من الحديد وقام باسقاطهما فى لحظة واحدة من ارتفاع واحد فسوف تصل الكرة قبل الريشة بكثير.

ولكن إذا قمنا بوضع الريشة فى أنبوبة مفرغة من الهواء، لرأيت الريشة والكرة تصلان إلى الأرض فى وقت واحد. ذلك لأننا عزلنا مقاومة الهواء على الريشة لأن مقاومة الهواء لها تأثير كبير على الريشة فى الحالة الأولى.

وقد أوضح جاليليو نتائجنا علنا باسقاط جسمين فى آن واحد أحدهما أثقل بكثير من الآخر وذلك من قمة برج بيزا المائل ولقد وصلا الجسمان معا إلى الأرض بالرغم من أنه لم تكن هناك أجهزة قياس لقياس أزمنة الأجسام الساقطة سقوطا حرا بصورة دقيقة.

كما أضاف جاليليو نتيجة تفيد بأن طبيعة حركة كرة تتدحرج هابطة على مستوى مائل هى نفس طبيعة حركة كرة تسقط سقوطا حرا ولكن فى هذه الحالة تنقص فاعلية عملية الجاذبية الأرضية ولذلك نلاحظ أن حركة الكرة أثناء سقوطها على المستوى المائل بطيئة.

وعليه يمكن أن تلاحظ فى حالة جسم ساقط نحو الأرض يتحرك بعجلة ثابتة تقريبا مايلى:

أى أن السرعة المتجهة دائما تحدد بقيمة واتجاه الحركة، بينما السرعة تحدد بالقيمة فقط .

وهذا الفرق بين كمية السرعة والسرعة كمتجه يوضح الفروق الطبيعية بين الكميات القياسية والكميات الموجهة .

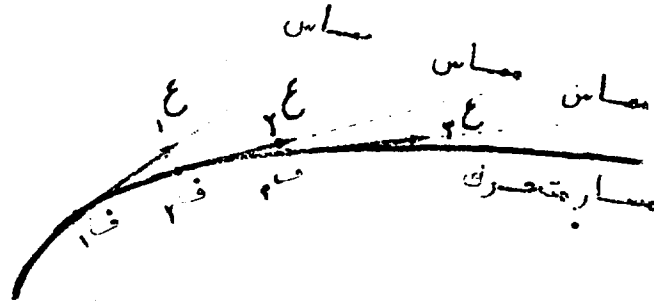
حيث أن الكمية القياسية: هى الكمية التى تكفى قيمتها لدلالة عليها والاستفادة منها فى حل مشاكل الميكانيكا الحيوية المختلفة، ومن هذه الكميات الوزن، الحجم، والمساحة، والزمن والكثافة . الخ .

أما الكمية الموجهة: فهى تلك الكمية التى تمتلك مقدارا واتجاها كالسرعة مثلا 20 كم/س فى اتجاه الشرق وأيضا العجلة، وكمثل حركة جسم بالنسبة لنقطة ثابتة فإن الوضع الجديد للجسم يمثل فى هذه الحالة بيانيا بخط من النقطة الثابتة (ب) ووضع الجسم لحظة الدراسة .

٢- المتجهات والتركيب الهندسى لها:

إذا تحرك جسم بسرعة ما، فإنه يجب علينا عند ذكر مقدار هذه السرعة أن نبين أيضا اتجاهها . ولذا يجب تمثيلها بيانيا، ويمكن أن يمثل طول سهم بياني - مقدار هذه السرعة بينما تمثل نقطة التأثير والاتجاه لهذا السهم مكان السرعة واتجاهها فى لحظة معينة بالنسبة للقياس النسبى للحركة .

ومن المهم معرفة اتجاه السرعة كذلك فى لحظة معينة حيث تقع على المماس عند النقطة المحددة لهذا المسار . ولو لم تكن هناك قوى تحتتم سير الجسم فى مسار منحنى لاستمر الجسم فى سيره فى خط مستقيم فى اتجاه المنحنى شكل (١١) .

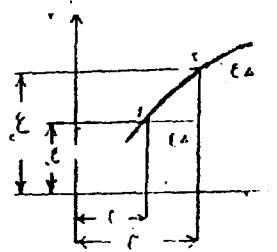


شكل (١١) اتجاه السرعة

تحرك حركة مستقيمة بسرعة ثابتة لا تزيد ولا تنقص فإن عجلته تساوى صفراً، أما في الحالات التي تتغير فيها السرعة سواء بالزيادة أو النقصان بمقادير متساوية في فترات زمنية متساوية فإننا نحصل على عجلة ثابتة أو عجلة منتظمة سواء كانت سالبة أو موجبة.

وتعتبر العجلة كمية موجهة لها مقدار واتجاه كالسرعة وتكون العجلة موجبة إذا زادت السرعة على التوالي في فترات متلاحقة من الزمن، وتكون سالبة إذا تناقصت السرعة. كما أن عجلة أى جسم قد تكون موجبة في حين أن سرعته سالبة والعكس صحيح.

ويمكن حساب العجلة المتوسطة لأي جسم يتحرك حركة انتقالية إذا ما عرفنا مقادير السرعات فمثلاً لو فرض أن سرعة الجسم عند النقطة (١) مقدارها (١ع) وسرعته عند النقطة (٢) مقدارها (٢ع) وكذلك الزمن عند النقطة (١) مساوياً (١ن) وعند النقطة (٢) مساوياً (٢ن) كما موضح في الشكل (١٥).



شكل (١٥) السرعة - الزمن

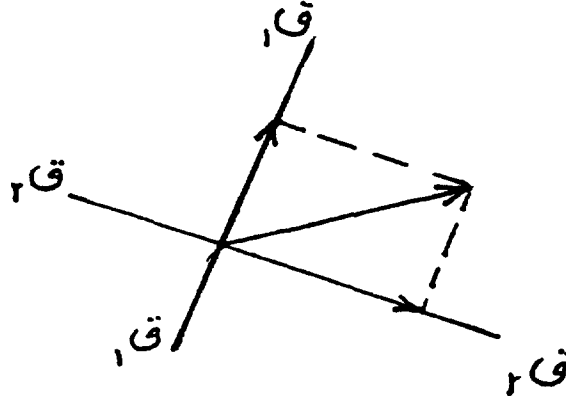
فإن العجلة المتوسطة يمكن حسابها باستخدام المعادلة التالية:

$$(٣) \dots\dots\dots \frac{١ع - ٢ع}{١ن - ٢ن} = \frac{ع \Delta}{ن \Delta} = \text{العجلة المتوسطة (ج م)}$$

أما العجلة اللحظية فنحصل عليها إذا أخذنا مقدارا محدداً أى عندما تقترب (ن) من الصفر حيث تصبح المعادلة:

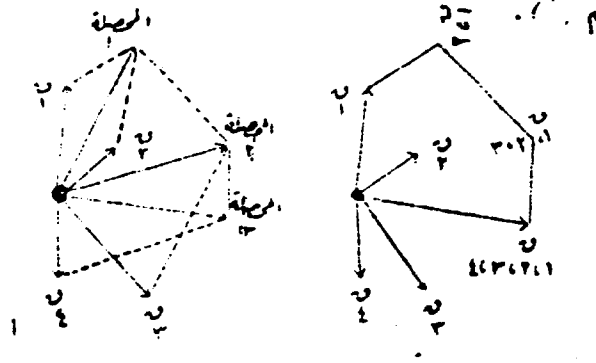
$$(٤) \dots\dots\dots \frac{١ع - ٢ع}{١ن - ٢ن} = \frac{ع \Delta}{ن \Delta} = \text{ج م} \rightarrow \text{ن} = \text{نها} \rightarrow \text{صفر}$$

مع القوتين Q_1 ، Q_2 وإيجاد محصلتيهما ثم تكرر التطبيق مع (Q_3) والمحصلة (Q_4)، فتختزل كذلك القوى Q_1 ، Q_2 ، Q_3 ، إلى المحصلة (Q_4) وهكذا حتى نحصل على المحصلة النهائية للأربع قوى كما موضح في الشكل (١٣).



شكل (١٣) متوازي أضلاع القوى

وهذه الطريقة يمكن اتباعها مع عدد من القوى المعلومة والمؤثرة في نقطة واحدة وفي مستوى واحد، كما أنه يمكن الحصول أيضا على المحصلة عن طريق الجمع الهندسي على التابع للمتجهات الحرة المثلثة للقوى المعلومة كما هو موضح في الشكل (١٤).



شكل (١٤) الجمع الهندسي للمتجهات الحرة

اهتمامات لاعب الجولف عن اللاعبين السابقين حيث أنه يهتم كثيرا بمسار كرة الجولف، فهو عندما يريد أن يضرب الكرة بغرض مرورها فوق حاجز مثل بعض الأشجار فإنه يهتم بالدرجة الأولى بالمسار فوق هذه الأشجار.

مما سبق نجد أنه بالرغم من أن الثلاثة حركات تعتبر حركات مقذوفية إلا أن اهتمامات اللاعبين فيها تختلف وفقا لهدف الحركة، وعلى ذلك يمكن استنباط أن هناك ثلاثة عوامل تهتم بها في حركة المقذوف هي:

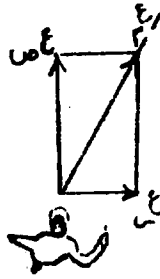
١- زمن الطيران.

٢- الإزاحة أو المسافة الأفقية.

٣- شكل المسار.

١- زمن الطيران:

لحساب زمن المقذوف - سواء كان جسم الإنسان أو أداة تصور كرة القدم في وضع ثابت على أرض الملعب، فإذا ضربت الكرة من حارس المرمى مثلا بفرض قذفها في مسار منحني، ودرسنا سرعتها عند الانطلاق سوف نجد أن السرعة المحصلة للكرة يمكن تمثيلها مقدارا واتجاها بالسهم (ع م) المبين في الشكل (١٦).



شكل (١٦) السرعة المحصلة ع م لقذف كرة القدم ومركبتها الأفقية

(ع س)، الرأسية (ع ص)

فإذا حللنا هذه السرعة إلى مركبتها الأفقية (ع س)، الرأسية (ع ص) فإن تأثير كل منهما يمكن دراسته على حده.

١- فى حالة عدم وجود مقاومة للهواء تسقط كل الأجسام بغض النظر عن حجمها أو شكلها أو وزنها عند نفس النقطة من سطح الأرض إذا سقطت من نفس المكان .

٢- فى حالة ما إذا كانت المسافة التى يسقط منها الجسم غير كبيرة فإن العجلة تظل ثابتة أثناء السقوط ، ويمكن أن نطلق عليها السقوط الحر لأنها حركة مثالية .

وتسمى عجلة الجسم الساقط سقوطاً حراً بعجلة الجاذبية الأرضية أو عجلة الثقائل ، ومتوسط مقدارها بالقرب من سطح الأرض هو 9.81 م/ث^2 واتجاهها إلى أسفل فى اتجاه مركز الأرض ، ويجب أن نعلم أن قيمة عجلة الجاذبية الأرضية تتغير مع خطوط العرض كما تتغير مع الارتفاع .

السقوط الحر لجسم الإنسان :

لحفظ توازن جسم ما فى الفراغ لابد من تطبيق قوة مساوية لوزن الجسم إلى أعلى لحفظه من السقوط أو لتحريكه إلى أعلى حركة بسيطة ، لذا يلاحظ أنه لو ترك جسم حراً بدون أى قوة خارجية مؤثرة عليه فإنه يهبط إلى أسفل تحت تأثير وزنه وبدون أى مقاومة عليه . ويلاحظ أن سرعة الجسم تزداد كلما اقترب من الأرض ويصبح معدل تغير السرعة 32 قدم/ث لكل ثانية من الحركة لأسفل أى أنه فى الحركة الحرة إلى أسفل فإن كل الأجسام بما فيها جسم الإنسان ستتحرك بنفس المعدل فى لحظة معينة أو مسافة معينة .

ويمكن أرجاع هذه الظاهرة إلى شىء واحد هو أن وزن الجسم (قوة جذب الأرض له) يتناسب مع القصور الذاتى وبالتالى فإن قوة جذب الجسم إلى أسفل أكبر من كتلته وتناسب معها .

بمعنى أننا لو قذفنا جسماً كتلته 16 رطلاً وآخر 12 رطلاً من نفس المكان من نقطة مرتفعة عن سطح الأرض وبنفس السرعة فإن زمن وصولهما إلى الأرض يكون واحداً بالرغم من اختلاف وزنهما وهذا لو أهملنا مقاومة الهواء .

٥- العجلة : Acceleration

تعرف العجلة بأنها العلاقة بين تغير السرعة والزيادة فى الزمن (التغير فى الزمن) أى أن العجلة عبارة عن معدل التغير فى السرعة بالنسبة للزمن وعلى ذلك فإن الجسم إذا

ولمعرفة زمن الطيران الكلى يلزم معرفة الزمن الذى تستغرقه الكرة للوصول إلى الأرض من لحظة وصولها إلى أقصى ارتفاع وصلت اليه . فإذا كانت نقطة الهبوط فى نفس مستوى نقطة الانطلاق فإن زمن الصعود سوف يعادل زمن الهبوط ويصبح الزمن الكلى (ن) كما يلي :

$$ن = ن \text{ لأعلى} + ن \text{ لأسفل} = ٢ ن \text{ لأعلى}$$

$$\text{وحيث أن : } \therefore ن \text{ لأعلى} = \frac{ع م \times جا هـ}{د} + \frac{ع م \times جا هـ}{د} = \frac{٢ ع م \times جا هـ}{د} \quad (١٠)$$

ولكن فى الحركات الرياضية لا تقابلنا مثل هذه الحالة فقط حيث تكون نقطة الانطلاق هى نفس نقطة الهبوط ، ففى حركة قذف الجلة مثلا أو أداء الدورة الهوائية الأمامية المنحنية من الوقوف على اليدين كنهاية للنزول على الأرض من فوق جهاز التوازيين ، نجد أن نقطة الانطلاق أعلى من نقطة الهبوط ، ولذلك فإن المعادلة السابقة لاتصلح لإيجاد زمن الطيران حيث يكون زمن الطيران أطول فى هذه الحالة من السابقة ، ولحساب هذا الزمن تستخدم المعادلة التالية :

$$ن = \frac{ع م \times جا هـ + \sqrt{(ع م \times جا هـ)^2 + د^2}}{د} \quad (١١) \dots \dots$$

حيث ع م ، هـ ، د لها نفس المدلولات السابقة .

أما ل = الفرق بين مستوى الانطلاق ومستوى الهبوط .

ويتضح من المعادلة رقم (١١) أن زمن الطيران يمكن زيادته عن طريق زيادة سرعة البداية الرأسية أو عن طريق زيادة الارتفاع بين مستوى الانطلاق ومستوى الهبوط ، أو الاثنين معا .

وعلى ذلك فإن لاعب الترامبولين الذى يواجه مشكلة زيادة زمن الطيران عن طريق زيادة سرعة الدفع الرأسية ، فإن لاعب الغطس فى الماء يواجه نفس المشكلة عن طريق أما زيادة سرعة الدفع الرأسية أو زيادة الفرق بين مستوى الانطلاق ومستوى الهبوط أو الاثنين معا .

وللعجلة تعبير آخر تدخل فيه المسافة وتفيد في حالة إعطاء العجلة كدالة في المسافة .

$$\frac{\text{دع}}{\text{دف}} \times \text{ع} = \frac{\text{دف}}{\text{دن}} \times \frac{\text{دع}}{\text{دف}} = \frac{\text{دع}}{\text{دن}} = \text{ح}$$

$$\frac{\text{دع}}{\text{دن}} = \text{ح} \quad \therefore$$

$$\frac{\text{دع}}{\text{دن}} = \frac{\frac{\text{دف}}{\text{دن}}}{\frac{\text{دف}}{\text{دن}}} = \frac{\text{دع}}{\text{دن}} = \text{ح} \quad \therefore$$

(5)

وكما سبق القول أن العجلة قيمة موجهة أى لها مقدار واتجاه ومن ثم يمكن تمثيلها بيانياً، ويستفاد فى الحركة التى تسير بعجلة تزايدية أو تناقصية فى مسار منحنى من تحليل العجلة المؤثرة إلى مركبتين هما العجلة المماسية والعجلة العمودية أو النصف قطرية وسوف نتناولها بالشرح فى الفصل الخاص بـ كينماتيكا الحركة الدائرية.

6- حركة المقذوف Projectiles Motion

على الرغم من أن التشابه لا يبدو واضحا بين العديد من المهارات الرياضية مثل حركة لاعب الاكروبات على الترمبولين وحركة دفع الجلة وحركة لاعب الجولف إلا أن جميع هذه الحركات الرياضية وحركات أخرى كثيرة، تعتبر جميعها مقذوفة، حيث يتوقف نجاح اللاعب في أداء هذه الحركات على مدى نجاحه في قذف جسمه أو قذف الجلة أو قذف كرة الجولف، فلاعب الترمبولين يهتم أساسا بالزمن الذي يستمر فيه جسمه في الهواء كمقذوف لأنه يدرك أنه كلما طال هذا الزمن كلما سهل عليه إنجاز الواجب الحركي المنوط إليه في هذا الزمن .

أما قاذف الجلة فإنه لايهتم كثيرا بطول زمن طيران الجلة فى الهواء ، ولكنه يهتم أساسا بالمسافة الأفقية التى ستقطعها الجلة حتى تصل إلى الأرض ، بينما تختلف

ف الأفقية =

$$٢ جا هـ = جتا هـ$$

$$\therefore \text{ف س} = \frac{ع^٢ م جا ٢ هـ}{د} \dots\dots\dots (١٣)$$

وبما أن (د) وهى عجلة الجاذبية الأرضية تساوى مقداراً ثابتاً فإنه يتضح من المعادل السابقة أن المسافة الأفقية تعتمد على كل من (ع م) وهى السرعة المحصلة للانطلاق، (هـ) وهى زاوية أفقية اتجاه السرعة.

أى أن المسافة الأفقية تعتمد على مقدار واتجاه سرعة الانطلاق.

يتضح مما سبق أن زيادة مقدار سرعة انطلاق الجسم يعتبر عاملاً هاماً وأساسياً فى زيادة مسافة الإزاحة الأفقية له، وذلك بالإضافة إلى زيادة مقدار (جا ٢ هـ) وهو الجزء الآخر من المعادلة (١٣).

بالنظر الى جداول (جا هـ) نجد أن مقاديرها تتراوح ما بين صفر - عندما يكون مقدار الزاوية = صفر - وواحد صحيح عندما تكون مقدار الزاوية = ٩٠ درجة.

يتضح من ذلك أن أكبر قيمة للمقدار جا ٢ هـ سوف تتحقق فقط عندما تكون هـ = ٤٥ درجة حيث يكون جا ٢ هـ = جا ٩٠ = ١

إذن إذا تساوت كل الظروف الأخرى، فإن أنسب زاوية لانطلاق أى جسم حتى ينتقل إلى أكبر مسافة أفقية ممكنة - فى حالة ما إذا كان مستوى الانطلاق هو نفس مستوى الهبوط - هى زاوية ٤٥ درجة.

أما بالنسبة للحالات التى يكون فيها مستوى الانطلاق أعلى من مستوى الهبوط، فإنه يمكن حساب المسافة الأفقية التى ينتقلها الجسم من المعادلة التالية:

$$\text{ف س} = ع م جتا هـ \times \frac{ع م جا هـ + \sqrt{ع م جا هـ + ٢(ع م جا هـ + ٢ د)}}{د}$$

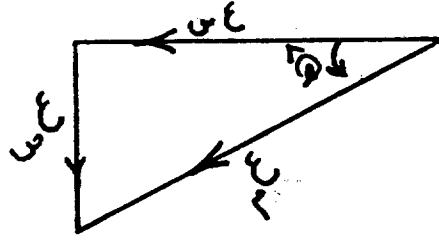
ويمكن اختصار المعادلة السابقة الى :

$$\text{ف س} = \frac{ع م جا هـ + ع م جتا هـ + ع م جتا هـ (ع م جا هـ + ٢ د)}{د} \dots\dots (١٤)$$

المركبة الأفقية (ع س)

سوف تؤثر المركبة (ع س) في اتجاه أفقى موازى لسطح الأرض، ولا يتأثر بها زمن الطيران وارتفاع المقذف، بينما تتأثر بها المسافة الأفقية.

أما بالنسبة للمركبة (ع ص) فيلزم دراسة علاقتها بالسرعة المحصلة عن طريق تمثيل السرعة المحصلة (ع م) ومركبتها بمثلث قوى وتره (ع م) بينما ضلعه الرأسى يمثل (ع ص)، وضلعه الأفقى يمثل (ع س) شكل (١٧).



شكل (١٧) مثلث السرعات

ومن الشكل (١٧) يمكن استخلاص العلاقات التالية :

$$\text{ع م} = \sqrt{\text{ع ص}^2 + \text{ع س}^2} \quad (٦)$$

$$\text{ع ص} = \text{ع م} \times \sin \alpha \quad (٧)$$

$$\text{ع س} = \text{ع م} \times \cos \alpha \quad (٨)$$

ويمكن حساب الزمن الذى تستغرقه الكرة حتى تصل إلى أقصى ارتفاع باستخدام

المعادلة التالية :

$$\text{ن لأعلى} = \frac{\text{ع م} \times \sin \alpha}{\text{د}} \quad (٩)$$

حيث ن لأعلى = زمن طيران الكرة من لحظة ترك الأرض حتى تصل لأقصى ارتفاع.

$$\text{ع م} \times \sin \alpha = \text{السرعة الابتدائية الرأسية}$$

$$\text{د} = \text{عجلة الجاذبية الأرضية}$$

٢ - الإزاحة أو المسافة الأفقية :

فى المثال السابق لضرب الكرة من الثبات شكل (١٧) نجد أن هذه الحركة هى فى الواقع حركة مقذوف يكون فيها مستوى الانطلاق هو نفس مستوى الهبوط (مستوى سطح الارض)، ولكن إذا ما نظرنا إلى سرعة حركة الكرة لحظة انطلاقها فسنجد أن هناك سرعة محصلة لها اتجاه معين يميل على سطح الأرض بزاوية معينة، وهذه السرعة المحصلة يمكن تحليلها كما سبق القول إلى مركبتها الرأسية والأفقية . وبدراسة السرعة الرأسية نجد أنها تبلغ أقصى مقدار لها لحظة انطلاق الكرة وتتضاءل بالتدريج حتى تصل إلى الصفر عندما تصل الكرة لأقصى ارتفاع لها ثم تأخذ مقداراً سالباً يزداد مقداره بالتدريج مرة أخرى حتى تصل إلى أقصى قيمة لحظة وصول الكرة إلى سطح الأرض . ويرجع هذا التغير فى السرعة سواء من ناحية مقاديرها أو فى اتجاهاتها إلى تأثير الجاذبية الأرضية التى يخضع لها جميع الأجسام، ولكن يجب الإشارة إلى أن حركة الجسم الأفقية لا تتأثر إطلاقاً بالجاذبية الأرضية . فإذا ما أهملنا مقاومة الهواء، فإنه لا يوجد ما يؤثر على معدل تحرك الكرة أفقياً .

وبمعنى آخر فإن الكرة سوف تتحرك بسرعة أفقية ثابتة هى (ع م جتا هـ) . وبما أن المسافة التى يقطعها أى جسم فى اتجاه ما هى حاصل ضرب السرعة المتوسطة لحركة الجسم فى هذا الاتجاه $\times$ الزمن، فإننا فى حالة كرة القدم يمكن حساب هذه المسافة كما يلى :

$$F_r = E_m \cos \theta \times \frac{E_m^2 \cos^2 \theta}{n} = E_m \times n \dots \dots \dots (12)$$

حيث $F_s =$ المسافة الأفقية

$$\frac{E_m^2 \cos^2 \theta}{n} = \text{زمن الطيران}$$

ويمكن أن تصبح المعادلة كما يلى :

$$\frac{E_m^2 \cos^2 \theta}{d}$$

ولايكّن تحديد الزاوية المثلى للانطلاق فى حالة اختلاف مستوى الانطلاق عن الهبوط كما هو الحال عند ثبات المستويين، وذلك لأن الزاوية المثلى فى هذه الحالة تتوقف على مقدار كل من السرعة والفارق بين المستويين.

وقد وجد أن هذه الزاوية المثلى تتغير مع قيمة كل من هذين العاملين السابقين وهذا وفقا للمبادئ التالية:

- ١- إن الزاوية المثلى للانطلاق هى دائما أقل من ٤٥ درجة.
- ٢- فى حالة ثبات الفارق بين مستوى الانطلاق والهبوط، فإنه كلما ازدادت سرعة الانطلاق، كما كانت زاوية الانطلاق أقرب إلى ٤٥ درجة.
- ٣- فى حالة ثبات سرعة الانطلاق، كلما ازداد الفارق بين مستوى الانطلاق والهبوط، كما صغرت قيمة الزاوية المثلى للانطلاق.

في حين تكون العلاقة الخاصة بالسرعة المحيطية اللحظية في صورة المعادلة رقم (٢) وهى:

$$\frac{v_2 - v_1}{r_2 - r_1} = \frac{\Delta v}{\Delta r} = \frac{dv}{dr}$$

ع اللحظية = نها $\leftarrow$ صفر

السرعة الزاوية (ى) Angular Velocity

تعرف السرعة الزاوية (ى) على أنها الزيادة (التغير) فى الزاوية ($\Delta \theta$) وعلاقتها بزيادة الزمن (تغير الزمن) ويعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \quad \text{درجة / ثانية} \dots \dots \dots (١٥)$$

وينطبق نفس الشيء على السرعة الزاوية اللحظية مثلها فى ذلك مثل السرعة المحيطية، وسرعة المسار، وهذا معناه أن القيمة الحدية يجب أن تكون بشكل لا تصل للصفر، مع تناسب ذلك والزيادة فى الزمن.

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad \text{نها} \leftarrow \text{صفر} \quad \dots \dots \dots (١٦)$$

وعلى ذلك تختلف وحدة القياس لكل من السرعة المحيطية والسرعة الزاوية مع ملاحظة أن استخدام وحدة القياس الخاصة بالسرعة الزاوية - ويرمز لها بالرمز (درجة/الثانية) - أمر غير ممكن حتى الآن وذلك لأنه لا يتلاءم مع النظام القياسى الفرنسى م. كجم. ث (نظام القياس بالمتر، الكيلو جرام، والثانية).

لذلك فإن الزاوية فى الميكانيكا لا تكون مثل الزاوية فى الحياة العامة من حيث حسابها بالدرجة، وإنما يكون حسابها بقياس القوس، وتكون صورة قياس القوس على شكل المعادلة التالية:

$$\text{الزاوية} = \frac{\text{قوس الدائرة}}{\text{نصف القطر}} = \text{محسوبة} \left(\frac{\text{متر}}{\text{متر}} \right)$$

الفصل الرابع

كينماتيكا الحركة الدائرية

-
- ١ - السرعة المحيطة والسرعان الزاوية .
 - ٢ - العجلة المماسية والعجلة القطرية .
 - ٣ - العجلة الزاوية .
-

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

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

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \text{ع} & = & \text{ى} \times \text{نق} \dots\dots (17-\text{أ}) \end{array}$$

وتشير هذه المعادلة إلى أنه عند ثبات السرعة الزاوية، تزداد السرعة المحيطية مع زيادة نصف القطر، ويلاحظ ذلك بوضوح فى الحركات الدورانية الرياضية ففى حركة الدائرة العظمى على جهاز العقلة يكون للقدمين ضعف مقدار السرعة المحيطية بالمقارنة للحوض تقريبا. . وذلك لأن نصف القطر الخاص بمدار دائرة القدمين ضعف مقداره تقريبا بالنسبة للحوض.

٢- العجلة المماسية والعجلة القطرية

Tangential Acceleration And Radial Acceleration

تدل الكمية الموجهة للعجلة المماسية على اتجاه مسار المماس حيث يحدث التزايد فى السرعة بالنسبة لجسم فى اتجاه حركته اللحظية عن طريق العجلة المماسية أو عجلة المسار، ويرجع تغير عجلة المماس إلى تغير مقدار السرعة فقط، دون تغير اتجاه الحركة.

ويمكن باستخدام الرياضيات إيجاد المعادلة المعروفة والمشار إليها من قبل وهى معادلة العجلة رقم (٤).

العجلة القطرية (العمودية) : Radial Acceleration

تكون العجلة القطرية عمودية على المسار أى عمودية بالنسبة للكمية الموجهة للعجلة المماسية - ويعرف الاتجاه القطرى بالمسار العمودى الذى نلاحظ معه استخدام تعبير العجلة الاعتيادية أيضا وتسبب العجلة القطرية أو العمودية فى تغيير اتجاه السرعة الذى يترتب عليه تغيير اتجاه المسار. ولا يحدث هذا النوع من أنواع العجلة إلا فى الحركة الدائرية، وعند وجود سرعة محيطية ثابتة. ويلاحظ أن السرعة محيطية

الفصل الرابع

كينماتيكا الحركة الدائرية

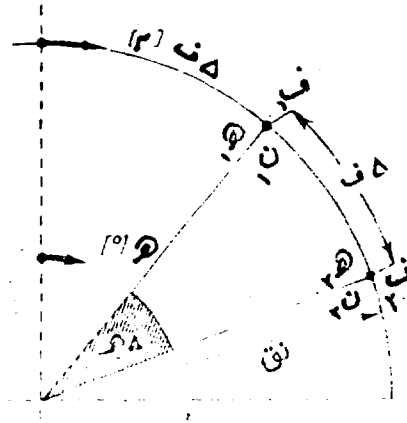
ANGULAR KINMATICS

١- السرعة المحيطية والسرعة الزاوية :

يفرق الفرد بين نوعان من السرعة في الحركات الدائرية وهما السرعة المحيطية ويرمز لها بالرمز (ع) والسرعة الزاوية ويرمز لها بالرمز (ي). وتعتبر السرعة المحيطية مطابقة للسرعة في خط مستقيم والتي سبق شرحها.

السرعة المحيطية (ع) :

وتعرف السرعة المحيطية بأنها العلاقة بين زيادة المسافة (تغير المسافة) Δ ف على محيط الدائرة وبين الزيادة التي تقابلها في الزمن Δ ن، وعلى ذلك يمكن حساب السرعة المحيطية المتوسطة شكل (١٨).



شكل (١٨) السرعة المحيطية والسرعة الزاوية

ويجب وضع العلاقة الخاصة بالسرعة المحيطية المتوسطة في صورة المعادلة رقم

(١) وهي :

$$ع المتوسطة = \frac{ف_2 - ف_1}{ن_2 - ن_1} = \frac{\Delta ف}{\Delta ن} \quad \text{متر / ثانية}$$

ولكن حسب تعريف الزاوية بقوسها . فإن $\hat{د ه} = \frac{د ع}{د ن}$
 $\therefore د ع = د ه . ع$

وبالتعويض عن قيمة (د ع) فى العلاقة (أ) ينتج أن:

$$\frac{د ه . ع}{د ن} = ج ن ق$$

ونظرا إلى أن السرعة الزاوية - يرمز لها بالرمز (ى) - تساوى:

$$\frac{د ه}{د ن} = ى$$

فإنه يمكن كتابة المعادلة الخاصة بالرمز (هـ) على النحو التالى:

$$ج ن ق = ع \times ى \quad \left(\frac{م}{ث} = \frac{١}{ث} \cdot \frac{م}{ث} \right) \quad (١٨) \dots\dots\dots$$

ولكن $ى = \frac{ع}{نق}$

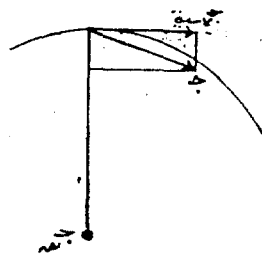
بالتعويض عن ى بقيمتها $\left(\frac{ع}{نق} \right)$ فى المعادلة (١٨)

$$\therefore ج ن ق = ع \times \frac{ع}{نق} = \frac{ع^٢}{نق} \quad \left(\frac{م}{ث} \right) \quad (١٨) \dots\dots\dots$$

أو بالتعويض عن ع بقيمتها (ى . نق) فى المعادلة (٦)

$$\therefore ج ن ق = ى \times نق \times ى = ى^٢ \times نق \dots \left(\frac{م}{ث} \right) \quad (١٨) \dots\dots\dots$$

وتجمع مركبتى العجلة (جـ المناسية)، (جـ نق) تحصل على الخط البياني الممثل للمحصلة (جـ) مقدارا واتجاها كما فى شكل (٢١).



شكل (٢١) محصلة العجلة

ويلاحظ أن العلاقة بين قوس الدائرة ونصف القطر ليس لها أبعاد، حيث تمثل علاقة بين طولين، وعلى ذلك فإن وحدة القياس الخاصة بالسرعة الزاوية هي (درجة/ثانية).

وحسب القياس القطري فإن زاوية الدائرة الكاملة لها القيمة التالية:

$$\frac{2 \text{ ط نق}}{\text{نق}} = 360^\circ$$

ويمكن أن تنسب جميع الزوايا إلى ط فمثلا

$$2 \text{ ط} = 360^\circ$$

$$\frac{3}{2} \text{ ط} = 270^\circ$$

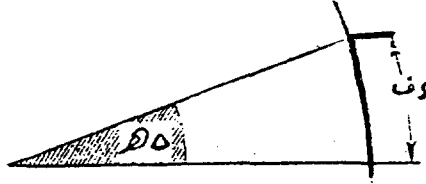
$$\text{ط} = 180^\circ$$

$$\frac{\text{ط}}{2} = 90^\circ$$

$$\frac{\text{ط}}{4} = 45^\circ$$

وتوجد علاقة بين السرعة المحيطية والسرعة الزاوية، ويمكن إيجاد هذه العلاقة عند اعتماد الفرد على قياس الزاوية بالتقدير الدائري كأساس للحساب ثم استخدام حساب الفروق بعد ذلك كما في شكل (١٩).

$$\frac{\text{د ف}}{\text{نق}} = \hat{\text{د هـ}}$$



شكل (١٩) العلاقة بين حساب فرق الزاوية والقوس

وبناء على ذلك يمكننا صياغة المعادلة الخاصة بالسرعة الزاوية كما يلي:

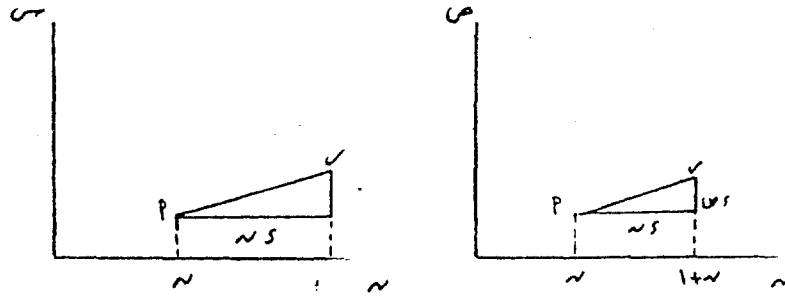
$$\text{ي} = \frac{\text{د هـ}}{\text{د ن}} = \frac{\frac{\text{د ف}}{\text{نق}}}{\frac{\text{ع}}{\text{نق}}} = \frac{\text{د ف}}{\text{ع}} \quad (١٧)$$

الخطوة الثانية :

تقسم الحركة الانتقالية المستوية على المسار المنحني إلى حركتين مستقيمتين، أى إلى حركة فى كل من (س)، (ص) شكل (٢٣) وبذلك يمكن الحصول على حركتى السرعة من الشكل الذى يمثل (دس)(دص) كاشتقاق أول للزمن عندما تقترب (ن) من الصفر وفى هذه الحالة يقترب الوتر (أر) من المماس عند (١) وتقدر حسابيا على النحو التالى :

$$ع س = \frac{دس}{دن} = \dot{ش} \quad (١٩) \dots\dots\dots$$

$$ع ص = \frac{دص}{دن} = \dot{ض} \quad (١٩) \dots\dots\dots$$



شكل (٢٣) تقسيم الحركة الانتقالية المستوية على مسار منحني إلى مركبتين مستقيمتين أحدهما فى الاتجاه (س) والآخر فى الاتجاه (ص)

ومن مدلولات السرعة والزمن يمكن حساب حركتى العجلة على أساس أنهما المعامل التفاضلى الثانى وفقا للزمن وعندئذ تستخدم المعادلتان الرياضيتان فى وجود الفروض النسبية الطبيعية :

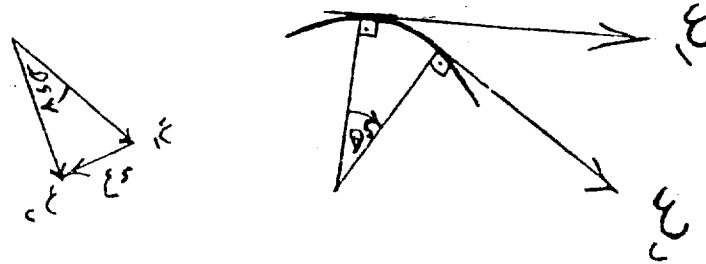
$$ج س = \frac{د ع س}{دن} = \frac{د^2 س}{د ن^2} = \ddot{ش} \quad (٢٠) \dots\dots\dots$$

$$ج ص = \frac{د ع ص}{دن} = \frac{د^2 ص}{د ن^2} = \ddot{ض} \quad (٢١) \dots\dots\dots$$

تظل دائمة الثبات من حيث مقدارها، ودائمة التغير من حيث سرعتها واتجاهها، وذلك تبعا للعجلة القطرية التي ينتج عنها حدوث الحركة الدائرية.

وعندما تتضاءل العجلة القطرية فجأة بالنسبة للحركة الدائرية لجسم ما، فإننا نجد أن الجسم يتحرك مواصلا مساره، ولكن في اتجاه مستقيم. وهكذا تحدث حركة طيران المطرقة مثلا حيث تتحرك عن طريق القوة العضلية التي تأخذ معها المطرقة مسارا دائريا قبل لحظة حركتها بالعجلة المماسية بحيث تصبح القوة العضلية في هذه اللحظة تساوى صفرا. ويمكن للفرد ملاحظة أنه عند مشاهدته لمسابقى الدراجات في جو ممطر أن أجزاء الطين تنفصل عن إطاري الدراجة في مسار مماس، وهذا ما يحدث أيضا عن تجليخ الصلب حيث تتناثر أجزاؤه المتوهجة في مسارات مماسية منطلقة من قرص التجليخ.

وللحصول على معادلة العجلة القطرية علينا قبل ذلك إيجاد الكميات المتجهة للسرعة بالطريقة الموضحة في شكل (١٩)، وفيه يقطع الجسم مسارا دائريا بسرعة محيطية ثابتة وتكون هذه المسافة المقطوعة صغيرة جدا وقريبة للصفر (المسافة البينية). ويحدث في هذه الحالة تغيير في اتجاه السرعة بقدر فارق الزاوية (د هـ) وحتى إذا ما ظل مقدار سرعتين ١٤، ٢٤ متساويين فإنه يجب حدوث فارق في السرعة قدره ٢٤، وهو ناتج عن تغيير الزاوية، وبذلك فإن حاصل جمع قيمتي الكميتين الموجهتين (١٤)، (٢٤)، هو ٢٤.



شكل (٢٠) تغيير اتجاه السرعة عن طريق العجلة القطرية

وبتطبيق تعريف العجلة العام على العجلة القطرية أيضا:

$$\text{ج تق} = \frac{\text{د ع}}{\text{د ن}} \quad \text{(i)}$$

$$\text{العجلة الزاوية المتوسطة} = \frac{y_1 - y_2}{n_1 - n_2} = \frac{\Delta y}{\Delta n} \dots\dots\dots (22)$$

$$\frac{dy}{dn} = \frac{\Delta y}{\Delta n} = \frac{y_1 - y_2}{n_1 - n_2} \leftarrow \text{ن صفر} \quad \text{أما العجلة الزاوية اللحظية = نها}$$

$$\therefore \text{ السرعة الزاوية} = \frac{d\hat{y}}{dn}$$

$$\therefore \text{ العجلة الزاوية (ز)} = \frac{dy}{dn} = \frac{\frac{d\hat{y}}{dn}}{\frac{d\hat{y}}{dn}} \dots\dots (23)$$

ومن المعروف أن كل من السرعة الزاوية وعجلتها مقادير موجهة وعلى عكس ما هو معلوم لنا حتى الآن من كميات موجهة قطبية أو إزاحية الخاصتين بالحركة الانتقالية، فإن ما تقصده هو الكميات الموجهة المحورية التي تحدد لنا مفهوم الدوران. ويمكن للمرء أن يوجد السرعة الزاوية حسب المعادلة السابقة وكذلك العجلة الزاوية. ولاشك أن معرفة مقادير واتجاه السرعة والعجلة الزاوية - في لحظة انتهاء الدفع لحركة الوثب وعمل دورة هوائية مثلاً - ذات قيمة كبيرة بالنسبة لحركة دوران الجسم في مرحلة الطيران.

فإذا كان اتجاه الحركة في اتجاه المماس فإنها تكون حركة مستقيمة وتكون جـ نـ = صفر
أما إذا انحرفت الحركة عن اتجاه المماس فإن جـ نـ يكون لها مقدارا معيناً بحسب مقدار الانحراف وفي حالة اتجاه العجلة إلى الخلف في عكس اتجاه الحركة كما في حالة الإيقاف فتكون العجلة تقصيرية.

ولقد ثبت من تجارب التصوير السينمائي أنه من غير الملائم العمل على أساس استخدام عجلتي المماس والقطر، وتتمثل الصعوبة في هذا المجال في أن الاتجاهين حـ المماس، جـ نـ يتغيران بصفة دائمة عندما يكون المسار منحنياً، وبذلك لا يمكن التوصل إلى معرفة عجلتي المماس والقطر إلا في حالات الحركات الدائرية الخالصة، وذلك لأن في هذه الحالات فقط يكون من الممكن معرفة اتجاهات المماس والقطر بشكل مستمر لثبات محور الدوران ومسار الدائرة.

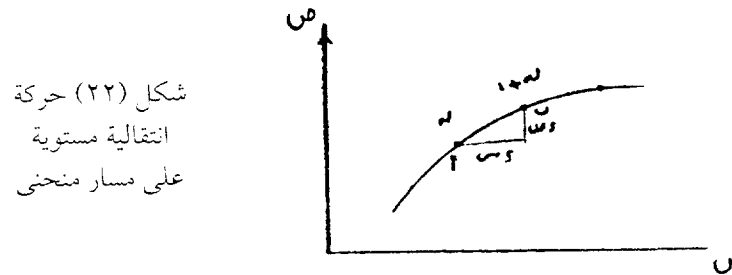
ويستخدم بصفة عامة - وفي تجارب الميكانيكا الحيوية بصفة خاصة - الإحداثيات المتعامدة لبيان المركبات، ويعنى ذلك تقسيم الحركات المسطحة على المسارات المنحنية إلى مجموعتين من الحركات المستقيمة - بعضها فوق بعض - أحدهما أفقية (س) والأخرى رأسية (ص)، وهكذا فإن الحركات الفراغية تنقسم وفقاً لذلك إلى ثلاث حركات مستقيمة بعضها فوق بعض ويرمز لها بالرموز س، ص، م.

ولتحليل الحركة الانتقالية (المستقيمة) على مسار منحنى تتبع الخطوات التالية:

الخطوة الأولى:

حركة الجسم في مستوى درجتان من الحرية هما الإحداثيان اللذان لهما لتحديد موضعه كالإحداثيات الأفقية (س) والإحداثيات الرأسية (ص).

لذلك يجب رسم هذين الإحداثيين بحيث يكون الإحداثي الأفقي (س) موازياً لسطح الأرض، بينما الإحداثي الرأسى (ص) في اتجاه الجاذبية الأرضية وعمودى على سطح الأرض كما في شكل (٢٢).

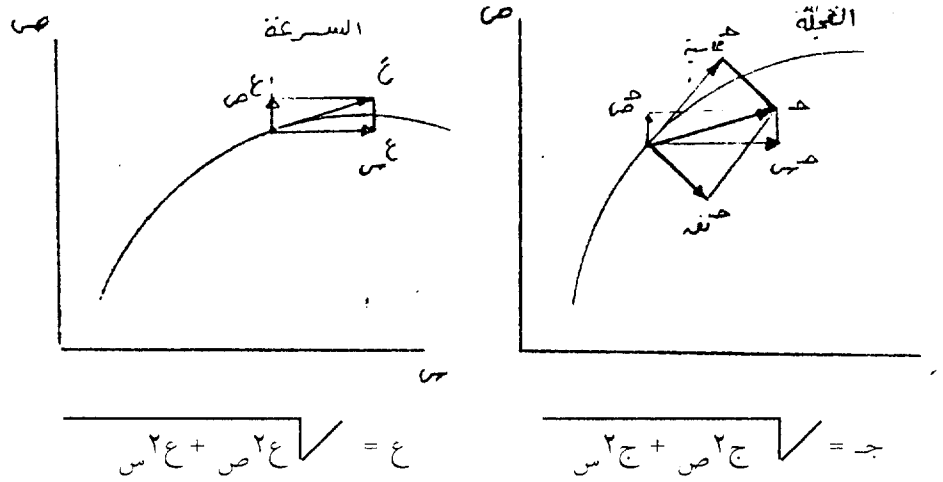


شكل (٢٢) حركة
انتقالية مستوية
على مسار منحنى



الخطوة الثالثة :

نعود مرة أخرى إلى المحورين المتعامدين السيني والصادي ومسار الحركة المستقيمة المنحنية التي هي محصلة حركتين في خطين مستقيمين هما محورا الإحداثيات ثم تعالج كل من هاتين الحركتين علاجا مستقلا ثم تتركب النتائج للحصول على محصلة كل من السرعة أو العجلة في اللحظة موضع الدراسة ولتكن لحظة الوثب أو الهبوط أو أى لحظة خلال المسار الحركي كما في شكل (٢٤).



شكل (٢٤) محصلة كل من السرعة والعجلة في لحظة معينة

وحيث أن اتجاه مركبات السرعات والعجلات سيكون متعامدا في الاتجاهين الرأسى والأفقى، فإن إيجاد المحصلة لهما يمكن أن يتم رياضيا حسب نظرية فيثاغورث، وذلك لا بد أن يكون القياس دقيقا حتى تكون النتيجة صحيحة وسليمة.

ويتضح في الشكل (٢٤) أن العجلة المحصلة (ج) محللة إلى حركتين آخريتين هما العجلة المماسية (ح مماسية)، العجلة القطرية (ح تن).

١- العجلة الزاوية :

تعرف المجلة الزاوية في الحركة الدائرية بأنها معدل التغير في سرعة الزاوية بالنسبة للزمن، وعلى ذلك فإن:

وبالإشارة إلى المعادلة (٢٤) فإن وحدة القوة القادرة على إعطاء وحدة عجلة لوحدة كتلة .

وبنظام (القدم - رطل - ثانية) ستكون القوة القادرة على تحريك جسم كتلته واحد رطل بعجلة مقدارها واحد قدم / ثانية^٢ وتعرف بإسم الباوندال Pounddal (أى وزن رطل) .
وفى النظام الإنجليزى وحدة القوة هى الباوندال (وزن رطل) أما فى الوحدات الدولية تعرف باسم نيوتن ، أى أن «نيوتن» وحدة القوة فى النظام الدولى وهى عبارة عن :
«القوة اللازمة لتحريك الجسم كتلة واحدة كجم بعجلة مقدارها واحد متر / ثانية^٢» .

$$\text{أى أن الباوندال} = \frac{\text{واحد رطل} \times \text{واحد قدم}}{\text{ثانية}^2} , \text{ نيوتن} = \frac{\text{واحد كجم} \times \text{واحد متر}}{\text{ثانية}^2}$$

ولكن فى الحياة العملية لا تستخدم هذه الوحدات المطلقة لأنه يمكن تحديد كيفية حركة هذا الجسم بالمقارنة مع القوة المؤثرة على وزنه إذا كانت بالرطل أو بالكيلو جرام .

ولتقريب ذلك للأذهان دعنا نذكر حركة الجسم تحت تأثير وزنه فقط أى السقوط الحر ، فإنه يكتسب عجلة تزايدية إلى أسفل $\frac{32}{\text{ثانية}^2}$ قدم أو $\frac{9.81}{\text{ثانية}^2}$ متر وهى عجلة الجاذبية الأرضية وعليه فإن القوة (ق) وزن رطل هى التى تعطى الجسم عجلة (ج) تتناسب مع وزن الجسم (و) ويمكن التعبير عن هذه العلاقة بالمعادلة التالية :

$$\frac{ق}{و} = \frac{ج}{جاذبية} \quad (٢٥)$$

أى أن قوة مقدارها (ق) تعطى الجسم عجلة مقدارها جـ ، وزن الجسم فى السقوط الحر (و) يكسب الجسم عجلة مقدارها (جـ جاذبية) .

ولتحقيق هذا التناسب يجب أن تقاس كل من (ق) ، (و) تحت نفس الظروف ، وإذا كانت القوتان مقاستان بنفس الوحدات فإن النسبة بينهما تكون كالنسبة بين عجلتيهما المقاسة أيضا بنفس الوحدات .

الفصل الخامس

كيناتيكا الحركة الانتقالية

-
- ١ - القوة ومواصفاتها التامة .
-
- ٢ - الدفع وكمية الحركة .
-
- ٣ - الشغل .
-
- ٤ - الطاقة .
-
- ٥ - القدرة .
-

مطلقا، وماهى إلا معاملات تستخدم لتحويل القوة من وزن رطل إلى باوندال ومن وزن كيلو جرام إلى «نيوتن» عليه أصبح من الممكن استعمال المعادلة (٢٤) بطريقة علمية .
وهناك نقطتان يجب ملاحظتهما :

الاولى : الرقم الدال على الرطل أو الكيلو جرام فى كتلة الجسم هو نفس رقم وزن الرطل أو وزن الكيلو جرام المعبر عن وزنه .

الثانية : وزن الجسم هو الكتلة $\times$ عجلة الجاذبية الأرضية بالباوندال أو النيوتن .
ومما سبق يتضح أن القوة هى مقادير لها اتجاه، فهى كميات موجهة ولذلك فإنه يلزم لتحديد قوة ما تحديدا قاطعا دقيقا معرفة النقاط التالية :

١ - مقدار هذه القوة .

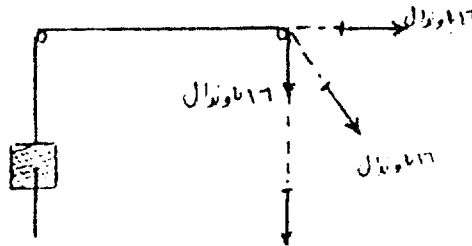
٢ - نقطة تأثير القوة .

٣ - اتجاه القوة .

وإذا ما تساوت قوتان موضوعتان على خط تأثير واحد وكانت إحداهما تضاد الأخرى، فإن هذا يؤدى إلى زوال تأثيرهما الديناميكى أى أن الجسم يكون فى حالة سكون ويعرف ذلك بالتأثير الاستاتيكي للقوة ويستمر هذا التأثير الاستاتيكي للقوة فى حالة استمرار تأثيرهما قائما ويمكن اثبات ذلك باستخدام الميزان الزنبركى .

وتعتمد إحدى خواص متجهات القوة على أنها واقعة على استقامة الخط، وهذا مؤداه، أن القوة يمكنها أن تمتد بطول خط تأثيرها . ولذلك فإن تأثيرها لا يتغير ويظل هذا التأثير انتقاليا فى خط مستقيم حتى عند تغيير مسارها .

ومثال لذلك ما يحدث طوليا لحبل الشد الذى يمر فوق بكرة شكل (٢٥) أو ما يحدث طوليا لجسم الإنسان بالنسبة للعضلات الهيكلية فوق المفاصل .



شكل (٢٥) تنهى خطوط الكمية الموجهة للقوة

الفصل الخامس

كيناتيكا الحركة الانتقالية LINEAR KINETICS

١- القوة ومواصفاتها :

ينص القانون الثانى لنيوتن على أن «معدل التغير فى السرعة أى العجلة لأى جسم مادى يتناسب تناسباً طردياً مع محصلة القوة المؤثرة عليه وهذا التغير يحدث فى اتجاه تأثير القوة» .

ولا يوضح هذا القانون فقط اتجاه العجلة وفقاً لتلك القوة المؤثرة بل أيضاً يعبر عن التناسب بين قيمة الكميات المؤثرة والقصور الذاتى للجسم مستقلاً عن الحركة وهذا الاستقلال الذاتى للجسم لا يحدث إلا عند السرعات العالية مثل سرعة الضوء .

ولقياس القصور الذاتى للجسم يمكن توضيحه هنا على أنه ثابت التناسب بين القوة المؤثرة ويرمز لها بالرمز (ق) على الجسم والعجلة (جـ) وعليه يمكن كتابة المعادلة كما يلى :

$$ق = ك \times جـ \dots\dots\dots (٢٤)$$

حيث ق = القوة، ك = الكتلة، جـ = العجلة .

نظام وحدات القياس :

لعمل الحسابات فى المعادلة (٢٤) فإننا فى حاجة إلى معرفة نظام الوحدات التى يمكن بها قياس المعاملات فى المعادلة (القوة - الكتلة - العجلة) .

والوحدات المستعملة بصفة عامة هى وحدات الطول - الكتلة - الزمن . وفى النظام الإنجليزى نظام (قدم - رطل - ثانية) .

القدم : يمثل وحدة الطول .

الرطل : يمثل وحدة الكتلة .

الثانية : يمثل وحدة الزمن .

وهذه الوحدات سوف نستعملها دائماً فى هذا المرجع .

حقيقة مركز الثقل ومركز الكتلة :

من السهل القول إن فى الأجسام المنتظمة ينطبق مركز الكتلة على مركز الثقل وعليه فإن جميع الأجسام فى حالة السقطات الحرة تكون عجلتها إلى اسفل ، لذا فإن جميع جزئيات الجسم تتحرك تحت تأثير وزنها وتكون هناك حالة انعدام وزن بين جزئيات الجسم ولذلك لاتوجد أى قوة رأسية بين هذه الجزئيات بعضها البعض مما تنعدم أى فرصة للجسم للدوران أثناء حركته خلال سقوطه الحر من السكون، وذلك لأن وزنه لايملك أى عزم حول مركز كتلته المتحرك وفقا لقوانين الحركة، وبالتالي مركز الثقل مما يسبب الدوران ولذلك فإن النقطتين تنطبقان على بعضهما فى (م) وهذا إثبات على أن توزيع الأوزان هو نفسه توزيع الكتلة .

القوى الخطية المباشرة واللامركزية :

من المعروف أن وزن الجسم لايسطيع تحريك الجسم حركة دورانية لأن مركز ثقله يشترك مع مركز كتلته فى نفس النقطة (م)، والوزن (و) هو القوة الخطية المباشرة التى تحفظ الجسم فى حالة توازن عندما يعلق الجسم من النقطة (م) - مركز ثقله - بدون دوران بواسطة قوة أخرى مساوية ومضادة فى الاتجاه، والمهم هو أن القوة الخطية وكذلك مجموعة القوى التى تمر محصلتها فى النقطة (م) ليس لها تأثير دورانى حول النقطة (م) ولا تسبب أى تأثير دورانى على الجسم .

بعكس القوة اللامركزية التى تتميز عن القوى الخطية بأن خط تأثيرها لايمر بالنقطة (م) - مركز الثقل - مما يؤدي إلى حدوث تأثير دورانى لهذه القوة اللامركزية حول النقطة (م) بينما تكتسب النقطة (م) نفس العجلة كما لو كانت القوة خطية إلا أنها تعطى الجسم حركة دورانية حول مركز الثقل .

تطبيق عملي:

تخضر ورقة كرتون أو بطاقة منتظمة أو لوح خشب أبلأكاچ وتقوم بتحديد مركز ثقلها عن طريق وضعها فى حالة اتزان على رأس دبوس بعناية حتى تحدد مركز الثقل الخاص بها، ويتم وضع بقعة حمراء دائرية على نقطة الاتزان ونحيطها ببقعة حمراء . ثم نطلق هذا الكارت ليدور حول نفسه فى الهواء بسرعة حول مستواه، حيث نرى أن البقعة الحمراء هى الوحيدة التى ترسم منحنى بينما الأخرى تتحرك فى دوائر حولها .

مثال :

أثرت قوة قدرها ٤ وزن رطل على جسم وزنه ١٦ رطل ، فأكسبته عجلة ، أوجد مقدار هذه العجلة .

الحل :

$$\therefore \frac{ق}{ج} = \frac{ج}{جاذبية}$$

$$\therefore \frac{٤٠}{ج} = \frac{١٦}{جاذبية}$$

$$\therefore ج = \frac{٣٢ \times ٤٠}{١٦} = ٨٠ \text{ قدم / ث}^٢$$

ويلاحظ أننا لم نتعرض للكتلة في المعادلة (٢٥) ولا في المثال السابق المطبق فيه هذه المعادلة ، إلا أننا سوف نحتاج إلى الكتلة في الحالات التي سوف تقابلنا فيما بعد وعندئذ تطبق المعادلة (٢٤) .

وباجتهادات متعددة أحياناً يمكننا تطبيق هذه المعادلة بقوة مقاسة إما بالوزن رطل أو بالوزن كجم بدلا من وزن رطل أو نيوتن والطريقة المثلى لتطبيق ذلك بدقة تكون وفق ما يلي :

واحد وزن رطل = ٣٢ باوندال .

واحد وزن كيلوجرام = ٩,٨ نيوتن .

وبناء على ذلك إذا عبرنا عن القوة إما بوزن الرطل أو بوزن الكيلو جرام فإن المعادلة (٢٤) يمكن صياغتها كما يلي :

$$٣٢ \times ق = ك \times ح \text{ نظام الإنجليزى}$$

$$٩,٨١ \times ق = ك \times ح \text{ نظام دولى}$$

ولهذا فائدة واحدة هى أننا أدخلنا الكتلة كرمز مستقل بدلا من نسبة واضعين فى الاعتبار دائما أن الأرقام ٣٢ ، ٩,٨١ ماهى إلا أرقام مطلقة وليس لها معنى فيزيائى

وعلى ذلك يمكن إثبات أن القوة الرأسية المتولدة من الجهاز بواسطة الخيط المرن تقوم بعملين في آن واحد فهي تمنع الجسم من التحرك رأسيا إلى أسفل وبالتالي تساعد وزنه، كما يتولد عنها حركة دورانية حول (م) بمعدل أسرع فأسرع حيث يحدث تأثير دوراني مستمر بدون حركة خطية.

وفي حالة مساعدة الوزن يجب أن تكون القوة مساوية ومضادة للوزن وتؤثر في (م)، ولحدوث التأثير الدوراني بدون حركة خطية يحتاج إلى زوج من القوى المتساوية والمتضادة وخط تأثيرهما مختلف بعيدا عن الآخر - أى هناك مسافة بين خط التأثير - ومن الواضح الآن الشد في الخيط له قوة مساوية ومضادة للوزن - ونتيجة للقوى اللامركزية والتي تحدث عجلة دورانية في الجسم يمكن أن تستنتج أن القوة غير المتمركزة تساوى قوة مساوية لها ولكنها تؤثر في مركز الثقل (م) وأيضا ازدواج بسبب الدوران.

ولو قمنا بإجراء هذه التجربة السابقة في الاتجاه الأفقى وذلك بوضع اليويو على سطح أملس - بدون احتكاك - فإن نفس شد الخيط سوف يحقق الشروط السابقة، ويكون أفقيا بدلا من رأسيا ويتحرك الجهاز بعجلة قيمتها حوالي ٣٢ قدم/ث^٢ وذلك في اتجاه شد الخيط بينما حركته الدورانية تزايد بنفس المعدل السابق.

الدفع وكمية الحركة Impuls - Momentum

فيما سبق كان التأكيد على موضوع العلاقة بين الحركة بعجلة والحركة المنتظمة أى بين العجلة والسرعة، وهذا يرجع إلى أن اهتمامنا بتأثير قوى العجلة تأثير حركى مصحوب دائما بتأثير القوة.

ومع أنه فى الحالات العملية لانتهى فقط بالنتيجة الحالية لتطبيق القوة على الجسم ولكن لينصب الاهتمام أيضا بالنتيجة النهائية التى تحصل عليها عندما تؤثر القوة لزمان محدود. لذا يلزمنا معرفة السرعة النهائية للجسم وهى حاصل ضرب عجلته $\times$ الزمن الذى عملت به هذه العجلة وهناك مشكلة غالبا ما نقابلها فى دراسة الحركة الطبيعية، وهى تغير مواصفات العجلة فى كل من القيمة والاتجاه باستمرار الزمن - مع الزمن - نتيجة لتغير القوة فى نفس الفترة.

ولكننا سوف نفترض أن هناك قيمة ثابتة للكميات التى تشملها الدراسة.

مركز الكتلة : Center of Gravity

سبق أن عرفنا خاصيتا تحديد المتجهة وهى القيمة والاتجاه ولقد درسنا ذلك فى متوازى أضلاع القوى ومضلع القوة فى الموضوع الأول من هذا المرجع .

وهذه الدراسة أخذت على اعتبار النقطة المادية ولكن فى حالة جسم متماسك فإن وزن الجسم يكون موزعا على حجمه وعليه فإننا سنعتبر أن وزن الجسم يؤثر فى نقطة واحدة يطلق عليها مركز ثقل الجسم ، وهو النقطة التى يكون فيها خط تأثير عمل القوة (وزن الجسم) متمركزا فيها وهذه النقطة ليست فى مكان ما محدد فى الجسم ولكن تتغير نتيجة لوضع الجسم .

وعلى ذلك يجب علينا عند دراسة الأجسام المادية معرفة ماهو المقصود بالعجلة والسرعة ووضع الأجسام خاصة إذا كانت فى شكل غير منتظم وغير متماسك .

وهناك تصور آخر لوضع الأجسام المتماسكة ذات الحجم الكبير لتتلاءم مع قوانين الحركة المعمول بها للجسيمات أو النقاط المادية .

ويمكن أن يتم هذا التصور عن طريق استبدال الكتل الموزعة لأى جسم بجسم آخر مساو له فى الكتلة وهذه الكتلة أو الجسم يكون فى وضع يتلاءم مع مساحة الجسم الكلى وخاضعا لقوانين الحركة بغض النظر عن تأثير القوة على هذا الجسم المكافئ له .

هذا هو تصور مركز الكتلة ومن الضروري إدراك خواصه الأساسية وهى خاصية الحركة تحت جميع الظروف وفقا لقوانين الحركة وهذه الخاصية التى تؤكد لنا الترابط التام فيما يتعلق بالحركة الخطية للتركيب المعقد لجسم الإنسان والتوزيع المختلف للكتلة .

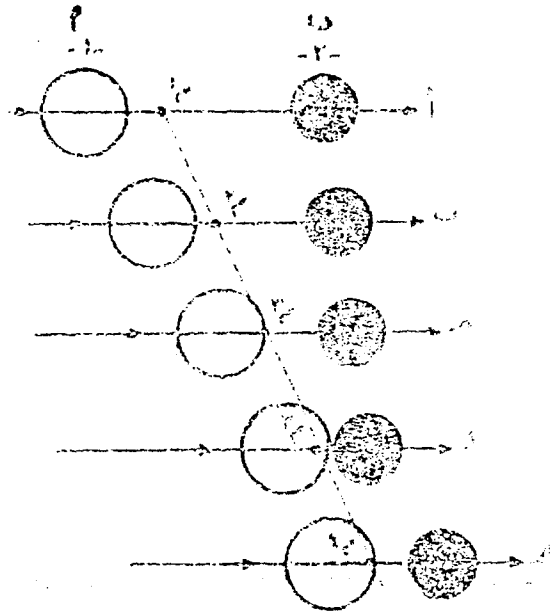
وعليه مهما كان هناك من تعقيدات للحركة ، فإن الجسم له خاصية معينة للحركة من البداية أو من تحركه من السكون - وسرعة مركز الكتلة يعتمد أساسا على شكل القوة وكذلك فإن عجلته عند ذلك لها قيمة واتجاه بواسطة القوة المحصلة المؤثرة على الجسم .

لذلك فإنه عند السقوط الحر للجسم يكون لمركز كتلته عجلة إلى أسفل مشتركة مع جميع النقط المادية المكونة للجسم .

وعلى سبيل المثال الشكل (٢٨) خلال التصادم بين الجسمين (أ، ب) لنفرض أولا أنهما كانا يتحركان في نفس الاتجاه وأن الجسم (أ) يتحرك بسرعة أكبر من الجسم (ب)، فإن القوة الناجمة من (أ) على (ب) في الاتجاه الأمامي في كل الوقت مساوية لتلك الناتجة من (ب) على (أ) في الاتجاه العكسي. ليس هذا فقط، وإنما القوى تؤثر لحظيا في فترة زمنية محدودة لذا فهي تتبع الدفع الأمامي - حاصل كمية الحركة الأمامية - المعطى إلى (ب) ويكون مساويا للدفع العكس - النقص في كمية الحركة الأمامية. الناتج من (أ)، وبناءً على ذلك نصل إلى نتيجة هامة وهي أن القوى المتبادلة بين الجسمين لم تعمل ذلك لأن الفرق بسيط لكمية الحركة للنظام ككل - أي أن التغيير في كمية الحركة للنظام ككل = صفر - لأن المعطى بواسطة عضو منه يفقد بواسطة الآخر في نفس الاتجاه، هذا القانون هو قانون حفظ الطاقة أو كمية الحركة وهو ذا أهمية كبرى في الميكانيكا ويمكن تطبيقه على الأفعال المتبادلة بين مركبات الأجسام في أي نظام.

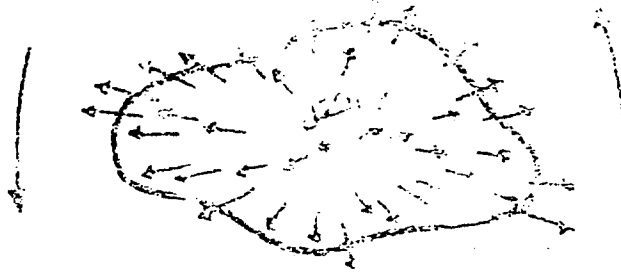
دور الأرض:

يعرف الدفع بأنه الكمية التي يمكن أن تزيد بالتحديد مع الزمن وهو دائما مصحوبا



شكل (٢٨) التصادم بين جسمين أ، ب

يوضح شكل (٢٦) الحالة الديناميكية لهذا الجسم حيث يبين فيه اتجاه الأسهم التغيير فى قيمة واتجاه قوة الطرد المركزى المتولدة فى الكارت الدائر حول نفسه نتيجة لبعض أجزاء عناصره المتمركزة حول النقطة (م) والقوى جميعها متجهة بعيدة عن (م) وجميعها تحاول تحريك النقطة (م) بعيدا عن مكانها فى مركز الدوران .

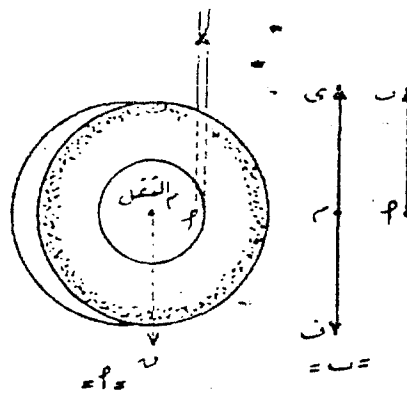


شكل (٢٦) الحالة الديناميكية لقوة الطرد المركزى

وتعتبر النقطة (م) هى النقطة الوحيدة التى ليس لها عجلة ذاتية (محلية) لذا فهى النقطة الوحيدة التى عندها تتلاشى جميع هذه القوى .

وهذه القوى الداخلية جميعها تصبح ذات تأثير أكبر للأجزاء البعيدة لهذا الكارت وليس لها تأثير على حركة الجسم ككل .

ولإيضاح عمل مركز الكتلة تحت تأثير قوى مركزية يمكن عمل تجربة باستخدام جسم (يويو) وهو الجسم الذى يمكن من الحركة بعجلة تزايدية إلى أسفل رأسيا بواسطة قوة رأسية إلى أعلى تؤثر عن طريق خيط مرن وبسرعة دائمة كما فى شكل (٢٧) .



شكل (٢٧) تأثير القوى المركزية على مركز الكتلة

وتعرف قوة رد فعل الأرض بأنها مقاومة سطح الأرض والتي يمكن قياسها بواسطة بعض الأجهزة، وإذا كانت مقاومة سطح الأرض صغيرة جداً أو غير كافية فإن رد الفعل سوف يتلاشى.

ولنعود لمحاولة تطبيق قانون نيوتن على شكل (٢٨) حيث يمكن معاملة الجسمين على أنهما نظام بسيط معزول له مركز مشترك وحدث للنظام فعل متبادل بين حركتي الجزئين، ويمكن بالطبع أن تحدث الحركة لكلا الجزئين بالنسبة لمركز الثقل.

إن إحدى الكرتين لا يمكن أن تبقى في حالة سكون بينما تتحرك الأخرى، وعلى ذلك يجب أن تأخذ القياسات ليس بالنسبة لسطح الأرض ولكن بالنسبة لمركز الكتلة المشترك للأرض وكل شيء عليها أو قريب منها.

وعلى أية حال كتلة الأرض الكبيرة تؤكد لنا أن لا شيء يمكن عمله إلا وله تأثير قياسى إما على وضعه أو دورانه، ويمكن أخذه ببساطة كما لو كان خزاناً كبيراً محدوداً أو منبع لكمية الحركة الذى يبقى غير متأثراً بالتغيرات لكمية الحركة التى تحدث به.

الحرارة الناتجة خلال مجموعة أجسام :

من المناقشة السابقة علينا أن نقدر قيمة أن أى دفع تكون غالباً مصحوبة بتغير ملائم فى كمية الحركة وأن الدفعات الداخلية لا تسبب تغيراً فى كمية الحركة الكلية التى يمتلكها مجموعة أجسام تكون فيما بينها نظاماً كما فى شكل (٢٨)، فإن كمية الحركة يمكن تمثيلها بواسطة الكتلة للنظام ككل، ولنفرض أنها تتركز فى (م) وتتحرك عندما تتحرك (م) ولا تتغير نتيجة أى تفاعل بين مركبات الأجزاء.

إن التصادم الحادث فى شكل (٢٨) بين الكرتين (أ، ب) سوف يغير من سرعتيهما للاقتراب من (م) إلى سرعات الابتعاد ولكن هناك تأثير هام وهو أن سرعتيهما عند الابتعاد عن (م) وعن بعضهما أقل من سرعتيهما عند الاقتراب.

وأكثر من ذلك تبين التجربة أن التصادم لو أعيد بثبات - على سبيل المثال بواسطة خيط مرن يربطهما معا - نلاحظ أن (أ، ب) سوف ينقصان بواسطة سرعات صغيرة كلما حدث التقارب حتى يصلان معا بصفة دائمة عند (م)، وهذه الظاهرة هى نقص

لنفرض أن القوة (ق) ولناخذها إما بوزن الرطل أو بوزن كجم كما ذكر فيما سبق وباستخدام نفس المعادلة (٢٤)، وكما هو الحال في القانون الثاني قدم/ رطل/ ثانية النظام المترى على التوالى لنحصل على:

$$٣٢ \times ق \times ن = ك \times ح \times ن = ك \times ع \dots \dots \dots (٢٦)$$

$$\text{أو } ٩,٨ \times ق \times ن = ك \times ح \times ن = ك \times ع \dots \dots \dots (٢٦ \text{ أ})$$

ويعرف الطرف الأيمن للمعادلة على أنه الدفع، الطرف الأيسر من المعادلة على أنه كمية الحركة.

وإنه لمن الضروري الإشارة إلى أن الدفع وكمية الحركة^(١) كلاهما متجه مصاحبين لبعضهما وفقا للقانون الثاني للحركة، وأن القوة التي تؤثر في اتجاه ما لزم من قصير سوف تكسب الجسم كمية حركة في نفس الاتجاه عدا كمية الحركة التي يمتلكها الجسم أصلا.

حفظ كمية الحركة : Conservation of Momentum

يمكن إظهار اخالة الاستاتيكية لجسم موضوع على أرض أفقية عن طريق الغاء القوى المتساوية والمضادة للوزن ورد فعل الأرض وهذا وفقا للقانون الأول للحركة والذي ينفي وجود محصلة أى قوة خارجية عندما لا توجد عجلة.

لو أخذنا هذا التساوى بين القوى ورد فعل الأرض ممكن أن تمتد لتشمل الحالات التي تظهر فيها قوى بواسطة حركة الأجسام المتلامسة التي تؤثر على بعضها البعض، وعليه يمكن تعريف القانون الثالث كما يلي:

«لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه»

والفعل هو تأثير القوى على جسم ما، أما رد الفعل فهو تأثير القوة المضادة لهذا الجسم على الجسم الأول.

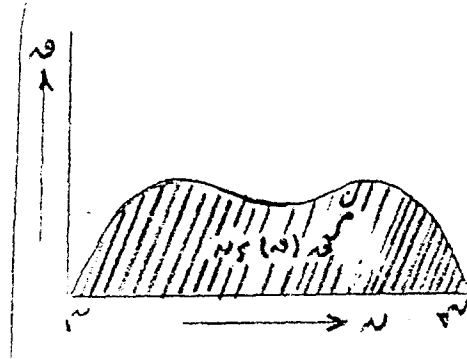
(١) كمية الحركة : من ملاحظتنا اليومية نعرف أنه لو حاولنا أن نحرك جسمين مختلفي الكتلة بسرعة واحدة، فإننا نحتاج إلى التأثير بقوة أكبر على الجسم ذي الكتلة الأكبر. وأيضا إذا حاولنا تحريك جسم بسرعة ما ثم حاولنا تحريكه بسرعة أكبر من السرعة الأولى، فإننا نحتاج إلى بذل مجهود أكبر، بمعنى أننا نحتاج إلى التأثير بقوة أكبر، لذلك لكي نقارن بين حركة جسمين لابد أن نضع في الاعتبار كتلتيهما وسرعتيهما معا، ولقد عبر نيوتن عن المقياس الناشئ من الكتلة والسرعة بكمية الحركة وتعريفها هو «حاصل ضرب كتلة الجسم × سرعته اللحظية»
الدفع = القوة × الزمن = التغير في كمية الحركة.

وأشكاله المتعددة ويجب أن تعرف أنه إذا كان اتجاه الدفع في اتجاه الحركة سمي الدفع بالدفع المركزي، وإذا كان الجسم متجهها في خط سير الدفع سمي بالدفع في خط مستقيم.

ويلاحظ أن القوة بشكل خاص في الحركات الرياضية غير ثابتة المقدار مدة تأثيرها ديناميكيا أى متغيرة بصفة دائمة: النسبة للزمن، وعلى ذلك فإن مقدار المساحة يمثل لنا دفع القوة بين زمنين مع مراعاة دالة «القوة - الزمن» ويكون مقدار المساحة مساويا للتغيير الخاص بكمية الحركة فيما يتعلق بالجسم المتحرك بعجلة تزايدية أو تقصيرية في هذا الزمن.

ويمكن التوصل إلى معرفة المساحة الواقعة بين منحنى الدالة والإحداثيات بطريقة الرياضيات باستخدام تكامل الدالة خلال زمنين معينين. ولذلك فإن الصياغة العامة التي يعطيها لنا علم الرياضيات والتي تحدد العلاقة بين دفع القوة والتغير في كمية الحركة تكون كما هو موضح على أساس الشكل (٣٠).

$$\int_{t_1}^{t_2} F dt = \Delta p \quad (٣٠) \dots\dots\dots (٢٧)$$



شكل (٣٠) دفع القوة في حالة القوة المتغيرة

إن العلاقة بين الزمن والقوة بالنسبة للحركات الرياضية ليست دالة يمكن تحليلها باستخدام الرياضيات بشكل عام. ويترتب على ذلك عدم القدرة على إيجاد التكاملات المضبوطة عن طريق علم الرياضيات، ولذلك فإن الفرد يضطر الى التقريب بما يجعل من الممكن إيجاد المساحات المحصورة بين منحنيات القوة والزمن

بدفع آخر مساو له فى المقدار ومضاد فى الاتجاه ويزيد أيضا نفس الزيادة مع الزمن، ولاشك أن جميع حركات الإنسان هى نتيجة لرد الفعل ولكننا لا نستطيع بسهولة ملاحظة رد الفعل لهذه الحركات لأن الجسم الآخر هو الكرة الأرضية.

وفى مثال الاتزان الاستاتيكي لجسم واقف على الأرض، نجد أن كمية الحركة إلى أسفل تمنع من الزيادة بواسطة دفع معاكس لايسير مع الزمن بنفس المعدل وفقا لوزن الجسم. ولكن عند اعتبار أصل هذه القوة يجب أن تدخل الأرض فى المناقشة.

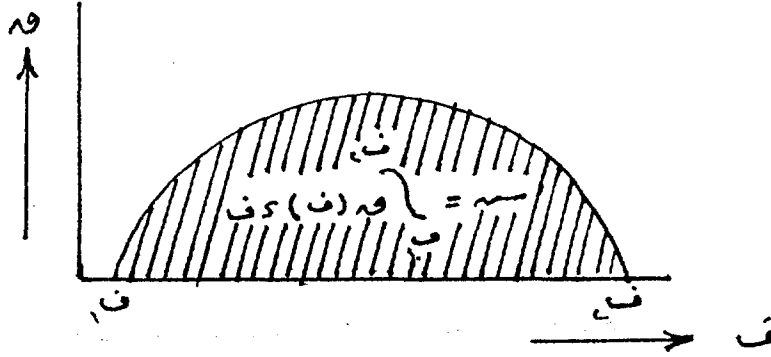
وبناء على عدم وجود الدفع لا يحدث زيادة فى كمية الحركة وعلى ذلك لو فكرنا فى هذا كنظام من جسمين علينا أن ندرك أن القوة التى تجذب الجسم الصغير إلى الأرض مساوية ومضادة فى الاتجاه لتلك التى تجذب الأرض إلى الجسم الصغير، ولتتبع هذه الزيادة فى كمية الحركة إلى أسفل بواسطة السقوط الحر للجسم تكون مساوية للزيادة فى كمية الحركة إلى أعلى بواسطة الأرض لأن كلاهما يأتى معا، وعندما يحدث التصادم فإن كمية الحركة المتساوية والمتضادة تنتهى عن طريق الدفع الذى يحدث عند التلامس - أى أن الدفع = التغير فى كمية الحركة.

وعلى أى حال نحن لانغير اهتماما لقوة جذب الأجسام الصغيرة القريبة من الأرض.

وكنتيجة للقانون الثالث لنيوتن، نلاحظ أن القوى الموجودة فى الطبيعة تحدث أزواجا كل زوج منها من قوتين متساويتين فى المقدار ومتضادتين فى الاتجاه وتعملان فى خط واحد، وقد يظهر لنا أن وجود القوى أزواجا متساوية ومتضادة يؤدي إلى توازنها فيندم أثرها فى حركة الأجسام فتستمر فى حركتها بسرعة منتظمة كما فى (أ) شكل (٢٨) - تثبت فى مواضعها - ولكن هذا غير صحيح إذ أن هناك دائما قوى أخرى تعمل على التغلب عليها لوجود بعض العوامل الهامة كالاحتكاك ومقاومة الهواء.

وظاهرة الارتقاء فى النشاط الرياضى تعطى ضوء على هذا القانون فالدفع الذى يدفع به اللاعب الأرض يسبب رد فعل مساو له فى المقدار، ومضاد له فى الاتجاه ولكن لاختلاف الحجم فإن الأرض لا تتحرك من تحت قدم اللاعب، ولكن اللاعب فى هذه الحالة هو الذى يتحرك وذلك حسب زاوية الارتقاء وقوة دفع اللاعب للأرض.

ويكون الشغل ممثلاً بمساحة المستطيل المظلل . أما إذا كانت القوة متغيرة فلا يكون الشكل مستطيلاً وإنما يكون تكامل المسافة لهذه القوة المتغيرة شكل (٣٢) .



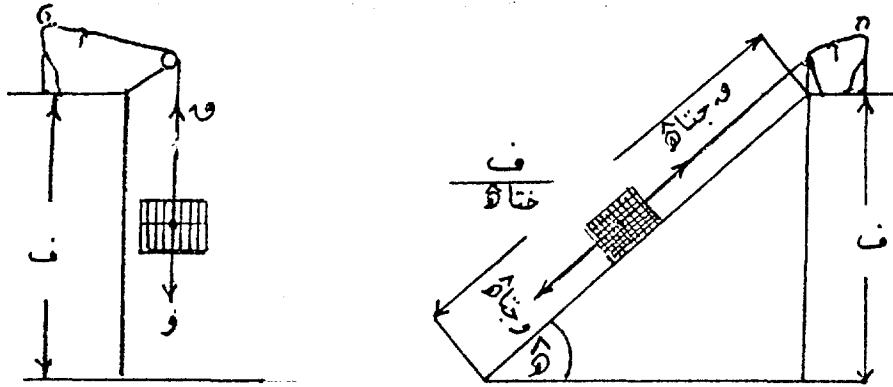
شكل (٣٢) الشغل كتكامل للمسافة في حالة تغيير القوة

فإذا رفع جسم وزن (و) إلى أعلى لمسافة قدرها (ب) فإن ذلك يتطلب شكلاً قدره :

$$ش = و \times ف \dots \dots \dots (٢٨)$$

ولا يكون هناك اختلاف إذا كان الجسم يرفع عمودياً أو على سطح مائل حيث يتم

في الحالتين إنجاز نفس الشغل شكل (٣٣) :



$$ش = و \cdot ف$$

$$ش = و \cdot جتا \theta \cdot \frac{ف}{جتا \theta} = و \cdot ف$$

شكل (٣٣) تشابه الشغل رغم اختلاف المسافات بسبب ثبات الوزن وارتفاع مكان الرفع

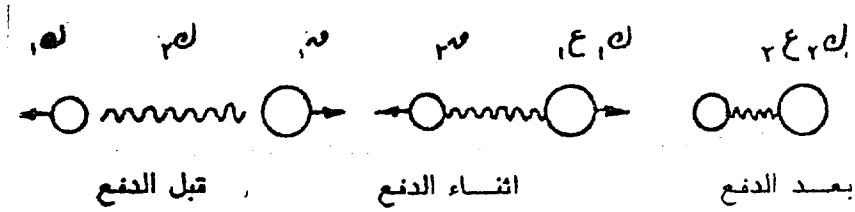
ويدلنا هذا المثال المبسط على أن الشغل ليس مقدراً له اتجاه - ليس كمية موجهة -

إنما هو مقياس .

فى السرعة النسبية لمكونات الأجزاء لنظام معزول - بغض النظر عن الطريقة التى يحدث بها - يكون مصحوبا بتوليد حرارة، فإن الأجسام تصبح ساخنة عندما تنقص سرعتها النسبية وهذا مثال على تجريد الطاقة، طاقة الحركة تحولت إلى طاقة حرارية .

أمثلة على الدفع فى حركات الإنسان .

من دراستنا لقانون رد الفعل عرفنا أن هناك قوتين مؤثرتين بين كل كتلتين حرتين متحركتين، وهاتان القوتان لهما نفس المقدار ومتضادتان فى الاتجاه ومن ثم الأمثلة فى حياتنا اليومية كثيرة منها لو حاول المرء أن يبعد قاربان أو عربتان عن بعضهما فإنهما سوف يتحركان ولكن فى الاتجاه المضاد . كما أنه لو وضع جلتين فى حركة حرة بينهما زنبرك مضغوط، فعندما ينطلق الزنبرك فإننا نلاحظ تحرك كل من الكتلتين بقوتين متساويتين ولكن فى اتجاهين متضادين كما فى شكل (٢٩) .



شكل (٢٩) تطبيق بيانى لإيضاح رد الفعل

كما أن تساوى ضغط اليد على جلة حديدية أثناء الدفع يحدث دفعا آخر من الجلة على اليد يساوى دفع اليد على الجلة .

وانتقال الدفع له أهمية خاصة فى الحركة البشرية وخاصة فى الحركات الرياضية، وبما أن الدفع هو تصادم جسم متحرك بجسم آخر ثابت أو متحرك فإنه يحدث نتيجة لذلك ضغطا بين هذين الجسمين وينتج تغير فى السرعة، وتسمى هذه القوة بالدفع ومن أهم الأمثلة فى الحركات الرياضية انتقال الدفع من كتلة الجسم إلى أداة كما يحدث فى دفع الجلة ورمى القرص أو الرمح فى ألعاب القوى والتصويب على الهدف فى الألعاب الجماعية، وانتقال الدفع من الجهاز إلى كتلة الجسم كما يحدث فى آخر الارتقاء على سلم القفز فى حصان القفز فى الجمباز أو أخذ الارتقاء على سلم الوثب المتحرك فى الغطس والدفع الناتج فى العدو وأيضا فى حركات الوثب والقفز بأنواعه

٢ - طاقة الحركة : Kinetic Energy

نعلم من دراستنا فى كينماتيكا الحركة الخطية أنه إذا أثرت قوة فى جسم كتلة (ك) وتحرك بعجلة مقدارها (جـ) فإن سرعته النهائية هى :

$$ع = \sqrt{ع^2 \text{ صفر} + ٢ ج ف}$$

$$\text{وأن } ع^2 - ع^2 \text{ صفر} = ٢ ج ف = \text{صفر}$$

حيث (ف) المسافة التى يقطعها الجسم عندما تزداد سرعته من ع صفر إلى ع ويتتج من ذلك :

$$ع^2 - ع^2 \text{ صفر} = ٢ ج ف$$

وبضرب طرفى المعادلة فى $\frac{1}{2}$ ك يتتج أن :

$$\frac{1}{2} ك ع^2 - \frac{1}{2} ك ع^2 \text{ صفر} = ك ج ف$$

$$\text{ولكن } ك ج = ق$$

$$\therefore \frac{1}{2} ك (ع^2 - ع^2 \text{ صفر}) = ق \times ف \dots \dots \dots (٣١)$$

والطرف الأيمن من المعادلة هو طاقة الحركة أما الطرف الأيسر فهو طاقة الوضع .

ويمكن تحويل طاقة الوضع إلى طاقة حركة وبالعكس والمثال التالى للاعب الجمباز خلال أداء الدائرة العظمى على جهاز العقلة شكل (٣٤) يوضح تحويل طاقة الوضع إلى طاقة حركة ونجد أن سرعة مركز ثقل جسم اللاعب فى هذا المثال تكون مساوية للصفر عندما يكون فى أعلى وضع له ولذلك فإنه لا توجد طاقة حركة فى هذا الوضع . بينما تكون طاقة الوضع هنا أكبر ما يمكن لأن الارتفاع (ف) وهو بُعد مركز ثقل الجسم عن الأرض يكون أكبر ما يمكن وقد تحتق هذا الارتفاع بواسطة مرجحة الجسم التى عملت على رفع مركز ثقله (و) إلى هذا الوضع . وعند نزول الجسم لأسفل إلى قاع المرجحة - أقل ارتفاع ممكن - تكون طاقة الوضع مساوية للصفر لأن المسافة (ف) تصبح عندئذ صفراً ، ولكنها تتحول إلى طاقة حركة حيث تصبح سرعة الجسم عندئذ أكبر ما يمكن ، وعلى ذلك نرى أن طاقة الوضع تتحول إلى طاقة حركة .

باستخدام طرق تخطيطية (مم²) أو (سم²)، كما يمكن حساب وحدات القياس الخاصة بالقوة والزمن المستخدمة في المنحنيات بتحويلها إلى (كج.م/ث) أى وحدة القياس الخاصة بالدفع.

الشغل : WORK

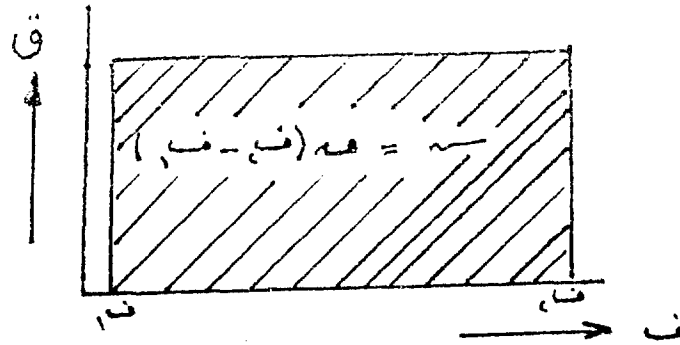
يكثر استخدام اصطلاح الشغل فى الحياة اليومية، ويفهم الفرد هذا المضمون بشكل عام، على أنه التغلب على مقاومة ما. ويقصد عند التحدث عن العمل العضلى فى علم الفسيولوجيا بالتوتر العضلى سواء أكان ذلك فى صورة تأثير قوة استاتيكية أى انقباض ثابت - أو ديناميكية.

أما الميكانيكا فعلى العكس من ذلك لا تعرف سوى تقدير حسابى قاطع لمدلول الشغل، وله تعريف محدد ويشترط فيه حركة الجسم بتأثير القوة ويرمز له:

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

فإذا أثرت قوة ثابتة فى جسم وحركته، فإن مقدار الشغل يزداد بزيادة المسافة وفى كل حالة يكون مساويا لحاصل ضرب القوة فى المسافة.

فإذا رسمنا محورين متقاربين ومتعامدين أحدهما أفقيا لتمثيل المسافة والآخر رأسيا لتمثيل القوة ورسمنا خطا بيانيا يربط القوة بالمسافة فإنه يكون مستقيما يوازي محور المسافة شكل (٣١).



شكل (٣١) الشغل كتكامل للمسافة فى حالة ثبات القوة



وكثيرا ما يختار الشخص فى الحياة اليومية المسافة الأطول لتسهيل الشغل، إلا أن هذا الأمر لا يؤدى إلى توفير كمية الشغل، حيث تنطبق القاعدة الذهبية للميكانيكا على هذه الحالة كما موضح فى الشكل (٣٣) كمثال لرافعة. ويكفى للتعرف على تلك القاعدة الذهبية معرفة معادلة الرياضيات التالية:

$$ق_١ \times ف_١ = ق_٢ \times ف_٢ \dots\dots\dots (٢٩)$$

ويتساوى الشغل المبذول فى طرفى المعادلة. ويتم فى حالة حركات الإنسان أن يتولى الجهاز العصبى المركزى توجيه نظام روافع مركبة، تتكون من عظام ومفاصل وعضلات. وإذا ما راعينا القاعدة الذهبية للميكانيكا، فإننا نلاحظ وجود روافع عظمية كثيرة عند حدوث ذلك.

الطاقة : Energy

توجد أنواع كثيرة من الطاقة منها الطاقة الحرارية، الطاقة الكهربائية والطاقة الميكانيكية، وسوف يقتصر الحديث فى هذا المرجع عن الطاقة الميكانيكية التى تشمل:

١- طاقة الوضع.

٢- طاقة الحركة.

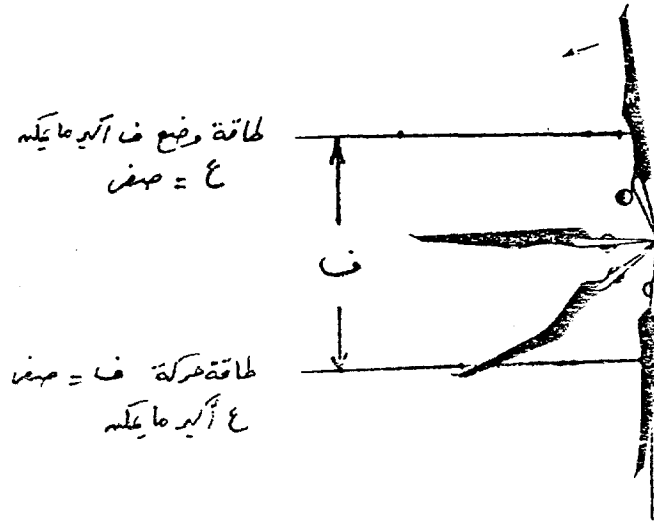
١- طاقة الوضع : Potential Energy

من الممكن أن تكمن فى جسم ما قدرة معينة من الشغل على أساس وضعه، وعلى سبيل المثال: عند رفع جسم من الأجسام وزنه (و) إلى ارتفاع قدره (ف) فإنه يكون من اللازم بذل شغل قدره (و × ف) ولا يذهب هذا الشغل سدى بل يكون فى صورة طاقة كامنة، ويمكن للجسم إعادة استخراج هذه الطاقة الكامنة أو الوضعية عند الاحتياج إليها. وهذا ما يقوم به فعلا عندما يلتقى به الشخص من هذا الارتفاع إلى أسفل.

ويتساوى مقدار الطاقة الكامنة مع الشغل المطلوب بذله لرفع الجسم وفق المعادلة

التالية :

$$ش = و \times ف = ط \text{ وضع} \dots\dots\dots (٣٠)$$



شكل (٣٤) طاقة الوضع خلال الدائرة العظمى على جهاز العقلة

وفي حالة التحول الكامل للطاقة يمكن أن تكون معادلة الطاقة كما يلي :

طاقة الوضع + طاقة الحركة = مقدار ثابت

$$\text{و } \times \text{ ف} + \frac{E^2}{2} = \text{مقدار ثابت} \dots\dots\dots (٣٢)$$

ولكن في مثل هذه الحالة السابقة لاشك أن جزء من طاقة الوضع يتحول إلى طاقة حرارية يحس بها اللاعب عندما يمسك عارضة العقلة ولذلك تكون المعادلة كما يلي :

$$\text{طاقة الوضع} + \text{طاقة الحركة} + \text{الطاقة الحرارية} = \text{مقداراً ثابتاً} \dots\dots\dots (٣٣)$$

القدرة : Power

كثيراً ما يستخدم لفظ القدرة أيضاً في حياتنا اليومية العامة فيقال إن اللاعب لديه قدرة على الوثب مثلاً أو القفز من فوق جهاز ماء، والواقع أن ذلك يعتبر من الناحية الميكانيكية شغلاً بينما العداء الذي يجري ١٠٠ متر مثلاً هو الذي لديه القدرة من الناحية الميكانيكية، لأن القدرة هي شغل مرتبط بزمن معين. فإذا جرى العداء ١٠٠ متر دون التقيد بزمن فهو في الواقع ينجز شغلاً، وعلى ذلك يمكن أن نعبر عن القدرة بالمعادلة التالية :

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}} \dots\dots\dots (٣٣)$$

فإن عزم القصور الذاتى يحدد قيمة العجلة الزاوية التى يكسبها الجسم نتيجة لتأثير ازدواج معلوم حول محور ثابت يدور حول الجسم، هذا الازدواج هو العزم الدورانى .

ففى حالة كتلة تتحرك فى مسار دائرى حول مركز دوران بعيدة عنه خارج نفس الجسم كالعداء الذى يجرى فى مضمار دائرى الشكل مثلاً نجد أنه إذا كان نصف قطر دائرة المضمار ١٠٠ متر، وكان هناك عداء آخر يجرى أيضاً فى مضمار آخر له نفس مركز دوران المضمار الأول ولكن نصف قطره هو ٥٠ متر فقط، فإن كل من العدائين سوف يجرى بسرعة زاوية واحدة بمعنى أن كل منهما سوف يقطع مقادير متساوية من الزوايا فى الفترات الزمنية المتساوية أى أنهما سيصلان معا فى النهاية ، كما أن مركز الدوران ثابت بالنسبة لهما . ولكى يتحقق ذلك أى وصول العدائين فى النهاية معا لابد أن يجرى العداء الذى فى المضمار الأكبر (نق = ١٠٠ م) بسرعة محيطية أى سرعة خطية تعادل ضعف السرعة المحيطية للعداء الذى يجرى فى المضمار الأصغر (نق = ٥٠ م) على الرغم من أنهما يجريان بسرعة زاوية متساوية، كما أن معدل طاقة الحركة بالنسبة له سيكون أربع أضعاف طاقة الحركة بالنسبة للاعب الذى يجرى فى المضمار الأصغر حيث أن معادلة الطاقة هى :

$$ط ح = \frac{ك}{٢} ع^٢ \dots\dots\dots (٣٥)$$

وإذا أردنا معرفة تأثير نصف قطر الدوران على الطاقة فيمكن صياغة المعادلة على النحو التالى :

$$٠٠ : ع = نق . ي ، ي = السرعة الزاوية$$

$$٠٠ : ط ح = \frac{ك}{٢} نق^٢ . ي^٢ \dots\dots\dots (٣٦)$$

$$حيث ط ح = طاقة الحركة الدورانية .$$

وهكذا فإن طاقة الحركة تتغير بتغير مربع نصف قطر الدوران عند ثبات السرعة الزاوية .

أما عند حركة الدوران لجسم ممتد - كلاعب الجمباز على جهاز العقلة - فإن جزيئات الكتلة لجسم هذا اللاعب يكون لكل منها على حدة مسافات المتباينة بعدا عن مركز الدوران - أنصاف أقطار مختلفة - ، وبناء عليه فإن مقادير الطاقة المبذولة تكون

الفصل السادس

كيناتيكا الحركة الدائرية

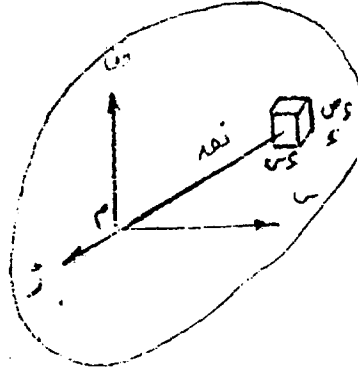
-
- ١ - عزم الدوران .
 - ٢ - عزم القصور الذاتي .
 - ٣ - دفع الدوران .
 - ٤ - طاقة الحركة الدورانية .
-

فإذا فرضنا أن جسيمات الكتلة (د ك) تتراوح من حيث قيمتها.

$$\text{ض} = \int \text{نق}^2 \text{دك} \dots \dots \dots (٣٧\text{أ})$$

أما بالنسبة للجسم ذى الكثافة الثابتة (ث) فإنه يمكننا أن نكتب المعادلة التالية وتستبدل فيها تفاضل الكتلة (دك) كما هو موضح فى المعادلة شكل (٣٥).

$$\text{دك} = (\text{ث}) (\text{دس}) (\text{دص}) (\text{دز})$$



شكل (٣٥) التعبير عن
عزم القصور الذاتى للكتلة

وبذلك تكون صورة تكامل عزم القصور الذاتى للكتلة كما فى المعادلة التالية:

$$\text{ض} = \text{ث} \int \int \int \text{نق}^2 (\text{دس}) (\text{دص}) (\text{دز}) \dots \dots \dots (٣٧\text{ب})$$

ويلاحظ أن وحدة القياس تكون كجم. م^٢، ووفقا لقاعدة شتاين يمكن حساب عزم القصور الذاتى عند الممارسة العملية شكل (٣٦)، حيث يقول شتاين فى تلك القاعدة «أن عزم القصور الذاتى لجسم ما بالنسبة لمحور دورانه الذى لا يمر خلال مركز ثقله يساوى عزم القصور الذاتى لهذا الجسم بالنسبة لمحور مركز ثقله مضافا إليه مقدارا قدره (ك نق^٢)».

$$\text{ض م} = \text{ض م}^- + \text{نق}^2 \text{ك} \dots \dots \dots (٣٨)$$

حيث ض م^- = عزم القصور الذاتى حول النقطة (م)، ض م^- = عزم القصور الذاتى لمركز ثقل الجسم، نق = المسافة بين مركز ثقل كتلة الجسم ومحور الدوران، ك = كتلة الجسم.

الفصل السادس

كيناتيكا الحركة الدائرية

ANGULAR KINETICS

١ - عزم Rotation Motion :

أشرنا فيما سبق إلى أنه في حالة عدم مرور خطوط تأثير القوى بمركز ثقل كتلة الجسم التي تؤثر عليه تنشأ حركة دورانية، تتطلب دراستها التعرف على عزم الدوران، وعزم القصور الذاتي للكتلة، ودفع الدوران.

عزم الدوران Moment

هو حاصل ضرب القوة (ق) في المسافة العمودية (ف) بين خط عملها ومركز دوران الجسم وعلى ذلك يمكن القول بأن عزم الدوران يتواجد طالما كان هناك مسافة عمودية بين خط عمل القوة المؤثرة ومركز ثقل كتلة الجسم في حالة الحركة الحرة، ويتسبب عزم القوة في اكتساب الجسم عجلة زاوية، بمعنى أن يكتسب الجسم حركة دائرية ذات عجلة حول مركز ثقل الجسم، ويعبر عن ذلك بالمعادلة التالية:

عزم الدوران = القوة × المسافة العمودية

$$م = ق \times ف \dots \dots \dots (٣٤)$$

ونظرا إلى أن قيمة عزم الدوران هي عبارة عن ناتج ضرب القوة في المسافة الرأسية (أو نصف قطر الدوران)، فإن وحدة القياس تكون بالكيلو جرام . متر، وعلى ذلك فإنه من الممكن لقوتين كبيرتين مختلفتين إحداث نفس عزم الدوران، إذا ما كانت النسبة بين القوتين تساوى عكس النسبة بين ذراعيهما.

$$\left(\frac{ق_١}{ق_٢} = \frac{ف_٢}{ف_١} \right)$$

٢ - عزم القصور الذاتي MOMENT OF INERTIA

في الحقيقة أن عزم القصور الذاتي هو العامل الذي يؤثر في الحركة الدائرية نفس تأثير الكتلة في الحركة الانتقالية، كما أن كتلة الجسم تحدد قيمة العجلة الخطية التي تكسبها إياها وهي قوة معلومة تؤثر عليه.

Angular Momentum في الجزيئات

مجلس اجلاس و محاضرات و اجلاس
مجلس اجلاس و محاضرات و اجلاس

مختلفة أيضا مع مراعاة أن المجموع الكلى لمقادير الطاقة لجميع أجزاء الكتلة تنتج لنا مجموع طاقة الحركة الكلية للجسم الذى يدور حول المحور . غير أن هذه الطاقة الكلية تختلف بالنسبة لجسمين لهما نفس الكتلة عند تحرك كل منهما بسرعة زاوية واحدة ، وذلك إذا لم يكن شكل الجسمين واحدا . أما بالنسبة للحركة الانتقالية فإن تساوى قيمة الطاقة الفعلية مع تساوى الكتلة وسرعة قطع المسافة لا يكون لهما علاقة بشكل الجسم . ويتضح لنا تأثير شكل الجسم على حركة الدوران فى عزم القصور الذاتى للكتلة حيث يمكننا أن نتبين ذلك من المعادلتين الخاصتين بطاقة الحركة وهما :

الحركة الانتقالية الحركة الدائرية

$$\begin{aligned} \text{ط ح د} &= \text{ك} \cdot \frac{\text{ع}^2}{2} \\ \text{ط ح د} &= \text{ك} \cdot \frac{\text{ى}^2}{2} \end{aligned}$$

حيث ط ح د = طاقة الحركة فى الحركة الانتقالية
ط ح د = طاقة الحركة فى الحركة الدائرية

ك = كتلة الجسم المتحرك ، ع = السرعة الخطية ، ى = السرعة الزاوية .

فلو عوضنا عن القيمة ك نق^٢ بكتلة الدوران أى عزم القصور الذاتى للكتلة والذى يرمز لها بالزمن ض فإن كلا المعادلتين يكون لهما نفس المدلول .

$$\begin{aligned} \text{ط ح ج} &= \text{ك} \cdot \frac{\text{ع}^2}{2} \\ \text{ط ح د} &= \text{ض} \cdot \frac{\text{ى}^2}{2} \end{aligned}$$

إلا أنه يجب أن نلاحظ أن العلاقة :

ض = ك نق^٢ لا تنطبق إلا على حالة الجسم فى جسيمات كتلة تتحركة حركة دورانية . أما بالنسبة للجسم بأكمله ، يجب علينا استخلاص القيمة الكلية لكل عزم من عزم القصور الذاتى الخاص بجسيمات الكتلة كلها أى :

$$\text{ض ج} = \text{مجد ض} = \text{مجد } \Delta \text{ ك نق}^2 \dots \dots \dots (٣٧)$$

وفى هذه الحالة يجب اعتبار أن (Δ ك) تعبر على أنها تتعلق بجسم الكتلة الذى يعتبر جزءاً من الجسم نفسه ، وذلك على العكس من (ك) التى تعبر عن الكتلة الكلية للجسم .

كما يمكن ملاحظة هذه الظاهرة بصورة واضحة خلال أداء لاعب الجملباز الدورة الهوائية الخلفية المتكورة شكل (٣٧ - ج) حيث يدفع اللاعب الأرض وجسمه ممتدا وبذلك يكون عزم القصور الذاتى أكبر ما يمكن، وبما أن الدفع لامركضى أى أنه لا يمر بمركز ثقله فستحدث حركة دائرية ذات سرعة زاوية كبيرة، وعندما يصل اللاعب لوضع التكور يقل مقدار عزم القصور الذاتى بدرجة كبيرة مما ينتج عنه زيادة السرعة الزاوية بدرجة كبيرة أيضا تؤدي إلى تمكين اللاعب من أداء دورة كاملة أو أكثر إذا لزم الأمر.

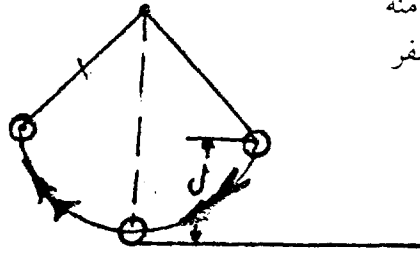
٤- طاقة الحركة الدورانية Angular Momentum

عند انتقال الطاقة التى تحصل عليها خلال أداء المرحجة البندولية على جهاز العقلة شكل (٣٨) افتراضنا وجود كتلة بندول على شكل نقطة، وفى حقيقة الأمر كل جسم من الأجسام يكون له درجة قصوى للتمدد لدرجة أن الحركة الدائرية التى تحدث للبندول ينتج عنها أن يكون عزم القصور الذاتى لكتلة جسم البندول وليست الكتلة نفسها هى المعيار الذى يعول عليه بالنسبة لمحور الدوران فى هذه الحالة، وفى المعادلة (٣٢) التى تتعلق بتوازن الطاقة يكون علينا - عند وجود البندول - أن نعبر عن تلك الطاقة الخاصة بالحركة.

$$ط ح د = ض \frac{U^2}{2}$$

طاقة كامنة
ع = صفر

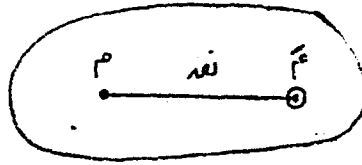
طاقة كامنة
ع = صفر



طاقة حركة

شكل (٣٨) الحركة البندولية

ووفقا لرأى شتاين فان القانون التالى هو الذى ينطبق على عزم القصور الذاتى للكتلة بالنسبة لمحور الدوران الذى يبتعد عن المحور الذى يمر خلال مركز الثقل بمسافة قدرها (أ)



شكل (٣٦) قاعدة شتاين

ويلاحظ أيضا محور مركز ثقل كتلة الجسم ومحور الدوران كل منهما موازى للآخر.

ويتضح من قاعدة شتاين أنه يكون لكتلة الجسم أقل عزم للقصور الذاتى عند دورانه حول محور يمر خلال مركز ثقله، ففي هذه الحالة يتلاشى حاصل ضرب (ك نق^٢) لأن نق يساوى فى هذه الحالة صفرا. إلا أن هذا الأمر لا ينطبق إلا على الجلة، وزهر الطاولة المتساوى الأضلاع.

أما كافة أشكال الأجسام الثابتة الأخرى، فإن لها محورا لمركز ثقل تعتبر ذا قصور ذاتى أقل كثير من القصور الذاتى لكتلته، وذلك لأن توزيع الكتلة بالنسبة لمحور مركز الثقل يكون مختلفا بشكل يتفق مع اتجاه محور مركز ثقل كتلة الجسم. فبالنسبة لجسم الإنسان الموجود فى الوضع الممتد، يمثل المحور الطولى محور مركز الثقل الخاص بأصغر عزم للقصور الذاتى للكتلة، وفى هذه الحالة تكون كتلة الجسم فى أقرب أوضاعها إلى محور الدوران انظر جدول (١).

ويمكن حساب عزم القصور الذاتى للكتلة بالنسبة للأجسام الهندسية المنتظمة ذات الكثافة الثابتة. أما فى حالة جسم الإنسان، فيكون من الضرورى لايجاد ذلك عقد مقارنة مع عزم قصور ذاتى لكتلة معلومة بالطرق التجريبية. يوضح لنا الجدول (١) مقارنة لمقادير القصور الذاتى لكتلة جسم الإنسان مع اختلاف حالة وضع الجسم واختلاف محاور الدوران حسب اختلاف مراكز ثقل الجسم.

$$م. ن = ض. ي \dots\dots\dots (٣٩)$$

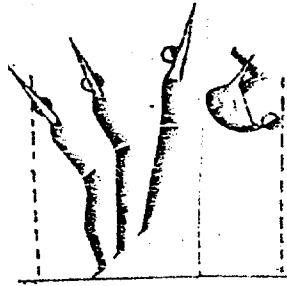
حيث (م) = عزم القوة، (ن) = الزمن، (ض) = عزم القصور الذاتى، (ي) = السرعة الزاوية. وذلك فى حالة ثبات العزم وعدم وجود سرعة زاوية ابتدائية. أما فى حالة تغيير العزم ووجود سرعة زاوية ابتدائية تصبح المعادلة وفق ما يلى:

$$\int_{ن١}^{ن٢} م (ن) د ن = ض١ ي١ - ض٢ ي٢ \dots\dots\dots (٣٩)$$

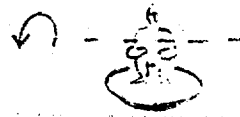
ويراعى للحصول على مقدار الدفع المتحصل عليه أن:

$$ض. ي = مقدار ثابت$$

ويمكن إيضاح مقدار الدفع المتحصل عليه بشكل عام. ويستخدم من أجل ذلك منضدة دائرية ذات محور دائرى رأسى مع مراعاة أن تكون قوة الاحتكاك قليلة جداً، ويوضع الشخص الذى تجرى عليه التجربة فوق المنضدة فى وضع ممتد، بحيث يكون مركز ثقله فى محور الدوران تقريباً، وعن طريق إعطاء دفعة من الخارج ننقل كل من المنضدة المستديرة، والشخص المجرى عليه التجربة إلى حالة حركة دورانية، وعندما يتخذ الشخص المجرى عليه التجربة وضع القرفصاء - أى عندما يصغر عزم القصور الذاتى له - فإنه يلاحظ ازدياد لخطى يطرأ على السرعة الزاوية كما فى شكل (٣٧- أ، ب).



(ج)



(ب)



(i)

شكل (٣٧) تغيير عزم القصور الذاتى

الفصل السابع الاستاتيكا

- ١ - مركز الثقل .
 - ٢ - أوضاع الاتزان .
 - ٣ - مقاييس الاتزان .
-

الفصل السابع

الاستاتيكا

STATIC

تبحث الاستاتيكا فى شروط اتزان الأجسام المؤثرة عليها بالقوى، بمعنى دراسة ظروف سكون الأجسام، وغالبا ما تتحول أو تتجه هذه الدراسة إلى دراسة الشروط الواجب توافرها فى القوى المؤثرة على الجسم لكى تؤدي إلى سكونه واتزانه.

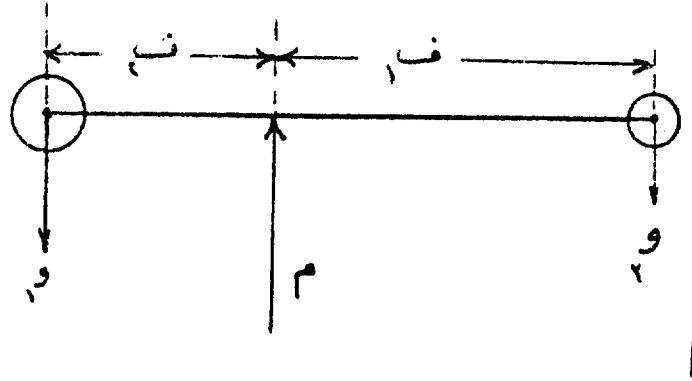
ولاشك أن جسم الإنسان - وهو جسم حى - يختلف فى سكونه عن الأجسام الأخرى - سواء كانت ميتة أو صماء - من حيث تعدد القوى المؤثرة عليه وظروفها المختلفة، وكذلك من ناحية تكوينه وتركيبه مما يترتب عليه تعقيد الاتزان. وبما أن جسم الإنسان يتكون من مجموعة أجزاء، لذا تتوقف ظروف اتزانه على وضع أجزاء الجسم بالنسبة لبعضها وكذلك على وضع الجسم كله بالنسبة لقاعدة ارتكازه.

وفى حالة ما إذا كان الجسم متزنا، فإن قوى العضلات تكون رغم ذلك فى حالة نشاط من أجل ذلك لا تقتصر استاتيكا التمرين البدنى على دراسة ظروف الإنسان تحت التأثير المتبادل للقوى الخارجية التى تؤثر على جسمه فقط ولكنها تبحث أيضا فى التأثير المتبادل بين قوى العضلات - وهى القوى الداخلية التى يمكن للإنسان بواسطتها أن يأخذ وضعاً معيناً ليس فيه أى حركة - وبين القوى الخارجية.

ويلاحظ أننا سوف نعتبر أن الجسم يعد ثابتاً عند قيامنا بالتحدث عن أجزاء الجسم كل منها على حده باعتبارها مكونات للجهاز الحركى الإنسانى، كما يلاحظ أنه بالرغم من ذلك يكون من الضرورى العمل وفقاً لقاعدة النقطة المتوسطة للكتلة، أو ما يسمى بمركز ثقل كتلة الجسم، وذلك عند الرغبة فى دراسة الحركة الميكانيكية لجسم متماسك وتوضيحها، إلا أن هناك شروطاً معينة يجب وضعها فى الاعتبار، وهى شروط يجب توفرها عند الرغبة فى استنباط حركة الجسم المتماسك عن حركة مركز الثقل.

١ - مركز الثقل Center Gravety :

من دراسة أى وضع مشابه لشكل (٣٩) نرى بوضوح أن هناك شرطان يجب توافرها فى حالة التوازن الاستاتيكي للجسم هما:



شكل (٤٠) التوصل إلى معرفة قوة الارتكاز

$$م - و١ - و٢ = \text{صفر}$$

$$م \cdot و٢ - و١ \cdot (ف١ + ف٢) = \text{صفر}$$

$$\begin{aligned} م &= و١ + و٢ \\ \frac{ف١ + ف٢}{و١ + و٢} &= و١ = ف١, \quad \frac{ف١ + ف٢}{و١ + و٢} \cdot و٢ = و٢ \end{aligned}$$

فإذا قمنا بلف الجسم على مستوى معلوم (مثال ذلك ٩٠ درجة) فإنه من الممكن إيجاد قوة الارتكاز الثانية من حيث المقدار، والاتجاه، ونقطة التأثير، وتمثل لنا نقطة تلاقى خطى التأثير الخاصتين بقوتى الارتكاز مركز ثقل الجسم.

إلا أن ذلك يعدو أن يكون إسقاط نقطة الارتكاز على مستوى عن طريق جسم ما، ومن الضروري بناء على ذلك إيجاد الكمية المتجهة الثالثة لقوة الارتكاز فى مسطح ما، والتي لا تكون موازية لكل ما سبق إيجادها حتى الآن، وتتلاقى كافة الكميات الثلاثة المتجهة والخاصة بقوة الارتكاز فى نقطة هى مركز ثقل كتلة الجسم فى حالة اتزان عند زوال جاذبيته، بتأثير قوة الارتكاز. ومعنى ذلك ضرورة أن تكون قوة الارتكاز عمودية ومضادة للجاذبية الأرضية، وأن تكون مساوية فى المقدار لوزن الجسم نفسه مع ضرورة مرور خط التأثير الخاص بهما خلال مركز الثقل.

وعلى أساس تلك العلاقات التى توصلنا إليها فإنه يمكن إرجاع حركة أى جسم متماسك دائما إلى حركة مركز ثقله، والربط بين الاثنين، فإن الجسم المتماسك يتعامل

ويمكن أن تصف حاصل ضرب (ق. ف_٢) في المثال السابق على أنه عزم التحميل وأن (ف_١ + ف_٢). ب عزم القوة، ويجب أن يكون مقدارهما متساويا، وأن تكون لهما خاصة الدوران المعتادة. ومعنى ذلك أن مجموع قيمة كل من هذين العرضين يساوى صفرا.

فإذا اعتبرنا أن الدوران في اتجاه مضاد لاتجاه دوران عقربى الساعة - على أنه موجب حسابيا - فإن الشرط الثانى لحدوث الاتزان يكون على النحو التالى:

$$- ق . ف_٢ + ب (ف_١ + ف_٢) = \text{صفر}$$

وعلى ذلك يكون لدينا معادلتان تتضمنان مجهولين هما (أ، ب) ويمكننا إيجاد قيمة (ب) من معادلة العزم بحيث تكون:

$$ب = ق \cdot \frac{ف_٢}{ف_١ + ف_٢}$$

كما يمكن إيجاد (أ) من معادلة القوة بحيث يكون:

$$أ = ق - ب$$

وبالتعويض الحسابى عن قيمة (ب) فى المعادلة ينتج أن:

$$أ = ق \cdot \frac{ف_١}{ف_١ + ف_٢}$$

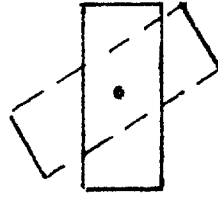
ووفقا للطريقة التى قمنا بتعريفها فيما سبق، فإن من الممكن لنا معرفة مقدار واتجاه نقطة تأثير القوة الخاصة بالارتكاز التى تتعلق بأى جسم متماسك واقع تحت تأثير الجاذبية الأرضية فى حالة اتزان كما فى شكل (٤٠) حيث تمثل الحلقتان الجسم المتماسك. ويتبقى أن نتصور أن الوصلة ليست ذات كتلة كما يجب أيضا أن نعتبر أن الجلتين متناهييتين فى الصفر، وذلك كى تكون فقط نقطة التأثير الخاصة بقوى الوزن الذاتى ذات معنى واحد، ولا يمكن أن يكون اتجاه قوة الارتكاز إلا بشكل رأسى ضد الجاذبية الأرضية مع إمكان التعرف على مقدارها ونقطة تأثيرها عن طريق المعادلتين الخاصتين بالقوة والعزم:

٢- أوضاع الاتزان : Equilibrium Positions

إذا كان الجسم المتماثل في وضع قابل للدوران حول محور وتحت تأثير وزنه فإن هذا الجسم يمكن أن يكون له ثلاث أوضاع من أوضاع الاتزان :

أ- اتزان متعادل : Neutral Equilibrium

وفيه يمر المحور خلال مركز الثقل الخاص بالجسم شكل (٤٣) وعند دوران الجسم بزاوية من الزوايا، فإنه لا يطرأ أى تغيير على وضع اتزان الجسم الذى يظل بعد دورانه فى حالة ثبات جديدة.

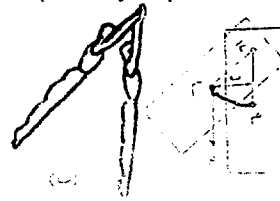


شكل (٤٣)

الاتزان المتعادل

ب- اتزان مستقر : Stable Equilibrium

وفى هذه الحالة يمر المحور خلال نقطة تقع عمودياً على حركة ثقل الجسم شكل (٤٣أ)، وعند دوران الجسم بزاوية معينة فإنه ينشأ عزم قوة بسبب الجاذبية الأرضية التى تؤثر على مركز الثقل، ويعمل عزم القوة (و . ف) على إعادة الجسم مرة أخرى إلى وضعه السابق بالدوران العكسى . ويمثل لنا التعلق بالقبض من أعلى على عارضة العقلة ذلك الوضع المتوازن المستقر شكل (٤٣ ب).



شكل (٤٣ أ ، ب)

الاتزان المستقر

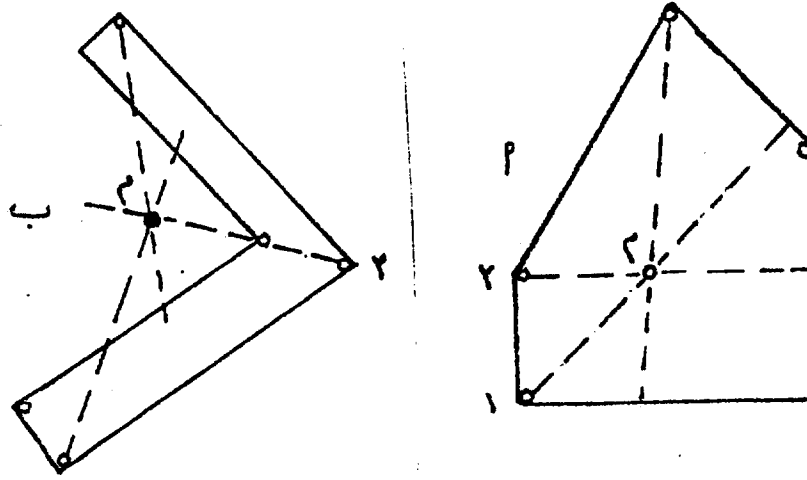
ج- اتزان غير مستقر : Unstable Equilibrium

يكون المحور فى هذه الحالة فى وضع رأسى أسفل مركز الثقل، شكل (٤٤)، ويعتبر ذلك من أوضاع الاتزان غير المؤكدة، وذلك لأنه عند حدوث دوران الجسم يزيد عزم وزنه من الدوران إلى أن يصل لوضع الاتزان المستقر، وبالوقوف على اليدين على

مع قوى أخرى تمر خطوط تأثيرها خلال مركز ثقله، بالإضافة إلى ما يحدث من تعامله أيضا ضد قوة الجاذبية الأرضية، فإذا لم تتقابل الكمية المتجهة للقوة المؤثرة مع مركز الثقل، تحدث حركة دوران تم التحدث عنها في الفصل السادس.

ويمكن تحديد مركز ثقل أى جسم متماسك بطريقة تجريبية مبسطة عن طريق تغيير طريقة تعليقها مع ثبات اتجاه الخيط في كل حالة، واعتبار خط التأثير الخاص بقوة الارتكاز شكل (٤١) متقاطعا في نقطة هي مركز ثقل كتلة الجسم.

ويلاحظ أن بعض أشكال الجسم يمكن أن ينتج عنها وجود مركز ثقل كتلة الجسم نفسه خارج الجسم شكل (٤١ أ)، وهذه الحالة تنطبق أيضا على جسم الإنسان عند ثني الجذع كاملا شكل (٤٢).



شكل (٤١) تحديد مركز الثقل بالتجربة عن طريق تعدد مرات التعلق

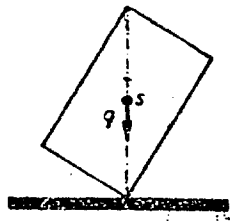


شكل (٤٢) مركز ثقل الجسم ووقوعه خارج الجسم نفسه

الاستقرار : Stability

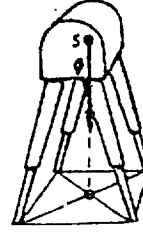
يطلق على السطح الذى تحدده نقطة الارتكاز لجسم من الأجسام اسم سطح الارتكاز الخاص بالجسم، ومن الضروري أن تكون هناك ثلاث نقاط للارتكاز على الأقل، فإنه لا يمكن تكوين سطح ما بواسطة نقطتين فقط. وطالما أن الكمية المتجهة لقوة الجاذبية الأرضية تمر خلال سطح الارتكاز.

ونقصد بذلك أنه طالما مركز ثقل الجسم يكون رأسيا على مستوى السطح فإن الجسم يكون فى حالة اتزان مستقر شكل (٤٦) ولا يخرج الجسم عن حالة الاتزان إلا إذا قام شخص بتحريكه إلى أن يصل لحافة سطح الارتكاز التى يطلق عليها اسم حافة السقوط بما يجعل مركز الثقل واقعا تماما فوق هذه الحافة، وفى هذا الوضع نكون قد جعلنا الجسم فى حالة اتزان لا مستقر شكل (٤٧) وبمجرد إحداث أية حركة صغيرة يسقط هذا الجسم إلى أى من الجانبين، ليصبح بعد ذلك فى حالة اتزان مستقر.



شكل (٤٧)

مركز الثقل ووقوعه فوق حافة السقوط مسببا
لحالة اتزان غير مستقر



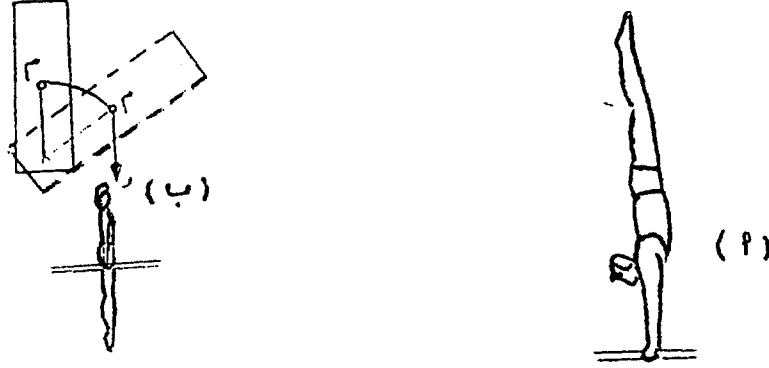
شكل (٤٦)

سطح الارتكاز

٣ - مقاييس الاتزان : Equilibrium Measurements

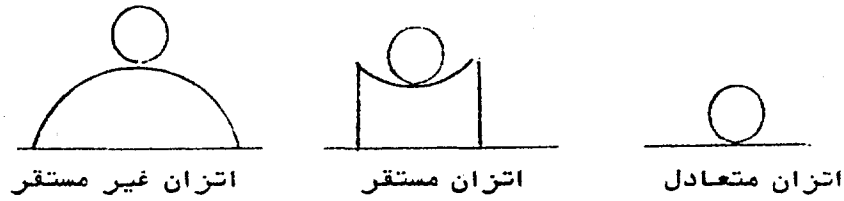
فى بعض الأنشطة الرياضية يتوقف الأمر على ما إذا كان الجسم يقع جانبا فى حالة استقرار بدافع من القوى المؤثرة على جانبيه (الملاكمة، المصارعة، رياضة الانزلاق على الجليد وما إلى ذلك) وفى هذه الحالة يتطلب الأمر قياس درجة الاتزان ونحن نعرف عن الميكانيكا ثلاثة مقاييس للثبات وهى :

جهاز المتوازيين يكون اللاعب فى وضع اتزان غير مستقر. شكل (١٤٤أ)، كما يعتبر الارتكاز المتقاطع على جهاز المتوازيين أيضا بمثابة اتزان غير مستقر أيضا، وذلك لأن مركز الثقل فى هذه الحالة فى مستوى فوق نقطة الارتكاز (نقطة الدوران) الخاصة بالذراعين شكل (١٤٤ب) غير أن الجسم يكون فى وضع اتزان مستقر بالمقارنة بوضع تعلقه بالنسبة لمفصلى الكتفين.



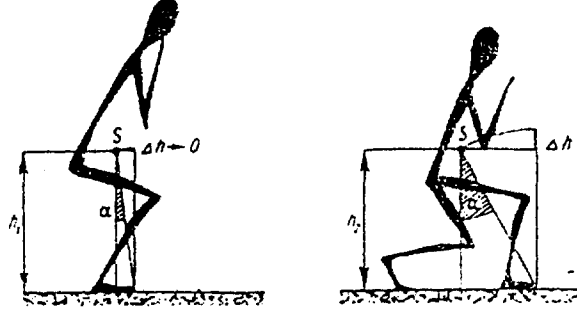
شكل (١٤٤) الاتزان غير مستقر، (أ) الوقوف على اليدين كاتزان غير مستقر (ب) الارتكاز المتقاطع على المتوازيين كاتزان غير مستقر، واتزان مستقر بالنسبة لوضع التعلق من الكتفين

ونشاهد الأوضاع الثلاثة للاتزان بالنسبة للجلة بشكل تختلف فيه أوضاع ثباتها، ونوعية المسطح الذى تركز عليه شكل (١٤٥) والفارق بين هذه الحالة وبين كل ما سبق لنا ملاحظته يتمثل فى الحالات الثلاثة التالية من حيث وقوع مركز الثقل فى مستوى فوق نقطة الارتكاز.

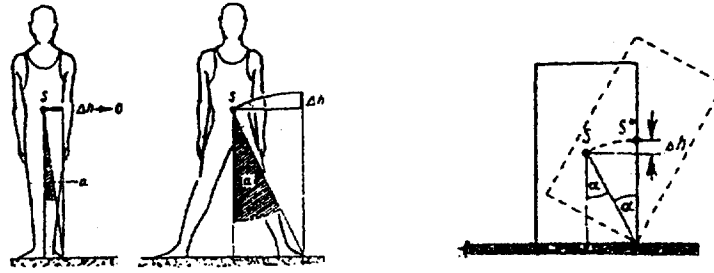


شكل (١٤٥) الأوضاع الثلاثة للاتزان فى حالة ارتكاز الجلة

وبتطبيق نفس الشيء في حالة صغر مسافة ارتفاع مركز الثقل عن حافة السقوط، وفي حالة كبر المسافة الأفقية الفاصلة بين مركز الثقل حتى حافة السقوط - عند كبر قيمة المماس - والسبب في ذلك يمكن التعرف عليه إذا ما وضعنا في الاعتبار الطاقة المبذولة لإحداث ذلك شكل (٥٠) وحيث أن المسافة التي يرتقيها مركز الثقل إلى أعلى والشغل المبذول لتحقيق ذلك (بوحدة قياس الطاقة) يكبر كلما كبرت زاوية السقوط.



شكل (٥٠) اختلاف زوايا السقوط وعلاقتها بالانزاح
(زيادة حالة الثبات في وضع السقوط عندما تكون زاوية السقوط ومسافة الارتفاع أكبر)



شكل (٥١) (i) مسافة الارتفاع بوحدة قياس الطاقة فيما يتعلق بحالة الثبات. (ب) زيادة حالة الثبات في وضع الارتكاز تكون فيه زاوية السقوط ومسافة الارتفاع أكبر.

- هندسى Geometric

- تنشيط الطاقة Energetic

- حركى Dynamitic

ونعنى بالقياس الهندسى :

ما يعرف بزاوية السقوط عند حالة الاتزان، وهى تمثل لنا تلك الزاوية التى يجب أن يسقط الجسم عند الوصول إليها، وإلى أن يكون مركز ثقله واقعا رأسيا على حافة السقوط شكل (٤٨).

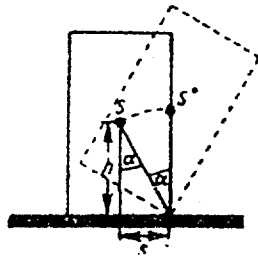
ونظرا إلى أن زاويته الداخلية المقابلة تساوى فى قيمتها نفس قيمة الزاوية ومن السهل تحديدها، فإننا غالبا ما نطلق عليها اسم زاوية السقوط، ويمكن إيجاد قيمة هذه الزاوية بمعرفة ارتفاع مركز الثقل العمودى الذى يرمز له بالرمز (ل) ومعرفة المسافة الأفقية للبعد من مركز الثقل إلى حافة السقوط والتى يرمز لها بالرمز (ف) بحيث يكون :

$$\frac{ف}{ل} = \hat{هـ} = \text{مقلوب ظل القوس}$$

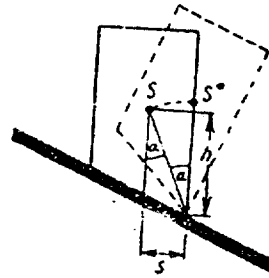
ويمكن اعتبار أن :

$$\frac{ف}{ل} = \hat{هـ} = \text{ظا}^{-1}$$

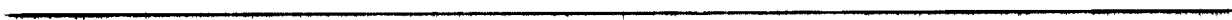
وفى حالة القاعدة المائلة، فإنه من الضرورى استخراج قيمة ل، ف، كما هو مبين فى شكل (٤٩). ويزداد مقدار حالة الثبات بزيادة مقدار زاوية السقوط.



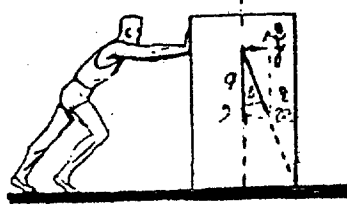
شكل (٤٩)
حالة الارتكاز عندما تكون القاعدة مائلة



شكل (٤٨)
زاوية السقوط كوحدة قياس هندسى
فى حالة الثبات



ويظل الجسم فى حالة مواجهة لقوى جانبية محتفظا بوضع اتزان، حيث يحدث ذلك نتيجة كل من تأثير القوى الجانبية (ق) وقوة الجاذبية الأرضية (و) حيث تكون محصلتهما هى الكمية الموجهة للقوة (ح) لاتزال تمر خلال مسطح الارتكاز (القياس الديناميكى شكل (٥٢)). ولا تتساوى زاوية السقوط (هـ) مع الزاوية الخاصة بالمحصلة (هـ٢) وعليه فإن القوة الجانبية يمكنها أن تسقط جسما ما بطريقة أيسر كلما صغر مسطح ارتكازه وعلى ذلك يكون من الأيسر إسقاط أى فرد بدفعه إذا ما كان هذا الفرد واقفا مع ضم الرجلين عما إذا ما كان منجنيا بعض الشيء إلى الأمام ومنتخذا وضع الوقوف بحيث تكون إحدى القدمين أماما فى اتجاه وصول قوة الدفع شكلى (٥٠)، (٥١ . ب).



شكل (٥٢) القياس الديناميكى لحالة الثبات

الفصل الثامن

خواص واستعدادات جسم الإنسان

-
- ١ - السلسلة الكينماتيكية المغلقة .
 - ٢ - العضلات والعظام ومرونة المفاصل .
 - ٣ - عزوم القوى في حركة جسم الانسان.
-

الفصل الثامن

خواص واستعدادات جسم الإنسان

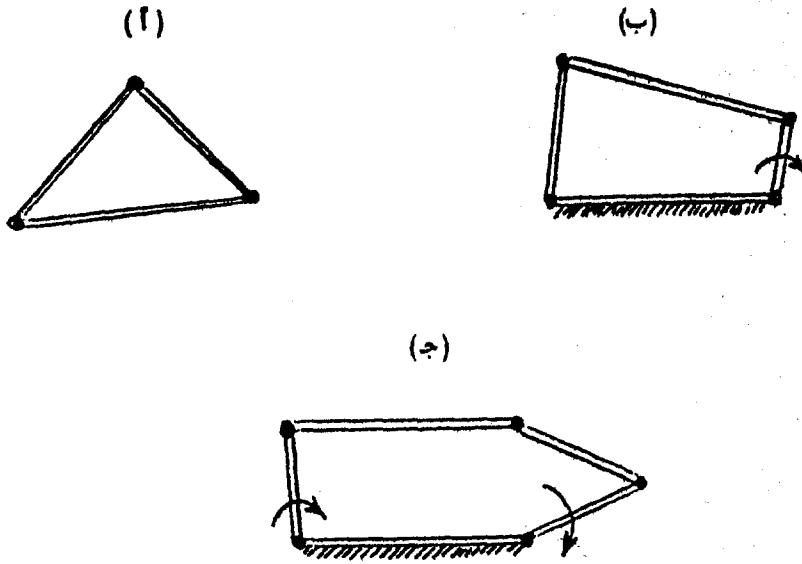
- ١ - السلسلة الكينماتيكية المغلقة .
- ٢ - العضلات والعظام ومرونة المفاصل .
- ٣ - عزوم القوى في حركة جسم الانسان.

التي يمكنها فى نفس الوقت عزل أى مفصل أو تثبيتته فيتغير بذلك عدد أجزاء السلسلة وتتغير بالتالى عدد المفاصل فيها مما يترتب عليه تحديد درجة حرية الحركة .

وأول قاعدة للسلسلة المفتوحة هى أن حركة الجزء المثبت يترتب عليها حركة مصاحبة للأجزاء البعيدة . ولذلك كان للجزء النهائى فيها أكبر قدر ممكن من التحرك ، كما هو الحال فى اليد بالنسبة للذراع الإنسان .

والقاعدة الثانية تقول إن عدد درجات الحرية لجزء من السلسلة تعادل مجموع درجات الحرية للأجزاء السابقة لها .

وعلى ذلك فإن درجة الحرية لليد مثلا تعادل مجموع درجات الحرية لليد + درجات الحرية للساعد + درجات الحرية للمرفق ومجموع هذه الدرجات هو ٧ درجات على أساس أن درجة الحرية للساعد ٣ درجات حيث يتحرك فى جميع الاتجاهات + درجتى الحرية للمرفق حيث يتحرك فى اتجاهين + درجتى الحرية لليد حيث تتحرك فى اتجاهين . ومن ناحية أخرى يمكن تثبيت أحد المفاصل وليكن مفصل المرفق مثلا وبذلك تصبح درجة الحرية هى ٢ لليد + ٣ للساعد فيكون المجموع هو ٥ درجات حرية .



شكل (٥٣) السلسلة الكينماتيكية المغلقة

الفصل الثامن

خواص واستعدادات جسم الانسان

THE HUMAN ABILITIES AND CHARACTERISTICS

١ - السلسلة الكينماتيكية KINEMATIC LINK

يطلق مصطلح السلسلة الكينماتيكية على النظام المتكون من أعضاء مختلفة، والتي يرتبط بعضها ببعض الآخر عن طريق المفاصل، على أن يكون هذا النظام قابلاً للحركة.

وهناك نوعان من السلسلة الكينماتيكية هما :

أ - السلسلة الكينماتيكية المغلقة :

ويتواجد هذا النوع عندما يكون هناك نظام مكون من وصلات متحركة متصلة ببعضها بواسطة مفاصل على شكل سلسلة مغلقة ولا تكون السلسلة الكينماتيكية المغلقة حركية إلا إذا زادت وصلاتها عن ثلاث ومتصل كل منها بفصل شكل (٥٣).

فإذا كانت مكونة من أربع وصلات وثبتنا أحدهما ودفعنا الأخرى لنتج عن ذلك حركة قسرية لباقي الوصلات، ويقال في هذه الحالة أن السلسلة لها درجة واحدة.

أما في حالة الخمس وصلات فإنه يوجد عندئذ درجتان من الحرية حيث تحدث حركة معينة إذا دفعنا إحدى الوصلات وثبتنا الأخرى.

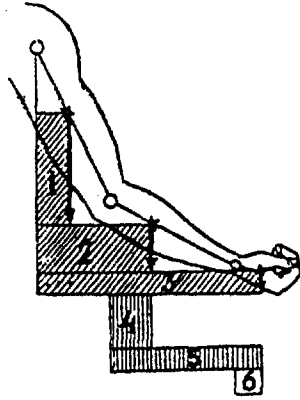
وفي مثل الحالة السابقة لو أننا ثبتنا أحد المفاصل أو أبعدناه ودفعنا كل الوصلات بالتبادل، فإن ذلك يحدث حركة قسرية.

ويمكن أن تلاحظ هذه السلسلة الحركية المغلقة بالنسبة للإنسان في حالة الوقوف فتتحا حيث تربط الأرض بين القدمين.

ب - السلسلة الحركية المفتوحة :

وهي عبارة عن نظام مرتبط بوصلات بعضها البعض بمفاصل لا تنتهي بالغلق ولكنها مفتوحة، وفي هذه السلسلة يجب أن تدفع أجزاؤها بالتبادل حتى تحدث حركة معينة. ونجد في جسم الإنسان أن كل جزء من السلسلة مزود بقوة دافعة وهذه القوة هي قوة العضلات

هذا الجزء - وهو الذى يقابل العمل فى ذراع الإنسان - قوى ليتمكنه تحمل هذا الحمل الكبير، وهو أيضا أمرا ضروريا بالنسبة للتحصيل الديناميكي أنظر شكل (٥٥).



عزم القوة لعضلات مفصل الكتف

عزم القوة لعضلات مفصل المرفق

عزم القوة لعضلات مفصل اليد

عزم قوة جاذبية العضد ١

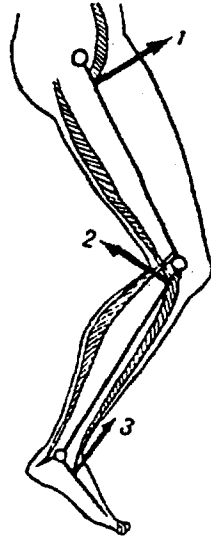
عزم قوة جاذبية الساعد ٢ + ٤

عزم قوة جاذبية اليد ٣ + ٥ + ٦

شكل (٥٥) عزوم قوة الجاذبية لذراع

الإنسان (عن بير نشتاين)

وفى حالة دوران السلسلة بعجلة زاوية شديدة نلاحظ أن الطرف الأخير منها يظل رغم ذلك منشيا للخلف قليلا، ولا يمتد إلا عندما يبدأ الطرف الأول من السلسلة (العضد) فى التحرك بعجلة تناقصية. وتقابلنا مثل هذه الحالة فى المهارات الرياضية مثل رمى القرص مثلا، كما يمكن استغلال هذه الناحية إلى أقصى حد ممكن فتزيد السرعة المحيطية للطرف النهائى (اليد) إلى أقصى درجة ممكنة.



وتعمل أغلب عضلات السلسلة الكينماتيكية على أكثر من مفصل، حيث تعمل أحيانا على مفصلين أو ثلاثة، ولذا ينتج عند الانقباض العضلى حركة مصاحبة أو تابعة شكل (٥٦)، فمثلا نلاحظ أن حركة ثنى مفصلى الفخذين يصاحبها حركة ثنى كل من مفصلى الركبتين والقدمين، ولذلك تعتبر هذه الحركة اقتصادية لأنها لا تتطلب مجهودا فى ثنى باقى المفاصل.

شكل (٥٦) الحركة المصاحبة

(أ) بدون درجات حرية .

(ب) بدرجة حرية واحدة .

(جـ) بدرجتين من حركة الحركة

ثم يخرج من القدمين وصلتا عظام الساق اللتان تنتهيان بوصلتى عظام الفخذين
ثم تغلق السلسلة بعظام الحوض شكل (٥٤) .



شكل (٥٤) السلسلة الحركية المغلقة

العمل العضلى داخل السلسلة الكينماتيكية :

يعتبر أى عمل عضلة بالنسبة للجهاز العضلى وارتباطها به وكذا بالنسبة لتنسيق
هذا العمل مع القوى الخارجية عملا معقدا ، إلى حد ما ، إلا أن هذه الارتباطات هى
فى الحقيقة الشروط الواقعية لإتمام العمل العضلى تحت ظروفها .

ونظرا لوجود قوة جاذبية أرضية لكل جزء من أجزاء السلسلة تعادل وزن هذا
الجزء فإنه ينجم عن كل وضع جديد لكل جزء من هذه الأجزاء عزم حمل جديد
مختلف يتطلب عوامل جديدة لتحقيق التوازن .

فلو فرضنا أن السلسلة فى وضع أفقى أو حتى مائل فإن العضلات يلزمها أن
تعمل بعزم قوة يوازن عزم الحمل الموجود .

ويكون الانقباض العضلى أكبر ما يمكن بالنسبة للعضلات التى تعمل على الجزء
الأول حيث يكون عزم القصور الذاتى بالنسبة للجزء أكبر ما يمكن - ولذا نجد أن بناء

ويكون نسبة التغير بنسبة ٦ فى الطولية إلى واحد فى العرضية إلى ثلثين جتا هـ فى الريشية، على أساس أن (هـ) هى زاوية ميل الألياف كما موضح فى شكل (٥٧) ومعامل المرونة له قيمة ثابتة فى المعادن والأجسام الصلبة، طالما لم يخرج التحميل عن حد المرونة، أما فى العضلات فإن معامل المرونة متغير حيث يزداد مع زيادة درجة التمدد حتى يصل إلى أعلى درجة له ثم يعود بعدها إلى التناقص. وهو يصل إلى حوالى من ١٠ - ١٢٠ كيلو بوند / سم^٢. ويعتبر هذا معامل صغير فى الواقع إذا ما قورن بمعامل مرونة الأجسام الأخرى التى لها خاصية المرونة.

وإذا قارنا معامل مرونة الجلد بمعامل مرونة كل من النحاس والصلب نجد ما يلى:

معامل مرونة الجلد	١٥٠٠ - ٢٠٠٠	كيلو بوند / سم ^٢
معامل مرونة النحاس	١١٠٠٠٠٠	كيلو بوند / سم ^٢
معامل مرونة الصلب	٢٢٠٠٠٠٠	كيلو بوند / سم ^٢

وبالنسبة لمرونة العظام يمكن القول بأن العظام تتركب من مواد حيوية وأخرى معدنية. وتزداد نسبة المواد الحيوية فى عظام الأطفال. وكلما كبر الإنسان فى السن اختلفت نسبة تكوين مواد العظام حيث تزداد نسبة المواد المعدنية وتقل نسبة المواد الحيوية. ويؤثر ذلك بالتالى على معامل مرونة العظام. ويمكن قياس معامل مرونة العظام أو العضلات عن طريق تحديد الإجهاد والانفعال باستخدام المعادلة التالية:

$$E = \frac{CS}{\epsilon S} \quad (٤٢)$$

حيث E = معامل التمدد، CS = التوتر، ϵS = التمدد

٣ - عزوم القوى فى حركة الإنسان Human Body Motion Torque Forces

من المسلم به أن الإنسان يتحرك على نقطة ثابتة تلك النقطة هى مكان اتصال القدم أو القدمين أو اليد أو اليدين بالأرض أو الأجهزة وبتوالى هذا الاتصال ينتج أشكال الحركة كالمشى والجري والوثب والقفز.

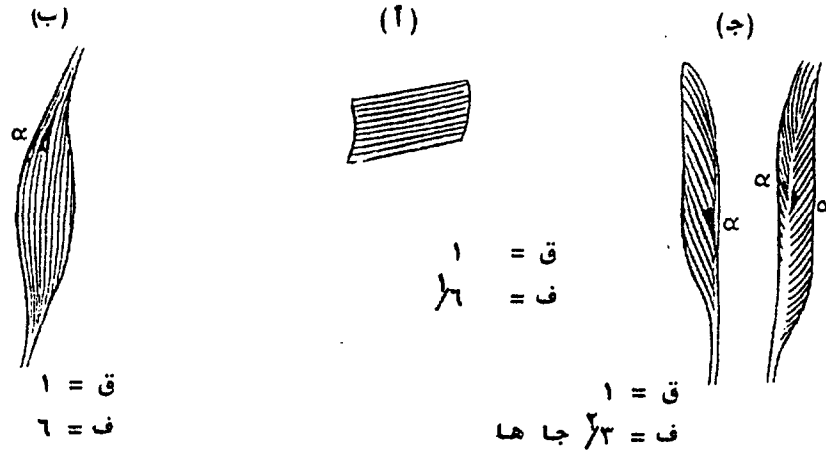
وانطلاقاً من هذه المسلمة تظهر أهمية الدراسة التفصيلية لمركبات القوى المؤثرة فى الحركة والمحدثه لها أثناء الاتصال وتكامل هذه القوى بالنسبة للمسار الحركى النهائى.

٢ - العضلات والعظام ومرونة المفاصل

The Muscle, The Bone and Joint Flexibility

تعتبر العضلات فى جسم الإنسان مصدراً لإنتاج القوى المحركة للهيكل العظمى له. وهى عبارة عن أجسام مرنة تتكون من ألياف فردية ومطاطة لها خاصية الانقباض فى ترتيب مختلف فى كل عضلة مما يؤدى إلى وجود أشكال مختلفة للعضلات يمكن تحديدها تشريحياً فى الثلاث أنواع التالية.

أولاً: الشكل العرضى: ويكون فيه ترتيب الألياف العضلية متوازي كما فى عضلات البطن المستقيمة شكل (٥٧ - أ).



شكل (٥٧) أشكال العضلات

(أ) الشكل العرضى، (ب) الشكل الطولى (ج) الشكل الريشى.

ثانياً : الشكل الطولى: وفيه يكون ترتيب الألياف العضلية طولياً كما فى عضلات الأطراف العليا (ثنى ومد الأصابع شكل (٥٧ - ب)).

ثالثاً : الشكل الريشى: ويكون ترتيب الألياف متوازي ولكن مائل كالريشة، مثل عضلات الفخذ والساق، شكل (٥٧ - ج).

ويشير هوخمد فى هذا الصدد إلى أن ستة ألياف عرضية وأخرى طولية وثالثة ريشية إذا أثرتنا عليها بثقل واحد نجد أن نسبة التغير تختلف من مجموعة إلى أخرى

وقد تم الاصطلاح على أن الدوران بصفة عامة في اتجاهين رئيسيين هما:

أ - دوران في اتجاه عقربى الساعة ويعطى إشارة سالبة .

ب - دوران في اتجاه عكس عقربى الساعة ويعطى إشارة موجبة .

ومن هذا المنطلق أصبح من السهل التعبير عن العزوم مقدار واتجاهها . ويخضع جسم الإنسان في حركته إلى هذه القواعد العامة للعزوم فهو بين مرتكزا على نقطة يتحرك حولها مركز ثقل كتلة وبين طليقا في الهواء ، وفي كلتا الحالتين يكون لعزوم القوى الداخلية وهى العزوم التى يبذلها الإنسان عن طريق مصادر الحركة وهى الانقباض العضلى والقوى الخارجية وهى عزوم القوى الميكانيكية الخارجية التى تحكم حركة الإنسان كالجاذبية الأرضية والمقاومات المختلفة دورا رئيسيا فى تحديد المسار الحركى . ولذلك كانت الامثلة التطبيقية لمفهوم عزوم القوى فى جسم الإنسان كثيرا ومتعددة منها ما يرتبط بالتركيب التشريحي والعمل العضلى ومنها وما يرتبط بالناحية الحركية بصفة عامة .

أولاً: من ناحية التركيب التشريحي والعمل العضلى:

إن لعمل العضلات فى تحريك أطراف الجسم حول المفاصل المختلفة صورة حية للمفهوم التطبيقى للعزوم فالعضلة ذات الأربع رؤوس العضدية عند انقباضها تعمل على بسط مفصلى الركبة - أى تحرك عظام الساق حركة دورانية حول المفصل وبمعنى آخر ، فإن انقباض هذه العضلة يحدث عزمًا حول عظام الساق يؤدي إلى دورانها حول نقطة الثبيت وهى مفصل الركبة ويلعب مكان اتصال اندغام هذه العضلة فى عظام الساق دورا هاما فى تحديد شكل ومقدار ذلك العزم وعمليات القبض فى معظم العضلات العاملة على مفاصل الاطراف تكون أحيانا فى اتجاه عقربى الساعة (-) وعمليات البسط تكون فى اتجاه عكس عقربى الساعة (+) ويظهر ذلك فى شكل (٥٨) .

وعملية تحليل القوى إلى مركباتها تعتبر دراسة لمتغيرات هذه المركبات حتى يمكن حساب عزومها حول مركز ثقل كتلة الجسم على مدى اللحظة الزمنية لتأثير هذه القوى .

مفهوم العزوم.

تختلف الأجسام المتماسكة عن النقط من حيث الناتج الحركي لها تحت تأثير قوة ما فالقوة المؤثرة فى نقطة مادية تحدث انتقالا أو إزاحة لهذه النقطة وهذا الانتقال يعبر عن مقدار واتجاه القوى المؤثرة .

أما الأجسام المتماسكة فإن الناتج الحركي لها تحت تأثير القوة يختلف باختلاف مجموعة من المتغيرات منها مقدار القوة وخط عمل القوة، نقطة تأثير القوة ويرجع ذلك إلى الحيز الذى يشغله الجسم فى الفراغ والذى يختلف باختلافات الأجسام، فإذا أثرت قوة ما فى جسم متماسك فإن هناك حالتين رئيسيتين لنوع الحركة التى يتحركها ذلك الجسم .

١ - حالة تثبيت الجسم فى نقطة :

وفى هذه الحالة يتحرك الجسم حركة دورانية حول هذه النقطة وهذا ما يحدث فى حركات الأطراف حول مفاصل جسم الإنسان .

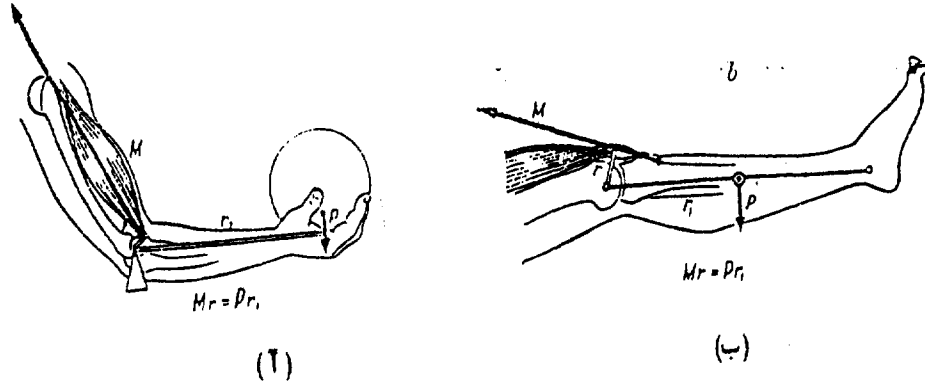
٢ - حالة الجسم غير المثبت :

فى هذه الحالة ينتج نوعين من الحركة يرتبط كل منهما لمتغيرات الأسس الأربعة السابق ذكرها .

فإذا مر خط عمل القوة بثقل كتلة الجسم نتجت حركة انتقالية فى اتجاه هذه القوة وإذا كان خط عمل القوة ومركز ثقل كتلة الجسم هو العامل الأساسى فى تحديد نسبة كل من الدوران والانتقال فى الحركة ككل ، فكلما زاد البعد بين خط عمل القوة ومركز ثقل كتلة الجسم زاد الميل للدوران .

ويستخدم لفظ الميل للدوران هذا للتعبير عن وجود الجسم تحت مجال عزم القوة، ومن ذلك يتضح أن عزم الدوران هو مقدار ما تحدثه القوة من دوران للجسم المؤثرة فيه وهذا المقدار كمية متجهة تشمل وحدات كل من القوة والمسافة، المسافة هى البعد العمودى لخط عمل القوة عن ثقل كتلة الجسم ويحسب العزم جبريا عن طريق ضرب القوة فى مقدار البعد العمودى بين خط عملها ومركز ثقل الكتلة .





شكل (٥٨) أمثلة لعزوم القوى العضلية (أ) حول عظام الساعد
(ب) حول عظام الساق لجسم الإنسان (عن دنسكوى DONOSOKIE)

ثانياً: من الناحية الحركية :

إن حركة أى جسم بصفة عامة تنتج عن اتصاله بجسم آخر وهذا الاتصال إما أن يأخذ شكل الدفع أو الشد وله صور متعددة يكون لها علاقة بمكان مركز ثقل الكتلة بالنسبة لنقطة الاتصال بالجسم الآخر ومنها جسم الإنسان .

واتصال جسم الإنسان بالأرض أو الأجهزة يكون بواسطة القدم أو القدمين واليد أو اليدين ويكون الناتج الحركى شاملاً لنوعى الحركة الدورانية، الانتقالية - حيث يحدث حركة دورانية لمركز ثقل الكتلة حول نقطة الاتصال ثم ينتج حركة انتقالية تحرر الجسم من الاتصال بالأرض أو الجهاز .

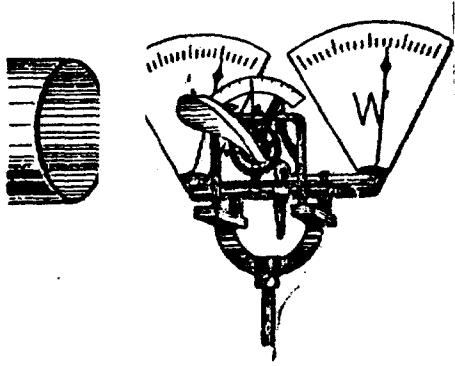
فالجرى والوثب والقفز هى مسارات حركية لنواتج ارتكاز مختلفة ويشمل كل من هذه المسارات ارتكاز تحدث فيه حركة دورانية وطيوان يحدث فيه حركة دورانية انتقالية ويعنى هذا أن للاتصال دوراً هاماً فى تحديد المسار الحركى مما يدعو إلى ضرورة الاهتمام بطبيعة تفاصيله الحركية .

كما أنه يؤكد أن حركة الإنسان بصفة عامة نتيجة للفروق بين مقادير عزوم القوى المحدثه والمؤثرة فيها .

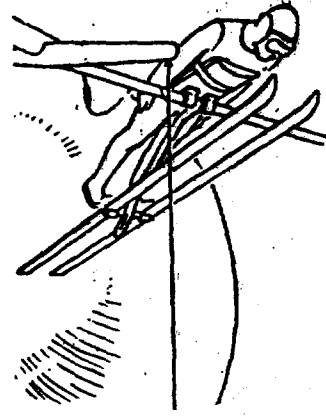
الطريقة الثانية :

تعتمد هذه الطريقة على الوسط ، وفي هذه الحالة يتم تحريك الجسم باستخدام حبل (مبدأ السحب) وتكون قوة الحبل التي يجب توفيرها حتى يمكن أن يسحب الجسم بسرعة ثابتة في الوسط الساكن ، تمثل لنا مقاومة التيار ، ويقوم الفرد من أجل قياس قوة الحبل بجعله يمر فوق بكرات ، بينما تكون إحدى هذه البكرات مثبتة على الجانب الأفقى كما فى شكل (٦١) فإذا ما كان الجسم على العكس من ذلك متواجداً فى حالة سكون نسبى ، يتكئ فيها على آلة متحركة ، فإنه من الممكن قياس مقاومة التيار بنفس طريقة القياس بالقنوات مع استخدام ميزان يثبت فوق الجسم الذى يتم الاستناد إليه

شكل (٦٢) (١٨٥:٦، ١٨٦)



شكل (٦٢) قياس مقاومة تيار الهواء بمقياس صغير



شكل (٦١) نموذج للوثب على الجليد مع تثبيت الزحافة فى داخل قناة الهواء (عن شتراومان)

فإذا رمزنا لقوة المقاومة بالرمز (R) وسرعة التيار (V) ومساحة الجسم الأمامية المعرضة للتيار (A) وكثافة المحيط (D) فإنه يمكن صياغة المعادلة التالية:

$$W = P \frac{d}{2} \quad V^2 F \frac{m \text{ kg}}{\text{Sec}^2} \quad (43)$$

$$R = C \frac{d}{2} \quad V^2 a \frac{m \text{ kg}}{\text{Sec}^2} \quad (44)$$

الفصل التاسع ميكانيكا الموائع

-
- ١ - تأثير برنولي .
 - ٢ - تأثير ماجنوس .
 - ٣ - طرق قياس مقاومة الموائع .
-

يمكن معه التعويض عن تأثير هذا الضغط بقوة مؤثرة على مركز هذا السطح، وذلك عندما يكون الضغط موزعا بالتساوى على مسطح المواجهة، وفى الحقيقة تعتبر هذه النقطة هى نقطة التأثير التى نبحث عنها والخاصة بقوة الهواء أو قوة الماء.

أما فى حالة عدم توزيع هذا الضغط بالتساوى على مسطح المواجهة، وكذلك عندما يكون شكل الجسم غير مستويا هندسيا، كجسم الإنسان مثلا، فإن الفرد لا يستطيع تحديد نقطة التأثير نظريا بشكل مسبق، وذلك ما دفع المهتمين بعلوم الطيران الى العمل على التوصل إلى معرفة عزم قوة الهواء داخل القناة الهوائية بمعرفة محور مائل معين للجسم، ثم يقومون بعد ذلك بحساب طول ذراع الرافعة كى يتوصلوا إلى معرفة نقطة التأثير، ووفقا لهذه الطريقة يمكن فى حالة جسم الإنسان أيضا التعرف على نقطة تأثير قوة الهواء وبالمثل قوة الماء.

ففى حالة السباح تكون نقطة تأثير قوة الماء هامة بالنسبة لوضع الماء، وكل من يأخذ وضعاً ثابتاً يستلقى فيه الجسم ممتداً فوق الماء يعرف أن القدمين ينجذبان دائماً لأسفل شكل (٦٧) وفى مثل هذا الوضع ينشأ عزم دوران، وذلك لأن كلا من الدفع الاستاتيكي والجاذبية الأرضية لا يؤثران فى خط واحد، حيث تؤثر قوة الجاذب الأرضية عند مركز ثقل الجسم، بينما يؤثر الدفع الاستاتيكي عند نقطة منتصف الحجم الخاصة بكمية الماء المزاح، ولا يتطابق النقطتان إلا عندما يكون الجسم ذا كثافة ثابتة. أما بالنسبة لجسم الإنسان فإن مركز ثقل كتلته يقع فى الجزء العلوى من الجسم بسبب التجاوىف الموجودة به، وعلى مسافة قليلة - فى اتجاه القدمين - من نقطة منتصف الحجم، وتنشأ نتيجة للحركة المتصلة، قوة تيار تحدث عزمًا مضادًا للدوران نتيجة لنقطة تأثيرها مما ينشأ عنه فى زاوية معينة اتزان لوضع الماء، ويلاحظ أن نقطة التأثير الخاصة به تقع عند نقطة تبعد قليل فى اتجاه القدمين من مركز ثقل كتلة الجسم. ويرجع اتخاذ نقطة التأثير لهذا الوضع بشكل خاص الى حجم واتجاه حركة الساقين، مثال ذلك الحركة الخاصة بسباحة الزحف على البطن يجب أن تكون أقل من ذلك، وفى حالة زيادة السرعة بصورة كبيرة (سرعة تيار هواء أكبر من ١٠٠ م/ث) فإن العلاقة يجب أن تكون أكبر من التربيع. ويجب عند إجراء التحليل فى الميكانيكا الحيوية أن

الفصل التاسع

ميكانيكا الموائع

FLUID MECHANICS

يطلق على العلم الذى يدرس حركة السوائل مصطلح علم ديناميكا الموائع (الهيدروديناميك).

وتؤدى قوة مقاومة الهواء والماء إلى إعاقة مسار الحركة كما يحدث فى حالة احتياج الفرد إلى معرفة كيف يقاوم الماء عند الاصطدام به فى السباحة، والتجديف، والانزلاق على الماء، وكما أن لاعب الوثب على الجليد يتلقى الدفعة عن طريق مقاومة الهواء مما يجعله يواصل الطيران كما هو الحال فى الفراغ الجوى.

وليس هناك اختلاف جوهري بين مقاومة كل من الماء أو الهواء حيث أن كلاهما عبارة عن مقاومة لتيارات يتوقف مقدارها واتجاهها ونقطة تأثيرها على سرعة التيار ومسطح المقاومة وشكل الجسم وكثافة الوسط، لذا سوف نتناول أولاً الخصائص الأساسية لمقاومة التيار، ثم نقوم بعد ذلك بتناول ما يتعلق بتيار الماء وتيار الهواء كل على حده.

بدأ نيوتن بدراسة ديناميكية الموائع إلا أن دانييل برنوللى (١٧٠٠ - ١٧٨٢م) تمكن من وضع النظرية الرياضية الأساسية لها.

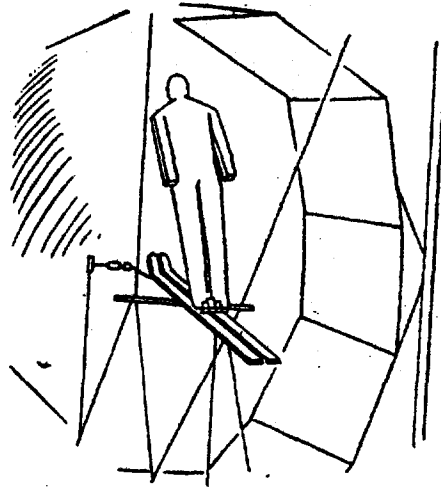
١ - تأثير برنوللى: The Bernoulli Effect

إن الموائع تتسارع بالقوة كالأجسام الصلبة ولكنها لا تحتفظ بشكلها. ويعنى ذلك أنه إذا أثرت قوة ما على نقطة فى سائل مثلاً فإنها قد لا تعمل على إزاحة السائل لمسافة معينة. لذلك يتحتم علينا عندما نتعامل مع السوائل أن ندرس تأثير الضغوط (القوة المؤثرة على وحدة المساحة) على المساحات المعنية. حيث تختلف القوة المؤثرة على جزء من الماء عادة من مكان لآخر. ففى حالة تساوى توزيع الضغوط على السائل فإنه لا يحتمل حدوث حركة فى أى جزء من أجزاء السائل، وذلك لأن أى جزء صغير من السائل سيكون تحت تأثير نفس القوى من جميع الاتجاهات مما يجعله فى حالة توازن.

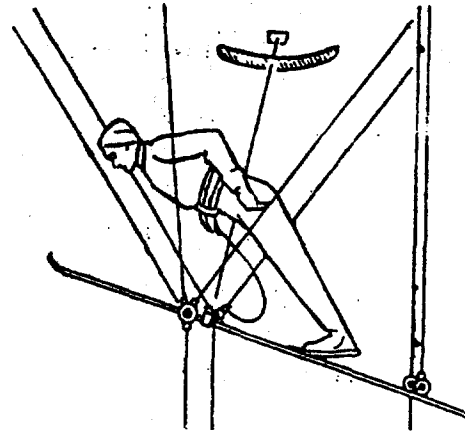


الطريقة الاولى:

يوضع الجسم فوق ميزان خاص، ومع تحريك الوسط يبين الميزان بطريقة غير مباشرة مقدار القوى التي تؤثر على الجسم فى عكس اتجاه ذلك الوسط المتدفق، وتعرف مثل هذه الأجهزة الخاصة بالقياس باسم قنوات التيارات، وفى حالة الأجهزة ذات الحجم الكبير والتي تتطلب جهدا عاليا لتحريكها، فإنه من الممكن فحص الأجسام وهى فى حجمها الطبيعى من حيث النواحي الفنية للتيار كما فى شكل (٥٩)، (٦٠)، وقد استخدم الإنسان فى كثير من الأحيان قنوات صغيرة فقط للاقتصاد، ولكن لابد من استخدام نماذج مناسبة للجسم إلا أن هناك بالفعل قنوات صغيرة للتيارات تصلح لإثبات وتوضيح قوانين التيارات مثل الجهاز الموضح فى شكل (٥٩) الخاص بتيار الهواء.



شكل (٦٠) الواثب على الجليد مع تثبيت مركز الكتلة داخل قناة الهواء



شكل (٥٩) الواثب مع تثبيت الزحافة وحركة الجسم داخل قناة الهواء (عن شتراومان Strauman)

الفصل العاشر

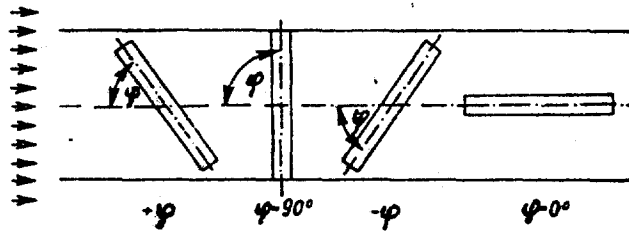
دراسة الحركة الرياضية

١ - طرق ووسائل دراسة الحركة الرياضية .

٢ - تقييم سير الحركة الرياضية .

حيث (C) مقدار ثابت للأجسام المتماثلة هندسيا وفق ظروف معينة ولكن لا يجب أن يفهم من ذلك أن مقدار (C) متعلق فقط بطول وعرض الجسم، ولكن اتجاه التيار وزاوية تعرض الجسم له تؤثران أيضا على مقدار (C) بالنسبة للجسم الواحد.

فإذا عرضنا جسما لتيار هواء كما في شكل (٦٣) فإنه يصبح له مقدار معين من (C) ولكن بتغيير زاوية تعرضه للتيار كما في شكل (٦٣) سوف يتغير مقدار (C) رغم أن الجسم مازال له نفس المقاييس الهندسية والتيار مازال له نفس السرعة.



شكل (٦٣) تغير السطح المواجه مع تغيير زاوية التحكم

ويظهر ذلك بوضوح أكثر إذا عرضنا مسطرة لتيار هواء وهي في وضع رأسى أى عمودى على تيار الهواء، كما في الشكل (٦٣) ثم عرضناها مرة أخرى لنفس تيار الهواء وهي بزاوية ميل معينة. حيث يترتب على تغيير وضع الجسم تغير المساحة المعرضة لتيار الهواء وبالتالي تغير قيمة (C). وفي معادلة حساب قوة مقاومة الأجسام للموائع لا يحسب المرء مقدار المساحة المعرضة للتيار بل نتعامل مع مساحة الجسم نفسه وزاوية ميل هذا الجسم على التيار كما في الشكل (٦٤) والتي يترتب عليها تحديد مقدار (C). فمثلا في حالة حساب مساحة الطائرة المعرضة لتيار الهواء تضرب طولها في عمقها، أما بالنسبة لجسم الإنسان إذا اعتبرنا أن السطح المميز له هو عرض الكتفين مضروبا في ارتفاع الجسم فعندما نقوم بحساباتنا مستخدمين القيم النسبية بشكل عددي، فإنه يكون لزاما علينا في هذه الحالة أن نعرف ما هو السطح المميز الذى نتخذه هنا ليتفق مع قيم (C).

إلى استخدام طريقة التقويم الذاتى والتى يتم حبكها بشروط وتعليمات دقيقة بهدف رفع موضوعيتها. ويرتبط التقويم الذاتى فى مجال الميكانيكا الحيوية بطريقة المحلفين بينما يرتبط التقويم الموضوعى بطريقة التحليل الحركى.

أ - طريقة المحلفين : The Judge Method

تتلخص هذه الطريقة فى تعيين عدد من المحلفين أو الخبراء أو الحكام يؤخذ رأى كل منهم فى مستوى الأداء الحركى للمهارة الرياضية المراد تقويمها وفق محددات وتعليمات وإرشادات قانون اللعبة وتجمع درجات المحلفين وتقسم على عددهم والمتوسط الناتج يعتبر درجة تقويم مستوى الأداء الحركى للمهارة.

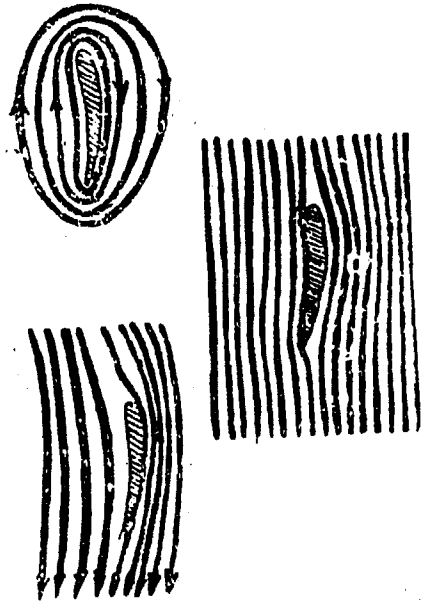
ويحدد عدد المحلفين وفق تعليمات وإرشادات القانون الدولى للنشاط الرياضى التابع له المهارة المراد تقويمها أو دراستها، وفى الجُمباز على سبيل المثال نجد أن طريقة المحلفين المستخدمة فى الحكم على مستوى أداء اللاعبين تتلخص فى تعيين خمسة حكام من قائمة الحكام المعتمدين بالاتحاد المصرى للجُمباز على كل جهاز وتختار اللجنة الفنية أحدهم بالاسم رئيسا على الحكام الأربعة الآخرين الذين يعبر كل منهم عن رأيه فى الأداء الحركى للاعب الجُمباز بالدرجات التى تتراجع مابين صفر، ١٠ درجات حيث يتم حذف أعلى درجة ويؤخذ متوسط الدرجتين المتوسطتين حيث يعبر هذا المتوسط عن الدرجة النهائية التى حصل عليها اللاعب، ويبنى رأى الحكام الأربعة حسب تعليمات وإرشادات القانون الدولى للجُمباز.

ب - طريقة التحليل الحركى The Analysis Method

* مفهوم التحليل الحركى

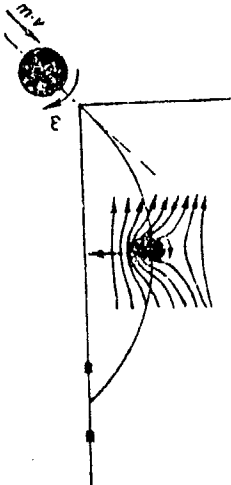
يقصد بلفظ تحليل فى المجالات المختلفة للمعرفة الإنسانية أنه الوسيلة المنطقية التى يجرى بمقتضاها تناول الظاهرة موضع الدراسة بعد تجزئتها إلى عناصرها الأولية الأساسية المكونة لها، حيث تبحث هذه العناصر الأولية كل على حده تحقيقا لفهم أعمق للظاهرة ككل.

وانطلاقا من هذا المفهوم للدلول (تحليل) يمكن عند دراسة الحركة الإنسانية أن يكون التحليل تشريحيًا أو فسيولوجيًا أو كميائيًا أو نفسيًا أو تربويًا أو ميكانيكيًا - وينبغى أن يوضع



شكل (٦٥) حدوث دوامة تدور لأعلى وأسفل الجسم

ويمكن الاستفادة أيضا من تأثير ماجنوس في حالة الضربة الركنية لكرة القدم حيث يعمل على دخول الكرة مباشرة في مرمى الخصم، فإذا كانت الضربة الركنية من الركن الأيمن بمعنى أنه سوف يقوم بها الجناح الأيمن، فإنه يجب عليه عند ضرب الكرة أن يضربها من الجانب الأيسر، وبذلك سوف يؤدي العزم الناتج من ضرب الكرة من الجانب الأيسر إلى دوران الكرة أثناء طيرانها في اتجاه عقرب الساعة مما يؤدي إلى زيادة ضغط الهواء على الكرة من الناحية الخارجية عن المرمى وقلة الضغط في الناحية التي بين الكرة والمرمى فتتجه الكرة إلى داخل المرمى كما في شكل (٦٦).



شكل (٦٦) تأثير ماجنوس في الضربة الركنية لكرة القدم

وجدير بالذكر بعد تناولنا مقدار واتجاه قوتي كل من الماء والهواء بالشرح يتحتم علينا التعرض لموضع نقطة تأثير كل منهما، حيث تعتبر مقاومة التيار ضغطا على السطح بما

على هيئة شريط تقرأ عليه تلك الأطوال مسترشدين بالأثر الذى تحدده مسامير حذاء الجرى على المضمار أو يمكن استخدام منضدة خاصة بالقياس ليسهل عمليا الحساب بطريقة مباشرة، ومن الممكن حساب جميع البيانات والأرقام التى تحتاج إليها من الرسم البياني باستخدام مساطر خاصة، ولتقييم تلك البيانات تقوم بالتعويض عن كل من (ع، ل، د) على المسافة (ف) ويمكننا الاستفادة بطريقة البحث التى وضعها جوندلاخ بإجراء التجربة على عداءين فى نفس الوقت مع مراعاة أنه من الأنسب فى هذه الحالة استخدام لونين مختلفين فى الكتابة.

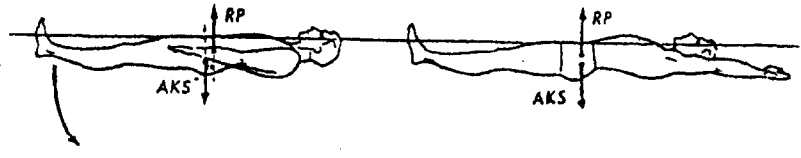
* التصوير بالأثر الضوئى: Chronophotography

يتطلب التصوير بالأثر الضوئى تحديد نقط الجسم المراد تحديدها عن طريق لمبات كهربية صغيرة، ثم يقوم الفرد بتصوير مسار الحركة باستخدام آلة تصوير ثابتة مزودة بجهاز إيقاف زمنى للصور، حيث يتم تصوير كل صورة، عندما تكون شدة إضاءة المجال المحيط صغيرة، وتتضح لنا مسارات الحركة لنقط الجسم المحددة فوق الصورة على هيئة أثر ذى لون أبيض، وينتج عن طول زمن الإضاءة، أن تصبح الخلفية واضحة أيضا رغم قلة شدة الضوء، ويتيح ذلك للفرد تحديد العلاقات الدالة على مسار الحركة فى خلفية الصورة والتمكن من استخدامها لإجراء عمليات القياس.

ويمكن استخدام مرآيا مقعرة عوضا عن اللمبات الكهربائية الصغيرة، وفى هذه الحالة يتحتم تسليط ضوء كشاف على اللاعب كى تنشأ نقط ضوئية ساطعة عند بؤرة المرآيا، وتكون الصورة جيدة إذا ما كان الضوء عالى الشدة بالنسبة للمجال المحيط به، وباستخدام فيلم من مادة حساسة للأشعة فوق الحمراء.

وتتميز الصور المأخوذة بطريقة الأثر الضوئى بالوضوح الكامل، عندما يضع الفرد قرص دائرى ذى ثقب يدور بتردد منتظم أمام العدسة الشيئية لآلة التصوير مباشرة، ويظهر عن طريق ذلك أثر يتردد ظهوره بانتظام وعلى فترات متساوية على هيئة نقطة ضوئية، ويوضح الشكل (٦٩ - أ) مسار اليد الدافعة للجلة والمأخوذة بطريقة الأثر الضوئى العادى، بينما يبين الشكل (٦٩ - ب) الصورة المأخوذة لنفس اليد الدافعة للجلة والمأخوذة بطريقة وضع قرص مثقوب يدور بطريقة منتظمة، ومن بيانات

تضع فى الاعتبار أهمية لقوة الماء فى جميع الحالات بينما فى حالات السرعات المنخفضة يكون من الممكن التغاضى عن قوة الهواء. ويلعب شكل الجسم وزاوية تعرضه للتيارات دورا هاما، فى تحديد اتجاهات قوى المقاومة الناتجة عن ذلك.



شكل (٦٧) وضع مركز ثقل كتلة الجسم ونقطة منتصف الجسم
عند اتخاذ جسم الإنسان الأوضاع المختلفة فى الماء (عن دنسكوى)

ويتمتع التردد الناتج عن النبضات الضوئية بدرجة عالية من الثبات لدرجة تتوفر معها وجود فترات بينية زمنية دقيقة، قدرها (Δ ن)، عندما يتمكن الفرد من تكوين أثر ضوئي على هيئة نقط بقدر الإمكان حتى يتمكن من تحديد مسافات بينية على درجة عالية من الدقة قدرها (Δ ف)، ولا يمثل الزمن الخاص بإضاءة المصدر الضوئي (Δ ن) سوى جزء صغير من الفترة الزمنية (Δ ن)، ويتطلب هذا توفر ارتفاع تدريجي وهبوط تدريجي شديدين بالنسبة لدرجة إضاءة المصدر الضوئي، وعن طريق هذه الدرجة العالية من الدقة المتوفرة في الشكل الخاص بالنقاط الضوئية الواضحة للصور يمكننا اختيار فترات ومسافات بينية متناهية الصغر (تردد نبض عال).

ويتم تقييم الصور المأخوذة بطريقة النبض الضوئي بشكل نصف آلي لاستخدام جهاز استيكوميتر Stecometer ويتم إحضار النقط الضوئية على منضدة قياس لتغطية كل منها على حده، وذلك بالاستعانة بجهاز تكبير ذى شعيرات متعاهدة للتغطية.

وتتم هذه الخطوة الخارجية بطريقة يدوية عن طريق تشغيل عجلات، وبعد أن يتم التطابق التام بين كل من الشعيرة المتعامدة والنقطة الضوئية، (التحكم بالعين المجردة)، يتم تحديد كل من قيمتى الاحداثيين (س، ص) الخاصين بالنقط الضوئية الجارى فحصها عن طريق تشغيل مفتاح كهربائى أوماتيكى باستخدام القدم، ومن الممكن تسجيل قيم الاحداثيات فوراً بالكتابة، أو تحويلها إلى ثقب يمكن استقراؤها بالآلات الحاسبة.

ويعيب هذه الطريقة عدم إمكان تعميمها فى الأنشطة الرياضية لأنه فى بعض الأنشطة الرياضية مثل الجمباز يتعذر على اللاعب حمل جهاز توليد النبضات الضوئية مثبتاً على جسمه، بالإضافة إلى حتمية توفر مجال محيط قليل الإضاءة، ولذلك فإنه من المتعذر الحصول على الصور فى الضوء العادى للنهار فى الأماكن المفتوحة.

* جهاز تسجيل السرعة Speedograph

تمكن ابلاكوف Eblakuf من تطوير جهاز خاص بتسجيل السرعة Speedog-raph لخدمة التدريب على العدو، وتدريبات الوثب فى ألعاب القوى، بحيث يقوم العداء أو الوثاب بجذب خيط من مادة كيميائية أثناء الجرى من اسطوانة،

الفصل العاشر

دراسة الحركة الرياضية

-
- ١ - طرق ووسائل دراسة الحركة الرياضية .
 - ٢ - تقييم سير الحركة الرياضية .
-

٣ - افلام خام ذات حساسية مناسبة لنوع ومكان ووقت التصوير .

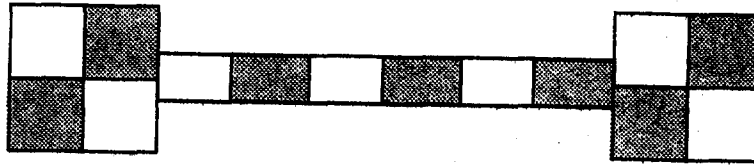
٤ - علامات إرشادية ضابطة تحدد خلفية الصور كما فى شكل (٧٠)



شكل (٧٠) العلامات الإرشادية الضابطة

٥ - عارضة قياس مقسمة بدقة لتحديد مقياس الرسم عند تحليل الصور كما فى

شكل (٧١)



شكل (٧١) عارضة تحديد مقياس الرسم

٦ - شريط قياس صلب لتحديد أبعاد التصوير .

٧ - خيط فى نهايته مسمار يثبت أسفل حامل آلة التصوير السينمائية .

٨ - ميزان مائى .

٩ - مثلث كبير لرسم الخطوط المتعامدة .

١٠ - شريط من البلاستر اللزج (الوان) لتعليم مراكز مفاصل الجسم .

١١ - مقص .

١٢ - جهاز قياس شدة الإضاءة لتحديد فتحة العدسة المناسبة لسرعة التردد

المستخدمة فى آلة التصوير فى حالة عدم وجود هذا الجهاز بآلة التصوير السينمائية .

الفصل العاشر

دراسة الحركة الرياضية

Sport Movement Study

انطلاقاً من المسلمة التي تشير إلى أن الإنسان يعتبر كآلة حية يخضع في حركته للقوانين الطبيعية والميكانيكية تظهر أهمية استغلال الإنسان للقوانين الميكانيكية المؤثرة على أدائه الحركي عند دراسته الحركات الرياضية.

ومما لاشك فيه كما أشارت معظم الدراسات التي تناولت الأداء الحركي أن هذه القوانين الميكانيكية تأتي بثمارها إذا ما نفذت بطريقة يتحقق معها التوافق في الأداء، ولكي يتم ذلك لابد من فهم العناصر الميكانيكية المؤثرة في الأداء الحركي وأنها يصلح استخدامه حتى يمكن الاستفادة منها لتحقيق الواجب الحركي بتوافق تام. ولكي نتمكن من تحديد هذه العناصر الميكانيكية المؤثرة في الأداء الحركي بطريقة علمية يجدر بنا التنويه إلى ضرورة التعرف على طرق ووسائل دراسة الحركة الرياضية.

١ - طرق ووسائل دراسة الحركة الرياضية : Sport Movement Methodology

يبحث علم الميكانيكا الحيوية في الأداء الحركي للإنسان والحيوان أو يدرس فيه الحركة التي يقوم بها، ويسعى هذا العلم في الميدان الرياضي إلى دراسة منحني الخصائص للمسار الحركي للمهارة الرياضية سعياً وراء تحسين التكنيك الرياضي بهدف تصحيحه وتطويره وفقاً لأحدث النظريات العلمية للتدريب الرياضي. لذا يلجأ العاملون في مجال الميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية إلى استخدام طرق ووسائل التقويم المناسبة لدراسة الحركات الميكانيكية التي يؤديها الإنسان أو الحيوان مع مراعاة خصائص تلك الحركات وشروط أجهزتها الحركية التي تعتمد على العوامل البيولوجية للأعضاء من الناحية الوظيفية.

وبالرغم من أن الاتجاه الحديث للتقويم في مجال الميكانيكا الحيوية ينحو نحو التقويم الموضوعي إلا أنه في بعض الأحيان عندما يتعلق الأمر بتقويم الحركات الرياضية بطريقة سريعة وبهدف ترتيب اللاعبين كما يحدث في بطولات الجمناز والغطس، والتمرينات الفنية والباليه، والرقص والعروض الرياضية يلجأ المتخصصون

وفى حالة تصوير الحركات ذات المدى الواسع، فإنه يجرى استبدال العلامات الصغيرة للبلاستير اللزج بوضع أشرطة من البلاستر تحيط بالوصلات عند مستوى مركز ثقلها.

- يجب مراعاة عند تصوير الحركات الرياضية التى تستخدم فيها أداة (جلة - قرص، رفع الأثقال... الخ)، أن تضاف علامة تحدد مركز ثقل هذه الأداة.

خامساً - إجراء عملية التصوير :

بعد الانتهاء من الإجراءات السابقة فى البنود أولاً، ثانياً، ثالثاً، يتم التصوير وتسجيل جميع البيانات المتعلقة بكل محاولة فى الاستمارة الخاصة بها والموضحة فيما يلى :

استمارة تسجيل بيانات التصوير

الهدف	التاريخ
الدارس	الحركة
زمن البداية	الزمن الكلى
زمن العرض	العدسة الحاجز/ البؤرى
حالة الإضاءة	
فنية الإضاءة (النوع والعدد)	
الخلفية	
علامات الرجوع	
المطابقة	
.....	
معايرة سرعة آلة التصوير	
ارتفاع آلة التصوير	بعد آلة التصوير عن الهدف
مقياس الفيلم	
الموضوعات (العدد، علامات المفاصل... الخ)	

فى الاعتبار أن ورود تجزئة الظاهرة هنا ليست هدف فى حد ذاته وإنما وسيلة لإمكان الوصول إلى الإدراك الشمولى للظاهرة ككل - خاصة إذا كانت ظاهرة حركة الكائن الحى - والذى لا يمكن تحقيقه إلا من خلال تجميع الأجزاء والعناصر فى وحدة متكاملة .

وترتبط طريقة التحليل الحركى بالطريقتين الخاصتين بالتعرف على الميكانيكا وهما الطريقة الكينماتيكية والطريقة الديناميكية، لذا فإن المرء يعرف نوعين من طرق التحليل الحركى هما:

أ - طريقة التحليل البيوكينماتيكية للمهارات الحركية .

ب - طريقة التحليل البيوديناميكية للمهارات الحركية .

(١) طريقة التحليل البيوكينماتيكية للمهارات الحركية :

تهتم طريقة التحليل البيوكينماتيكية للمهارات الحركية بتوضيح ووصف أنواع الحركات المختلفة، عن طريق استخدام المدلولات الخاصة بالسرعة والعجلة التى وضعت على أساس من قياسات المسافة والزمن وتستخدم فى سبيل تحقيق ذلك عدة وسائل منها مايلى :

Electronic Stroboscopic	* القياس اللحظى بواسطة الخلايا الضوئية
Cronograph	* جهاز ضبط الزمن
Chronophotography	* التصوير بالأثر الضوئى
Cyclogrametry	* تصوير النبضات الضوئية (فوتوجرافيا)
Speedograph	* جهاز تسجيل السرعة
Cinematography	* التصوير السينمائى
Chrono Cyclography	* التصوير الدائرى
Electronic Stroboscopic	* القياس اللحظى بواسطة الخلايا الضوئية
Videography	* التصوير بالفيديو

* القياس اللحظى بواسطة الخلايا الضوئية : Electronic Stroboscopic

يعتمد أساسا هذا القياس على قطع اللاعب لمسار ضوء عند احتجازه بجسمه حاجزا من هذه الحواجز الضوئية مهما تضاءل زمن القطع وذلك عن طريق خلايا ضوئية -

٢ - الطريقة غير المباشرة (باستخدام الجسم كأجزاء).

الطريقة المباشرة :

كان بورللى (١٠ : ٣٢) أول من توصل إلى تحديد موضع ثقل الكتلة لجسم الإنسان، وللتوصل لذلك وضع شخصا فى وضع الرقود على لوحة من الخشب مركزا على رأس منشور وقام بتحريك اللوح حتى حدث وضع اتزان للجسم وبذلك يكون قد أوجد خط تأثير مركز ثقل كتلة الجسم. غير أن الأمر هنا لا يتعلق بتحديد مركز ثقل كتلة جسم الشخص وحده بل بتحديد الثقل المشترك لكل من جسم الشخص والقاعدة المرتكز عليها هذا الجسم أيضا، حيث أنه عن طريق تحريك اللوح الخشبى فوق الدعامة المرتكز عليها يكون هناك مركز ثقل جسم الشخص على أحد طرفى اللوح الخشبى بينما يكون مركز ثقل اللوح موجودا عند الطرف الآخر للحافة.

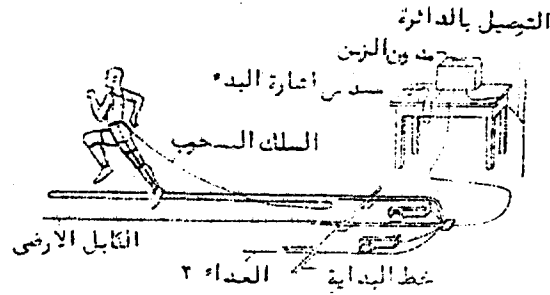
وخلال القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين قام فريق من الباحثين بتطوير طريقة بوريللى حيث أجرى الأخوان فيشر تجربتهما على نفس الأسس المماثلة لطريقة بوريللى مع محاولتهما تجنب الخطأ الذى وقع فيه بوريللى، وذلك بوضع الشخص فوق قاعدة قاما سلفا بتثبيتها فى وضع الاتزان مع تحريك الجسم الذى أجريا عليه تجربتهما هنا وهناك، ويتضح صعوبة هذه الطريقة إذا ما تخيلنا إيجاد مركز ثقل كتلة جسم اللاعب فى أوضاع متعددة وصعبة خلال أدائه مهارة مثل الدوريتين الهوائيتين المتكورتين على الأرض.

لذا فقد توصل ديبوز ريموند إلى جهاز أطلق عليه اسم ميزان مركز الثقل يتكون من قاعدة مثبتة وضعت فوق حافتين ثبت أحدهما فوق ميزان من الموازين المستخدمة فى وزن الأشخاص وبقدر بعد المسافة بين خط الثقل ونقطة الارتكاز للميزان، يستخرج مقدارا معيناً لوزن الجسم، ووفقاً لقانون الروافع، فإنه يمكن حساب تلك المسافة، ولقد أدت هذه الطريقة إلى تبسيط خطوات التجارب بشكل ملحوظ برغم من أنها لاتصلح إلا لتحديد خط الثقل فقط، أما بالنسبة لتحديد مركز ثقل جسم ما فإنه من الضروري إيجاد ثلاثة خطوط للثقل بحيث لايجوز أن يقع أكثر من اثنين منهما على مستوى واحد، ونظراً لتمتع الأجسام بخاصية التماثل فإنه من الممكن فى معظم

أما في ما عدا ذلك فإن المقادير الزمنية التالية كافية كشرط أساسي :

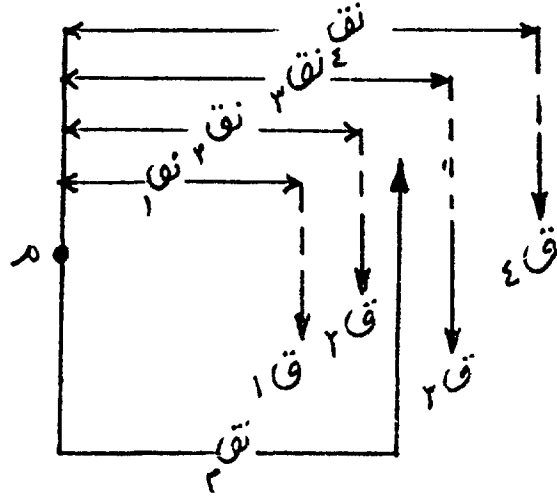
$$ن ع = ن ز + ن ط$$

أما أثناء العدو فإن العداء يسحب من خلفه سلكا من أسلاك الكهرباء معزولا من طرف واحد، على أن يكون هذا السلك مثبتا من الطرف الآخر في جهاز ضبط الزمن الكاتب (مدون الزمن)، أما عند الطرف الآخر المنتهى بالعداء فإن السلك يكون مثبتا بمسامير حذاء الجرى - يثبت السلك في حزام مثبت على ظهر العداء، ومن هذا المكان يتفرع هذا السلك إلى فرعين يمتدان إلى أسفل بطول الساقين حتى يصلا إلى القاعدة المعدنية المثبتة أسفل الحذاء على أن تكون هذه القاعدة المعدنية ملاصقة تماما لمسامير حذاء الجرى - ويراعى ذر محلول ملحي على طريق العدو ليكون طبقة رقيقة تسمح بوجود وسط موصل جيد للكهرباء، مع مراعاة توصيل الطرف الآخر للسلك بجهاز مدون الزمن كما في شكل (٦٨) (٦: ٢٥٣).



شكل (٦٨) جهاز قياس طول الخطوة (عن جوندلانغ)

وفي مرحلة الارتكاز تغلق الدائرة وتفتح مرة أخرى بمجرد عدم ملاصقة مسامير حذاء الجرى للأرض أى في مرحلة الطيران، وفي داخل جهاز تدوين الزمن ويقوم محرك - موتور مثبت به ترس دائري بأرقام ثابتة - يتحرك شريط من الورق بسرعة منتظمة قدرها واحد م/ ث تماما، وعند وصل التيار ينتقل القلم من وضعه قليلا، بفعل المغناطيس المتولد من الكهرباء، وعند فصله يعود القلم المثبت في المدون إلى مكانه مرة أخرى. ولتقييم الرسم البياني يتحتم القيام بقياس أطوال الخطوات وذلك بوضع متر



شكل (٧٢) خط الثقل وقوة الارتكاز

فإذا كان مقدار القوى (ق ١ إلى ق ٤) ومسافاتهما العمودية (نق ١ إلى نق ٤) الفاصلة بينها وبين محور الدوران (م) معلومة لنا يصبح في الإمكان معرفة (نقم) الخاصة بقوة الارتكاز (قم) عن محور الدوران، فإذا ما كان الأمر يتعلق في حالة القوى بأوزان الأجسام فإنه في الإمكان في هذه الحالة معرفة خط ثقل النظام بمعلومية البعد (نق م) حيث تأخذ معادلة القوى الصورة التالية :

$$\text{نق م} = \frac{\text{ق ١ نق ١} + \text{ق ٢ نق ٢} + \text{ق ٣ نق ٣} + \text{ق ٤ نق ٤}}{\text{نق م}} \quad (٤٦ - أ)$$

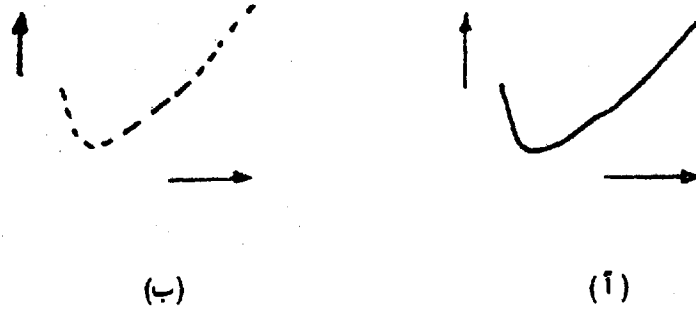
وتطبق المعادلة التالية بصفة عامة على القوى :

$$\text{نق م} = \frac{\sum_{n=1}^N \text{ق ١ نق ١}}{\text{ق ١}} \quad (٤٦ - ب)$$

ونظرا إلى أن حاصل جميع مقادير القوى يمكن التعويض عنها بقوة كلية قدرها (قم) فإنه يمكن وضع المعادلة في الصور التالية :

الصورة المأخوذة شكل (أ) يمكن للفرد حساب العلاقة بين السرعة والزمن على مراحل وفقاً لمقياس الرسم الخاص بالشكل، يقوم الفرد بقياس فروق المسافات كل منه على حده ويكون لكل مرحلة نتيجتها على النحو التالي:

$$\frac{f}{n} = e$$



شكل (٦٩) الصور المأخوذة بطريقة الأثر الضوئي لليد الدافعة للجلة

ويمكن أن يصبح الفرق الزمني (Δn) صغير جداً إذا زادت مرات الدوران بما يتلاءم مع هذا الأمر لدرجة يصبح معها مسار السرعة بالنسبة للزمن شديد الدقة، وعندما يكون التردد (د) ثابتاً، فإن (Δn) يصبح ثابتاً ويقوم الفرد بحساب الفرق الزمني وفقاً للمعادلة ($\Delta n = \frac{1}{\Delta t}$)، إلا أنه لا يجوز اختيار فارق زمني (Δn) شديد الصغر، وإلا فإن الخطأ الناشئ عن ذلك يكون ذا أثر كبير عند قياس فروق المسافة.

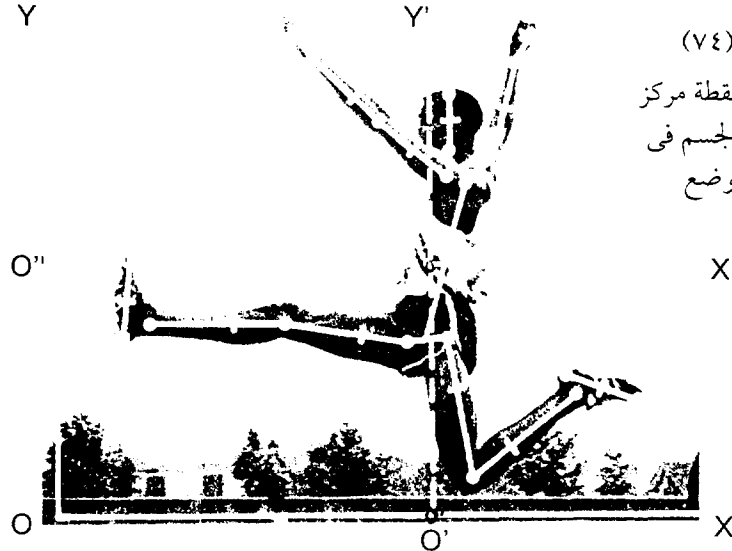
* تصوير النبضات الضوئية (فوتوجرافيا) Cyclogrametry

قام جوت فورت Gutfurt بتطوير طريقة التصوير بمساعدة مصدر ضوئي يبعث إشعاعات على شكل نبضات ضوئية قصيرة، حيث تمكن من تثبيت المصدر الضوئي باللاعب كما هو الحال عند التصوير بطريقة الأثر الضوئي عند النقطة التي تحدها بجسم اللاعب، ويقوم جهاز الكتروني بإصدار النبضات الضوئية القصيرة، ويحمل اللاعب هذا الجهاز مثبتاً على جسمه بما يحتويه من جزء خاص بتوليد الكهرباء، وهو خفيف الوزن ولا يتطلب مساحة كبيرة.

مثال: لتحديد مركز ثقل ثقل جسم اللاعب فى الصورة شكل (٧٤) باستخدام طريقة الأجزاء (الطريقة التحليلية).

يراعى اتباع الخطوات التالية :

- ١ - ضع علامة على النقاط الثابتة بالجسم كما فى الصورة شكل (٧٤).
- ٢ - وصل محاور أعضاء الجسم المختلفة مع ملاحظة أن المحور الطولى للجذع هو الخط الواصل بين منتصف كل من المحور الأفقى الواصل بين مفصلى الكتفين، مفصلى الفخذين.
- ٣ - حدد طول كل محور من المحاور الطولية الخاصة بكل جزء من أجزاء الجسم وباستخدام نسب أنصاف أقطار لكلاوسير حدد موضع مركز ثقل كل عضو على حده.
- ٤ - أوجد بعد مركز ثقل كل عضو على المحور السينى، والمحور الصادى.
- ٥ - أوجد عزم مركز ثقل كل عضو من أعضاء الجسم على حده حول المحور السينى، المحور الصادى و . س، و . ص وذلك بضرب بعد مركز ثقل العضو عن المحور السينى $\times$ الوزن النسبى (عن كلاوسير) بضرب بعد مركز ثقل العضو عن المحور الصادى الوزن النسبى للعضو (عن كلاوسير).
- ٦ - أوجد مجموع نواتج ضرب بعد مركز ثقل العضو $\times$ وزنه النسبى لكل من المحور السينى والمحور الصادى حيث يصبح ذلك هو بعد مركز ثقل كتلة الجسم عن المحور السينى، المحور الصادى على التوالى (إحداثيات نقطة مركز ثقل كتلة الجسم فى هذا الوضع).



وبذلك تكون سرعة محيط الاسطوانة مساوية لسرعة الجرى ويقاس عدد مرات دوران الاسطوانة وفقا لقاعدة عداد سرعة الدوران وتسجيلها على شريط من الورق المثبت فوق الاسطوانة، يحصل الفرد على سرعة العدو أثناء قطع المسافة، ويلاحظ أن سرعة العدو تتناسب تماما مع عدد مرات دوران الاسطوانة، وذلك لأن هناك وضعاً معيناً للخيوط فوق الاسطوانة، مما يجعل محيط الاسطوانة ثابت القيمة دائماً ويكون ذلك كما يلي:

$$ع = \frac{ط \times د}{٦.} \times أ \dots\dots\dots (٤٦)$$

حيث ع = سرعة العدو، أ = عدد مرات دوران الاسطوانة محسوباً بـ $\frac{١٠}{دقيقة}$
 د = مقطع الاسطوانة محسوباً بالمتر، ط = النسبة التقريبية.

※ التصوير السينمائي Cinematograph

تطور في العوام الأخيرة التصوير السينمائي في المجال العلمى باستخدام أداة التصوير السينمائية ذات الدقة العالية فى السرعات بالإضافة إلى التطور الكبير الذى طرأ على وسائل التحميص، وقد استفاد العمل العلمى من هذا التطور وخاصة فى ميدان الميكانيكا الحيوية حيث أصبح من المستطاع استخدام آلات التصوير السينمائي فى تصوير أعداد كبيرة من الصور السينمائية فى وحدات زمنية صغيرة، بحيث أصبحت المسافة بين وضع الجسم من صورة إلى أخرى متناهية فى الصغر (د ف) وكذلك الفترة الزمنية لحدوث هذه الحركة للجسم أصبحت أيضاً متناهية فى الصغر (د ن).

إجراءات تنظيم عملية التصوير السينمائي:

تتطلب إجراءات تنظيم عملية التصوير السينمائي ما يلي:

أولاً: الأجهزة والمعدات :

١ - آلة تصوير سينمائية ٨ مم أو ١٦ مم ذات سرعات متعددة تعمل بمصدر كهربائى .

٢- حامل ثلاثى لآلة التصوير السينمائية .

✳ التصوير الدائرى Chrono Cyclography

يشير كل من ريشير Richer (١٩٧٤)، هوخموت Hochmuth (١٩٧٤) بتروف Petrov (١٩٦٧) إلى ارتباط تحليل وتقويم سلسلة الصور المتتابعة المأخوذة من النموذج التخطيطى باستخدام التصوير السينمائى (مجموعة التصوير اللحظى المتسلسل) من خلال النموذج التخطيطى القياسى للحركة (الكينوجرام) بالعديد من أخطاء الضبط والتوجيه عند رسم ورصد كل صورة على حده، والتي يؤدى تجميعها التراكمى إلى التأثير على الدقة القياسية لمنحنى علاقة (المسافة - الزمن) بالإضافة إلى تطلب ذلك الكثير من الوقت والجهد سواء فى تجهيز الكينوجرام أو فى الحصول على المعطيات والنتائج منه. فى حين نجد أن التحليل والتقويم فى حالة التصوير الدائرى لا يستدعى ذلك سوى دراسة صورة كلية واحدة تتزامن فيها بدقة مجموعة من اللقطات أو النقاط الضوئية المسجلة لمراحل الحركة المرصودة والتي يؤدى مجرد استعراضها إلى مدنا بمعلومات فورية سريعة عن طبيعة المسار الحركى للأداء موضوع الدراسة (نفريد Nefred (١٩٧٢)، دونسكوى Donskoy (١٩٧١) وغيرهم. ويرى هوخموت إنه بالرغم من أن مساوىء التصوير السينمائى يمكن تلافيها فى التصوير الدائرى إلا أن الأخير يعيبه ضرورة وجود خلفية معتمدة إلى جانب ضرورة ظهور الهدف المرصود بصورة مضاءة تماما - أبيض بقدر الإمكان - بالإضافة إلى أن هذا الأسلوب لا يكون قابلا للاستخدام إذا كان اللاعب يغير موضعه فى الحركة كما يحدث فى الدوران حول المحور الطولى للجسم، ويعتمد التصوير الدائرى على أساس أن حركة أى جسم من الأجسام يمكن تصويرها فى فترات زمنية يثبت بعدها عن بعض (Δ ن) لعدة أوضاع متغيرة فى صورة واحدة على الفيلم الأصىلى عن طريق الإضاءة والتصوير على فترات زمنية قصيرة، ويحصل الفرد على هذا باستخدام آلة تصوير عادية يدور أمام عدستها الشبئية قرص دائرى ذو ثقب يدور على محور يتردد شكل (٧٥).

(٦ : ٢٧١ - ٢٧٥)

١٣- ساعة الكترونية كبيرة ($\frac{1}{1000}$ ، $\frac{1}{100}$ من الثانية) توضع فى مجال التصوير - يرجع إليها من حساب الزمن فى حالة عدم معايرة آلة التصوير .

١٤- لوحات مرقمة لتحديد ترتيب المحاولات أثناء التصوير .

١٥- الأدوات أو الأجهزة الخاصة بالمسابقة الرياضية المقرر تصوير اللاعبين خلال أدائها .

١٦- عدد ٤ مصادر إضاءة قوة كل منها ١٠٠٠ ك. و لاستخدامها فى حالة إجراء التصوير داخل صالات التدريب .

١٧- ستارة من القماش الأسود على شكل مربع طول ضلعه ٤ أمتار لاستخدامها كخلفية عند التصوير .

ثانياً: إعداد مكان التصوير :

يتم إعداد مكان التصوير وفق الخطوات التالية :

١- تحديد المجال الذى سيتم فيه التصوير ، ومكان الهدف المراد تصويره سواء كان على الأرض أو على جهاز (مثل جهاز المتوازيين أو العقلة أو الحصان أو الحلق أو القفز بالزانة أو الغطس . . . الخ) .

٢- توضع الستارة السوداء (الخلفية) خلف الغرض المراد تصويره بحيث يكون الغرض فى منتصفها مع ملاحظة تثبيتها .

٣ - توضع العلامات الإرشادية الضابطة فى خلفية مجال التصوير وفى مجال الحركة بالضبط .

٤ - توزيع مصادر الإضاءة على أركان مجال التصوير فى حالة ما إذا تم التصوير فى صالة مغلقة مع ملاحظة توزيع شدة الإضاءة على الهدف بصورة تظهره بوضوح .

٥ - التأكد من عدم وجود أى انحرافات فى مكان التصوير ويتم ذلك باستخدام الميزان المائى .

ثالثاً: إعداد وضع آلة التصوير :

١ - تأكد من أن آلة التصوير تعمل .

وهكذا فإن خلال الوقت الذى يحجب فيه القطاع الكامل عدسة التصوير لا يمر أى اشاعات ضوئية جانبية، وفى هذه الحالة يجب علينا وضع خلية معتمة لاتسمح بتسرب الضوء حول عدسة القطاع، انظر شكل (٧٥).

وعند مركز المحور البصرى لآلة التصوير يكون لهذا الصندوق المعتم وعند كل من جانبيه فتحة دائرية يعتمد قطرها على زاوية العدسة، كما يجب وضع حاجز عند الفتحة الخلفية لهذا الصندوق المعتم بشكل يجعل العدسة الشئية لاتسمح بمرور أى ضوء عند غلقها، بينما يسمح بازاحتها فى اتجاه محورها لإحكام ضبط المسافة، وفى حالة تثبيت آلة التصوير على مسار حركة معينة وفتحها بمقدار معين يصور الهدف المتحرك على الفيلم الخام من خلال القطاع الحر المختار التى تدور فيه العدسة الدائرية، وذلك عند جعل الخلفية غير مرتبطة بالشئ المصور، ووفقا للتفاضل الزمنى (Δ ن) يتم تكرار عملية التصوير هذه، حيث يكون الجسم المصور قد قام فى هذا الزمن بقطع مسافة تفاضلية معينة يرمز لها بالرمز (Δ ف) أثناء حركته المستمرة. لذلك فإن هذا الأسلوب يبين بناء على الفارق الحقيقى فى المسافة بالنسبة لبعد وضع الصورة السابقة أمرا نسبيا دقيقا. مأخوذا من واقع الفيلم.

وتوضع هذه العلاقة النسبية موضع الاعتبار حيث يمكن عن طريق حساب السرعة وفقا للمعادلة التالية:

$$ع = \frac{\Delta ف}{\Delta ن} \quad (م / ث)$$

وفى حالة تعدد وتغير أشكال الحركة الرياضية بشكل لا يحدث فيه حجب صورة لأخرى أمام العدسة الشئية يصبح من الممكن إجراء عملية ضبط العنصر الزمنى (Δ ن) عن طريق تغيير عدد القطاعات بالقرص (١ ، ٢ ، ٣ قطاع) بالإضافة إلى تغير التردد وعن طريق معرفة بعد الهدف المصور وبالتقدير المبدئى المنتظر لسرعة الحركة يمكن معرفة العنصر الزمنى الصحيح باستخدام المعادلة التالية:

$$\Delta ن = \frac{ف}{ع ص} \quad (٤٧)$$

تكرار الفيلم (الهيكلي) أمر التصوير الخ)

التعليق :

* طرق تحديد مركز ثقل الجسم :

لكي يتمكن الفرد من تحديد التغير في مكان كتلة جسم الإنسان بالنسبة للمكان والزمان بطريقة دقيقة يتحتم عليه معرفة موضع مركز ثقل كتلة الجسم بالنسبة للأوضاع المختلفة التي يتخذها جسم الإنسان بالإضافة إلى ضرورة معرفة عزم القصور الذاتي للكتلة بالنسبة لمختلف الأوضاع التي يتخذها الجسم في حالة الحركة الدورانية .

لذا فقد شغلت الرغبة في التوصل إلى معرفة موضع مركز ثقل كتلة جسم الإنسان الباحثين منذ زمن بعيد حيث قام الكثيرون منهم بوريللي Borilli (٦) : (٢٣١ : ٢٣٣) موسو Mosso (٤١ : ٢٠ - ٤٢) ، ماير Mayer ووير Weber ، ديمنى Demeny ريشير Recher ، هاى كرافت وشين Hay Craft and sheen ، هارلس Harles ريشى Riesche ، شايدت Scheidt ، برون وفيشر Braune and fischer ، كنول Knoll ، ايجرز Eggers ، ديوز رايموند Du - bois Reymond (٤١ : ٢٠) بازلر Basler (٢١ : ٣٠) بإجراء وتطوير طرق البحث المختلفة لمعرفة ذلك . ويمكن تقسيم هذه الطرق إلى ما يلي :

١ - الطريقة المباشرة (باستخدام الجسم كوحدة واحدة)

- ٤ - سهولة استخدام النظام أثناء المنافسات الرياضية .
- ٥ - توافر آلة تصوير الفيديو ذات السرعات المختلفة .
- وتتطلب إجراءات تنظيم عملية التصوير بالفيديو ذو الأبعاد الثلاثة مايلي :

أولاً - الأجهزة والمعدات :

- ١ - ثلاث كاميرات فيديو تعمل بمصدر كهربائي ، ذات تردد من ٢٥ مجال / ثانية إلى ١٢٠ مجال ثانية (25 - 120 Field/see) .
- ٢ - ثلاث حوامل ثلاثية لكل كاميرة فيديو حامل خاص بها .
- ٣ - أفلام فيديو .
- ٤ - علامات إرشادية ضابطة كما في شكل (٧٦) .
- ٥ - علامات تعليم مراكز مفاصل الجسم .
- ٦ - لوحات مرقمة لتحديد ترتيب المحاولات أثناء التصوير .

ثانياً - إعداد مكان التصوير :

- ١ - تحديد المجال الذي سيتم فيه التصوير .
- ٢ - وضع العلامات الضابطة لتحديد مجال التصوير ومجال الحركة المراد تصويرها .
- ٣ - التأكد من عدم وجود أى انحرافات فى مكان التصوير .

ثالثاً - اعداد وضع كاميرات التصوير :

- ١ - التأكد من أن الكاميرات تعمل - فى تزامن واحد .
- ٢ - التأكد من ضبط الكاميرات على سرعة واحدة .
- ٣ - التأكد من وضع فيلم الفيديو بكل كاميرا .
- ٤ - وضع كل كاميرا على حاملها الثلاثى .
- ٥ - التأكد من عدم وجود أى انحرافات أو تغيير فى مستوى كل كاميرا من كاميرات التصوير بالفيديو .

- ٦ - التأكد من وضع الكاميرات الثلاثة بحيث تكون محاورها الحرة أفقية ومنصفة لأى نقطة منفردة . وتعمل المحاور الحرة لكاميرات الفيديو الأولى والثانية ، الأولى والثالثة بزاوية ١٢٠ درجة ، وارتفاع الكاميرا الأولى ٦ متر ، ارتفاع الكاميرا الثانية ٣ متر ، ارتفاع الكاميرا الثالثة ١,٥٠ متر كما فى شكل (٧٦) .

الأحيان الاستغناء عن خط الثقل الثالث ، وقد قام بازلر باضافة تطويرات جديدة على ميزان مركز الثقل الخاص بريموند مستخدما فى تجاربه الكثيرة منصة مثلثة الشكل متساوية الزوايا بحيث يرتكز عند إحدى الزوايا على جسم ثابت بينما يرتكز فى زاويتيهِ الآخرين فوق ميزان لوزن الأشخاص وباستخدام هذا الجهاز يمكن إيجاد خطين للثقل تمثل نقطة تقاطعهما مركز ثقل الجسم .

٢ - الطريقة غير مباشرة :

تعتمد الطرق المستخدمة للحصول على المدلولات التى يمكن عن طريقها تحديد موضع مركز ثقل كتلة جسم الإنسان على مبدأ معرفة موضع مركز ثقل كتلة كل جزء من أجزاء جسم الإنسان كل على حدة وقد استخدم فى سبيل ذلك دراسات مختلفة منها:

أ - دراسة الجثث .

ب - دراسة غمر الأجسام .

ج - دراسات رد فعل اللوح .

د - دراسات النماذج الرياضية .

هـ - الدراسات المتنوعة .

وفيما يلى نذكر أكثر الطرق العملية التجريبية والتحليلية انتشارا واستخداما فى تحديد موضع مركز ثقل كتلة جسم الإنسان .

١ - الطريقة التحليلية لتحديد موضع مركز ثقل كتلة الجسم وفق رأى كنول

وايجرز :

تعتمد هذه الطريقة على قانون أفضل الأوضاع علما بأن هناك توجد حالة خاصة تتمثل فى أن القوى تتقاطع بخطوط متوازية التأثير وتنطبق على تأثيرات القوى الموضحة فى الشكل (٧٢) الشروط التالية لحدوث التوازن :

وعلى ذلك يمكن جعل مقدار القوى العضلية المستخدمة واضحا لقياسها وعلى هذا الأساس يمكن إقامة اللوحة الخشبية القابلة للاهتزاز فى أبسط أجهزة تسجيل القوى (مدون القوى) أما فيما يتعلق بأبحاث الميكانيكا الحيوية التى تتطلب أجهزة تسجيل قوى متناهية الدقة فإنه يجب وضع أشياء أخرى فى الاعتبار أهمها ما يذكره هوخموث Hochmuth (٦ : ٢٧٧) فيما يلى :

أ - العلاقة النسبية بين التحميل ص ع س (ن) وما يعطيه تسجيل القوى من نتيجة .

ب - التسجيل الخالى من الانحناء لمسار القوة ص ع س (ن) .

وتكون العلاقة النسبية بين التحصيل والنتيجة التى يشير إليها جهاز تسجيل القوى محفوظة إذا ما كانت القاعدة المرنة تنحرف بفعل التحميل بالدرجة التى لا تجعل هذا الانحراف مستمرا عند زوال التحميل - تشكيل مرن - أى عندما يكون الشخص متحركا بتحميل يدور فى مجال انطباق قاعدة هوك .

وتنطبق العلاقة التالية على الانحراف .

$$ف = \frac{ق ع س}{ج} \quad (٤٩)$$

حيث (ف) الانحراف ، (ج) = معامل المرونة للقاعدة الهزازة

ق ع س = القوة العضلية

وفى حالة التسجيل الخالى من الانحراف يقصد فى حقيقة الأمر أنه سواء فى حالة ازدياد شدة التحميل أو نقصه ، فإن القيمة التى يشير إليها جهاز تسجيل القوى تزداد وتنقص مباشرة دون - تأخير . كما لا يحدث عن القاعدة المرنة أى مرونة خاصة بها ، ويظهر الانحراف بمعنى التأخير إذا ما انحرفت القاعدة المرنة بشدة - فى إطار المجال النسبى بين (ف) ، (ق ع) - أى إذا ما استغرق ذلك فترة زمنية كبيرة نسبيا قبل أن يتم الوصول إلى الانحراف المتناسب مع التحميل الاستاتيكي المماثل له فى قوته .

ويمكن التغاضى عن قيمة التأخير بالنسبة لقياسات الميكانيكا الحيوية وذلك عند اختيار معامل مرونة كبيرة بقدر كاف ويعنى ذلك انحرافا طفيفا وفقا للمعادلة (٤٩) . ومن المهم فى هذا المجال معرفة أنه فى الحركات الرياضية تكون القوة العضلية المؤثرة

وقد تمكنت clausner من تحديد نسبة اوزان اجزاء الجسم بالنسبة لوزن

(بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ)

1. مستحق 2. مستحق 3. مستحق 4. مستحق 5. مستحق 6. مستحق 7. مستحق 8. مستحق 9. مستحق 10. مستحق

والا لعمري ان هذه الطريقة يمكن استخدامها في تحديد موضع مركز ثقل جسم الاعب
وذلك اذا كان من المعلوم لنا وضع مركز ثقل كل جزء من اجزاء الجسم على حدة
وذلك اذا كان من المعلوم لنا وضع مركز ثقل كل جزء من اجزاء الجسم على حدة
وذلك اذا كان من المعلوم لنا وضع مركز ثقل كل جزء من اجزاء الجسم على حدة
وذلك اذا كان من المعلوم لنا وضع مركز ثقل كل جزء من اجزاء الجسم على حدة

$$i_j = \frac{c_j}{\sum_{c=1}^C c_j} \quad \dots \dots (23)$$

كما أمكن التوصل إلى استخدام إمكانية التحويل التأثير الميكانيكى للقوة إلى قيمة كهربية عن طريق استخدام أجهزة قياس كهروتضاغطية أو تأثيرية حثية أو توتيرية أو غير ذلك من الأجهزة مما أدى إلى تعدد أنواع أجهزة القوى إلا أنها تعتمد فى تصميمها على أساسين هما:

أ - الأساس الميكانيكى .

ب - الأساس الكهربى .

ويشير هوخموت إلى أن أجهزة تسجيل القوى المبنية على أساس ميكانيكى يعيها مالها من قصورا ذاتيا كبيرا مما يؤثر على القراءات ، ويمكن الاعتماد على نتائجها فى الاستفادة بها فى حالات إجراء الأبحاث الأولية ويعنى بذلك بعض الأجهزة المبسطة المعروفة عن ابلاكوف Abalakow وجندلاخ Gundlach ، ماير Mayer ، يور Your ، وأنى أرى أنه فى الإمكان التغلب على القصور الذاتى عند تصميم مثل هذه الأجهزة ، وفى هذه الحالة تصبح النتائج المسجلة عن طريق هذه الأجهزة دقيقة ويمكن الاعتماد عليها فى حل المشكلات الحركية المتعلقة بالتكنيك الرياضى .

* أجهزة تسجيل القوى على أساس ميكانيكى:

تمكن ابلاكوف من تصميم بعض أجهزة لتسجيل القوى المسجلة التى تعتمد على انحناء الأجسام المرنة وتكبيره عن طريق رافعة ، مع تسجيل النتائج على مدون اسطوانى ويعيب هذه الأجهزة بأن لها قصورا ذاتيا كبيرا نسبيا مما يؤثر على القراءات نتيجة لانتقال الحركة فيها ميكانيكيا .

إلا أننا نعتد على نتائجها فى حالة إجراء الأبحاث الأولية .

ويوضح شكل (٧٧) جهاز تسجيل القوى المستخدم فى حذاء الانزلاق السريع على الجليد لأبلاكوف ، ويلاحظ وجود مؤشر لإعطاء النتائج مباشرة والتى يمكن تصويرها أثناء انزلاق العداء وأخذه من صور الفيلم .

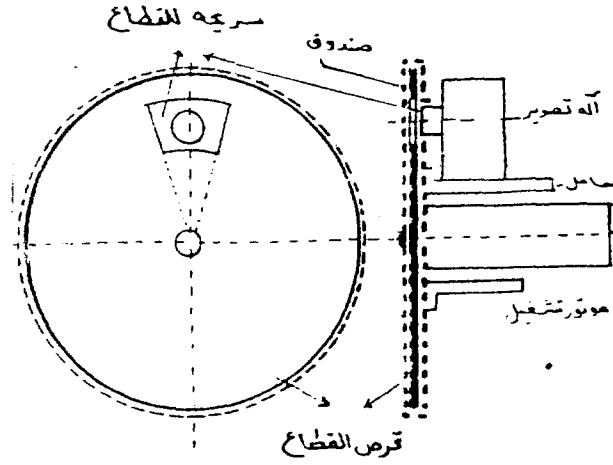


شكل (٧٩) كاتب تسجيل القوة للبدء (عن جوندلاخ)

إلا أن ماير استخدم إمكانية انحناء عارضة العقلة وفقاً لمقدار القوة العضلية المؤثرة عليها واتجاههما مستغلاً ذلك في تسجيل النتائج بطريقة مباشرة، وتبعاً لمقدار الانحناء يلف الجانب الأمامي لعارضة العقلة بزاوية معينة وتبعاً لذلك يدور قلم التدوين المثبت على الجانب الأمامي لعارضة العقلة في اتجاه المحور، ويكون دورانه بنفس مقدار الزاوية. فإذا كان قلم التدوين مركباً بطريقة يضغط بها بصفة مستمرة على سطح كتاب مستو، فإنه يمكن الحصول على رسم بياني للقوة العضلية وفقاً للمقدار والاتجاه.

وقد تمكن بوير *Bauer* من تطوير جهاز تسجيل القوى على جهاز العقلة حيث استخدم بدلاً من قلم التدوين سهماً مضيئاً، يكون نقطة في حالة عدم التحميل ويحدث ذلك على قرص من القماش مستدير الشكل عند منتصفه تماماً ويرسم اتجاه القوس طبقاً لقيمة الانحناء ويتم تصوير القرص المصنوع من القماش باستخدام آلة التصوير الدائري المتتابع بطريقة يحصل بها على رسم بياني للكمية المتجهة للحركة من جميع تلك النقاط، ويتم اختيار طول قطر القرص وبعده عن عارضة العقلة بطريقة لا يحدث معها تغطية جزء كبير من مسار الحركة على الرسم البياني بطريقة التصوير الدائري المتتابع، ويمكن بهذه الطريقة الحصول على نتائج قياس ذات معارف عالية ومفيدة.

أما عادل فقد تمكن من تصميم وتنفيذ جهاز لتسجيل القوى المؤثرة على مركز ثقل كتلة الجسم في اتجاه كلا المركبتين الرأسية والأفقية خلال أداء مهارات الجمباز على جهاز المتوازيين، ويعتمد هذا الجهاز على استغلال خاصية انحناء عارضة المتوازيين



شكل (٧٥) رسم تخطيطي لجهاز التصوير الدائري (عن هوخموث)

ويحصل الفرد بهذا الأسلوب على صورة تعبر بدقة عن الشكل الإيضاحي للقرص المصور. ويلاحظ في حالة ما إذا كان ثقب القرص الدائري الحركة على شكل قطاع دائري، فإن زمن التصوير (ن)، يمكن معرفته باستخدام المعادلة التالية:

$$ن \text{ ص} = \frac{\varphi}{360} \times \frac{1}{ع}$$

حيث φ = زاوية القطاع بالدرجة في الثانية،

$$ع = \frac{1}{\text{الثانية}} = \text{التردد في}$$

ويتوقف زمن التصوير على كل من زاوية القطاع والتردد، ومن المناسب في هذه الحالة صنع هذا القرص بطريقة يمكن معها تغيير زاوية القطاع، وهكذا يستطيع الفرد أن يغير من ضبط زمن الصورة عند تغيير التردد بما يتفق وما تتطلبه ظروف الإضاءة وسرعة الحركة.

فمثلاً: عندما تبلغ سرعة الحركة (١٥ م/ث) أو مايزيد على ذلك، يكون من الضروري للحصول على صور واضحة ودقيقة أن يختار الفرد (Δ ن) بحيث تساوى (١/٢٥٠ ث) أو أقل، وبالإضافة إلى ذلك فإنه وفقاً لزمن التصوير الذي تم اختياره، الإضاءة، حساسية الفيلم يكون لزاماً علينا تحديد شدة الإضاءة، والتأكد من ضبط العدسة على الرقم المبين بدقة تامة.

※ أجهزة قياس القوة المبنية على أساس كهربائي:

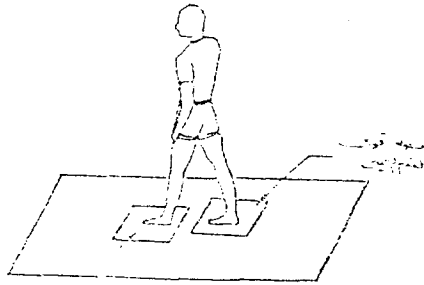
تبنى أجهزة قياس القوة المبنية على أساس كهربى على إمكانية تحويل التأثير الميكانيكى للقوة إلى قيمة كهربية، وبمساعدة أجهزة القياس الكهروتضاغوية أو التأثيرية الحثية أو التوترية أو غير ذلك من الأجهزة يمكن تحقيق هذا التحول بالقيمة المقاسة.

وبالرغم من إمكانية استخدام هذه الطرق باختلاف أنواعها فى تصميم أجهزة قياس القوة فى المجال الرياضى إلا أن الأجهزة التى تعتبر أكثر انتشارا فى الوقت الحالى تلك الأجهزة التى تسير على أساس التوتر (طرق القياس بالاستطالة) وتسمى بمنصات القوى. وفيما يلى سوف نستعرض بعض هذه الأنواع الشائعة الاستخدام، من منصات القوى فى مجال دراسة المهارات الحركة فى مجال الميكانيكا الحيوية.

١ - منصة القوى المستخدمة لدراسة حركة المشى:

صممت هذه المنصة لقياس القوة المؤثرة على جسم الإنسان فى كلا الاتجاهين الرأسى والأفقى خلال حركة المشى. وتتركب من لوح المشى وهو مرتكز على أربع أعمدة مثبتة فى القاعدة الثابتة للمنصة، ومثبت ١٢ مقياس أجهاد لقياس مقادير الاجتهادات الناجمة من القوى المختلفة التأثير على المنصة على كل عمود من الأعمدة الأربعة كما فى شكل (٨٢ - أ ، ب).

ورتبت الثمانى وأربعون مقياسا للإجهاد فى ستة دوائر كهربية بحيث يمكن قياس المركبات المختلفة لجميع القوى المؤثرة على المنصة كما فى شكل (٨٢ - د) كوتنى، دربليس (١٩٦٦) (٢٨ : ٤٩٣ - ٥٠٤)



شكل (٨٢ - أ) منصة القوى المستخدمة فى تحليل حركة المشى

حيث أن $\text{فص} = \text{بعد الهدف المصور في اتجاه الحركة مضاف إلى قيمته كمية تعوض الفارق المطلوب إيجاده بين كل صورتين}$ ، $\text{عص} = \text{سرعة الحركة وفي هذه الحالة لحساب تردد فرض التصوير تستخدم المعادلة التالية}$:

$$(٤٨) \quad \frac{\text{عص}}{\Delta \text{فص}} = \frac{1}{\Delta \text{ن}} = \text{ع}$$

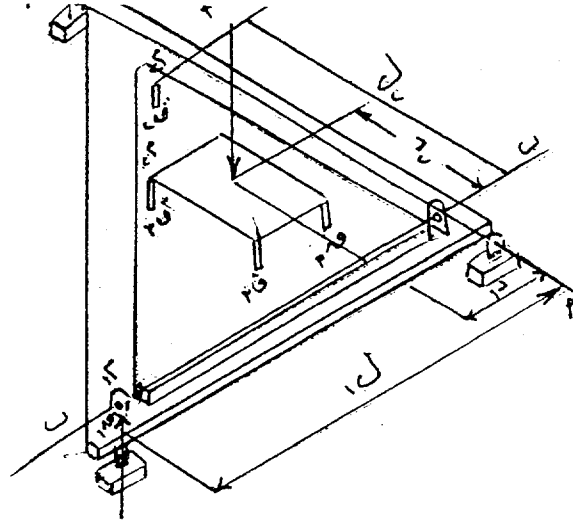
ويلاحظ أنه لا يمكن استخدام طريقة الحساب هذه إلا عندما تكون الحركة الانتقالية في خط مستقيم. أما في حالة الحركات المعقدة - حركة انتقالية مركبة، حركة دورانية تتميز بحركات إضافية لأجزاء الجسم في معظم الأحوال. فمن الضروري بالإضافة لذلك تجربة ما إذا كانت ($\Delta \text{ن}$) لها قيمة حقيقية أم لا.

* التصوير بالفيديو Videography

بالرغم من توفير آلة تصوير الفيديو منذ فترة طويلة فإنها لم تكن تسمح بتحليل الكينماتيكي للحركات الرياضية، وكان ذلك بسبب سرعة التصوير البطيئة، وكذلك لأن الصور الناتجة عند تحليل الكادرات لم تكن تمتاز بالوضوح الكافي. وقد يرجع ذلك لأن هذه النظم لم تكن مصممة لغرض التحليل الحركي، أما الآن وقد ابتكرت بعض الشركات نظم فيديو خاصة بتحليل الحركة تصل سرعتها إلى ٥٠٠ كادر/ثانية، فقد احتلت هذه الأجهزة المكانة الأولى في التحليل الكينماتيكي وذلك للأسباب التالية:

- ١ - إمكانية الحصول على تحليل كينماتيكي كامل في صورة رقمية وبيانية في زمن لا يتعدى ٢٠ ثانية بعد تصوير الأداء مباشرة وبأقل جهد ممكن، وذلك لإمكانية وضع آلات التصوير على خط مباشر مع جهاز كمبيوتر مبرمج لهذا الغرض.
- ٢ - رخص الأفلام الخام وعدم حاجتها للتحميض وإمكانية استخدامها أكثر من مرة.

- ٣ - سهولة التحكم عن بعد في نظام التصوير سواء من حيث التشغيل أو تغيير زوايا الكاميرات، وكذلك سهولة التزامن مع النظم الأخرى لجمع البيانات البيوميكانيكية.



شكل (٨٣ - ب) تركيب منصة القوى الثلاثية

ولكل من المنصتين المثلثتين إمكانية الدوران حول محور منطبق على أحد جوانبها الثلاثة بحيث أن محور الدوران (أ، أ) للمنصة السفلى، (ب، ب) للمنصة المتوسطة متعامدان.

ويتضح من شكل (٨٣ - ب) أن المنصة السفلى محملة على مقياس القوى المثبت عند رأسها المواجه لمحور دورانها (أ، أ)، بينما المنصة المتوسطة فمحملة على المقياس المثبت في مقابل المحور (ب، ب) أما المنصة العليا فهي مثبتة على المنصة المتوسطة بواسطة مقاييس القوى الأربع م، بحيث أن مجموع قراءات هذه المقاييس تعطى مقدار أى قوة رأسية ق ص مؤثرة على المنصة العليا.

ولتحديد نقطة تأثير القوى الرأسية ق ص يستخدم المقياسين م، م حيث أنهما يقيسان عزمى هذه القوى حول المحوران (أ، أ)، (ب، ب) وذلك وفق العلاقات التالية:

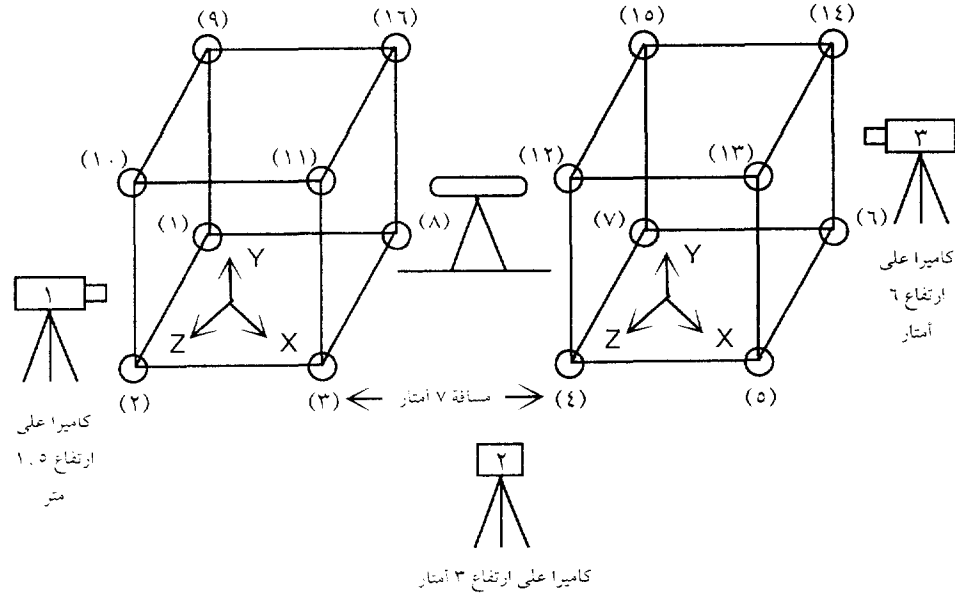
$$ق_١ = ق_٢ ص / ل_٢ \quad (٥٢)$$

$$ق_٢ = ق_١ ص / ل_١ \quad (٥٣)$$

حيث ق_١، ق_٢ = ردود الفعل المؤثرة على المنصتان الكلية واللذان يوازيان عزمهما عزم القوة.

ثالثاً - تجهيز اللاعبين :

١ - يراعى ارتداء الفرد المراد تصويره الملابس الرياضية وهى شورت قصير أو مايوه وفانلة بيضاء بحملات أو بدون فانلة .



شكل (٧٦) تحديد أماكن الكاميرات الثلاث أثناء تصوير لاعب جمباز على حصان القفز (عن إيهاب)

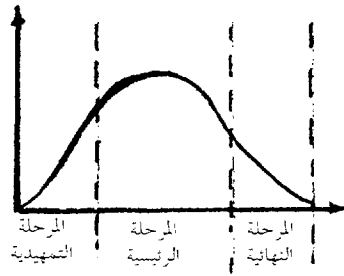
ب - طريقة التحليل البيوديناميكية للحركة الرياضية :

تهتم طريقة التحليل البيوديناميكية للمهارات الحركية بالبحث عن الارتباط الفرضى بين تأثير القوة والأنواع المختلفة من الحركات، بالإضافة إلى البحث فى الشروط التى يمكن أن تنشأ تأثيرات القوة فى ظروفها، وتستخدم فى ظروفها، وتستخدم فى سبيل تحقيق ذلك أجهزة تسجيل القوى التى تستغل الحقيقة القائلة بأن مقاومة الأرض (م) تساوى فى مقدارها كقوة لرد فعل تلك القوة العضلية المؤثرة فى وضع الارتكاز ق ع س، فإذا كانت ق ع س تقابل قاعدة مرنة، فإن هذه القاعدة تنحرف بما يماثل مقدار ق ع س بشكل أو بآخر، ويمكن ملاحظة ذلك عند القفز فى الماء من سلم الغطس المتحرك حيث تزداد لوحة القفز انحرافا كلما ازداد القافز قوة أى كلما كان القافز يستخدم قوة عضلية أكبر ق ع ص أو ق ع س .

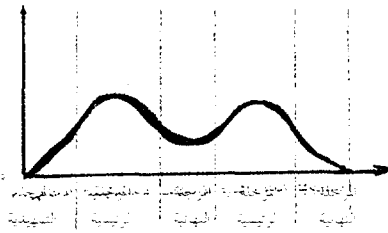
ويلعب تعلم هذه الأقسام دورا مهما عند تعليم مهارة حركية حيث أن هذه الأقسام الثلاثة لا تكون كاملة عند المبتدئين، وكذلك العلاقة بين كل قسم وآخر لا تكون صحيحة ولا يرتبط القسم التحضيرى، بانسياب مع القسم الرئيسى فى أكثر الأحيان.

ب- الحركة الثنائية :

تتكون الحركة الثنائية فى حالات السرعة الطبيعية من قسمين وذلك من تداخل القسم النهائى مع القسم التحضيرى ونشاهد قسمين فقط هما القسم الرئيسى وقسم يشمل القسمين الآخرين . . إن انسيابية الحركة المركبة يتم أيضا عن طريق التداخل فى الأقسام . . ونحن نود أن نلفت النظر عند تعليم الحركات الثلاثية والثنائية إلى مايلى :
يتوقف نجاح التدريب على الحركات الثلاثية على تعليم الأقسام الثلاثة بصورة واضحة بحيث يكون كل قسم منها واضحا والعلاقة بين القسم الرئيسى والتحضيرى متناسبة من ناحية القوة والسرعة واتساع المدى فمثلا تجد أن مهارة الوقوف على اليدين على المتوازيين تحتاج إلى قوة كبيرة فى المرحلة أكثر من الوقوف على الكتفين .



شكل (٨٤) أقسام الحركة الثلاثية (الحركة الوحيدة)



شكل (٨٥) الحركة الثنائية (المركبة) (الحركة المتكررة)

كحمل واقع على القاعدة المرنة تصاعدية بشدة نحو النهاية العظمى فى معظم الأحوال، وبذلك يكون من الممكن التغلب على هذا الانحراف بل التغاضى عن قيمته فى حالة ما إذا كانت قيمة (ج)، عالية بالقدر الكافى .

وفيما يتعلق بالاهتزازات الخاصة بالقاعدة المرنة يجب أن تنطبق عليها الشروط التالية :

١ - وجود مقدار كاف لثابت المرونة وذلك حتى يمكن المحافظة على النسبة بين التحميل وقراءة المؤشر عندما يكون التحميل بالدرجة القصوى وحتى يتوفر بشكل عام درجة ضئيلة من التأخير يمكن التغاضى عنها عند قراءة نتائج المؤشر بالإضافة إلى وجود سرعة ابتدائية ضئيلة فى الهزة الارتدادية .

٢ - اختيار كتلة صغيرة بقدر الإمكان وذلك كى يمكن الوفاء بالشرط الخاص بالاهتزاز الشديد التضائل وذلك عن طريق الكتلة - كتلة القاعدة المرنة مضافا إليها الكتلة المشتركة للجسم المتحمل وهذا الشرط هو :

$$\text{ص} = ٢ = \text{غ} \cdot \text{ج} - \text{ك} \quad (٥٠)$$

حيث أن ص = معامل التضائل، ج = ثابت المرونة،

ك = الكتلة المتحركة

ويمكن وضع الشرطين السابقين فى شرط واحد وفقا للعلاقة الخاصة بالتردد الذاتى ع . لشكل مرن يهتز خطيا :

$$\text{ع} = \frac{\text{ج}}{\text{ك}} \dots \dots \dots (٥١)$$

وبسبب الانحراف الطفيف الذى ينبغى أن يتوفر تظهر صعوبات فيما يتعلق بوضوح وتسجيل مسار القوة المتغيرة مع الزمن ق ع س . (ن) إلا أنه فى الإمكان التغلب على هذه الصعوبات بإجراء عملية تكبير تصل إلى مائة ضعف عندما يكون أقل انحراف مسموح به ٥ , ٠ مم، وذلك للحصول على شكل بياني للعلاقة بين (ق - ن) قابلا للتقويم بطريقة مقبولة .

وتعليم الحركة». وعندما تتمكن من تلحين وزن حركة تتمكن من حل مشكلة تدريس وزن الحركة.

٣ - نقل الحركة :

يعنى نقل الحركة التدرج بحركة الأجزاء والمفاصل من حيث مظهرها الخارجى، والأنواع الرئيسية للنقل الحركى هى من الجذع إلى الأعضاء ومن الأعضاء إلى الجذع وتظهر الاحتمالات الآتية :

- النقل من الجذع إلى الذراعين .

- النقل من الجذع إلى الرجلين .

- النقل من الجذع إلى الرأس .

- النقل من الذراعين إلى الجذع .

- النقل من الرجلين إلى الجذع .

وحالة خاصة من الرأس إلى الجذع - واجب الرأس التوجهى - والنقل الحركى يتم باتجاه الواجب الحركى وإما القوة فتكون منصبة على الأداء أو على كتلة الجسم، وأن سبب التدرج بالحركة هو الاستغلال الكلى للقوة المحركة من جهة وتحضير العضلات المشاركة فى العمل من أجل الحصول على القوة المطلوبة من جهة أخرى .

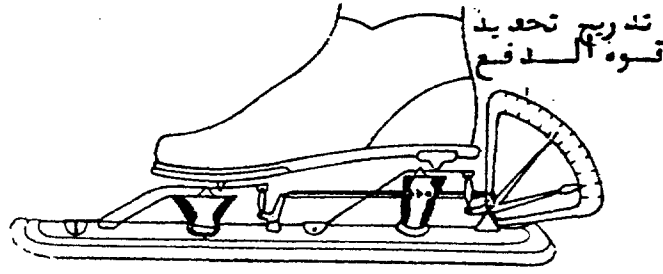
ولحركة الجذع تأثير كبير فى الحركات الرياضية وهناك خمسة أشكال لحركة الجذع والتي يتم فيها النقل الحركى وهى :

- عمل الجذع العمودى . - عمل الجذع الأفقى .

- عمل الجذع الدائرى . - عمل الجذع الالتوائى .

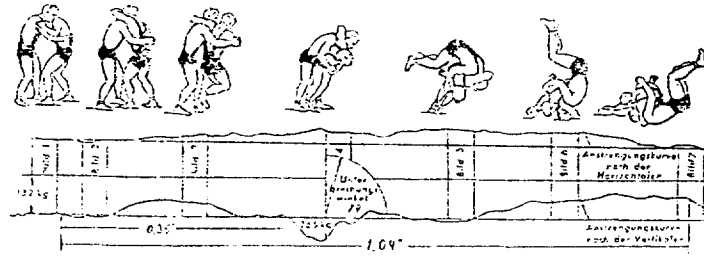
أن عمل الجذع العمودى والأفقى وكذلك الدائرى يعنى استغلال القوة المتحركة لكتلة الجذع ونقلها إلى الأعضاء .

كما يعنى العمل الالتوائى والقوس المشدود وكذلك إسقاط الجذع ومدة استحداث القوة عن طريق عضلات الجذع الكبيرة والقوية ثم نقلها إلى الأعضاء، وكلا النوعين لا يمكن فصل بعضها عن الآخر .



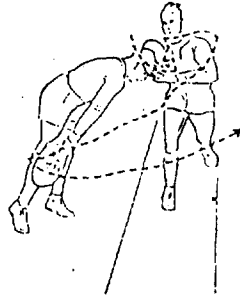
شكل (٧٧) جهاز تسجيل القوى المستخدم في حذاء الانزلاق على الجليد عن (ابلاكوف Abalakow)

كما تمكن ابلاكوف من تطوير مجموعة كبيرة من أجهزة تسجيل القوى بشكل يمكن من تسجيل تأثيرات القوة للاعبين من لاعبي المصارعة أحدهما في الاتجاه الأفقي والآخر في الاتجاه الرأسى كما فى شكل (٧٨).



شكل (٧٨) تطابق منحنى تأثير قوة الرفع من صور الفيلم أثناء المصارعة باستخدام جهاز تسجيل القوة لابلاكوف (عن نوفيكوف)

أما جوندلاخ فقد كان له الفضل فى تطوير مكعبات البدء بتسجيل القوة خلال مرحلة البدء فى مسابقات العدو السريع حيث أصبح فى الإمكان التعرف على دفعات القوة لكل من الرجل اليمنى والرجل اليسرى، إلى جانب توقيت كل من رفع اليدين، إيقاف طلقة البداية وذلك عن طريق استخدام مسجل كاتب فوريا كما فى شكل (٧٩).



(ب)



(أ)

شكل (٨٦) المناولة بالراكي (أ) تبين الانسيابية (ب) تظهر زوايا في تغيير الاتجاه (عدم الانسيابية)

ب- زمن الحركة :

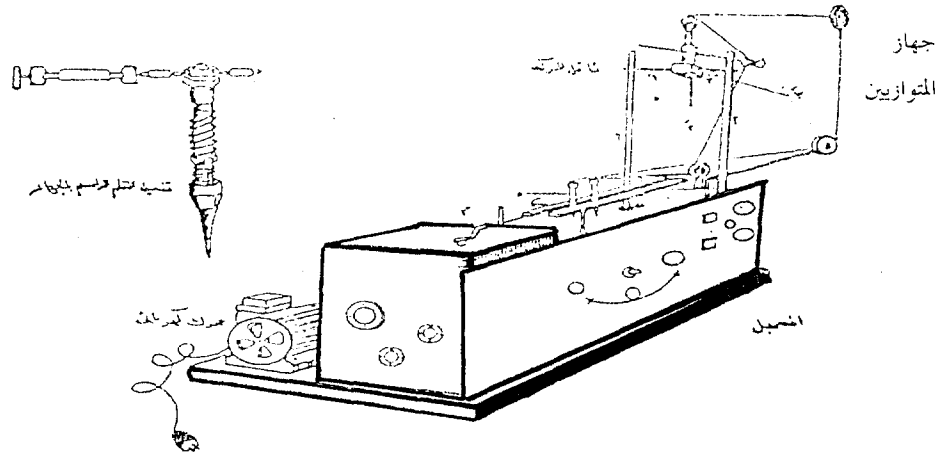
يمكن الحكم أيضا على انسيابية الحركة في مهارة ما بمشاهدة منحني دالة السرعة مع الزمن حيث يتم التغيير في السرعة بصورة تدريجية سواء كان ذلك بصفة تزايدية أو تناقصية - مع الأخذ في الاعتبار أنه لا توجد مرحلة يكون فيها الجسم أو أحد أجزائه ثابتا وان التحليل الظاهري لا يمكننا من معرفة ذلك ويوهمنا أحيانا بوجود نقطة ثبات .

وأن تغيير السرعة فجأة أو ثبات أحد أجزاء الجسم كله دليل على عدم الانسيابية وهذا ناتج من عدم ضبط أداء المهارة أو الخطأ في أدائها .

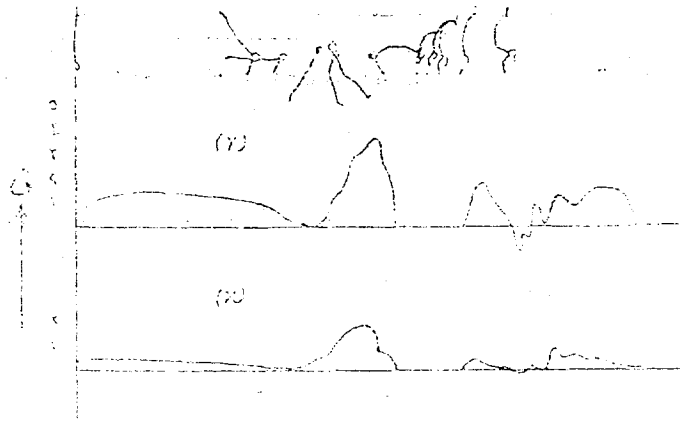
ج- ديناميكية الحركة :

تظهر الانسيابية في ديناميكية الحركة في تغيير الشد العضلي . . فالشد العضلي المفاجيء يقضى على الفترة بين الشد الأدنى والشد الأقصى ، ويعنى انسيابية ووزن حركى غير جيدين ، وأن الشكل الصحيح لديناميكية الحركة يظهر في شكل أقواس عند تمثيله بيانيا ، وحتى في حالة الصعود أو الهبوط لا توجد زوايا حادة وأن الوصف السابق للمظهر الخارجى لانسياب الحركة في مجال وزمن وديناميكية أدائها يظهر لنا أن الخطأ يمكن مشاهدته في أحد هذه الظواهر بصورة واضحة ومن الطبعي أن جميع هذه الظواهر متعلقة ببعضها ولا يمكن فصلها .

ونقل هذا الانحناء عن طريق ناقل للحركة - في كلا الاتجاهين الرأسى والأفقى - متصل بوحدة المسجل (الكاتب) بطريقة تغلبت على القصور الذاتى وإعطاء الرسم البيانى لمسار القوة فى اتجاه كلا المركبتين الرأسية والأفقية فوراً كما فى شكل (٨٠) ، (٨١) .



شكل (٨٠) رسم تخطيطى لجهاز تسجيل القوى (عن عادل)



شكل (٨١) المنحنى البيانى لمقادير واتجاه القوة المؤثرة على مركز ثقل كتلة الجسم خلال أداء الدورة الهوائية من الوقوف على اليدين لنفس الوضع على جهاز المتوازيين باستخدام جهاز تسجيل القوة لعادل (عن عادل)

وخلاصة القول فإن المرونة تلعب دورا مهما في جميع مراحل المهارة خاصة في حركات التوقف في الجزء النهائي وأن مرونة الحركة اقتصاد لعمل العضلات وتمنع إصابة الجهاز الحركي أو الهزة في الدماغ. كما تؤدي مرونة الحركة في الحركات الثنائية وفي الحركات المرتبطة التشكيلية الحركية إلى الانسيابية والاقتصاد في الجهد والطاقة.

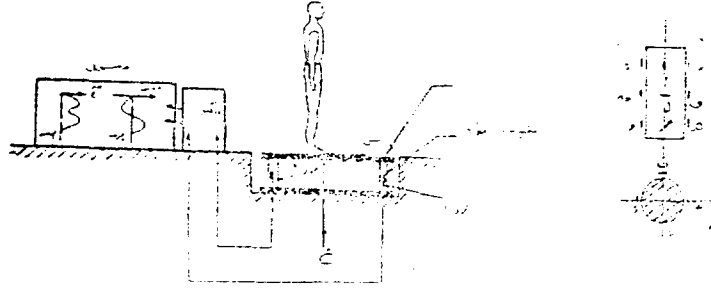
٦ - توقع الحركة :

يفهم تحت مدلول التوقع الحركي المعرفة المسبقة لهدف المهارة، وخطة المهارة المرتبطة بهدفها، حيث تنشط هذه الخطة الأعصاب المسئولة عنها. وتؤثر الخطة المتوقعة على المظهر الخارجى للمهارة السابقة لكي تنسجم معها، وأن توقع خطة مهارة ما يتعلق بدرجة التجارب الحركية والمعرفية حيث أن اللاعب المدرب يركز على نقاط قليلة في خطة مهاراته وأن أقسام التوقع في المهارات الآلية (اتوماتيكية) لا تحتاج إلى تركيز كامل. ويمكن الحكم على سلامة وصحة التوقع الحركي بالنسبة للاعب الجمباز عند ملاحظة أدائه فالمهارة التي تؤدي بتصلب وعدم استغلال أجزاء الجسم كما يحدث مثلا عند القفز على الحصان بأن يقدم اللاعب الذراعين للاستناد مبكرا على الحصان دون استغلاله لحركة الذراعين تدل على توقع اللاعب المبكر للنقطة الحاسمة لأداء المهارة مما يؤدي إلى عدم الانسيابية في الأداء وبالتالي إلى عدم الاقتصاد في الطاقة، وينطبق ذلك أيضا على التوقع الحركي المتأخر فعند الاحتفاظ بالذراعين ملاصقين للجسم أثناء القفز على الحصان ثم تحريكهما فجأة للاستناد المتأخر على الحصان سوف يؤدي ذلك إلى بذل القوة بصورة مفاجئة مما يؤدي إلى عدم الانسيابية وعدم الاقتصاد في الطاقة نتيجة لتوقعه الحركي المتأخر لهدف المهارة.

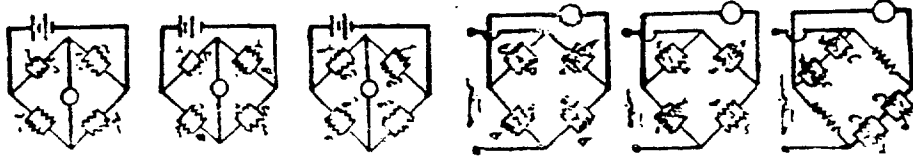
٧ - جمال الحركة :

يعتبر جمال الحركة ظاهرة خارجية يمكن ملاحظتها عن طريق التوافق الحركي بين حركات أجزاء الجسم المختلفة خلال المسار الحركي للمهارة الرياضية وتناسب هذه الحركات بصورة عامة مع هدف المهارة الحركية.

إن الأقسام السبعة السابقة تشكل الظواهر المهمة للحركات وتبحث العلاقة بين شكل الحركة الظاهري وهدفها وإن لبعض هذه الأقسام علاقة بقوانين ميكانيكية الحركة أو فيسولوجيتها والتي عن طريقهما وضعت لها بعض التعاليل. إن هذه القوانين يمكن



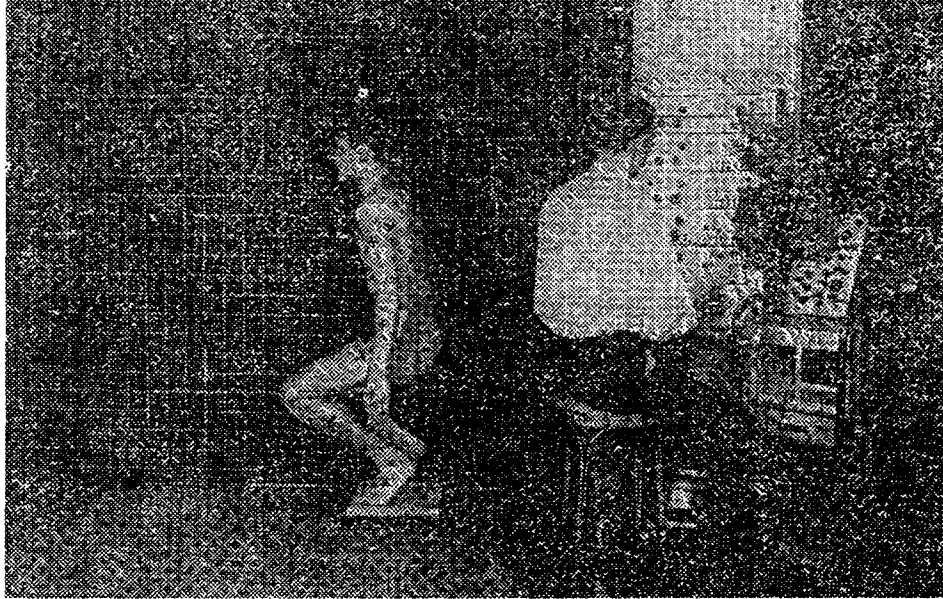
شكل (٨٢- ب) هندسة القوى ووحدات القياس المستخدمتين في تسجيل القوى المسببة لحركة الإنسان



شكل (٨٢- د) الدوائر الكهربائية المختلفة المستخدمة في قياس خواص حركة جسم الإنسان على منصة القوى

ب - المنصة الثلاثية للقوى:

هي عبارة عن ثلاث منصات مرتبة فوق بعضها، المنصتان السفلية والمتوسطة مثلثتا الشكل بينما المنصة العليا فمستطيلة الشكل كما في شكل (٨٣- أ ، ٨٣- ب).



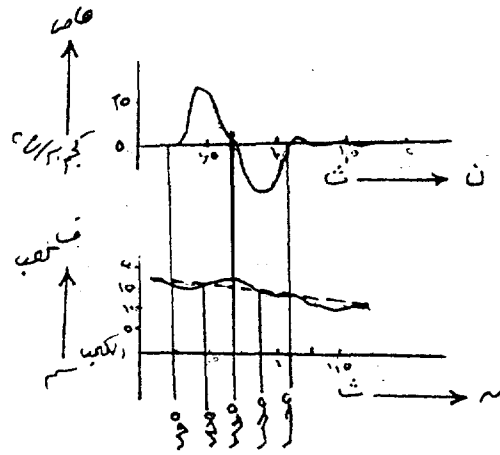
شكل (٨٣- أ) صورة لمنصة القوى الثلاثية

د_١ ، د_٢ = إحداثيات نقطة تأثير القوة ق_ص متماسان بالنسبة للمحاور (أ) -
(أ) ، (ب - ب).

ل_١ ، ل_٢ = أبعاد نقطة تأثير القوى ق_١ ، ق_٢ من محاور الدوران (أ - أ) ،
(ب - ب).

وبمعلومية مقدار القوة الرأسية ق_ص ومقدار ردود الأفعال ق_١ ، ق_٢ من محاور
الدوران (أ - أ) ، (ب - ب).

وبمعلومية مقدار القوة الرأسية ق_ص ومقدار ردود الأفعال ق_١ ، ق_٢ فإنه يمكن
عن طريق المعادلتين (١) ، (٢) حساب إحداثي نقطة تأثير القوة ق_ص وهما د_١ ، د_٢.



شكل (٨٣ - ج) قوة رد الفعل الرأسية على جسم الإنسان المحلان الهندسيان لمركز ثقل كتلة الجسم
ونقطة تأثير قوة رد الفعل أثناء أداء حركة المد الأعلى

يوضح الشكل (٨٣ - ج) النتائج التي تم الحصول عليها أثناء حركة مد الركبتين
عاليا من وضع الإقواء باستخدام منصة القوى الثلاثية.

٢ - تقييم سير الحركة الرياضية :

من المسلم به وجود فروق فردية بين الأفراد، وهذه الفروق تؤدي بطبيعة الحال إلى
اختلافات طرائق أدائهم للمهارات الحركية الرياضية كما أثبتت البحوث والدراسات
في مجال الميكانيكا الحيوية (١١ : ١١٥) (٣ : ٣ - ٧٤) إن أي مهارة رياضية يؤديها
اللاعب لأكثر من مرة لا تتكرر بنفس الشكل ولكنها متقاربة الشكل، ويعني هذا أن

حالات كثيرة إلى تغيير تكنيك قديم ليحل محله تكنيك اقتصادى جديد، ولكى يتحقق الاقتصاد فى الجهد يجب أن يتم الواجب الحركى - فيتحقق الهدف - بأحسن أداء ويتم ذلك حينما ينسجم التوافق الحركى للحركات المشتركة فى تحقيق الواجب الحركى مع الإمكانيات الحركية للاعب.

ويتم تقويم الاقتصاد فى الجهد عن طريق المحددات التالية :

١ - بناء الحركة - مجال وزمان المهارة .

٢ - وزن الحركة .

٣ - نقل الحركة .

٤ - انسيابية الحركة .

٥ - مرونة الحركة .

٦ - توقع الحركة .

٧ - جمال الحركة .

١ - بناء الحركة :

أ - الحركة المكونة من ثلاث أقسام :

تحتوى الحركة الثلاثية على ثلاث أقسام من حيث الزمان والمجال (المكان) وتسمى هذه الأقسام بالقسم التحضيرى والقسم الرئيسى والقسم النهائى ، وهناك علاقة بين كل قسم آخر ، فبواسطة القسم التحضيرى يهيا ويحضر القسم الرئيسى عن طريق حركات أو ركضة تقريبية وأن القسم الرئيسى يخدم الواجب الحركى أى أنه يضع الحل لواجب الحركة وأما القسم النهائى فهو صدى واستمرار للقسم الرئيسى وبواسطته تحصل على الوضع الثابت ومن أمثلتها حركات الجمباز وقذف القرص ودفع الجلة الخ .

ويلاحظ أنه فى بعض الأحيان أخذ فترة تحضيرية كبيرة يكون غير مجدى لأسباب تقنية أو لأسباب تختمها قوانين اللعبة وهذا يتطلب تقصير الفترة التحضيرية أو تغييرها كما يحدث فى المرافعة ، وكذلك يكون القسم النهائى مختلف فأحيانا يتم بحرية وأخرى يوقف .

وكلما كان التكامل أكبر بمعنى كلما كانت المساحة تحت منحنى القوة مع الزمن أكبر كان مقدار كمية الدفع أكبر .

ومما لاشك فيه أن الشخص الرياضى المدرب يتمتع بقوة مطلقة أكبر من الطفل وعليه فإن المساحة تحت منحنى القوة مع الزمن بالنسبة له أكبر من المساحة المناظرة لها بالنسبة للطفل ، ولذا لابد من التأكد عما إذا كانت خاصية منحنى القوة مع الزمن لها فعالية على محتويات المساحة - بمعنى آخر على مقدار دفع القوة - فى حالة استخدام نفس القوة، ومن هنا يبرر التساؤل التالى :

هل يلعب اختلاف خصائص منحنى القوة للاعبين لهما نفس القوة دورا هاما فى تحديد مقدار الدفع؟

وللإجابة على هذا التساؤل نضرب المثال التالى :

نفرض أن لدينا لاعبان لهما نفس القوة تماما وقاما بحركة واحدة مع اختلاف كل منهما عن الآخر فى توزيع مقادير قوته أثناء أداء الحركة، مما يؤدي إلى وجود منحنيين مختلفين لقوة كل منهما مع الزمن، فهل يؤثر ذلك على مقادير دفع القوة أو على المساحة الناتجة تحت دالة القوة مع الزمن؟

فى الواقع أنه إذا كانت مسافة العجلة غير محددة فإن ذلك لا يؤثر على خاصية منحنى القوة، وسيتساوى بذل قوة كبيرة فى زمن قصير مع بذل قوة صغيرة فى زمن كبير لأن حاصل الضرب سيكون واحدا .

إما إذا كانت مسافة العجلة محددة فإنه يتحتم أن يكون تأثير القوة كبيرا منذ البداية حتى النهاية على طول مسافة العجلة، حتى تحصل على مساحة كبيرة لدفع القوة . وهذا هو الحال فى الحركات الرياضية لأن طول مسافة العجلة محددة تشريحيًا بالنسبة للإنسان .

فمثلا - عندما يثب اللاعب من وضع الوقوف . ثنى الركبتين بدون عمل حركة مرجحة تمهيدية، نحصل على العلاقة الممثلة بالشكل (٨٧) التالى :

كما نجد أن زيادة السرعة أكثر من المطلوب فى الركضة التقريبية فى رمى الرمح يؤدى إلى إرباك الأقسام الأخرى، إلا إذا تناسب القسم مع تغير وضع الجسم فى القسم التحضيرى .

- ملاحظة عدم تقليل السرعة عند الانتقال من القسم التحضيرى إلى القسم الرئيسى فى الحركات التى تحتاج إلى ركضة تقريبية أو دوران كحركات القفز والرمى وذلك للاستفادة الكلية من القوة التى يحصل عليها الجسم نتيجة للقسم التحضيرى .

- يجب أن تنصب ملاحظة المدرس أو المدرب على القسم المتداخل أى القسم التحضيرى المتداخل فى القسم النهائى فى الحركات الثنائية وذلك لعدم إتاحة الفرصة لأى مؤثر يعيقه عن أداء القسم بصورة صحيحة وينطبق ذلك أيضا بالنسبة للحركات المركبة .

٢ - وزن الحركة (ديناميكية الحركة):

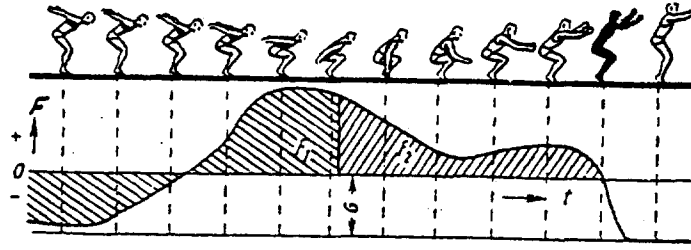
يفهم من اصطلاح وزن الحركة أنه حركة الأجزاء المترابطة لمهارة ما ويعنى الفترات المتبادلة بين الشد والاسترخاء اللذين يكونان المهارة، وتعتبر انسيابية الفترة بين الشد والاسترخاء وعدم ظهور حدود واضحة بينهما أحسن علاقة لحركة الأجزاء المترابطة المكونة للمهارة، وقد عرف دياتشكوف Diatschkow (٧ : ١٠٨١) وزن الحركة «بأنه الفترة الزمنية بين مراحل المهارة والتداخل بين أجزائها وكذلك العلاقة بين شد واسترخاء العضلات .

وأهم محددات الحكم على وزن الحركة أن يتم الشد فى الوقت المناسب وبالكمية المناسبة مع الأخذ فى الاعتبار أن الاسترخاء يلعب دوره فى نجاح الواجب الحركى وخاصة فى المباريات السريعة التى تحتاج إلى مطاولة، وأن درجة ومدة فترة الاسترخاء متغيرة بالنسبة لنوع المهارة وواجبها فبعض المهارات تحتاج إلى فترة استرخاء قصيرة كمهارات التعلق والارتكاز على أجهزة الجمباز والوثب الطويل والوثب العالى ورمى القرص... الخ فى ألعاب القوى والتصويب، ويقول كريستوف نيكوف Krestof nikof (٦٤ : ٦٨) «عندما استوعب حركة ما أتمكن من عكسها سمعيا بواسطة الصوت أو الموسيقى وهذا يساعدنا على تفهم الوزن، وبالتالي يساعد على تعلم

بدون حركة تمهيدية. ولا يتيسر ذلك إلا إذا تمت عملية الانتقال من الثنى إلى المد بطريقة انسيابية.

وفى المثال السابق نجد أن هناك نوعين من الدفع أحدهما يتم أثناء الحركة التمهيدية (حركة ثنى الركبتين قبل الوثب) وهذا ما يسمى بدفع الإيقاف والذي يمكن ملاحظته فى الصور من (٤) إلى (٦) والآخر يتم أثناء مد الركبتين ويعرف بدفع العجلة ويمكن ملاحظته فى الصور من (٧) إلى (١٣) شكل (٨٨).

ومن خلال التجارب المتعددة أمكن تحديد النسبة بين كل من الدفعين وهذه النسبة تتراوح فى حركة الوثب لأعلى من الوقوف بين ١٥٪ : ٤٥٪ ولقد بنيت هذه النسبة على الأسباب التالية:



شكل (٨٨) الوثب لأعلى مصحوب بحركة تمهيدية

ستكون الميزة التى يكتسبها اللاعب بسيطة فى حالة وجود قوة بداية إذا كانت الحركة التمهيدية صغيرة لأن مقدار دفع الإيقاف الناتج عندئذ لن يتيح لقوة البداية أن تصل إلى المقدار المنشود لها.

كذلك فى حالة إحداث حركة تمهيدية كبيرة (ثنى الركبتين كاملاً قبل حركة الوثب لأعلى) سيجعل الانتقال من الثنى إلى المد على درجة كبيرة من الصعوبة ولذلك كان لابد من وجود نسبة محددة لاتتعداها قيمة كل من دفع الإيقاف إلى دفع العجلة، ومن ناحية أخرى فإن هناك حدوداً لقوى العضلات تضعها قوانين فسيولوجيا العضلات ويبين الشكل (٨٩) انخساف قوى العضلات نتيجة الإيقاف الشديد أثناء الحركة التمهيدية. (٦ : ٣١٩).

ان العمل الالتوائي والقوس المشدود يتم عن طريق مد وتهيئة عضلات معينة للقسم الرئيسى وتلعب الرأس فى مهارات عديدة واجبا قياديا وتوجيها، فالدوران وتغيير الاتجاهات وكذلك وضع الجذع والقوام تعين عن طريق وضع الرأس .

إن الواجب التوجيهى للرأس يكون مرة ضروريا للاستطلاع عن طريق النظر لهدف المهارة أو اتجاهها الجديد، ويؤدى مرة أخرى وضع الرأس إلى حركة رد فعل تتم عن طريق عضلات الرقبة .

إن أى خلل فى النقل الحركى من الجذع إلى الأعضاء أو العكس أو خطأ التوجيه لحركة الرأس سيؤدى إلى بذل قوة زائدة لتصحيح المسار وهنا يبرز أهمية النقل الحركى السليم كأحد محددات تحقيق مبدأ الاقتصاد فى الجهد عند أداء المهارات الرياضية .

٤ - انسيابية الحركة :

عرفت ظاهرة الانسيابية قديما فى الحركات الرياضية وهى شرط للحركة الجيدة الاقتصادية وتلعب الانسيابية دورا هاما فى جميع الحركات الرياضية سواء كانت وحيدة أو متكررة أو تشكيلة حركية ، ويتم تقييم الانسيابية وفق المحددات التالية :

أ - مجال الحركة .

ب - زمن الحركة .

ج - ديناميكية الحركة .

أ - مجال الحركة :

عند تغيير اتجاه الحركات أثناء أداء المهارات الحركية الرياضية تتضح انسيابية الحركة عندما يتم هذا التغيير فى اتجاهات دائرية أو على شكل أقواس .

فعندما يتم الانتقال من القسم التمهيدى إلى القسم الرئيسى خلال المسار لأى مهارة فى شكل دائرة أو فى شكل قوس بدون حدوث زوايا حادة تتصف هذه المهارة بالانسيابية وعلى ذلك يمكن الحكم على انسيابية المهارة من عدمه عن طريق المسار الحركى لها .

ومن الناحية البيولوجية نرى أن الإيقاف الشديد أثناء حركة ثنى الركبتين مع الانتقال الانسيابي من الثنى إلى المد سوف تجعل قوى العضلات إلى الحد الأقصى لها تأثيرا عند نهاية حركة المد وستكون جميع ألياف العضلات المساعدة عند نهاية عملية الإيقاف فى مثل الحالة السابقة قد تخطت عقبة الإثارة بمعنى أن جميع الألياف تجهز نفسها لكي تقصر ولسوف تجبر على التمدد بفعل حركة الثنى التى تعتبر حملا خارجيا ولذلك تعمل على إيقاف ذلك بالقوة المطلقة لها وعليه سوف تتواجد القوى القصوى عند بداية العجلة .

فهل هناك تأثير على الحركة عند بذل القوة القصوى عند بداية العجلة (عند بداية المد فى المثال السابق)؟ .

الواقع أن ذلك يعنى ضياع جزء من الطاقة الميكانيكية وتسخيرها لإيقاف عملية الإيقاف الشديد وبما أن مقدار الطاقة الكيميائية التى تتحول فى العضلات بسرعة إلى طاقة ميكانيكية مقدارا محددا، لذلك يجب علينا استغلاله أساسا فى أحداث العجلة، أما إذا استخدمت هذه الطاقة أو حتى جزء منها فى إيقاف الفرملة فإن ذلك سوف يؤثر على عجلة التزايد، ولاشك أن ثنى الركبتين كاملا فى الحركة التمهيدية يعتبر أكثر ملاءمة من الناحية الميكانيكية حيث يتيح أكبر مسافة للعجلة ولكنه غير ملائم من الناحية البيولوجية كذلك يجب أن تبذل العضلات كل قوتها بانتهاء عملية المد، والشكل (٩١ - أ) يبين حركة ثنى الركبتين كاملا فى الحركة التمهيدية والذى يعتبر أكثر ملاءمة من الناحية البيولوجية، كذلك يجب أن تبذل العضلات كل قوتها بانتهاء عملية المد . والشكل (٩١ - ب) يبين حركة ثنى الركبتين وبذل القوة القصوى عند بداية حركة المد، والشكل (٩١ - ج) يبين حركة ثنى الركبتين وبذل القوى القصوى فى منتصف مسافة العجلة بالنسبة لحركة مد الركبتين .

مما سبق يمكننا استخلاص أن أى عملية مد بغرض الوصول إلى سرعة نهائية عالية - كالوثب أو الرمي أو الدفع - يجب أن تتم بعد التمهيد لها بعملية ثنى على شكل مرجحة بحيث تتواجد قوة موجبة لعجلة التسارع عند بداية المد عن طريق إيقاف حركة الثنى الانسيابية، وبذلك يصبح دفع العجلة أكبر بصفة عامة مع ملاحظة بأن تكون

ومجمل القول إن الزوايا فى سير أى مهارة يعنى قطع المهارة كما سبق وصفه بعدم الاقتصاد فى الحركة ويعزى وجود زوايا فى تغيير اتجاه المهارة إلى عدم انسيابية الانجازات القوة المنفردة من ناحية ديناميكية الحركة وأن هذه الانجازات للقوة المنفردة من ناحية ديناميكية الحركة لاتنسجم مع القوى الخارجية وخاصة مع استمرارية قوة ووزن الجسم اللتين تحتاجان إلى قوة كبيرة فإذا أدت بتشكيلة حركية على جهاز العقلة مثلا بانسيابية وكان تغيير اتجاه الحركات لا يحتوى على زوايا فمعنى هذا أن العلاقة بين القوى الداخلية متناسبة. وإذا وجد تعطيل زمنى فى مجال الحركة وزوايا فى تغيير اتجاهها فهذا يعنى السرعة المفاجئة للدفع الحركى وعدم الانسيابية.

٥ - مرونة الحركة :

وتظهر مرونة الحركة فى الحركات التى تعمل على إيقاف وارتداد الجسم الساقط وهذه الحركات تجدها فى القسم النهائى من المسار الحركى للمهارة وتتوقف صفة مرونة الحركة بالدرجة الأولى على حركات مفاصل الرجلين والجزع وفى حالات كثيرة يدخل ضمنها مفاصل الذراعين، ويتوقف الحكم على مرونة الحركة على درجة عمق الارتداد الذى يختلف بدوره باختلاف الواجب الحركى للمهارة فعند أداء مهارة الدوريتين الهوائيتين الخلفيتين من المرجحة الأمامية كنهاية على جهاز المتوازيين يتطلب ذلك إقلال عمق الارتداد ويمكن توضيح هذا الاختلاف فى درجة المرونة عن طريق بناء المهارة فى الحالة الأولى - تلاحظ القسم النهائى الكامل وهذا يعنى أن واجب المهارة هو توقف حركة الجسم وإرجاعه إلى وضع الثبات فالمهارة يجب أن تنتهى بثبات الجسم واستقامته وعدم تقدم الجسم وهذا الواجب يتم بأحسن شكل بواسطة ارتداد عميق مرتبط بانتقال انسيابى لاستقامة الجسم بدون توتر أو تصلب.

أما فى الحالة الثانية - التشكيلة الحركية على الأرض - فيظهر هنا الاندماج فى مراحل المهارة فالقسم النهائى الهبوط عند لمس الأرض - للمهارة السابقة تكون قسم تمهيدى للمهارة اللاحقة ولهذا السبب يكون ظهور شكل المرونة مختلفا وتلعب الانسيابية هنا دورا هاما لنجاح الربط بين مكونات التشكيلة الحركية.

وقد أثبتت التجارب العملية على اللاعبين فى الوثب الأعلى أن هناك علاقة مستقيمة بين السرعة التى وصل إليها اللاعب (سرعة م/ث/ج لحظة الطيران) وبين مسافة العجلة .

ومادامت نسبة دفع الإيقاف فى الحركة إلى دفع العجلة كبيرة فى حدود المسموح به، فإن زيادة مسافة العجلة يقابلها دائما زيادة فى السرعة رغم العوامل الأخرى المؤثرة، أما فى حالة اختلاف هذه النسبة أو خروجها عن المسموح به (كما فى الأساس الأول) كأن تتقدم قوة البداية أو تحدث حركة اعدادية شديدة أثناء الثنى إلى أسفل فنرى أن المنحنى سوف يهبط .

ولاشك أن مراعاة هذه العوامل سيكون له تأثير فعال خاصة مع اللاعبين ذوى المستوى العالى وخاصة لاعبى الكرة الطائرة وكرة السلة .

والآن دعنا نتحدث عن ما يجب مراعاته بالنسبة لمسار مسافة العجلة فى حالة تحرك جسم بعجلة فى خط مستقيم فسيبتع ذلك طاقة حركية وبالتالي سرعة للجسم ناتجة عن قوة العجلة فى اتجاه السير وطول مسافة العجلة، فإذا قارنا نفس الجسم فى حالة تحركه فى خط منحنى، نجد أنه يحتاج إلى بذل قوة أكبر حتى يصل إلى نفس السرعة فى الحالة الأولى عند ثبات طول مسافة العجلة فى الحالتين .

حيث أنه سوف يحتاج إلى قوة جاذبة مركزية بالإضافة إلى قوة العجلة فى الخط المستقيم حتى يستمر الجسم فى الحركة فى خط منحنى والقوة الجاذبية المركزية دالة للسرعة المحيطية ونصف قطر الدوران - لذا فهى تزداد بزيادة السرعة ونقصان قطر الدوران شكل (٩٥) .

مما سبق يتضح أنه كلما كانت مسافة العجلة مستقيمة بقدر الإمكان كلما أمكن عدم الإسراف أو ضياع القوة، ويتضح ذلك عمليا عند مقارنة عداء سباق ٢٠٠ متر عدو يجرى فى خط مستقيم بآخر يجرى فى خط منحنى أو قوس . كما يبين الفرق بين التكنيك القديم والحديث فى دفع العجلة ومحاولة جعل مسافة العجلة فى خط مستقيم بقدر الإمكان بعد إلغاء الانحناءات التى كانت موجودة فى التكنيك القديم شكل (٩٦) .

تحويلها إلى الكمية بقصد قياسها والاستفادة منها في الحياة العملية، كما وأنه لا توجد لهذه الأقسام السبعة حدود ثابتة وإنما تشترك جميعها في إعطاء الشكل الخارجى للحركة، وتكون درجات تأثيرها ووضوحها مختلفة في حركة عن أخرى.

إن استيعاب هذه الأقسام من قبل مدرس التربية الرياضية والمدرّب تساعد كثيرا في أداء واجبه فحينما يقارن المدرس حركة تلميذة مع الحركة النموذجية التي وضعها في فكره يجذب نظره إحدى هذه الأقسام والتي تحتاج إلى تصحيح. وأما الحركات الزائدة وغير الضرورية لتعليم حركة ما فإنها تهمل وعليه فإن الأقسام السبعة هي التي تثبت وتعين التوافق الحركى.

٣ - مبدأ الأصالة :

يرى مانيل (١٦ : ٧٤) أن هذا المبدأ ينطبق على المهارات التعبيرية ومهارات العروض الرياضية وأحيانا الرقص والجمباز.

ونضيف أن الحكم على هذه المهارات يكون من ناحية مطابقتها للفحوى والشكل وليس من ناحية غرضها واقتصاديتها.

وأرى أن مفهوم الأصالة أو المطابقة هنا لا يمكن فصله عن مبدأ الهدف ومبدأ الاقتصاد في الجهد لأنه من المعروف أن لكل مهارة هدف وهذا الهدف يحدد بمواصفات ومحددات تعكس في مضمونها فحوى وشكل المهارة، فمثلا مهارة صعود الكب الطويل على جهاز المتوازيين يتحقق هدفها بالصعود من وضع التعلق إلى وضع الارتكاز على أن يتم مرجحة الجسم من الخلف للأمام من وضع التعلق ثم ثنى مفصلى الفخذين كاملا على أن تمد زاويتا مفصلى الفخذين عند الوصول لوضع الارتكاز وتكون الصفة الغالبة على الأداء هي المرجحة، وبهذه المحددات نكون وصلنا إلى محدّدات لشكل الحركة وواجبها الحركى عن طريق هدفها ولكى يتم الواجب الحركى بأحسن أداء يجب تنظيم الحركات التى تساعد فى الوصول إلى الهدف المطلوب بأقل جهد بمعنى تحقيق الانسجام بين التوافق الحركى للحركات المشتركة فى أداء الواجب الحركى مع الإمكانيات الحركية للاعب فإذا ما أدت المهارة فى إطار المحددات السابقة أى تحقق الهدف باقتصاد فى الطاقة وفق المحددات والمواصفات الخاصة بهذه المهارة تتصف بالأصالة ويصبح الأداء حاذقا والعكس صحيح فإن الإخلال بأى مبدأ من المبادئ الثلاثة السابقة يؤدى إلى الحكم بعدم أصالة المهارة وبالتالي إلى رداءه الأداء.

المعمول بها فى التكنيك الحالى، ولكن الواقع أن التكنيك الجديد للأسباني حقق فائدة كبيرة بدرجة تسمح بالتضحية بالخسارة الناتجة عن استخدام مسافة عجلة دائرية. وقياسا على ذلك يستخدم الفرد مسافة العجلة الدائرية عند رمى القرص ليحصل على أطول مسافة ممكنة للعجلة، أما فى حالة الوثب لأعلى مثلا فلا يستطيع الفرد استخدام أطول مسافة ممكنة للعجلة لأن الانثناء الشديد لأسفل يجعل حركة المد لأعلى فى غاية الصعوبة ولذلك نقول إن الإمكانيات التشريحية لا تسمح فى مثل هذه الحركة باستخدام أطول مسافة ممكنة للعجلة، ومن هنا وجب على الفرد عند تطبيقه لهذه المعلومات من حيث طول واستقامة مسافة العجلة أن يربط ذلك بنوع الرياضة أو الحركة الرياضية ومدى إمكانية تحقيق ذلك بقدر الإمكان بمعنى ألا يكون التطبيق مطلقا دون النظر إلى نوع الحركة ومناسبة ذلك لها.

يمكن تلخيص ما سبق فى ما يلى :

يرتبط استخدام مسافة العجلة التشريحية الممكنة إلى أقصى درجة بنوع كل رياضة على حدة، لذلك تعتبر استقامة العجلة بمثابة اختبار لمدى ملائمة القوة للقواعد الموضوعية (قوانين المسابقات).

٣ - أساس التوافق الزمنى للدفع الفردية :

تدل الشواهد التجريبية أنه عندما يثب اللاعب من الثبات يقطع مسافة أقل من التى يقطعها عندما يثب من الجرى.

كما يلاحظ أيضا خلال رمى الرمح أو دفع الجلة حيث تقل مسافة الرمي من الثبات عن مسافة الرمي المصحوبة بحركة تمهيدية ومن المعروف أن الحركة الرياضية تزداد شدتها إذا صاحبها حركة مرجحة للذراعين أو الرجلين، كما أنه يوجد كثير من الحالات التى يفشل فيها التوافق الزمنى للجري أو لحركة المرجحة مع حركة الوثب أو الدفع الأصلية مما يؤدى إلى هبوط المستوى الرياضى.

ومن الممكن أن تتحقق من صحة انتقال سرعة حركة الجرى نسبيا إلى سرعة حركات الوثب أو الرمي أو الدفع، ولكن من الصعب إدراك ذلك بالعين المجردة لأن سرعة الحركة لا تتيح للفرد إمكانية تقدير التوافق الزمنى الصحيح لمرجحة الذراعين، أو الرجلين مع الحركة الأصلية.

الفصل الحادى عشر أسس ميكانيكية حركية

- ١ - أساس قوة البداية والوضع الأنسب
لاخراج القوة القصوى.
- ٢ - أساس أنسب مسافة لمسار العجلة.
- ٣ - أساس التوافق الزمنى للدفع الفردية.
- ٤ - أساس رد الفعل.
- ٥ - أساس الحصول على الدفع (بقاء كمية
الحركة الزاوية).

ويسرى ذلك أيضا فى حالة سير العربة بسرعة متغيرة، وفى مثالنا هذا سوف تصل سرعة العربة فى لحظة ما إلى نهايتها القصوى.

ولعله من السهل إدراك أن الجلة سوف تصل إلى سرعتها القصوى إذا وصلت سرعتا العربة والجلة إلى نهايتهما القصوى فى لحظة واحدة ويمثل هذه النتيجة شكل (م) بعد جمع سرعة العربة (ع عربة) مع سرعة الجلة (ع جلة).

وتنطبق هذه الحالة فى الحياة الرياضية إذا كان عرض الحركة هى رمى أو دفع جسم غريب مثل الرمح أو الجلة أو الكرة بسرعة كبيرة باستخدام اليد أو القدم.

مما سبق يمكن استخلاص أن اليد أو القدم يجب أن تصل إلى سرعتها القصوى لحظة وصول مركز ثقل الجسم كله إلى سرعته القصوى ولكننا نعلم من الأسس البيوميكانيكية أن السرعة تصل إلى نهايتها القصوى عندما تصل العجلة إلى الصفر. بمعنى عندما يبطل تأثير القوة، وعلى ذلك يمكن صياغة هذا الأساس على النحو التالى: يجب أن ينتهى تأثير جميع القوى المشتركة فى الحركة المسببة للعجلة فى لحظة واحدة. وهذا يعنى بالنسبة لدفع الجلة مثلا: أنه يجب أن يتوافق تأثير قوى العضلات المادة للأطراف السفلى زمنيا مع تلك التى تعمل على تحريك الجلة بعجلة بواسطة الذراع بحيث تنتهى جميعا فى زمن واحد.

ب - الحالة الثانية :

نفرض أن لدينا جسم أجوف شكل (ك) كتلته (ك₁) يتحرك بواسطة زنبرك من فوق سطح الأرض، وبداخله زنبرك آخر يمكن أن يقذف جسما آخر ذا كتلة أصغر ولتكن (ك₂) ويتصل الجسمان بأستك لايسمح بانفصال الجسم الصغير عن الكبير. فإذا تأملنا حركة مركز ثقل الجسمين معا أى ك₁ + ك₂ = ك فسنجدها تتأثر بكل من الزنبركين.

ففى حالة انطلاق الزنبرك الثانى الموجود داخل الجسم المجوف أولا فسوف ترى العين حركة الجسم الصغير فقط. ولكن فى الواقع أن مركز الثقل العام يتحرك أيضا وسوف يستمر فى حركته عند انطلاق الزنبرك الأول، حيث يصل مركز الثقل العام إلى أكبر سرعة ممكنة له عندما يتم تأثير الزنبركين فى وقت واحد.

الفصل الحادى عشر

أسس ميكانيكية حركية

(الأسس الحركية)

ذكرنا فيما سبق أن جسم الإنسان كجهاز حركى يتصف بخصائص ميكانيكية بيولوجية (حيوية) يتحتم علينا وضعها موضع الاعتبار عند دراسة ميكانيكية حركة جسم الإنسان، ويعنى هذا أنه عند إيجاد المنحنى الخصائضى للتكنيك الأنسب لأى نوع من أنواع النشاط الرياضى أن يعكس هذا المنحنى الاستخدام الأنسب للقواعد الميكانيكية وفقا للاستعدادات والخواص البيولوجية الموجودة فى الجهاز الحركى للإنسان.

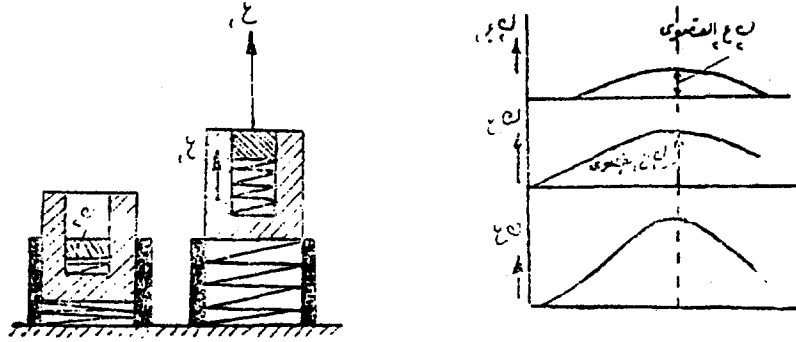
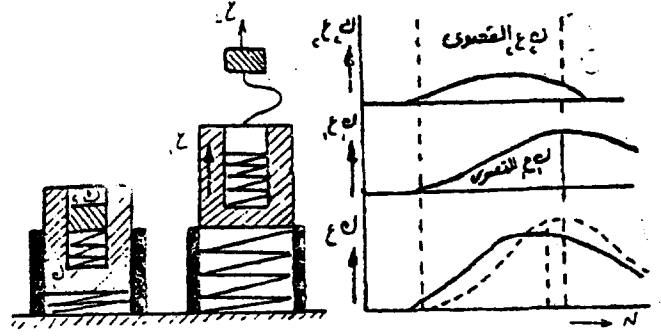
وعند دراستنا لأهداف الحركات الرياضية لأنواع الأنشطة المختلفة التى يمارسها الفرد، نجد أن أغلبها يستهدف الوصول إلى أعلى ارتفاع - مثل الوثب العالى والقفز بالزانة - أو إلى أبعد مسافة مثل - الوثب الطويل ودفع الجلة أو رمى القرص - أو إلى قطع مسافات متباينة فى أقل زمن ممكن (الأسرع) مثل سباقات الجرى والتتابع... الخ - أو إلى رفع ثقل (الأكوى) مثل رفع الأثقال أو بذل مقاومة ضد ثقل الجسم كما يحدث فى الجمباز والغطس أو مقاومة ثقل الزميل مثل المصارعة... الخ... ويعنى ذلك من الناحية الميكانيكية بذل شغل ميكانيكى ضد مقاومة خارجية أو استخدام الطاقة الميكانيكية بأكبر درجة ممكنة.

وانطلاقا من هذه الأهداف واعتمادا على المنحنيات الخصائضية للتكنيك الأنسب لكثير من الأنشطة الرياضية المتنوعة تمكن هوخموت من وضع خمس أسس عامة للحركة تحتوى على المعلومات العامة التى تساعد على الاستخدام الأنسب للقوانين الميكانيكية والبيولوجية خلال أداء المهارات الرياضية، نلخصها فيما يلى:

١ - أساس قوة البداية والوضع الأنسب لإخراج القوة القصوى:

يمثل تكامل دالة القولة (ق) مع الزمن للخطتين (ن_١، ن_٢) مقدار تأثير القوة المعروف بدفع القوة، ويساوى هذا الدفع مقدار التغير فى كمية الحركة الذى سبق شرحه وصياغته فى المعادلة التالية: ق_٢

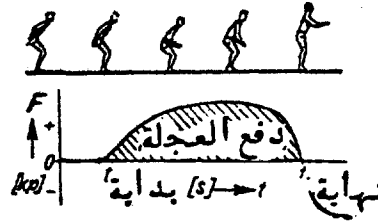
$$\int_{n_1}^{n_2} Q(n) \, dn = K(ع_٢ - ع_١) \dots (٥٤)$$



شكل (٩٨) التوافق الزمني للتأثير المشترك لقوتين معلومتين

وصول سرعة مركز ثقل الذراعين في حركة الصعود العمودية لأعلى إلى أقصى درجة بمعنى أن تصل قوى العضلات التي تعمل على تحريك باقى الجسم بعجلة - عن طريق مد المفاصل إلى أعلى - إلى الصفر أيضا .

ويسرى ذلك أيضا على الوثب العالى من الجرى بالنسبة لمرجحة الرجل الحرة، ويجب هنا أن تصل السرعة العمودية للرجل الحرة إلى أقصى قيمة لها في نفس اللحظة التي تنتهى فيها مد الرجل الأخرى كما في شكل (٩٩) .



شكل (٨٧) وثبة غير مصحوبة بمرجحة تمهيدية

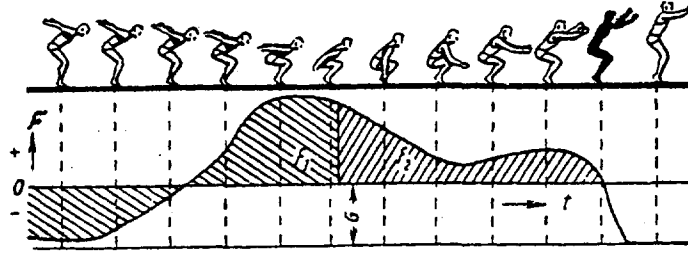
ويلاحظ أن القوة العضلية تعمل قبل بداية الوثب على موازنة قوة الجاذبية في وضع الابتداء بمعنى أن محصلة القوى تساوى صفر. ولكن بمجرد أن يزيد مقدار قوة العضلات عن وزن الجسم (قوة الجاذبية الأرضية) بمعنى أن تصبح محصلة القوى موجبة وتتجه إلى أعلى، يبدأ حدوث الحركة. وباستمرار زيادة قوى العضلات يتسارع الجسم بشدة أي تتزايد سرعته ويظل تزايد هذه السرعة مستمرا خلال حركة مد مفاصل الجسم - التي كانت في حالة ثنى - حتى تصل إلى المد الكامل لها لحظة انتهاء الدفع، ويعني هذا انتهاء تأثير القوة وأن الجسم وصل في هذه اللحظة إلى سرعته القصوى، وبما أن الجسم يقع تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية فقط أثناء طيرانه وهي تعمل على إيقاف الحركة فإن المحصلة تصبح سالبة، ونجد أن لهذا التسلسل مساوئه التي تنحصر في أن القوة المحصلة (ق) تتميز بأن قيمتها في البداية تكون صفرا مع ضرورة انقضاء فترة زمنية معينة قبل أن تزداد قيمة (ق) وتصبح ذات قيمة أكبر. أما في حالة الوثب لأعلى من وضع الوقوف المصحوبة بمرجحة تمهيدية وذلك بثني الركبتين قليلا أولا ثم الوثب لأعلى فإن قوة الجاذبية تعمل أولا على هبوط الجسم إلى أسفل ولذلك تعمل قوة العضلات على إيقاف هذا الهبوط ويكون تأثيرها في اتجاه عكس اتجاه تأثير قوة الجاذبية الأرضية أي إلى أعلى. ولذا يجب أن تتواجد قوة عضلية أكبر من قوة الجاذبية بمعنى أن يكون هناك قوة إيجابية وهذه ميزة كبيرة أن تتواجد قوة محصلة إيجابية متجهه إلى أعلى عندما يكون مركز ثقل كتلة الجسم في وضع منخفض بمعنى عند بداية حركة الوثب لأعلى الأصلية وهذه القوة الإيجابية هي التي تسمى بقوة البداية وينتج عن ذلك اكتساب المساحة السوداء المبينة في شكل (٨٨) نتيجة لوجود قوة البداية وذلك على عكس ما حدث في الحركة الأولى - الوثب لأعلى من وضع (الوقوف ثني الركبتين) -

وقد بنى هذا الأساس على قانون نيوتن الثالث للحركة والذي ينصب على أن لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه، ويمكن للمرء أن يمثل التأثير المتبادل للحركة بين الجزء العلوى والسفلى للجسم باستخدام اسطوانة مثبتة على محور عمودى ذى احتكاك بسيط، وبذلك نجد أن كل حركة لأجزاء جسم اللاعب الواقف فوق هذه الأسطوانة سيقابله حركة عكسية للأسطوانة نفسها، فإذا حرك اللاعب ذراعيه جهة اليمين فإن الأسطوانة ستدور فى الجهة الأخرى أى جهة الشمال وستتبع حركة القدمين طبعاً حركة الأسطوانة وبذلك تكون حركتها عكس حركة الذراعين.



شكل (١٠٠) قانون رد الفعل أثناء الجرى

ويمكن أن نشاهد مثل هذا التأثير المتبادل بين حركة الجزء العلوى والجزء السفلى من الجسم فى كثير من الحركات الرياضية، فنجد فى حركة الوثب الطويل مثلاً أن ثنى الجذع للأمام على المحور العرضى سوف يقابل ثنى الرجلين لأعلى على نفس المحور مما يساعد على رفع مركز ثقل الجسم. كما يمكن استغلال ذلك فى الوصول إلى أوضاع الجسم الأنسب للهبوط بواسطة تحريك أجزاء الجسم المختلفة كما يحدث مثلاً فى الوثب الطويل أيضاً. حيث أنه من المهم ثنى الرجلين ثم مدهما للأمام حتى نصل إلى تحقيق أكبر مسافة وثب ممكنة شكل (١٠١).



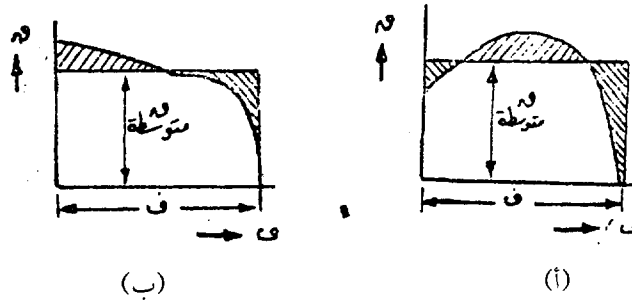
شكل (٨٩) الؤب المصحوب بحركة تمهيدية شديدة

والآن يهمننا أن نعرف ما إذا كان لطريقة سير منحنى القوى بعد ذلك أى تأثير على النتيجة النهائية، فحسب قوانين الميكانيكا الحيوية نعلم أننا نحقق أكبر نجاح ممكن إذا اتخذت قوى العضلات قيمة مطلقة ثابتة أثناء فترة العجلة، ولكن دلت التجارب والخبرة العملية أن ذلك لا يمكن تحقيقه وأن العضلات تصل إلى قيمة مطلقة لفترة قصيرة جداً ولا تثبت عندها.

والواقع أن توزيع القوة العضلية على مسافة العجلة لن يكون له تأثيراً إذا كان متوسط القوة ثابتاً فى الحالتين إذا كانت مسافة العجلة ثابتة فى الحالتين لأن الشغل الناتج سيكون ثابتاً:

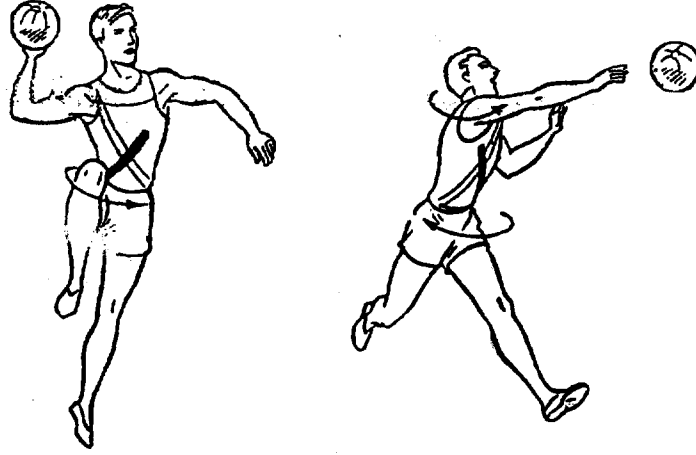
$$\int_{F_1}^{F_2} Q(F) dF = P_2 - P_1 = \frac{1}{2} (E_2 - E_1) \dots (٥٥)$$

ونلاحظ فى الشكل (٩٠) أن الزيادة فى الطاقة ستكون متساوية فى الحالتين أ ، ب فى حالة تساوى القوة المتوسطة ق وكذلك مسافة العجلة رغم اختلاف توزيع القوة فى كل منهما عن الأخرى .



شكل (٩٠) تساوى الزيادة فى الطاقة فى حالة تساوى القوة المتوسطة

هذه السلسلة بعضها البعض من ناحية، ومن ناحية أخرى حدوث تأثير لقوى الجسم كله ضد سطح الأرض حسب قانون رد الفعل. وبالنسبة لتأثير أجزاء السلسلة بعضها على بعض يمكن ملاحظة ذلك في حركات رمى الكرة حيث يتحرك اللاعب بكتفه الأيمن مثلاً إلى الخلف ليكتسب أكبر مسافة ممكنة للدفع. وفي نفس الوقت الذى يتحرك الحوض من الجهة اليمنى للأمام شكل (١٠٢) حتى يتوقف استمرار دوران الجسم مع حركة الكتف ولتسمح له بالدرجة التى تحقق مسافة العجلة المستقيمة فى الرمى.

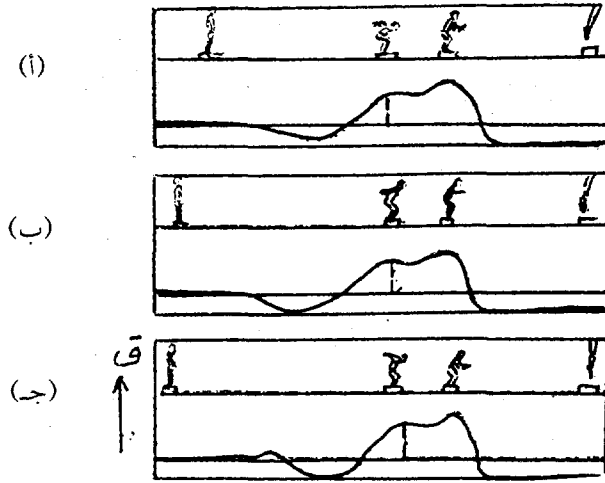


شكل (١٠٢) قانون رد الفعل أثناء الرمى

ويمكن ملاحظة ذلك أيضاً فى حركة تبادل لف الجذع أثناء العدو. ويجب هنا أن ننصح بعدم الشدة فى عملية لف الجذع حتى يمكن الاستفادة منها على أكمل وجه، كما تسرى هذه القواعد أيضاً على كرة القدم أثناء الضربات الحرة.

مما سبق يمكن استخلاص أن قانون نيوتن الثالث - الفعل ورد الفعل - يستخدم فى الحركات الرياضية بغرض تحقيق أهداف الحركات على أكمل وجه ممكن على أساس أن جسم الإنسان كسلسلة كينماتيكية لها درجات كثيرة من حرية الحركة لكل طرف من أطرافها مما يجعله يمتاز بخواص ميكانيكية معينة.

وفى حالة الحركة الحرة - مرحلة الطيران أو السقوط الحر - تصل عن طريق حركات أجزاء الجسم (أطراف السلسلة) بالنسبة لبعضها إلى الأوضاع المناسبة لجسم الإنسان أثناء الطيران أو الهبوط. وفى الدفع من الأرض سوف تزداد مسافة العجلة ويشد تأثير القوى وتضمن تحقيق الهدف عن طريق لف الكتف والحوض.



شكل (٩١) منحنى (القوة الزمن) وأنسب وقت لبذل القوة القصوى فى حركة الوثب لأعلى

نسبة دفع الإيقاف إلى دفع العجلة ١ : ٣ ، كما يتحتم بذل القوة القصوى للعضلات - طبقا للخواص الميكانيكية لجهاز الحركة الإنسانى وحسب الظروف البيولوجية للانقباض العضلى - فى النصف الثانى من مسافة العجلة بالنسبة لحركة المد، ويجب ملاحظة أن ذلك يتوقف على اختلافات الفروق الفردية من لاعب لآخر وهى دائما تعتمد على العوامل التالية:

أ- التكوين الجسمانى للاعب .

ب - حالة اللاعب التدريبية .

ج - القوة القصوى كأساس للقوة المتفجرة .

٢ - أساس أنسب مسافة لمسار العجلة :

يعنى زيادة الطاقة من الناحية الميكانيكية البحتة زيادة مسافة العجلة نفسها . وهذه النتيجة سبق شرحها عند التحدث عن الطاقة وصيغت فى المعادلة التالية :

$$ق_٢ \times ف = ط_ح_٢ - ط_ح_١ = \frac{1}{2} (ع_٢^٢ - ع_١^٢) \dots (٥٦)$$

ويحتتم على اللاعب أن يستغل قدرته على تغيير عزم قصوره الذاتى فى كثير من الحركات الرياضية أثناء الدوران، حتى يمكن أن يزيد من سرعة دورانه أو يبطئها.

وكثيرا ما نشاهد أثناء رياضة الانزلاق زيادة السرعة الزاوية بشدة عندما يضم اللاعب ذراعيه إلى جسمه نحو محور الدوران ثم هبوط سرعته عندما يمد ذراعيه جانبا.

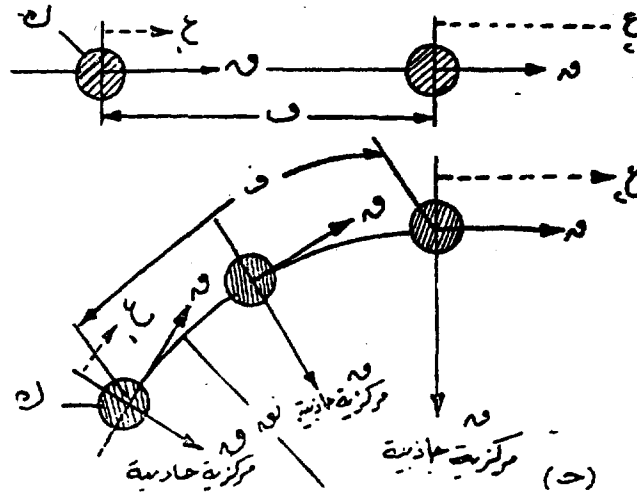
كما يجب على لاعب الغطس أن يتحكم فى سرعته الزاوية عن طريق تغيير أوضاع جسمه أثناء أداء الغطسات حتى تتم الحركة دون أحداث رذاذا كثيرا.

ولنوضح العلاقة بين عزم القصور الذاتى والسرعة الزاوية نأخذ مثلا من الحركات الرياضية ولتكن الدورة الهوائية المتكورة الخلفية، الدورة الهوائية المستقيمة الخلفية على الأرض.

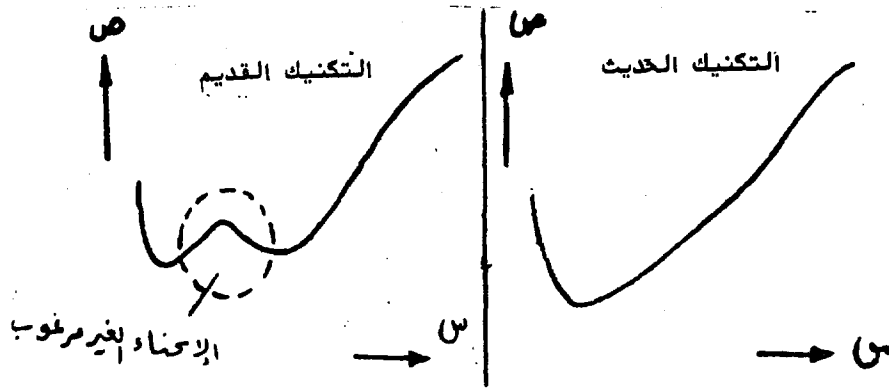
فلا شك أن الدورة الهوائية المستقيمة الخلفية أصعب من الدورة الخلفية المتكورة بكثير لأن الأولى عزم القصور الذاتى فيها يكون تقريبا ثلاثة أضعاف مقدار عزم القصور الذاتى فى الحركة الثانية ولذا فإن السرعة الزاوية تقريبا ثلث قيمتها فى حالة التكور. مما يتطلب عمل الدورة الهوائية على مسافة طيران وارتفاع كبير بمعنى أن يصل دفع الدوران والسرعة المحيطية لمركز ثقل الجسم إلى ثلاثة أضعافه فى حالة التكور.

كما يلعب قانون بقاء كمية الحركة الزاوية دورا هاما أيضا فى حركة الإنسان الدائرية غير الحرة كالحركة حول محور ثابت كما هو الحال فى حركات العقلة. وفى هذه الحالة تكون العلاقة المتبادلة بين كل من عزم القصور الذاتى للكتلة والسرعة الزاوية، متعاقبة مع تأثيرات القوة الإضافية.

ففى حركات الجمباز على عارضة العقلة، لا يمكن بأى حال من الأحوال عمل حركات دوران كاملة (الدورة العظمى) إذا لم يتوفر للاعب على سبيل المثال إمكان الاستغلال الواعى لقيمة الدفع الذى يحصل عليه، ووفقا لما هو معلوم فى الميكانيكا كمبدأ هام يتعلق بالحصول على الطاقة، فإن ما يحدث فى أثناء الحركة البندولية على العقلة يمكن وصفه كما يلى:



شكل (٩٥) مقارنة جسم يتحرك في خط مستقيم بآخر يتحرك في خط منحنى



شكل (٩٦) تكنيك دفع الجلة

ومن ناحية أخرى لا يجب أن نطبق معلوماتنا عن مسافة العجلة الطويلة المستقيمة شكليا بمعنى أنه يمكن التصرف فيها والمثال التالي يبين ذلك فقد استطاع الأسباني اراسكوين Araskwen أن يرمى الرمح بتكنيك جديد أثار كثيرا من النقاش. ولما كان الرمي قد تم بحركة دائرية فإن البعض اعتقد أنه ليس إذن من الأنسب أن تكون مسافة العجلة مستقيمة حيث أن المسافة الدائرية أتت بنتائج أفضل من المسافة المستقيمة

ولايضاح القواعد التى بنى عليها هذا الأساس نأخذ حالتين من حالات التوافق الزمنى للدفع الإضافى وهما:

أ- الحالة الأولى:

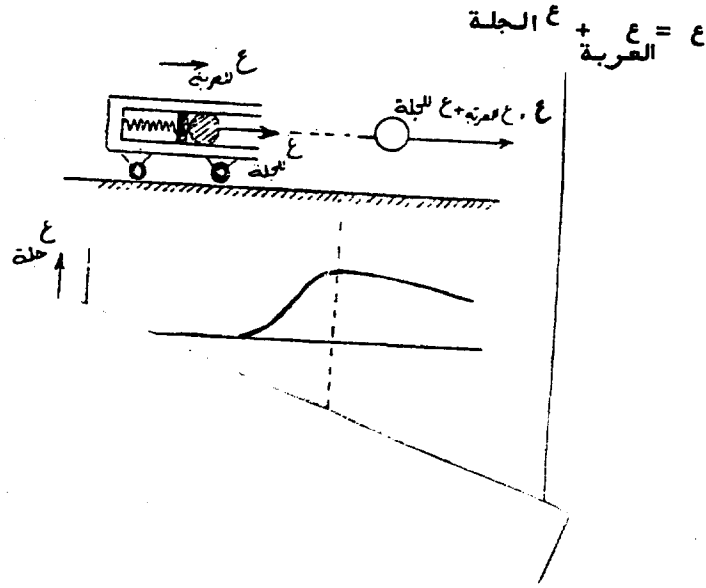
فى هذه الحالة سوف تكتسب نهاية طرف السلسلة الكينماتيكية لجهاز حركة الإنسان - اليد أو القدم مثلاً - سرعة كبيرة لتتمكن من دفع أو رمى جسم غريب مثل الجلة أو الرمح .

ولايضاح العلاقات الميكانيكية نضرب المثال التالى :

نفرض أن عربة تتحرك فى خط مستقيم، يوجد بداخلها جهاز يمكنه أن يقذف جلة فى اتجاه سير العربة شكل (٩٧).

فإذا سارت العربة بسرعة ثابتة، فإن سرعة الجلة ستكون هى نفس سرعة العربة باستمرار .

وإذا أطلقت الجلة أثناء سير العربة فإن سرعتها ستكون حاصل جمع، سرعة الجلة (ع العربة = ع + ع الجلة).



شكل (٩٧) جمع السرعات

لذا يجب أن نلاحظ قاعدة هامة بالنسبة للتوافق الزمني للتأثير المشترك لقوتين معلومتين. ولادراك هذه القاعدة نحاول أولاً أن نراقب الجسم الصغير على أساس أنه أطلق أولاً شكل (٩٨)، ثم أعقبه إطلاق الجسم الكبير ك_١، سنلاحظ أن الجسم الكبير ك_١ سوف يصل إلى سرعته القصوى بمجرد انتهاء تأثير الزنبرك، ولكن في هذه الحالة يكون الجسم الكبير فيها قد وصل إلى سرعته القصوى وحيث يكون الجسم الصغير واقعا تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية. ولذلك ستكون سرعة الجسمين معا - مركز ثقل الجهاز كله - أصغر من تلك التي يمكن أن يتحقق لو أن التوافق الزمني لتأثير قوتي الدفع (الزنبركين) كان قد تم بصورة سليمة، ويتحقق ذلك إذا وصل كل من الكتلتين ك_١، ك_٢ إلى سرعتهما القصوى في لحظة واحدة، بمعنى أن يتم تشغيل الزنبركين بتوافق بحيث ينتهي تأثير قوتهما في لحظة واحدة شكل (٩٨).

ولحساب سرعة مركز الثقل العام، يجب علينا في هذه الحالة ألا نهمل الكتل. ووفق قانون كمية الحركة:

$$ك ع = ك١ ع١ + ك٢ ع٢ \quad \text{حيث } ك = ك١ + ك٢$$

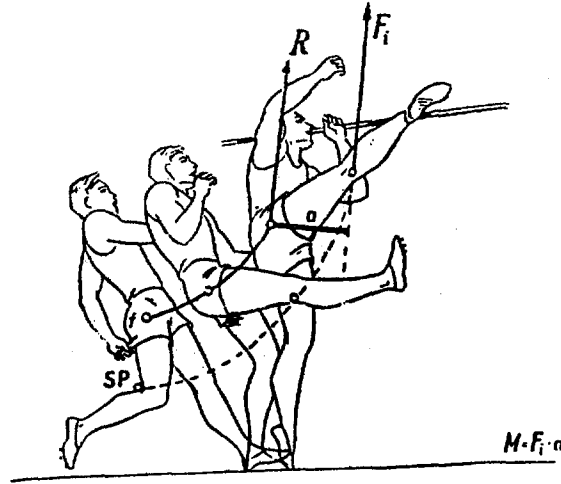
$$ع = \frac{ك١ ع١ + ك٢ ع٢}{ك١ + ك٢}$$

ويعتبر حاصل الضرب ك١ ع١ ، ك٢ ع٢ مساويا لكمية الحركة. ولذلك نجد أن القاعدة العامة في الحالة (ب) هي نفس القاعدة العامة في الحالة (أ) التي سبق ذكرها وهي:

يتحتم إنهاء تأثير جميع قوى العضلات المشتركة والتي تسبب العجلة في نفس اللحظة.

ففي حالة حركة الوثب لأعلى بالقدمين من الوقوف، نجد أن مرجحة الذراعين تساعد حركة الأطراف السفلى، ويتم ذلك على أكمل وجه إذا كان امتداد مفاصل القدم والركبة والفخذين الذي ينتهي عنده تأثير القوى قد صاحبه في نفس الوقت

استنادا على ما سبق يمكن استخلاص أنه عندما تستهدف الحركة إكساب جسم غريب سرعة كبيرة باستخدام اليدين أو اليد الواحدة أو القدمين أو قدم واحدة، أو كان الغرض إكساب مركز ثقل الجسم نفسه سرعة كبيرة، فإنه يلزم أن تصل سرعات أجزاء الجسم المشتركة والناجمة عن العجلة إلى نهايتها القصوى جميعا في نفس اللحظة.

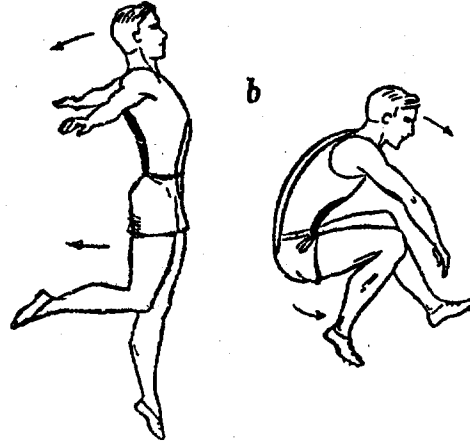


شكل (٩٩) مرحة الرجل الحرة في الوثب العالي

لذلك كان من الضروري جدا أن يتوافق تأثير جميع قوى العضلات المشتركة من أجل خدمة العجلة بحيث ينتهي تأثيرها جميعا في لحظة واحدة. كذلك يلزم أن توجه سرعات مراكز ثقل جميع أجزاء الجسم المشتركة في الحركة بقدر الإمكان في الاتجاه المنشود عند وصولها إلى السرعة القصوى لها.

٤ - أساس رد الفعل :

يطبق هذا الأساس في كثير من أنواع الحركات، ففي العدو أو الجرى مثلا تتحرك الذراع اليمنى مع الرجل اليسرى في نفس الوقت (شكل (١٠٠))، ولذلك تحدث حركة دوران عكسية في كل من الكتف والخصر على المحور الطولي للجسم. وإذا أفلح الفرد عن أداء الحركة العكسية للذراع والكتف، فإن ذلك سيجعل عملية الجرى متعبة ومجهدة جدا. علاوة على أنه سيصبح من المستحيل الوصول إلى سرعة عالية.



شكل (١٠١) تطبيق قانون رد الفعل فى حركة الوثب الطويل (عن هوخموث)

ويتطلب ثنى الرجلين ثم مدهما للأمام ضرورة ثنى الجذع للأمام فى نفس الوقت وفقاً لأساس رد الفعل . .

وفى حالة ملاسة الجسم لسطح الأرض أثناء الحركات الرياضية فإن الفعل ورد الفعل يصبحان بين جسمين هما اللاعب و سطح الأرض، ولذلك يأتى رد الفعل من الأرض، وكذلك نلاحظ أيضاً أنه عند وقوف اللاعب عمودياً مثلاً ثم أدائه لحركة ثنى الجذع أماماً، فإن ذلك لا يترتب عليه ثنى الرجلين أماماً كما حدث فى حالة الوثب الطويل أو العالى عندما كان الجسم حراً، وهذا يعنى أنه ليس هناك رد فعل من الطرف السفلى للجسم. والذي يحدث هو رجوع الحوض قليلاً إلى الخلف حيث يصاحبه حركة بسيطة للجزء السفلى من الجسم بغرض حفظ توازن الجسم. أما بالنسبة لرد الفعل فالواقع أن الأرض هى التى تقوم به لكننا لانستطيع ملاحظة ذلك نظراً لكبر كتلة الأرض، بالنسبة لكتلة جسم الإنسان وكذلك صغر عجلة الأرض. وسينقل الجزء العلوى من الجسم - فى هذه الحركة - قوة الفعل إلى سطح الأرض ثم يحدث العكس حيث تنقل الأرض قوة رد الفعل من سطح الأرض إلى الجزء العلوى من الجسم. وذلك لأنه الجزء المتصل بالأرض.

ولكن الخواص الميكانيكية لجهاز حركة الإنسان كسلسلة كينماتيكية لها درجات كثيرة من حرية الحركة بالنسبة لأطرافها، جعلت بالإمكان حدوث تأثير للقوى بين أجزاء

٥ - أساس بقاء كمية الحركة الزاوية (الحصول على الدفع) :

تحتاج بالنسبة للحركات الدائرية معرفة عزم القصور الذاتي بدقة إلى حد ما حتى يمكن استخدام قانون بقاء كمية الحركة الزاوية.

وينص هذا القانون على أن الدفع الكلى لحركة دائرية يظل ثابتا إذا كان حاصل ضرب عزم القصور الذاتي في السرعة الزاوية ثابتا.

$$\text{ض } ١ \cdot \text{ى} = \text{ض } ٢ \cdot \text{ى} \quad \text{حيث ض } ١ = \text{عزم القصور الذاتي} \\ \text{ى} = \text{السرعة الزاوية}$$

وتلعب الخواص الميكانيكية لجسم الإنسان كسلسلة كينماتيكية لها أطراف متعددة يمكنها أن تتحرك بالنسبة لبعضها البعض دورا هاما في تغيير شكل الجسم وبالتالي عزم القصور الذاتي له أثناء الحركة الدائرية.

فإذا كان الجسم في الوضع الابتدائي متخذا الوضع (أ) في الشكل (١٠٣) وكان عزم القصور الذاتي له هو (ض_١ = ٤ كجم . م^٢)، ويدور بسرعة زاوية مقدارها (ى_١ = ٥,٥ ث) مثلا فإنه يجب عند اتخاذ وضع آخر كما في (ب) شكل (١٠٢) قيمة قصوره الذاتى (ض_٢ = ١٣ كجم . م^٢). وجب اتخاذ سرعة زاوية (ى_٢) أخرى بحيث يصبح حاصل الضرب فى طرفى المعادلة متساويا وبذلك تصبح السرعة الزاوية ى_٢ الجديدة

$$\text{ى} = \text{ى} = \text{ى} \quad \text{ض } ١ \cdot \text{ى} = \text{ض } ٢ \cdot \text{ى} = \frac{٤}{١٣} \times ٥,٥ = ١,٥٤ \quad \left(\frac{١}{\text{ث}} \right)$$

(أ)



(ب)



شكل (١٠٣) تغيير مقدار عزم القصور الذاتى

فى وضع الاستعداد الذى تساوى فيه سرعة المسار صفرا، يكون لمركز ثقل الجسم مستوى عال خاص بالمقارنة بأدنى وضع له فى أثناء التعلق على عارضة العقلة مع مد الجسم، ومعنى هذا أن الارتفاع المناسب يتسبب - مثله مثل وزن الجسم نفسه - فى وجود طاقة كامنة داخل الجسم (طاقة وضع). وتتحول طاقة الوضع هذه إلى طاقة حركة فى طريق العودة بشكل متزايد، وعندما يصل الجسم إلى قاع المرجحة فلا يبقى إلا طاقة الحركة فقط، وعند القيام بحركة الصعود الأمامية مرة أخرى يحدث تغير عكس للطاقة، ولو كان من الممكن القيام بهذا الأمر دون الاحتكاك، لتمكن مركز ثقل كتلة الجسم من الوصول مرة أخرى إلى المستوى العالى الأول، إلا أنه بسبب وجود عامل الاحتكاك فإن جزء من الطاقة يتحول عادة إلى طاقة حرارية، وتعتبر هذه الطاقة الحرارية مظهرا من مظاهر فقدان الطاقة فى أثناء أداء الحركات الرياضية، لذا فإن مركز ثقل كتلة الجسم يحقق مع كل حركة بندولية من حركاته مستوى ارتفاع أقل قيمة دائما بشكل تصبح معه هذه الطاقة الكامنة المتوفرة فى أول الأمر طاقة حرارية بالكامل فى النهاية. ولذلك فإن الجسم يظل فى حالة ثبات فى أثناء أدنى وضع له.

ويجب علينا أن نعرف أن الإنسان قادر على القيام بحركة المرجحة باستغلال الحركات البندولية على عارضة العقلة وبطبيعة الحال يمكنه تحقيق ذلك بمساعدة قوته العضلية، حيث يمكنه أن يحصل بصفة دائمة على طاقات جديدة يستغلها فى العمل الحركى إلا أن هذا الأمر لايعتبر أن الإنسان يحرك نفسه بعجلة تزايدية عن طريق القوى العضلية، بمعنى تحريك مركز ثقل كتلة جسمه فى اتجاه المسار بشكل مباشر وهذا أمر لايمكن الرياضى من تحقيقه إطلاقا، على أساس الإمكانيات المتاحة - طابع رد فعل الارتكاز - وذلك لأن القوة فى أثناء حدوث الاحتكاك المنزلق تكون فى اتجاه قطرى فقط بالنسبة لعارضة العقلة، وفى اتجاه مماسى مضاد لقوة الاحتكاك المنزلق وتتضح هذه العلاقات بشكل أوضح فى أثناء حركات المرجحة على الحلق.

إلا أن لاعب الجمباز يستغل فى الحقيقة أساس الحصول على الدفع، فإنه عندما يقلل من عزم القصور الذاتى لكتلته فى أثناء حركة المرجحة إلى الأمام والتى يقارب فيها مركز ثقل كتلة الجسم من محور الدوران، يكون فى حقيقة الأمر قد زاد من

الفصل الثانى عشر

تحليل تكتيك أداء بعض الأنشطة الرياضية

١ - الجمباز .

٢ - السباحة .

٣ - كرة السلة .

٤ - ألعاب القوى .



الفصل الثانى عشر

تحليل تكنيك أداء بعض الأنشطة الرياضية Analysis of Sports Techniques

نماذج تطبيقية عن ميكانيكية الحركة فى الأنشطة الرياضية

يتناول هذا الفصل سرد النواحي التكنيكية التى أمكن التوصل إليها عن طريق تحليل الأداء الحركى فى مجالات الجمباز والسباحة، وألعاب القوى، وكرة السلة. كنماذج لاستخدام القوانين الميكانيكية وكيفية الاستفادة منها لرفع مستوى الأداء الحركى للاعبين، بهدف تمكين القارئ من الاطلاع على أساليب وطرائق دراسة الحركة الرياضية بصورة تمكنه من إجراء الدراسات المتشابهة فى التخصصات المختلفة.

١ - الجمباز : Gymnastics

الانسس الميكانيكية العامة والحيوية الخاصة بالرياضة الجمباز

إن تطبيق القوانين الميكانيكية على النظام الحيوى للإنسان فى حركات الجمباز له أهمية خاصة تتجلى آياتها فى التعرف على القواعد الدقيقة للحركة، وإمكانية تقديرها تحت الظروف المختلفة وتحديد الخطأ فى المسار الحركى واكتشافه وتصحيحه، وتقدير الأداء، وتحديد الطرق إلى استكماله وإتقانه، وإيجاد النتيجة النهائية للمسار الحركى، ووضع التوافق الخاص به عندما يتفق الهدف مع الحركة المطلوب أدائها.

ونظرا إلى أن المجال لايتسع لإيضاح كل العناصر والعوامل المؤثرة فى أداء حركات الجمباز، لذا فإننى سوف اقتصر على معالجة تأثير القوة فى أساليب الحركات المختلفة لما لها من أهمية خاصة باعتبار أن القوة هى المسبب الأول لجميع الحركات وإمكانية تغييرها.

* القوى الداخلية والخارجية :

يتأثر الأداء الحركى بتأثير القوى التى يمكن تقسيمها إلى داخلية وخارجية، ويكون تأثير القوى دائما ازدواجية التأثير، بمعنى أن تأثير أى قوة يجب أن يواجه تأثير مضاد هو رد الفعل.

إن القوة الداخلية بالنسبة لجسم الإنسان هي القوة التي من خلال تأثيرها المتبادل بين أجزاء الجسم يمكن للجسم أن يعدل نفسه، وعندئذ يكون للفعل ورد الفعل نقطة انطلاق في جسم الإنسان. . وتنقسم القوى الداخلية لجسم الإنسان إلى مايلي:

أ - قوة المقاومة السلبية للأنسجة .

ب - قوة رد الفعل الداخلية .

ج - قوة الشد العضلي .

أ - قوة المقاومة السلبية للأنسجة :

تتمثل في قوة المقاومة الخاصة بالهيكل العظمي والأربطة وفي حركات الجملار التي ترتبط فيها الأوضاع الجسمية يمكن تحرك الأجهزة الداخلية، وفي هذه الحالة يصبح جهاز الثبيت الخاص بالأجهزة الداخلية مصدر لقوة المقاومة لهذه الحركة .

ب - قوة رد الفعل الداخلية :

تتضمن قوة القصور الذاتي لكتلة أجزاء الجسم المختلفة التي يجب أن تتغلب عليها القوة العضلية .

ج - قوة الشد العضلي:

إن تأثير القوى السابق ذكرها يمكن أن تقابله القوة العضلية بالارتباط مع قوى رد الفعل لتغيير اتجاه سرعة الحركة، وبدون قوى رد الفعل الجسمية لا يمكن للقوة العضلية أن تؤثر على مركز ثقل كتلة الجسم، وتصبح بصفة خاصة كتلة أجزاء الجسم تقترب وتبتعد بنسب مماثلة عن مركز ثقل كتلة الجسم، ولا يتأثر بذلك موضع مركز ثقل كتلة الجسم وسرعة واتجاه الحركة . ويتم أداء حركات الجملار بالقوة العضلية وينتج عنها تغيير في اتجاه رد الفعل والذي ينتج عنه تسارع أجزاء الجسم، ومقاومة كتلة هذه الأجزاء التي تعبر عن قوة القصور الذاتي، ويمكن أن تكون قوة القصور الذاتي قوة لرد الفعل تنتقل إلى الأنسجة التي تؤثر على التسارع الذي يظهر على شكل الرفع والدفع والشد والضغط .

وقوة رد الفعل هذه لا تنتقل فقط إلى أجزاء الجسم المجاور بل تؤثر أيضا على الأجزاء البعيدة كسلسلة مترابطة من المفاصل وهنا يمكن التحدث عن انتقال دفع القوة

من جزء إلى آخر من أجزاء الجسم وحتمية توافر نقطة ارتكاز خارج الجسم يمكن عن طريقها الحصول على السرعة اللازمة لأجزاء الجسم كناتج حركي نتيجة لبذل القوة العضلية، كما تؤثر قوة رد الفعل على الأجزاء البعيدة نتيجة لتثبيت العضلات.

وتؤثر القوة الخارجية على أجزاء جسم الإنسان، وتوضح التأثير المتبادل بين جسم الإنسان والبيئة الخارجية المحيطة به.

وتنطبق فكرة الفعل ورد الفعل المضاد على جسم الإنسان داخليا وخارجيا، وتؤثر القوة الخارجية على مراكز ثقل كتلة الجسم، وتغير اتجاه ومقدار السرعة.

ويعتبر وزن الجسم أهم عامل بالنسبة للقوة الخارجية لأنه عبارة عن مقدار تأثير جذب قوة الجاذبية الأرضية لكتلته، $- و = ك . د -$ ويعنى ذلك أن وزن الجسم يعد قوة تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية، والتي تعتبر أكبر قوة خارجية تؤثر على جسم اللاعب.

ويؤدى وزن الجسم وفقا لوضع كتلة الجسم بالنسبة لنقطة الارتكاز إلى مؤثرات مختلفة، فإذا كان الجسم ساكنا وموضع مركز ثقل كتلة الجسم فوق أو أسفل نقطة الارتكاز تكون قوة رد الفعل مساوية لوزن الجسم وينتج رد الفعل الارتكازى الثابت، كما يحدث خلال وضع التعلق على العقلة أو وضع الارتكاز المقاطع على المتوازيين، وكما يؤثر الجسم المتحرك على موضع الارتكاز أو التعلق وينتج من وزن الجسم قوة القصور الذاتى وفى هذه الحالة ينتج رد فعل ارتكازى ديناميكى.

وعندما يوجد مركز ثقل كتلة الجسم بعيدا عن الخط العمودى الذى يمر بموضع الارتكاز، فإن وزن الجسم يعمل على إعادة الجسم إلى الوضع العمودى ويستمر تأثيره إلى أن يصل الجسم إلى الوضع العمودى، وعندئذ يكون تأثير بمثابة إعاقه للحركة وفى هذه الحالة لا يتجه الشد عموما على موضع التعلق ويكون لقوة رد الفعل مركبتين عمودية ومماسية.

وتعتبر قوة الاحتكاك من أهم القوى الخارجية ذات التأثير المباشر على أداء حركات الجمباز. ونحن نفرق فى قوة الاحتكاك بين ثلاثة أنواع من الاحتكاك، الأول احتكاك القبضة، والثانى الاحتكاك الانزلاقى، والثالث الاحتكاك المتدحرج، وفى حركة المرجحة على العقلة يكون الاحتكاك الانزلاقى بين سطح اليد وعارضة العقلة

أكبر ما يكون فى حين أن احتكاك القبضة يؤثر بالدرجة الأولى على الحلق، وفى الدرجة الأمامية على الأرض يكون الاحتكاك المتدحرج واقع على وضع التلامس للجسم ونقطة الارتكاز .

كما تعتبر قوة مقاومة الجهاز للاعب مقاومة خارجية تعمل ضد المقاومة الداخلية الناتجة عن قوة عضلاته، كما تعمل تلك المقاومة على مساعدة اللاعب خصوصا إذا ما كان الجهاز مرناً وجيد الارتداد وخاصة فى مرحلة التعليم، ويعتبر جهازى المتوازيين والعقلة أهم تلك الأجهزة فى عملية التعليم، نظرا لتوافر صفة الارتداد والمرونة .

*** التأثير المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية فى بعض المهارات الأساسية فى الجهاز .**

١ - حركات المرجحات :

يظهر التأثير المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية بصورة واضحة خلال أداء المهارات الأساسية على أجهزة الجمباز فى الدائرة الكبرى على سبيل المثال لكى تتم حركة الدوران قريبة من المحور الثابت (العقلة) فى حالة أساسية متماثلة، يتطلب ذلك رفع الجسم إلى وضع ابتدائى مرتفع ضد تأثير الجاذبية الأرضية بواسطة العضلات، وعلى ذلك تبدأ المرجحة من وضع مرتفع إلى وضع منخفض، ونلاحظ هنا بعد كبير بين مركز ثقل كتلة الجسم ومحور الدوران حتى يمكن الحصول على عزم كبير لقوة الجاذبية الأرضية وتعمل العضلات للاحتفاظ بالوضع المناسب للجسم، ويحدث فقد فى مقدار الطاقة بسبب وجود الاحتكاك الانزلاقى بين اليدين وعارضة العقلة والذى يزيد فى الارتفاع إلى أعلى، وقد لا يستطيع اللاعب العودة إلى الوضع الابتدائى عند عدم الاستفادة من المرجحة (تقل طاقة الحركة بسبب عمل الطاقة الحرارية).

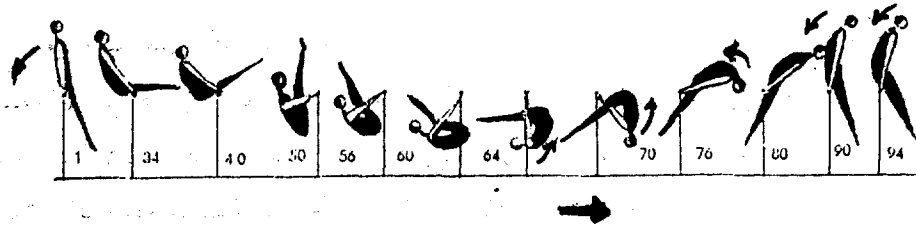
وبواسطة القوة العضلية يمكن تقريب أجزاء الجسم إلى محور الدوران (عارضة العقلة)، ويقل بذلك عزم القصور الذاتى للجسم وتزداد سرعته الزاوية، ومع المد فى الوضع النهائى المرتفع يمكن إيجاد حالة مناسبة للدورة التالية ويمكن الحصول على مقدار طاقة مناسبة أو زيادتها مرة أخرى .

ويوضح الشكل (١٠٤) مثالا آخر لإمكانية استخدام التأثير المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية خلال أداء الصعود بالكب الخلفى حيث تشير الصور المتتابعة شكل

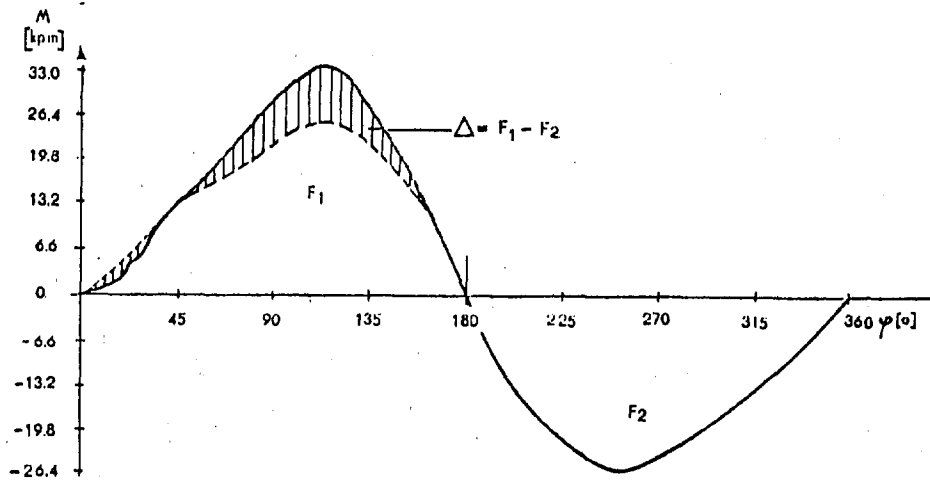
(١٠٤ - أ) أن اللاعب يبدأ الصعود بالكعب الخلفى من الارتكاز الموازى الخلفى حيث يدور حول عارضة العقلة لإتمام الصعود بالكعب الخلفى كما موضح فى الصور من (١) إلى (٩٤)، ولكى يتم ذلك بسهولة لابد أن يكون مجموع عزوم كل القوى الممثلة فى المساحة. متعادلة بقدر الإمكان شكل (١٠٤ - ب) ويكون مقدار الفرق فى القوة الناتجة من نقص فى طاقة الحركة والناتج عن الاحتكاك أقل ما يمكن.

كما يجب أن يكون الفرق أكبر ما يمكن بقدر الإمكان عند زيادة السرعة الزاوية. ويلاحظ أن أكبر مقدار لمرونة عارضة العقلة يكون عقب المرور على قاع المرجحة عند الصورة (٦٤)، حيث يصل تقوس عارضة العقلة إلى أقصى حد نتيجة لقوة الطرد المركزية، القوة الإضافية للعضلات المادة لمفصلى الفخذين، والتي يتم الاعتماد عليها وعلى رد الفعل الاهتزازى لحركة الرفع لأعلى للوصول للوضع النهائى المطلوب لتحقيق الواجب الحركى شكل (١٠٤ - ج).

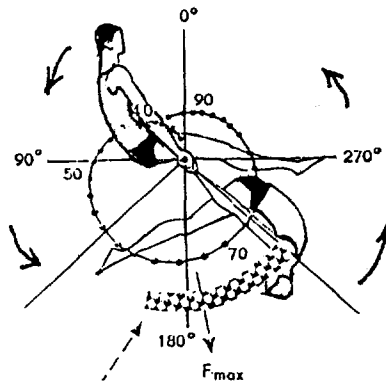
وتعتبر الحركة البندولية أساسا لأداء حركات المرجحة على أجهزة العقلة، المتوازيين، الحلق المتأرجح، العارضتين المختلفتا الارتفاع، وهى عبارة عن حركة اهتزاز الجسم للأمام والخلف فى شكل قوس أو العكس حول محور ثابت بطريقة متتابة تشبه حركة بندول الساعة، وتزداد الطاقة الحركية للحركة البندولية مع انتقال الجسم بالارتباط بمحور الدوران، ونتيجة لاشراك مقدار معين من القوة العضلية فى لحظة معينة واتجاه محدد خلال أداء الحركة البندولية يمكن إتمام الحركات الدورانية للجسم حول المحور الوهمى الأفقى المار بمركز ثقل كتلة الجسم وأيضا إتمام الدورة الكبرى على أجهزة العقلة، الحلق المتوازيين سواء كان اتجاه الحركة للأمام أو للخلف.



(أ) الصور المتتابة



(ب) منحنى عزوم القوى المؤثر على مركز ثقل كتلة جسم اللاعب والانتقال الزاوي خلال أداء الصعود بالكب الخلفي على جهاز العقلة



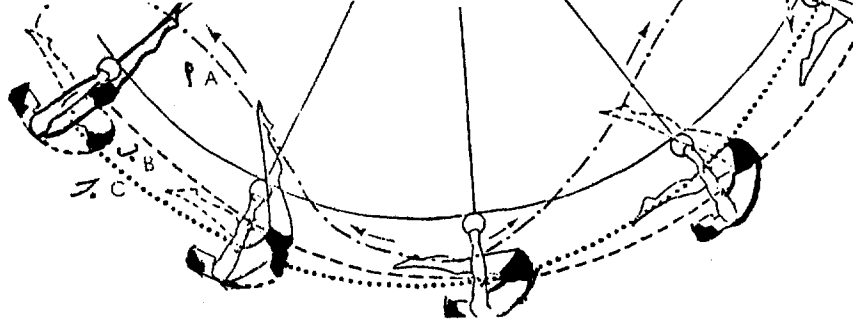
(ج) مسار ثقل كتلة الجسم خلال أداء الصعود بالكب

شكل (١٠٤) التأثير المتبادل للقوى الداخلية والخارجية خلال الصعود بالكب الخلفي على العقلة

ويتحتم على اللاعب زيادة طاقة الحركة البندولية حتى يتمكن من أداء حركة الدوران عن طريق أبعاد مركز ثقل كتلة الجسم عن محور الدوران خلال المرحلة التمهيدية لأداء الحركة، عن طريق تقريب مركز ثقل كتلة الجسم من محور الدوران خلال المرحلة النشطة في الجزء الرئيسي لأداء الحركة لإقلال التأثير السالب لقوة الجاذبية على البندول.

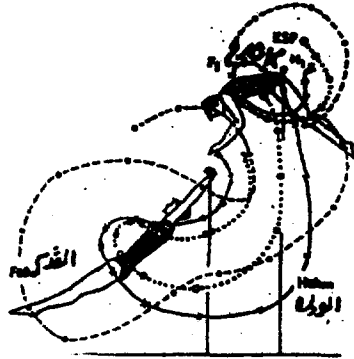
ويوضح شكل (١٠٥) أهمية تقريب وأبعاد مركز ثقل كتلة الجسم عن محور الدوران وبذل القوة العضلية بمقدار محدد وفي لحظة معينة وفي اتجاه محدد لزيادة الحركة البندولية على جهاز الحلق المتحرك وأيضا عمل قوة الجاذبية الأرضية. وفي بعض حركات الجمباز يكون هناك اعتبار لخفض الطاقة الحركية البندولية

حتى يمكن متابعتها بالحركة التالية لها.



شكل (١٠٥) عمل قوة الجاذبية في الحركة البندولية، (أ) مسار القدمين لأعلى (ب) مسار م/ث/ج من اليمين إلى اليسار، (ج) مسار م/ث/ج من اليسار إلى اليمين

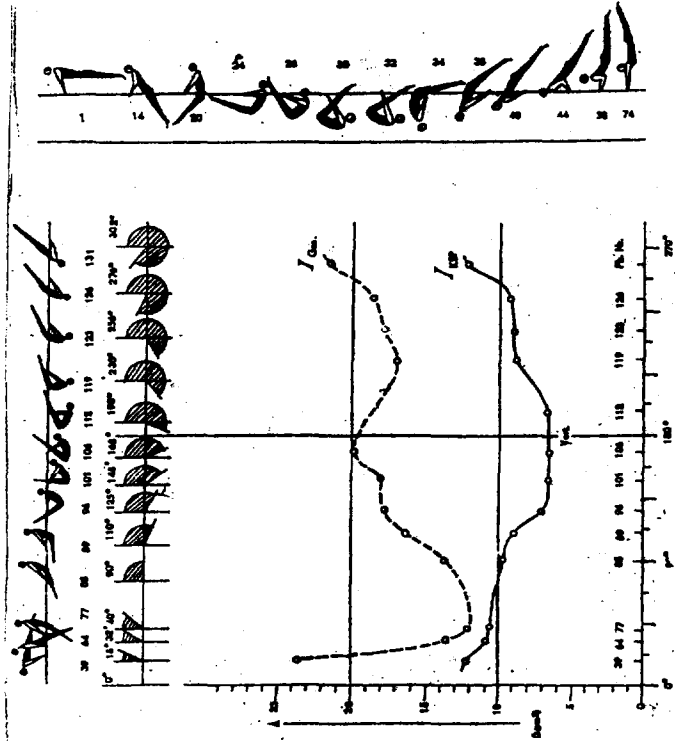
وفي بعض حركات الجمباز يكون هناك اعتبارا لخفض الطاقة الحركية للحركة البندولية حتى يمكن متابعتها بالحركة التالية لها، ويوضح الشكل (١٠٦) مثل هذه الحالة التي تقترب فيها أجزاء الجسم في نهاية المرحلة بمكان القبضة والتي يتم فيها بدء المرحلة لأعلى بإبعاد مركز ثقل كتلة الجسم عن محور الدوران بفعل العمل العضلي، ويلاحظ في الشكل (١٠٦) مسار المقعدة (الورك) والقدمين ومقارنتهما بمسار م/ث/ج^(١) والمقاومة التي يمكن التغلب عليها بالعمل العضلي لتغيير الحركة البندولية.



شكل (١٠٦) دائرة المقعدة على العارضة العليا متبوعة بالصعود بالكب الداخلي على العارضة المنخفضة للبنات (١) م/ث/ج = مركز ثقل كتلة الجسم.

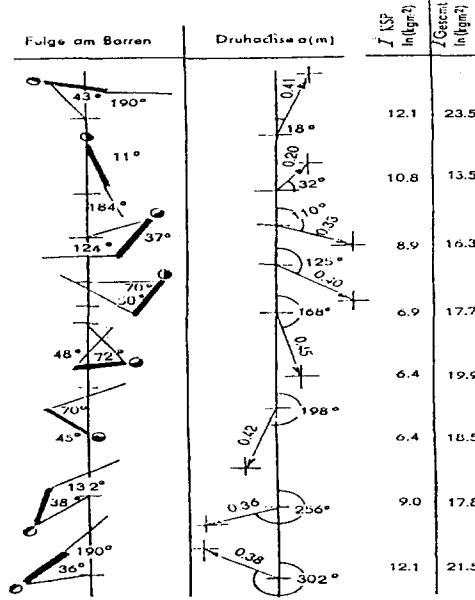
وغالباً ما يلجأ لاعب الجمباز لحل الواجب الحركى خلال أداء مهارات الجمباز إلى تقريب م/ث/ج من البعد الكبير الذى كان عليه إلى مكان القبضة مع الحركة الدورانية للجسم فى النهاية مع دوران م/ث/ج فى نفس الوقت حول مكان القبضة والابتعاد ثانية مباشرة، كما يحدث فى الدورة الهوائية الخلفية أسفل عارضتى المتوازيين.

حيث تتم هذه المهارة عن طريق نقل أجزاء الجسم بعيداً عن الجهاز بتناسب أحدهما مع الآخر حتى يمكن أن تؤدي الحركة الانتقالية إلى أعلى بالنسبة لمركز ثقل كتلة الجسم، ويتتج شكل دائرى تتجدد معه الحركة الانتقالية إلى أعلى بالنسبة لمركز ثقل كتلة الجسم، مرة أخرى إلى أعلى، أو أثناء الحركة الانتقالية لأسفل يجب أن يكون عزم القصور الذاتى للجسم أكبر ما يمكن حتى يمكن إعاقة متابعة دوران الجسم، ثم يقل عزم القصور الذاتى للجسم حتى يمكن الاعداد للدوران، ومع اقلال عزم القصور الذاتى للجسم يتم دورانه بذاته حول محور القبضة، ويوضح الشكل (١٠٧) النظام الكلى لعزم القصور الذاتى ومتغيراته خلال أداء المهارة محور الحديث.



شكل (١٠٧) النظام الكلى لعزم القصور الذاتى ومتغيراته خلال أداء المهارة محور الدراسة

كما يوضح الشكل (١٠٨) تغيير مقادير كل من عزم القصور الذاتي لمركز ثقل كتلة الجسم ويرمز له بالرمز (I)، عزم القصور الذاتي للجسم الكلي ويرمز له بالرمز (J) خلال المسار الحركي لأداء المهارة محور الحديث بياناً.



شكل (١٠٨) تغيير مقادير كل من عزم القصور الذاتي لمركز ثقل كتلة الجسم (I) عزم القصور الذاتي للجسم الكلي (J) خلال المسار الحركي لأداء المهارة محور الحديث بياناً

ومن أوضاع الجسم المختلفة وعدد الصور المتتالية ومسار الزوايا الخاصة بمركز ثقل كتلة الجسم (م. ث. ج) ومنحنى القصور الذاتي الكلي للجسم يمكن استنتاج مايلي:

(١) أكبر مقدار لتغير عزم القصور الذاتي الكلي ينتج عن تغير أبعاد (م. ث. ج) عن مكان القبضة.

(٢) تغيير أوضاع الجسم بعضها عن بعض والنتائج من الثني والمد لكل من مفصلي الفخذين والكتفين له أثر قليل نسبياً على عزم القصور الذاتي الكلي، انظر المسار بين الصورتين (٨٩، ١١٩).

(٣) خلال خفض الجسم من الصورة (٣٩) إلى الصورة (٨٩) يقل عزم القصور الذاتي للجسم نسبياً ولذلك يكون دوران الجسم نفسه قليل وعلى ذلك تكون قيمة

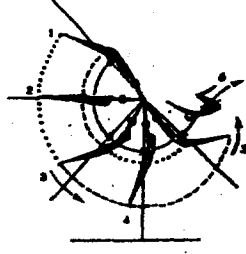
القصور الذاتى الكلى قليلة من الصورة (٦٤) إلى الصورة (٨٥) ويسجل مركز ثقل كتلة الجسم مقدار كبير نسبيا للمسار الزاوى.

ومن الصورة (٩٦) إلى الصورة (١١٩) تكون النسبة عكسية حيث يدور الجسم سريعا حول م. ث. ج - عزم القصور الذاتى صغير - حتى يصل عزم القصور الذاتى الكلى قيمة عالية ويقل المسار الزاوى لمركز ثقل كتلة الجسم حول مكان القبضة نسبيا. وفى الحالات المذكورة يمكن الاستفادة من الخاصية الاهتزازية للجهاز كأفضل ما يمكن.

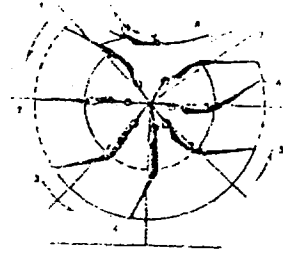
وعند بدء الفقرة الخاصة بتزايد طاقة الحركة يمكن التحدث عن حركة الدوران وكذلك الحركة البندولية، ومن جانب آخر يمكن أيضا مع المسار الطبيعى لطاقة الحركة لمركز ثقل كتلة الجسم تقسيم طاقة الحركة بين أجزاء الجسم المتحركة بمساعدة القوة العضلية وقوة رد الفعل للجهاز، وهذه التجزئة تحدث بواسطة العمل العضلى الإيجابى، وينتج عنها حركة زائدة للجسم أولا فى مفاصل الفخذين والكتفين. ويساعد ما يسمى بالحركة التموجية والحركة الكراباجية غالبا فى الاعداد الصعب والأكبر تأثيرا لإنهاء الحركة (الخروج) وأداء الحركات المضادة والعكسية أثناء المرجحات البندولية كنهايات.

وبفرض إنتاج أعلى سرعة للمسار لأغلب أجزاء الجسم المدارية فى إحدى مهارات المرجحات فى الجمباز، نجد أن الأجزاء الأخرى تنقص حركتها العادية وتكتسب الأجزاء البعيدة قيمة أكبر من عزم القصور الذاتى بسبب البعد عن مكان القبضة ويمكن بذلك أن تكون لطاقة الحركة الناتجة فعالية علم أجزاء أخرى من الجسم نتيجة التثبيت الذى تقوم به العضلات وعلى هذا النحو يمكن للاعب إيجاد مقدارا كبيرا من عزم الدوران فى إنهاء الحركة (الخروج من الجهاز) شكل (١٠٩) أو انتقال دفع دوران جديد من التعجيل الكبير للرجلين إلى الجذع شكل (١١٠) والذى يمكن فيه القيام بحركة دورانية خلفية من حركة دورانية أمامية.

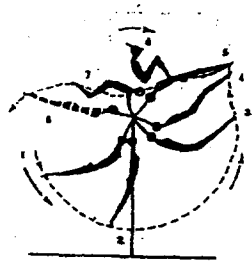
ويجب ملاحظة فى الأشكال علاقة م. ث. ج بالمسار الزاوى التغير لأجزاء الجسم فى نفس الوحدات الزمنية.



شكل (١٠٩) الدورة الامامية العظمى متبوعة بدورة هوائية خلفية منكورة كنهاية على جهاز العقلة



شكل (١١٠) الدائرة الخلفية العظمى المتبوعة بالقفزة الطائرة كنهاية على جهاز العقلة
وبواسطة تقسيم الطاقة - المرتبطة بصفة خاصة بمرونة مفصلي الكتفين الجيدة -
يمكن أداء أصعب المهارات النادر أدائها حتى الآن مثل الحركات الدائرة المتضادة والتي
يوضحها شكل (١١١).

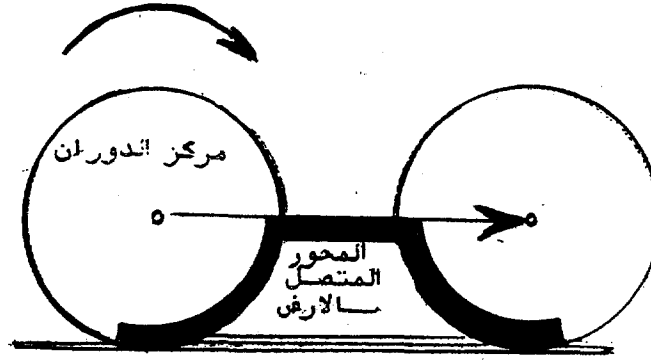


شكل (١١١) الدائرة الامامية العظمى متبوعة بالدورة الهوائية الاساسية المتكورة للتعليق

٢ - حركات الدرجات :

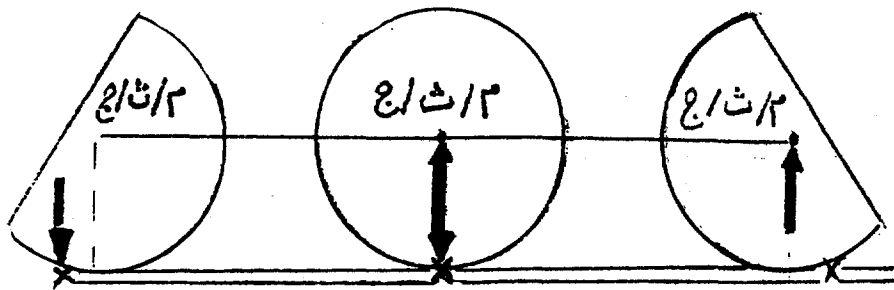
إن الشرط الأساسي لتدريج أى جسم هو تحذب محيطه ، وبدون هذا التحذب
لا يمكن لأى جسم أن يتدرج بصورة صحيحة . ويمكن مشاهدة الحركة الميكانيكية

لمجموعة الدحرجات في حياتنا العملية كندحرج عجلات السيارة، أو الدحرجة... الخ.
ويكمن الأساس الميكانيكي للدحرجة في انتقال مركز ثقل الجسم إلى الأمام أو الخلف، ويكون محور الدوران متحركاً وغير ثابت ومتصلاً بالأرض في شكل (١١٢).



شكل (١١٢) نقاط اتصال المحور المتحرك بالأرض وانتقال مركز الدوران

ونظراً لتركيبة جسم الإنسان كسلسلة كينماتيكية تمكنه من تغيير شكل الجسم فإنه يستطيع أن يحدب ظهره أو صدره بما يشبه الكرة وبذلك يمكنه الدحرجة إلى الأمام أو إلى الخلف على الظهر أو الصدر، ويلاحظ أن تحدب جسم الإنسان لا يشبه محيط الكرة (العجلة) تماماً. لذلك فإن جسم الإنسان عند تدحرجه على الأرض يختلف عن الكرة حيث تستعمل الأخيرة كل محيطها في تدريجها، أي أن جميع نقاط المحية تتمثل بالأرض أثناء الدحرجة، بينما يستعمل الإنسان جزءاً أو مقطوعاً من محيط كما في شكل (١١٣).



شكل (١١٣) الدحرجة على جزء من محيط الكرة

يلاحظ فى الصورة (١) من الشكل (١١٣) أن م/ث/ج يقع أمام محور الدوران، وهذا ما يسبب دحرجة الجسم إلى الأمام نتيجة لكون م/ث/ج فى اتجاه الجاذبية الأرضية حيث يزداد عزم الدوران والطاقة الحركة موجبة، ويقل كل من العزم والطاقة، حول المحور لوقوع مركز ثقل كتلة الجسم خلف محور الدوران، والذى يكون تدحرجه عكس الجاذبية الأرضية ويكون سالباً (-) عند الصورة (٣). ولضمان استمرارية الحركة يجب أن تقصر من قطر دائرة الجسم وذلك عن طريق ثنى وضم جميع أجزاء الجسم حول مركز الدوران لزيادة دورانية.

الخصائص الفنية للشقلبات والدورات الهوائية:

الشقلبات والدورات الهوائية هى عبارة عن حركات يدور فيها الجسم حول المحور العرضى أو السهمى ١٨٠ درجة أو أكثر، وتظهر فيها مرحلة الطيران ويمكن أداؤها بالارتقاء المنفرد، أو الارتقاء المزدوج، وتؤدي أيضا للأمام أو للخلف أو الجانب. وتعتبر حركات الشقلبات والدورات الهوائية نواتج لدفع القوى الناتجة عن الارتكاز باليدين أو القدمين أو كليهما معا، كما أنها خليط من الحركات الانتقالية أو الدورانية.

ويؤدي هذا النوع من حركات الجمباز من وضع الوقوف أو من اقتراب ففى الحالة الأولى يتطلب أداء الحركة مقدرة حركية عالية من اللاعب إلى جانب توافر القوة المميزة بالسرعة والمرونة والتوافق بصورة تمكن اللاعب من أداء الحركة من وضع الثبات. أما فى الحالة الثانية عندما تؤدي الحركة من الاقتراب تصبح الفرصة أمام اللاعب للحصول على أنسب نقطة للارتقاء مع اكتسابه أكبر مقدار للسرعة الأفقية المناسبة للحركة التى سيؤديها اللاعب والتى يتم تحويلها خلال الارتقاء إلى ارتفاع يسهل انجاز الواجب الحركى المراد انجازه.

ومن أهم المهام عند تطوير مهارة فنية الأداء فى حركات الشقلبات والدورات الهوائية أن تضع فى الاعتبار إمكانية زيادة وضمان الهبوط الراسخ. وتتطلب المرحلة الأخيرة أن تكون جميع مراحل الأداء الحركى للاعب الجمباز الناشئ أثناء الاقتراب متناسب بدرجة محددة لمجموعة من الخصائص والسمات، ففى الاقتراب على سبيل

المثال فإن اللاعب يجب أن يرتفع بالسرعة إلى درجة المثالية كما يجب أن يتسم الدفع بدرجة من القوة المناسبة وبزاوية مناسبة لأداء الحركة، واستناداً على معادلت هذه الخصائص فإن نجاح اللاعب خلال تحليقه في الهواء - مرحلة الطيران - يتوقف على قدرته على تحقيق النقاط التالية بدقة وجمال.

أ - اكتساب الدفع والدوران عند الارتقاء.

ب - التحكم في الدوران في الهواء.

ج - التحكم في حركته عند الهبوط.

وتشير نتائج الدراسات والبحوث إلى أن اللاعب عندما يترك الأرض يفقد الاتصال ويصبح مقذوفاً، ويتحدد مسار طيرانه بالسرعة وارتفاع م/ث/ج وزاوية انطلاقه لحظة أخذ الارتقاء.

لذا فإن أى محاولة لتحسين أدائه يجب أن تكون عن طريق زيادة كميته الدفع والسرعة، كما أن الطريقة الوحيدة التي تمكن اللاعب من التحكم في دوران جسمه خلال مرحلة الطيران هي استغلاله لعزم القصور الذاتي حيث يمكنه زيادة سرعة الزاوية عن طريق تقريب كتل أجزاء الجسم المختلفة من محور الدوران والعكس صحيح - بقاء كمية الحركة الزاوية.

٣ - حركات القفزات :

بالرغم من تعدد مجموعات القفزات على حصان القفز، إلا أنه توجد بينها العديد من المكونات الأولية المشتركة، ومضمون هذه المكونات المتشابهة من حيث أساليب أدائها تعتبر الأساس الرئيسى لأسس فنية الأداء للقفزات الارتكازية، ولتسهيل عملية دراسة هذه الأسس، فقد اتفق على تقسيمها إجرائياً إلى المراحل التالية :

أ - مرحلة الاقتراب.

ب - مرحلة الهبوط على السلم.

ج - لحظة الدفع بالقدمين.

د - مرحلة الطيران الأول.

هـ - مرحلة الدفع باليدين.

و - مرحلة الطيران الثانى .

ز - مرحلة الهبوط على الأرض .

أ - الاقتراب The Approach :

أوضح كل من أوكران Ukran (١٩٦٧م)، وكريغنبوم Krechenbaum (١٩٧٤م)، وبوخمان Buchman (١٩٧٦م)، وبورمان Bourmann (١٩٧٨م)، وهوخموث Hochmuth (١٩٧٨م)، تولماتشوف . Tuilmatchyev (١٩٧٥م) عادل (١٩٨٥م)؛ أنه مع تزايد سرعة الاقتراب يزداد ناتج قوة دفع القدمين - الناتج الحركى للقوة - من سلم القفز وكذلك ناتج قوة دفع اليدين للحصان، وبالتالي تتأثر عملية الاستمرار فى مرحلة الطيران بعد الدفع باليدين، وفى نفس الوقت فإن زمن الدفع بالقدمين أو باليدين يقل، وبناءً على ذلك فإن هذه الخصائص تؤثر فى نوعية أداء اللاعب .

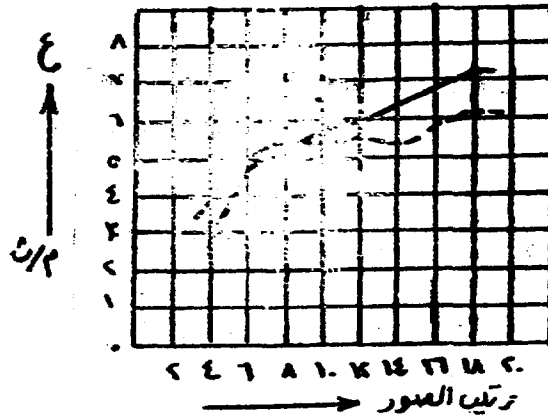
لذلك فإن الاقتراب السريع من أهم العوامل المؤثرة فى أداء القفزات على الحصان بكفاءة عالية .

تصل سرعة لاعبى الجمباز ذوى المستويات العالية إلى سرعة تتراوح ما بين (٦,٧م/ث - ٨,٢م/ث) وهذه ليست السرعة القصوى ولكنها السرعة الأنسب للاقتراب، وقد أوضح سيميوتف (١٩٧٥م) أن سرعة الاقتراب من مسافة تتراوح ما بين (١٨م - ٢٢م) بدون الحصان للاعبى الجمباز الممتازين تتراوح ما بين (٦,٨م/ث - ٩,٠٠م/ث). كما تتحسن سرعة اقتراب اللاعب المثالية تبعاً لتحسن وتطور المستوى المهارى له .

ويوضح الشكل (١١٤) التغير فى سرعة الاقتراب أثناء أداء القفزة الطائرة من الطرف الأمامى (عنق الحصان) للاعبى الجمباز ذوى المستوى الدولى ولاعبى الدرجة الأولى، علماً بأن درجة الأداء تنحصر ما بين (٤,٨ درجة - ٤,٩ درجة)، كما يوضح الشكل (١١٤) السرعة الانتقالية للاعب أثناء الاقتراب فى خط مستقيم تزايد بشكل متناسق، وتصل إلى أقصاها قبل القفز على سلم القفز لأخذ الارتقاء .

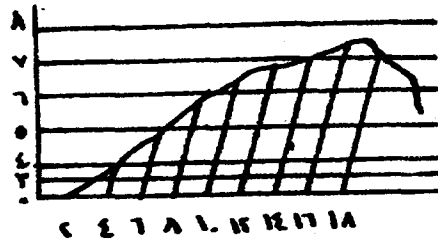
إن تزايد سرعة اقتراب المبتدئين ذوى المستوى المنخفض تختلف فى تناسق تزايدها حيث تكون بالاندفاع مع الحجل ، وهذا التغير الحاد فى السرعة أثناء الاقتراب يؤثر بصورة سيئة على خصائص ومواصفات أداء الدفع بالقدمين وذلك لأن الشروط الأساسية الواجب توافرها لأداء الدفع تكون قد اختلفت من حيث تزايد السرعة وزمن الطيران قبل الاصطدام بسلم القفز ، وزمن الإيقاف عند الدفع .

ولتجنب مثل هذه الأخطار من الضرورى البدء بالاقتراب من نقطة بدء ثابتة فى كل مرة يؤدي فيها اللاعب الاقتراب بحيث لا تتغير أبداً وذلك خلال إعداد اللاعب ، مع مراعاة أنه ربما تتغير هذه المسافة عندما يتحسن مستوى الأداء .



شكل (١١٤)

منحنى التغير فى سرعة الاقتراب أثناء القفزة الطائرة على حصان القفز للاعبى الجمارك الدوليين



شكل (١١٥)

منحنى تزايد السرعة والإزاحة الأفقية لجسم اللاعب أثناء الاقتراب لأخذ الارتقاء على سلم القفز

يجب أن يتم تحسين سرعة الاقتراب بالتدريج فالبدء الحاد المفاجيء فى الجرى يجعل حركة اللاعب فى الجرى متعرجة .

ويلاحظ أن أكثر لاعبي الجمباز ذوى المستوى العالى العالمى يؤدون خطوات الجرى على أطراف القدم وتوضع القدم والتي تليها بصورة متوازية فى اتجاه الجرى كما فى شكل (١١٦) .

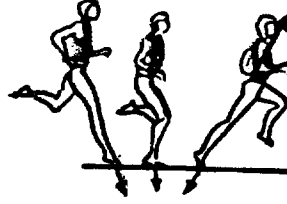
ويستغرق وضع مشط القدم على الجزء الأمامى من سلم القفز فترة زمنية أقل من تلك التى يضع فيها اللاعب مشطى القدمين والكعبين وبالتالي يكون الناتج الحركى أكبر .

ويرى كولوتوف - ف. أ. Kolotove F.A. (١٩٧٥م) أن الجرى على المشطين يسمح للاعب بسرعة تنمية القدرة على التسارع فى الاقتراب، ويمكن فى هذه الحالة استخدام بعض الوسائل التى تقى مشط القدم - مثل سليبر مبطن - .

وأثناء الجرى فإن الرجل تتحرك وتوضع بسرعة لأسفل وللخلف قريباً من خط مركز ثقل كتلة الجسم - مركز الثقل - ونتيجة لذلك يقل تأثير زمن الإيقاف أثناء الارتكاز وبالتالي يقل زمن الخطوة ويراعى فى لحظة الارتكاز الأمامى بالقدم عدم ثنى مفصلى الركبة بدرجة كبيرة لتجنب الحمل الزائد على العضلات العاملة، فى حين تمتد الرجل فى مرحلة الارتكاز الخلفى فى لحظة ارتفاع فخذ الرجل الحرة بزاوية تتراوح ما بين (٥٥° - ٦٥°) حيث يتم دفع الرجل عندئذٍ وهى ممتدة امتداداً كاملاً ومفصل القدم فى أقصى انثناء كما فى شكل (١١٦) .



شكل (١١٦) وضع القدم أثناء خطوات الاقتراب



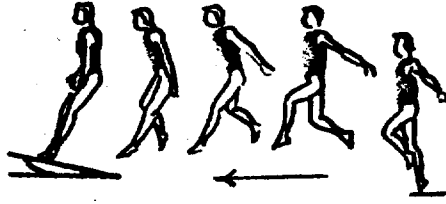
شكل (١١٧) مرحلتى الارتكاز الأمامى والخلفى أثناء خطوة الجرى خلال الاقتراب

تتم حركة الذراعين والرجلين أثناء الاقتراب فى شكل مختلف - الذراع اليمنى مع الرجل اليسرى - وهذه الحركة من الذراعين والرجلين إذا تمت بشكل صحيح تساعد اللاعب على الاحتفاظ بتوازنه الديناميكى والجرى فى خط مستقيم، ويجب التركيز على أهمية تقنين خطوات الاقتراب ويقصد بذلك تحديد عدد خطوات الاقتراب وكذلك طول الخطوة حيث يعتبر ذلك أساساً فى دقة الاقتراب، وتنحصر عادة عدد خطوات الاقتراب ما بين (١١-١٣ خطوة). (١٢ : ٨١-٨٦).

ب - الهبوط على سلم القفز Hurdle phase :

يتم الهبوط على سلم القفز فى لحظة اكتساب أكبر سرعة انتقالية، ويؤثر انخفاض السرعة الانتقالية قبل الهبوط على سلم القفز تأثيراً سلبياً على الناتج الحركى للأداء، كما يشير ذلك إلى أن الاقتراب غير صحيح. ويحدث ذلك فى الحالات التى تكون فيها مسافة اقتراب اللاعب غير ثابتة بل متغيرة بين حين وآخر أو عندما تبدو لدى اللاعب مظاهر ردود فعل مضادة عنيفة ويتم الهبوط من الدفع بالرجل الأقوى وطولها تقريباً (٣, ٢م, ٨, ٢م) وفى لحظة الهبوط يميل اللاعب للأمام ما بين (٥°-٢٦°) وتتابع الرجلين هذا الميل، وأثناء ذلك فإن القدم الدافعة تكون مثنية من مفصلى الفخذ والركبة وتجذب لتلاصق الرجل الحرة، وتمدد الرجلان للأمام وذلك لتأمين حركة الإيقاف على السلم كما فى الشكل (١١٨).

ويراعى أن الارتفاع الملحوظ للهبوط يقلل كل من السرعة الانتقالية ومنحنى طيران الجسم خلال مرحلة الطيران، كما أن الهبوط المنخفض جداً لا يمكن للاعب من



شكل (١١٨) الهبوط على سلم القفز

السيطرة والتحكم في حركاته، لذلك فإنه عند تغيير سرعة الاقتراب من الضروري تكرار مسار الهبوط على السلم باستمرار.

وتتراوح زاوية الهبوط على السلم - الزاوية المحصورة بين اتجاه مركز ثقل كتلة الجسم والمار بنقطة الارتكاز مع الخط الأفقى - للاعبين المستويات العالية ما بين (٩-٦°) وارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم عند الهبوط على السلم تتراوح ما بين (٢٥سم-٣٥سم) (١٢ : ٨٦ ، ٨٧).

ج - الدفع بالقدمين Take - off

اتفق كل من بونش Ponch (١٩٦٠م) (٢٤:٦٣)، بوخمان (١٩٦٩م) (٥١:٢٩)، كارل، كوخ Karl, Koch (١٩٧٦م) (١٦:٥٥)، فضيلة سري (١٩٧٧م)، ليلي زهران وآخرون (١٩٨٥م) على أن الارتقاء يعتبر الجزء الهام للقفز ككل وهو يبدأ بسقوط المشطين على سلم القفز، ويؤدي أفضل لاعبي الجمباز الارتقاء بوضع القدمين على مكان الدفع بتركيز شديد لذا فهم يثبتون أرجلهم من مفاصل الفخذين والركبتين مع امتداد الأمشاط أو مفصلي القدمين في نهاية الوثب على سلم القفز.

في حين أن اللاعبين المبتدئين فهم ينظرون لعملية الهبوط على سلم القفز بصورة سليمة، وعند التركيز في وضع القدمين للاستفادة منهما في الدفع فإن العضلات تنقبض عند بداية الهبوط تم تنبسط هذه العضلات بعد عملية الثنى في مرحلة الإيقاف (الارتكاز الأمامي) الخاصة بالدفع، ونلاحظ في هذه الحالة أن العضلة المنقبضة تصل إلى أعلى معدل لها، كما يقل كثيراً زمن الدفع حيث يصل إلى ما بين (٩, ٠ ث - ١٢, ٠ ث) عندما يكون التركيز على مكان وضع القدمين أما بدون التركيز فإنه يصل إلى ما بين (١٥, ٠ ث - ١٨, ٠ ث)، ويوضح الشكل (١١٩) قوة دفع القدمين في اتجاه

$(A : YY)$

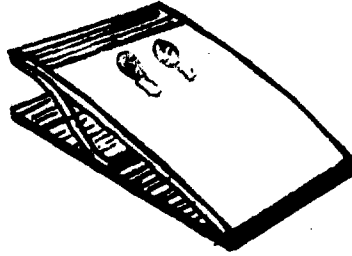
(۲۰) جہاں اس کی تکیہ ہو وہیں ہے۔

[illegible]

ذلك بعد ان مضى الضبط.

[illegible]

أفضل الظروف لإطالة العضلات القابضة لمفصلي القدم وكذا الأصابع، ويقل زمن الدفع عند الارتكاز على الجزء الأمامي من القدمين حيث يصبح ما بين (٠,٢ - ٠,٣ من الثانية) وفي لحظة الدفع يجب أن يوزع الاستناد بدرجة متساوية على كل أطراف رؤوس عظام مشط القدم وخاصة عند نقطة الدفع يكون موزعاً بدرجة واحدة على كل مساحة مشط القدم شكل (١١٩).



شكل (١١٩) توزيع الاستناد على مشطى القدمين لحظة الدفع

وتشير نتائج بحوث يونس (١٩٦٠م)، بوخمان (١٩٦٩م)، بينى وباركر Payne & Barker (١٩٧٦م) وعادل (١٩٨٤م). أن مثل هذا الوضع بالنسبة للقدم يسمح بزيادة محصلات القوى بدرجة كبيرة لحظة الدفع وأفضل تلك الحالة التي قد تدور فيها القدمين للخارج ويكون وضع القدمين على نقطة الدفع في شكل مستقيماً تقريباً - تتراوح زاويتي انثناء مفصلي القدمين تقريباً ما بين (١٦٠° - ١٦٥°) - بمعنى أن اللاعب لا يثنى مفصلي الركبتين عند لحظة الدفع بدرجة كبيرة وينتج عن ذلك حدوث رد فعل مضاد هو الدفع، ويجب على اللاعب أن يشعر تماماً بأن ثني الركبتين في مرحلة الفرملة (الإيقاف) تعادل من (١٥° - ٢٠°). وتتوقف فعالية الدفع بالقدمين أيضاً على عملية مرجحة الذراعين، فالمرجحة الصحيحة للذراعين مع دفع الكتفين لأعلى تساعد بدرجة كبيرة على ارتفاع طيران جسم اللاعب وأبحاث كل من داتشكوف (١٩٧٥) وموجميتدوف أوضحت العلاقة الوظيفية المتبادلة بين العضلات العاملة، وأن التوافق السليم في عمل المجموعات العضلية العاملة يساعد على إنتاج القوى المطلوبة.

ويشير أوفوتومسكى Ovutumcki (١٩٧٥) إلى أن هذه الظاهرة التي تحدث عن زيادة القوة أو محصلاتها تعتبر أساساً للدفع وبالتالي الأداء الحركي أيضاً، فالدفع لا

يحدث فقط تحت تأثير التأثيرات الميكانيكية ولكن أيضاً باشتراك أو انتقال أثر عمل المجموعات العضلية الأخرى لكل من الجسم والذراعين فأداء المرحجة بالذراعين يعطى إشارة عن المرحلة الأخيرة من الحركة يضاف إليها قوي جديدة تساعد على زيادة الارتفاع فى القفز وكذا المسافة، وتساعد المرحجة الصحيحة للذراعين على زيادة ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم أثناء القفز بنسبة تتراوح ما بين (٢٠٪-٢٥٪) بالنسبة لأقصى ارتفاع يصل إليه مركز ثقل كتلة الجسم، وكثيراً من لاعبي الجمباز يستخدمون أسلوباً موحداً فى مرحجة الذراعين فالاشتراك الفعال لمرحجة الذراعين يكون بتحريكهما من الخلف (خلف الجسم) لأسفل ثم للأمام ولأعلى أما حركة إيقافهما تتم تقريباً عند مستوى الرأس فى لحظة انتهاء الدفع بالقدمين. ومثل هذا الأسلوب فى مرحجة الذراعين له نواحي إيجابية وأخرى سلبية. والخطأ الرئيسى فى ذلك يتلخص فى أنه عند مرحجة الذراعين للأمام ثم لأعلى فإن هذا يقلل من لحظة دوران الجسم للأمام والتي تؤدى بالتالى إلى التأثير على تنفيذ مرحلة الطيران حتى مرحلة الدفع باليدين. ولتجنب اللاعب ذلك فإن بعض لاعبي الجمباز مثل اندو Endo، دجوجيلي Degogely يقومون بأداء حركة الذراعين بأسلوب آخر، وفى اللحظة التى تلامس فيها القدمين سلم القفز يقومان بثنى الذراعين ناحية الكتفين أما الكتفين فيكونان للأمام، وخلال مرحلة الدفع يمدان الذراعين للأمام وتشكل بذلك حركة مشابهة لحركة دفع الكرة الطائرة باليدين عن الجسم وهذه الطريقة تقلل من تأثير حركات الدورانات أثناء الطيران ولكن هذا الأسلوب لا يمكن أن يستفاد منه تماماً فى إمكانية زيادة ارتفاع مسار الطيران بمساعدة المرحجة.

ويستخدم العديد من اللاعبين أسلوباً حديثاً فى مرحجة الذراعين مؤداه أنه عند القفز على سلم القفز يحرك اللاعب ذراعيه للأمام، وفى لحظة ملاسة المشطين لسلم القفز تخفض الذراعان لأسفل وفى المرحلة التالية للدفع بالقدمين تكون مصحوبة بتحريك الذراعين للخلف إلى أقصى مدى ممكن يسمح به إمكانية مفصلي كتفى اللاعب. وباستخدام هذا الأسلوب يمكن للاعب إيجاد أنسب الظروف واللحظات لأداء دورانات أكثر أثناء الدفع.

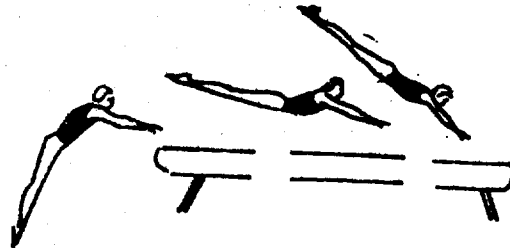
الطيران الأول - الطيران حتى الدفع باليدين - Preflight :

إن زاوية الطيران عقب الدفع بالقدمين عند أفضل لاعبي الجمباز (المستويات العالية) تنحصر بين (°٧٥-°٨٣)، ولا يمكن تغيير مسار مركز ثقل كتلة الجسم خلال مرحلة الطيران وقد تسبب حركات لاعب الجمباز التي يؤديها أثناء طيرانه في تمكينه من تغيير وضع جسمه أو بعض أجزائه فقط - تغيير مركز ثقله نسبياً - (١٢): (٨٩-٩٢).

ويؤدي اللاعب في هذه المرحلة مرجحة تمهيدية بالرجلين للخلف ويتم ذلك عن طريق مد مفصلي الفخذين ويستمر ذلك حتى وضع الامتداد للدوران خلال منحني الطيران المرتفع كما في شكل (١٢٠).

وينتهي أداء المرجحة التمهيدية بالقدمين حتى الارتكاز باليدين والذي يساعد في زيادة سرعة حركة الرجلين لأعلى وبذلك تتاح الظروف لأداء عملية الانثناء الحاد والمفاجيء في مفصلي الفخذين لحظة الدفع باليدين - يطلق على هذه الحركة نظر الجذع - وهي ضرورية لزيادة كمية الضغط الواقع على مسطح الارتكاز (الاستناد) ولإيقاف سرعة حركة الرجلين حيث يؤثر ذلك بشكل واضح على مدى فعالية حركة الدفع باليدين التالية لذلك مباشرة، وتبدأ هذه المرجحة التمهيدية للقدمين خلفاً عقب الدفع بالقدمين مباشرة.

ومن أهم ما يمكن أن يشعر به اللاعب خلال فترة تحليقه في الهواء أثناء طيرانه (فترة كمون) دوران الجسم للأمام وذلك بتقوس الظهر قليلاً.



شكل (١٢٠) شكل الجسم خلال مرحلة الطيران على حصان القفز

والدفع يجب أن يتم بشكل مقابل لحركة الجسم بمعنى أنه يبدأ من اللاعب ذاته وينتهى إلى أن يقوم بالدفع من الكتفين وامتداد الذراعين وانشاء مفصلى الرسغين ويجب مزج الدفعة بحركة النظر للجسم وانتقال الحوض لأعلى كما فى شكل (١٢١) حيث يتيح ذلك للاعب فرصة زيادة حركة الضغط على نقطة الارتكاز ويكون أكثر فعالية للدفع من الجهاز.

وعدم استخدام حركة نظر الجسم فى الدفع باليدين تؤثر بصورة سلبية على كل من ارتفاع طيران الجسم بعد إيقاف حركة الرجلين الخلفية لأعلى ، لأن انخفاض سرعة حركة الرجلين يؤدي إلى انتقال الحركة إلى بقية أجزاء الجسم مما يسهل إزاحة الجذع (تحركه) لأعلى ، ويتم إيقاف حركة الرجلين عن طريق انشاء مفصلى الفخذين واستدارة الظهر .

ويجب خلال أداء القفزات أن يكون الدفع باليدين سريعاً وقصيراً - الفترة الزمنية من (١٦ ، ٠ - ٢٥ ، ٠ من الثانية) مع ملاحظة أن هناك حركة اضطرارية للانشاء البسيط فى اليدين - بعد وضعهما مباشرة على مكان الدفع - وهى عادة لا يشعر بها اللاعب .

كما يلاحظ أن الدفع باليدين يجب أن ينتهى فى اللحظة التى يصبح فيها الكتفين أو خطهما قاطعاً للمحور الرأسى وماراً من خلال مسطح الارتكاز ، ويكون مستوى توزيع مركز ثقل كتلة الجسم فى هذه الحالة أعلى ما يمكن كما فى شكل (١٢٢) .



شكل (١٢٢) لحظة الدفع باليدين



شكل (١٢١) الدفع باليدين على حصان القفز

أى من ٤ - ٥, ٤ كجم لكل كيلوجرام من وزن جسم اللاعب - وذلك بالنسبة للاعبى المستوى العالمى .

ويجب أن توضع كفى اليدين على مكان الدفع متوازيتين كما فى شكل (١٢١) حيث يؤدى إلى ما يأتى :

١- وقوع المحور العرضى لمفصلى المرفقين على السطح الأمامى الخلفى مما يسهل إشراك العضلات المقربة لمفصلى الكتفين فى العمل والتي تؤثر على مد مفصلى المرفقين عند انقباضها .

٢- امتطاط العضلات بصورة متساوية مما يؤدى إلى اثناء مفصلى رسغى اليدين وعندئذ تتم عملية الإيقاف لحظة اصطدام اليدين يظهر الحصان بصورة أكبر قبل الدفع .

٣- إن وضع اليدين بالكيفية السابقة يكون أكثر فعالية للانتقال من مرحلة الإيقاف إلى مرحلة الدفع ، ويقع اللاعبون فى خطأ كبير عندما يضعون اليدين لأداء الدفع بحيث تكون إصبعاً الإبهام وباقي الأصابع للخارج كما فى شكل (١٢١) ، وكما يشير كورنبرج ف. ب. Comperg. F.B. أنه فى هذه الحالة لا يمكن أن يتم الدفع تماماً حيث أن كل الارتكاز فى هذه الحالة يقع على الأصبعين الكبيرين وبطبيعة الحال فإن هذان الأصبعان لا يمكن أن يتحملا العبء الكبير خلال الدفع بالإضافة إلى عدم استخدام إمكانية قوة الرسغ والأصابع لتقوية الدفع كما أنه من المحتمل حدوث إصابات فى الرسغ وتمزقات إذا ما وضعت الأصابع بهذه الكيفية السابقة إلى جانب الإقلال بالتوازن ، فأحياناً ما تنزلق إحدى الكفين من فوق الحصان .

الركبتين ثم مفصلي الفخذين، وفي القفزات الصعبة التي تتطلب زيادة في الارتفاع والدوران يتم حركة الامتصاص لحظة اتصال القدمين بالمرتبة عن طريق ثني مفصلي القدمين ثم الركبتين ثم الفخذين بدرجة أكثر.

يجب أن تكون القدمين أبعد من الجسم عن الحصان عند الاتصال بالأرض لأن ذلك سوف - يسمح للجسم للدوران خلال تباطؤ السرعة لوضع يحافظ على اتزانه.

إن الهبوط الراسخ على الأرض يمكن اللاعب من الحصول على تقدير مرتفع عند تقييم القفزة لذا فإن التركيز في التدريب على إتقان اللاعب لعملية الهبوط على الأرض عن طريق الوثب من فوق ظهر الحصان أو أى مستوى مرتفع لا يساعد اللاعب فقط ولكنه مهم جداً لتمكينه من الاحساس بالقدر المناسب لثني مفاصل كل من القدمين، الركبتين والفخذين.

ولا يتحقق الهبوط الراسخ إلا عندما يؤدي الطيران الثانى بنجاح تام يعطى للجسم فرصة لأخذ الوضع المناسب للهبوط على الأرض.

كما تلعب الذراعان دوراً هاماً فى عملية الهبوط إذا ما تم مرجحتها جانباً بقوة عند مد مفصلي الركبتين حيث تساعد على التحكم فى أى كمية حركة دوران زائدة قد تحدث. (١٢ : ٩٤-٩٦).

٤ - حركات القوة :

تمثل مجموعة حركات القوة ركناً هاماً وأساسياً بالنسبة للاعبى الجمباز، ويتطلب العمل فى حركات القوة حتمية تغلب اللاعب على مقاومة خارجية أو التحكم فى أوضاع جسمه مع ملاحظة أداء الحركات ببطء لاشتراك العضلات الكبيرة فى العمل لإنجاز الواجب الحركى. ويؤدى البطء إلى الاقتصاد فى الطاقة المبذولة، ويلاحظ أنه خلال أداء حركات القوة وقوع العبء على الذراعين وحزم الكتف، وفى حالة تثبيت الجسم فى وضع عمودى أو فى وضع أفقى يتطلب ذلك حتمية مقاومة العضلات لعزم الدوران الناجم بفعل قوة الجاذبية الأرضية، وفى حالة الثبات فى وضع التعلق التصالى شكل (١٢٣) ينشأ عزم دوران قوته تساوى قوة وزن الجسم $\times$ المسافة الأفقية بين مركز ثقل كتلة الجسم ونقطة الارتكاز مما يجعل العضلات تقوم بعمل إضافى

ويراعى عند الدفع لأداء قفزات الشقلبات على اليدين أن يكون ترك الارتكاز فى وقت واحد وفى لحظة الدفع وعدم سقوط الرأس على الصدر (ثنى العنق لأسفل).

الطيران الثانى : Flight

يحدد الطيران الثانى عقب الدفع باليدين نوعية القفزة وتبعاً لنوعية هذه المرحلة يتحدد تقدير القفزة ككل .

فى المستويات العالية عند أداء القفزات المستقيمة ترتفع اليدين عقب الدفع للخلف ولأعلى - وليس للأمام - ، وعند أداء قفزات بالدوران للأمام فإن الذراعين فى البداية تحتفظان بوضعهما فى لحظة انتهاء الدفع ويتم بعد ذلك تحريكهما أو تدويرهما للخارج - ويحتفظ اللاعب بثبوت وضع الجسم المحدد لشكل القفزة سواء كانت مستقيمة أو دورتين . . . الخ .

وعند أداء القفزات مع اللف حول المحور الطولى للجسم أثناء مرحلة الطيران فإن اللف يتم ما بين (١٨٠° - ٣٦٠°) ولا ننصح باللف أكثر من (٣٦٠°) من وضع الارتكاز باليدين لأن هذا سوف يؤثر سلباً على فعالية الدفع باليدين ودقة الهبوط .

ويجب أن يبدأ اللف مباشرة بعد انتهاء الدفع باليدين بالتعاقب ومد الجسم ومفصلى الفخذين .

ويصل ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم خلال مرحلة الطيران الثانى عند أفضل لاعبى الجمباز إلى ارتفاع ينحصر ما بين (٥, ٢م - ٨, ٢م) عن مستوى الأرض، وزمن الطيران بعد الدفع وحتى لحظة الهبوط على الأرض يتراوح ما بين (٧٥, ٠ ث - ٩٤, ٠ ث) .

الهبوط : The Landing

يعتبر الهبوط عادة كعلامة مضيئة لنجاح القفزة . ولا شىء يؤثر على المشاهد أكثر من الهبوط الذى يظهر كالوتد على الأرض، عند نقطة الاتصال .

ويحاول اللاعب فى مرحلة الطيران الثانى مد جسمه بالتدرج نحو الأرض للإعداد للهبوط، ولامتصاص كمية حركة القفزة ويجب أن يتم امتصاص كمية حركة القفزة فى لحظة اتصال القدمين بالمرتبة عن طريق ثنى مفصلى القدمين أولاً ثم مفصلى

وتكمن فائدة تمايز هذه القيمة في أن كل من قيمة القوة النسبية للاعب من حيث المقطع الطولى في فترة زمنية مناسبة، وكذلك قياسات عدد كبير من اللاعبين كمجموعة تدريبية يمكن مقارنة أحدهما بالآخر - وعلى سبيل المثال يمكن للاعب الجمباز أداء الارتكاز التصالبي على الحلق، عندما تكون القوة النسبية التي يحصل عليها من (الوقوف الذراعين جانباً) خفض الذراعين أسفل كما في الجدول (٦).

جدول (٦) قوة الذراعين من وضع الوقوف الذراعين جانبا لازريان وشاخلين (عن زاسيورسكى)

الاسم	القوة القصوى لضم الذراعين من الوقوف الذراعين جانبا	وزن اللاعب	قوة الوزن الزائد	القوة النسبية
أزريان	٨٩	٧٤	١٥ +	١,٢٢
شاخلين	٦٩,٢	٧٠	٠,٨ -	٠,٩٨

ويلاحظ أن أزريان (بطل العالم لمدة أربع سنوات على جهاز الحلق) يؤدي في أحد الجمل الحركية من خمس إلى ست ارتكازات تصالبية منها اثنتان من التعلق للارتكاز التصالبي، أما شاخلين الفائز بالمركز الثاني في أولمبياد (١٩٦٠م) بعد أزريان على جهاز الحلق لا يستطيع أداء هذه الحركات إلا مرة واحدة أو مرتين فقط، ومرد ذلك إلى أن أزريان يتمتع بقوة نسبية أكبر من شاخلين.

٢ - السباحة Swimming :

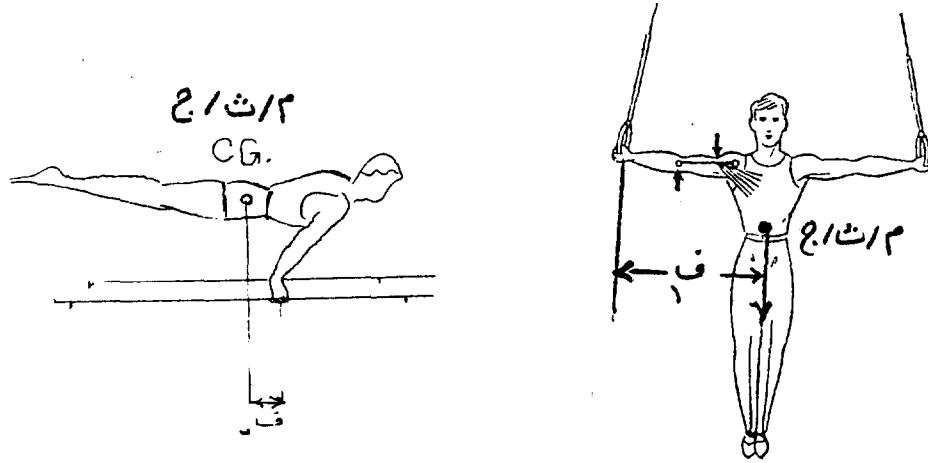
إذا تأملنا الجسم البشري نجد أنه مكون من مواد مختلفة الكثافة أكبر من كثافة الماء مثل الهيكل العظمي والعضلات، ومواد أخرى كثافتها أقل من كثافة الماء وهي أقل من الأولى مثل الدهن.

بالإضافة إلى تجويف الصدر وهو يحتوى على الرئتين الممتلئتين بالهواء وبالطبع كثافة هذا الهواء أقل بكثير جدا من كثافة الماء ونستطيع أن نقول إن للجسم كثافة خاصة تسمى الكثافة النسبية.

ويطفو جسم الإنسان في الماء اعتمادا على قوة الدفع المائي من أسفل إلى أعلى بالإضافة إلى الكثافة النسبية للجسم.

لمقاومة هذا العزم والمحافظة على التوازن. وبما أن وزن جسم اللاعب ثابت، إذن تتوقف صعوبة الوضع على طول المسافة الأفقية بين مركز ثقل الجسم ونقطة الارتكاز أو التعلق فكلما زادت المسافة الأفقية زاد العمل العضلي وذلك لزيادة المطلوب مقاومته.

ويتضح في شكل (١٢٣) أن المسافة الأفقية (ف_١) في التعلق التصالبي على الحلق أكبر من المسافة الأفقية (ف_٢) في الارتكاز الأفقي على جهاز المتوازيين، ولذلك نجد أن الوضع في الحالة الأولى أصعب من الوضع في الحالة الثانية.



شكل (١٢٣) العلاقة بين القوة الداخلية والخارجية في الأوضاع الثابتة

وتلعب العلاقة بين القوة ووزن الجسم دوراً هاماً في أداء حركات القوة لأنه من المحتمل على اللاعب تحريك جسمه على الأجهزة ويتطلب ذلك أن تكون القوة المبذولة أثناء الأداء متناسب مع وزن الجسم والتي يطلق عليها اصطلاح القوة النسبية، ويمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية:

$$\frac{\text{القوة القصوى}}{\text{وزن الجسم}} = \text{القوة النسبية}$$

وبعض الأفراد لديهم القدرة على الطفو وأرجلهم تحت الصدر مباشرة فى الوضع العمودى ، وهذا يعنى أنه عند اتخاذ الوضع الأفقى الثابت للطفو تهبط الرجلان ونتيجة لذلك تتولد كمية حركة بسبب العجلة الحادثة من شدة الجاذبية الأرضية للرجلين ، وكمية الحركة هذه تعمل على جذب السباح لأسفل سطح الماء حتى ولو سمحت خاصية الطفو باتخاذ زاوية فوق العمودية وقوة الدفع يمكنها سند الجسم ولكنها ليست كبيرة بالدرجة التى تتغلب بها على كمية الحركة المتولدة من سقوط الرجلين .

ونلاحظ أن رفع الرأس لأعلى باستمرار يسبب خفض القدمين لأسفل فى الماء حيث يكون وضع الجسم الأفقى رافعة من النوع الأول محور ارتكازها مركز الطفو وهى تشبه حركة الأرجوحة فعندما يرتفع أحد طرفيها ينخفض الطرف الآخر .

القوى المحركة فى السباحة :

يتحرك الجسم فى الماء بواسطة حركات الشد والدفع بالذراعين وأيضا حركات الرجلين والجسم يتحرك فى اتجاه عكس القوة المبذولة فالحركة للخلف تحرك الجسم للأمام والحركة تدفع الجسم لأسفل والحركة لأسفل ترفع الجسم لأعلى وأيضا فإن الحركة للجهة التى تحرك الجسم للناحية اليسرى والعكس وهذا الوضع تطبيق لقانون نيوتن للحركة وهو أن لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه . وكلما نقصت المقاومة الواقعة على الجسم فى اتجاه حركته أدى ذلك لزيادة سرعته ، وأيضا فإن المقاومة الواقعة على الجسم تزداد بزيادة مربع السرعة .

لذلك نلاحظ أن الحركات التى تؤدى وتعمل القوة فيها فى نفس اتجاه حركة السباح تكون بمثابة عامل من عوامل الإعانة لتقدمه وإذا أدت هذه الحركات ببطء تؤدى إلى انخفاض المقاومة ، والقوة التى تعمل على تقدم السباح يجب أن تؤدى بقوة وبسرعة ، فحركات اليدين والقدمين الإيجابية هى المسئولة عن حركة الجسم ذلك لأن هذه الأجزاء نهايات روافع الطرفين العلوى والسفلى ولكى يمكننا الاستفادة من قدرتهما يجب أن تؤخذ الزوايا المناسبة لأداء أقصى دفع ضد الماء ولهذا يجب أن يكون وضع اليدين قابلا للتغيير خلال حركة الذراعين حتى تتمكن راحة اليد من شد ودفع الماء للخلف مباشرة وباستمرار .

وفى العادة فإن الجسم البشرى يطفو بسبب خاصية جاذبيته أى الوزن بالنسبة للوحدة الحجمية التى تعد أقل من خاصية جاذبية الماء .

$$\text{خاصية الجاذبية} = \frac{\text{وزن الجسم}}{\text{وزن كمية معادلة من الماء}}$$

ونحن نلاحظ أن الاجسام التى تكون بها نسبة عالية من العظام والعضلات تقل فيها خاصية الطفو بعكس الاجسام التى يدخل فى تركيبها نسبة عالية من الدهن، ولذلك تطفو البنات والسيدات عموما أفضل من الرجال .

وحيث أن جسم الإنسان غير منتظم الشكل متجانس المادة، كما أوضحنا ذلك فإننا نستطيع أن نحصل على خاصية جاذبية عن طريق غمره فى الماء وعن طريق وزن الماء المزاح نستطيع تحديد وزنه وتسمى كمية الماء المزاحة بكمية الماء المفقودة .

وبسبب احتواء منطقة الصدر على الرئتين تصبح خفيفة جدا إذا ما قورنت بحجمها ولذلك تعتبر منطقة معرضة للدفع المائى أكثر من أى منطقة أخرى فى الجسم ويدور جسم الإنسان فى الهواء حول محور يمر بمركز ثقله أما فى الماء فسوف يدور حول مركز الطفو Center of Bouyance والذى يوجد فى منطقة الصدر فوق مركز ثقل الجسم (مركز الثقل العام للجسم) .

وعند تطبيق نظرية الروافع فى الجسم البشرى يتضح أنه كلما بعد مركز الثقل عن محور الارتكاز «مركز الطفو» ، Center of Buoyance كلما زاد تأثيره كنتيجة لزيادة طول ذراع المقاومة ومن هنا يبدأ الجسم فى الدوران حول مركز الطفو ويفقد توازنه فى الماء ولذلك وبناء على هذه النتيجة تهبط الرجلان إلى أسفل .

ويمكن أن يزداد الطفو والاتزان بزيادة حجم الجسم، دون زيادة وزنه وارتفاع مركز الثقل حتى يقترب من مركز الطفو (محور الارتكاز) وبالتالي تقصير ذراع المقاومة . وحالة من حالات الطفو ينطبق فيها مركز الثقل ومركز الطفو على بعضهما وذلك فى طفو القنديل .

وحيث أن مركز ثقل الجسم فى معظم الأفراد يقع أسفل مركز الطفو مما يتسبب عنه حدوث قوة عزم تسبب الدوران فإن وضع الطفو للغالبية العظمى يصبح فيما بين الوضع الأفقى والوضع العمودى .

١ - وضع الاستعداد : وفى هذا الوضع يكون خط الثقل واقعة عموديا على مركز القاعدة التى تتكون من القدمين والمسافة المحصورة بينهما فهذه المسافة ليست محدودة ولكنها تتناسب مع اتساع الحوض بالإضافة إلى ثنى الركبتين لخفض مركز الثقل حتى يستطيع السباح عمل الدفع للأمام .

٢ - الانطلاق : للانطلاق عاملين أساسيين هما :

أ - زاوية الانطلاق .

ب - سرعة الانطلاق .

أولاً: زاوية الانطلاق :

وتتناسب هذه الزاوية مع الغرض المراد تحقيقه هل انطلاق للأمام أو لأعلى عموماً فإن أفضل زاوية للانطلاق ٤٠ درجة تقريباً وذلك ليستطيع السباح قطع مسافة كبيرة للأمام فيجب ملاحظة أن الجاذبية الأرضية تعمل دائماً على سحب السباح لأسفل، وحيث أن الجزء العلوى للجسد يكون فى أقصى درجات الميل الأمامى فسوف تعمل الجاذبية على شده مع ملاحظة أن القدمين مازالت مرتكزة على مكعبات البدء ولذلك تنتج كمية حركة دورانية .

للجزء العلوى من جسم السباح ولذلك يجب أن يتغلب السباح على هذا الوضع حتى لايسقط بزاوية أقرب ما تكون للقائمة مما يؤدي إلى فقدته للمسافة الأمامية وذلك عن طريق سرعة الانطلاق .

ثانياً: سرعة الانطلاق :

وهى السرعة التى ينطلق بها السباح تاركاً مكعبات البدء فى أقصر زمن ممكن لاكتساب مسافة أمامية وللتغلب على الوضع السابق الناتج من القصور الذاتى لجسم السباح والذى يكون فى وضع اتزان قلق .

وعليه كانت كمية الدفع التى يجب أن ينطلق بها عمودية خلف مركز الثقل الجسم على الخط الواصل بينه وبين نقطة الارتكاز والتى يمكن تحديدها عن طريق محصلة المركبة الرأسية الناتجة عن دفع الرجلين لأسفل على نقطة البدء وكذلك المركبة الأفقية

ولقد أوضح الباحث «كريتون» أن وضع القدمين يجب أن يكون بحيث تتمكن من دفع الماء للخلف فى حركته لأسفل ولأعلى وعند الدفع باليدين والقدمين يكون ذراع المقاومة هو كل الطرف بالنسبة لمحور الكتف أو الفخذ.

بالإضافة إلى أن الجزء النهائى من القدم بعد رافعة قصيرة فى حالة عمل مفصل القدم وبسبب إمكانية وضع اليدين فى شكل يسمح بدفعهما للخلف بطريقة مباشرة مما يؤدى إلى رفع الجسم باليدين أكثر من القدمين.

وعند تحليل «كربوفتش» للقوى الدافعة للجسم فى سباحة الزحف وجد أن السباحين الممتازين يحصلون على ٧٠٪ من حركتهم بواسطة الذراعين، ٣٠٪ بواسطة الرجلين. كما أن السباحين ذوى المستوى المنخفض يحصلون على ٧٧٪ من حركتهم للأمام بواسطة حركات الذراعين.

والسباحة بصورة عامة وعن طريق حركات الذراعين والرجلين هى عبارة عن تحريك الجسم فى حالة السكون فإن ذلك بالطبع يتطلب بذل قوة كبيرة لاستمرار حركة تقدم الجسم به بسبب القصور الذاتى ولذلك يجب أن تؤدى الضربات المختلفة التى تعمل على تقدم الجسم سواء كانت الذراعين أو الرجلين أن تعمل بتوقيت سليم. ولذلك يجب أن نعرف أن أداء ضربات الذراعين باستمرار دون وجود فترة بين كل ذراع والآخر لن تساعد السباح للحصول على الاسترخاء المطلوب من كل حركة وأخرى «أى من الشد والاسترخاء».

ذلك أن لكل حركة من حركات الذراعين مسافة أمامية فلو استغل السباح لحظة انتهاء هذه المسافة وقام بعمل الحركة الأخرى بالذراع الآخر لاستطاع أن يكتسب مسافة بالإضافة إلى القدرة على الاسترخاء الذى يجعل السباح قادرا على مواصلة السباحة.

ميكانيكا البدء :

والبدء يقصد به انتقال الجسم فى حالة الثبات إلى حالة الحركة على أن يكون انتقال الجسم لأكبر مسافة ممكنة للأمام فى أقصر زمن ممكن.

والبدء يشمل الأقسام الآتية :

مرر التمرير إليه . وحركة التمرير لا تقتصر على حركة الجسم واليدين للاعب فقط بل تشمل أيضاً على حركة الكرة فى الهواء ما عدا فى بعض الأحوال النادرة التى يسلم فيها لاعب الوسط أو الارتكاز الكرة يدأ بيد أو فى حالة دحرجة الكرة على الأرض . وتتولد قوة الدفع التى تحدد سرعة المرمى لحظة ترك الكرة لليد أو اليدين نتيجة لحركة اليدين أو اليد الواحدة خلال تمرير الكرة . وطيران الكرة باعتبارها مقذوفاً تخضع لقانون المقذوفات وتحكم فى حركتها العوامل الثلاثة التالية :

١ - سرعة الكرة لحظة الانطلاق Velocity at Release

٢ - ارتفاع الكرة لحظة الانطلاق Hieght at Release

٣ - مقاومة الهواء Air Resistance

١ - سرعة الكرة لحظة الانطلاق Volcity at Release

وهى السرعة التى تترك بها الكرة يد أو يدي اللاعب ، وتحدد بمعرفة سرعة الكرة قبل بداية حركة التمرير وكذلك بواسطة القوى التى ستؤثر عليها أثناء حركة المرمى ، وأيضاً مسافة التسارع ويستطيع اللاعب أن يتحكم فى مقدار القوى العضلية اللازمة لاكتساب الكرة سرعة الانطلاق التى يريدونها وكذلك اتجاهها .

ونظراً إلى أن نجاح التمرير يتوقف بدرجة كبيرة على مدى اتمامها قبل أن يتدخل الخصم لإعاقتها أو قطعها ، فإنه من الضرورى أن تعمل العضلات التى يتم استخدامها بسرعة أولية خاصة . ولذلك فإن قوى العضلات التى تستخدم فى ثنى الأصابع وثنى الرسغ ومد الساعد هى القوى التى تبدأ باستخدامها . أما فى حالة عدم كفاية هذه القوى فى إنجاز الحركة المطلوبة (كما يحدث أحياناً فى حالة التمريرة الطويلة Fast break) فهنا فقط تستخدم قوى الجذع والرجلين والتى يتاح استخدامها بصورة أقل من القوى السابق .

ولا شك أن نجاح التمريرة يتوقف على درجة التوقع الحركى الناجح بين سرعة الكرة واتجاهها والمسافة التى ستقطعها وبين سرعة حركة المستلم واتجاهه والمكان الذى سيستلم فيه الكرة . ولذلك فإن الكرة يجب أن ترمى إلى مكان يتقدم اللاعب المستلم بمسافة كافية تسمح ليديه وللكرة أن تصلا إلى نفس الموقع فى نفس الوقت .

الناجمة عن ميل الجسم للأمام ومرجحة الذراعين والمرحلة النهائية لعملية الدفع والتي يتم فيها الدفع بمشطى القدمين وللخلف .

ولمرجحة الذراعين للأمام أهمية فى إنتاج كمية حركة ذات مركبة أفقية للأمام والتي تنتقل إلى الجسم لحظة توقف هذه المرجحة .

٣ - الانطلاق :

أقل الأوضاع مقاومة للهواء هو الوضع الأفقى نتيجة لصغر المساحة التى تكون معرضة لمقاومة الهواء وعليه يراعى عدم حدوث انثناءات فى الجسم وزواياه .

٤ - الدخول إلى الماء :

يجب أن يكون الجسم مستقيماً ومتناسكاً فى مستوى أفقى تقريباً بزاوية من ١٠° إلى ٢٠° عند دخول الماء حتى تكون مقاومة الماء للجسم قليلة أثناء الاصطدام بالماء لحظة الدخول وذلك ناتج من أن السطح المعرض من الجسم للاصطدام سوف يكون صغيراً . والذراعين فى لحظة الدخول إلى الماء تقود الجسم ولذلك يجب عدم تحريكهما حتى لا يجد السباح نفسه فى اتجاه غير مرغوب فيه .

٣ - كرة السلة Basket Ball :

يمكن تقسيم مهارات كرة السلة إلى مجموعات متشابهة من حيث خصائصها الشكلية إلى ما يلى :

Passing	١ - التمرير .
Dribbling	٢ - المحاورة .
Shooting	٣ - التصويب .
Footwork	٤ - حركات الرجلين .
Jumping	٥ - الوثب .

١ - مهارات التمرير : Passing Skills

يهدف اللاعب فى مهارات التمرير إلى توصيل الكرة إلى زميله أى أن الهدف منها إكمال انتقال أو إزاحة الكرة من يد اللاعب أو يديه إلى يدى زميل له فى فريقه سبق أن

ويلاحظ في أثناء بذل القوى لاستقبال الكرة تتعرض يد اللاعب المستلم لضغط معين، لذا يصبح من الأفضل استقبال الكرة باليدين معاً مما يؤدي إلى إقلال قوة صدمة الكرة لليدين حيث توزع قوة الصدمة على مساحة أكبر.

الخصائص الفنية للتمرير : Passing Technique

يوجد طريقتين أساسيتين للتقدم بالكرة في ملعب كرة السلة أحدهما المحاورة بالكرة (تنطيط الكرة) والأخرى تمرير الكرة.

ويعتبر التمرير هو الوسيلة الأكثر فعالية وأكثر انتشاراً بين اللاعبين من هذين الطريقتين. وعلى الرغم من وجود أنواع مختلفة للتمريرات التي يمكن استخدامها إلا أن عدداً قليلاً منها هو المستخدم غالباً أثناء المباراة. أما التمريرات الأخرى فإن لها استخدامات خاصة تحددها ظروف خاصة أثناء اللعب.

وفي دراسة آلسن وروفنه Allsen & Ruffner (١٩٦٩م) (٥٨ : ٩٤-١٠٥) عند مدى فعالية وشيوع استخدام الأنواع المختلفة للتمريرات أثناء المباريات اتضح أن التمريرة الصدرية هي الأكثر شيوعاً واستخداماً من كل أنواع التمريرات الأخرى، حيث كانت نسبة استخدام هذه التمرير ٣٨,٦٪ أما تمرير الكرة باليد الواحدة من مستوى الكتف فقد حصلت على ١٨,٩٪ وتلتها تمرير الكرة باليدين من فوق الرأس حيث بلغت نسبتها ١٦,٦٪ وقد حصلت كل من التمريرة الأرضية باليد الواحدة واليدين على ٧,٣٪ ، ٧,٢٪ ، على التوالي. واختلفت نسبة استخدام الأنواع الأخرى المختلفة من التمريرات بين اللاعبين كما اختلفت أيضاً نسبة النجاح في إتمام التمريرات ودرجة الفعالية فيها. وقد أوضحت هذه الدراسة أن التمريرات الأرضية كانت أقل التمريرات نجاحاً حيث فشلت ١٦,٤٪ من التمريرات الأرضية واستطاع الخصم أن يستولى فيها على الكرة. كما تلتها التمريرة باليد الواحدة في درجة الفشل حيث لم تنجح ٩,٣٪ من هذه التمريرات. في حين أن التمريرة العالية باليدين فلم ينجح منها ٧,٧٪ وفشلت نسبة ٦,٥٪ من تمريرة اليدين من فوق الرأس. وكانت أنجح التمريرات هي التمريرة الصدرية باليدين تمريرة Shouel حيث فشلت كل منها بنسبة ٢,٥٪.

٢ - ارتفاع الكرة لحظة الانطلاق Height at Release

يتحدد ارتفاع الكرة الذى تبدأ منه التمريرة على التمريرة نفسها وعلى الخواص الجسمانية للاعب الممرر نفسه .

٣ - مقاومة الهواء Air Resistance

نظراً لكبر حجم كرة السلة فإن مقطع المساحة المقابلة للهواء فى كرة السلة أكبر منها نسبياً لمقطع أى كرة أخرى تستعمل فى المباريات الرياضية، ولكن السرعة التى تتحرك بها كرة السلة فى الهواء تعتبر نسبياً أقل من سرعة أى كرة . ولأن السرعة تعتبر عاملاً أكثر فعالية فى تحديد مقدار مقاومة الهواء، من مساحة مقطع الكرة المقابل للهواء فإن مقاومة الهواء لكرة السلة قليلة نسبياً - إلى درجة يمكن فيها اعتبارها غير ذات أهمية .

عندما يبدأ أحد اللاعبين فى تمرير كرة السلة فإنه فى نفس الوقت يبدأ فى إكسابها حركة الدوران للخلف Back spin وفى أغلب التمريرات فإن هذا الدوران الخلفى للكرة يعمل على تقليل معدل سقوط الكرة تحت تأثير الجاذبية الأرضية - انظر تأثير ماجنوس - وإذا كان الدوران الخلفى للكرة ليس كبيراً لدرجة تجعل استلامها صعباً على اللاعب المستلم، فإن وجود هذا النوع من الدوران يعتبر من الأمور المرغوبة فى التمريرة حيث أنه يجعل الكرة تأخذ مساراً أكثر استقامة . ومن ناحية أخرى فإن اللاعب الممرر يمكنه إكساب الكرة دوراناً جانبياً . هذا الدوران الجانبى سوف يتسبب فى إكساب الكرة انحرافاً جانبياً فى مسارها أثناء الطيران .

ويؤدى الدوران الجانبى للكرة إلى عدم تحديد اللاعب المستلم مكان استلامها وبالتالي يخطئ فى استلامها . لذلك يجب تجنب إكساب الكرة دوراناً جانبياً إلا فى حالة التدريب والتفاهم مع الزميل .

ولكى يستطيع اللاعب المستلم للكرة عقب تمريرها النجاح فى الإمساك بالكرة لابد أن تصل سرعة الكرة للصفر ولكى يحدث ذلك على اللاعب المستلم بذل قوى تؤثر على الكرة فى الاتجاه المضاد لاتجاه حركة الكرة .

أما حركة الأصابع فهي تعمل على إعطاء الكرة دفعا إضافيا يزيد من سرعة انطلاقها، كما أنها تكسبها حركة الدوران المطلوبة وبما أن التمريرة تؤدي غالبا بحيث تصل الكرة إلى المستقبل في المنطقة ما بين الوسط والكتف، فإنه من الضروري أن يتم إطلاق الكرة من الرامي عند زاوية أعلى بقليل من المستوى الأفقى لارتفاع الكتف، حيث يؤخذ في الاعتبار تأثير قوة الجاذبية الأرضية على الكرة أثناء مسارها في الهواء. وقد يتساءل البعض مما يلاحظون توجيهات بعض المدربين أو المدرسين لتلاميذهم من حتمية تمرير الكرة في خط أفقى مواز لسطح الأرض. والجواب عن هذا التساؤل هو أن ذلك أمرا مستحيلا تحقيقه لأن الكرة تقع كلية تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية بمجرد ترك اليد عنها، وكلما طال زمن بقاء الكرة في الهواء كلما زاد تأثير قوة الجاذبية الأرضية خفض مستوى ارتفاع نقطة الاستلام بمعنى كلما قلت سرعة انطلاق الكرة كلما كان استقبالها على ارتفاع أقل.

وبالنسبة للقوى المطلوبة لأداء التمريرات القصيرة التي تتراوح ما بين ٤ - ٥ أمتار فإن العضلات المنشئية للرسغ والأصابع هي التي تقوم أساسا بهذا العمل مع المشاركة البسيطة للعضلات المادية للذراع. أما التمريرات الطويلة فإن العضلات المادية للذراع تشترك بصورة أساسية بجانب عضلات الرجلين والذراع.

التمريرة فوق الرأس Over head pass

تؤدي هذه التمريرة من وضع تكون فيه اليدين ممتدتين تقريبا إلى أعلى والكرة أمام الرأس قليلا ليعبدها عن الخصم الذي قد يحاول الحصول عليها من الخلف، وهذا الوضع يجعل اللاعب الممسك بالكرة أقدر على التحكم فيها وتوجيهها خلال تمريرها إلى الإمام أو إلى الأسفل عنها لو كان وضع الكرة فوق الرأس مباشرة. ويمسك اللاعب الكرة بحيث تكون الأصابع مفتوحة وملتفة حول الكرة ومتجهة إلى أعلى بينما يكون أصبع الإبهام متجهين إلى الداخل. ولزيادة حماية الكرة وإبعادها عن محاولات الخصم للحصول عليها يثنى اللاعب مرفقيه قليلا إلى الخارج.

وتتم حركة الرمي عن طريق حركة ثني سريعة للرسغين والأصابع مصحوبة بخطوة إلى الإمام وثني في مفصلي القدمين يرفع الجسم إلى أعلى للوقوف على

التمريرة الصدرية Chest Pass :

تبين من نتائج دراسة ألسن وروفنه Allsen & Ruffner (١٩٦٩م) أن التمريرة الصدرية ليست فقط الأكثر شيوعاً في الاستخدام بل أيضاً الأكثر فعالية ونجاحاً (١٠٥-٩٤:٥٨).

ولأداء هذه التمريرة يمسك اللاعب الكرة في مستوى الصدر تقريباً باليدين معاً. ويكون أصبعى الإبهامين متجهين إلى بعضهما البعض بينما تكون باقى الأصابع بعيدة عن بعضهما ومنتشرة خلف الكرة بدون تصلب. ويكون المرفقين أمام الصدر في وضع انثناء. ويسحب اللاعب الكرة من هذا الوضع إلى الخلف ولأسفل قليلاً حيث ينثنى الرسغان قليلاً إلى الخلف قبل أن تؤثر بقوته العضلية على الكرة لتسير في الاتجاه المطلوب التمرير إليه. وعملية ثنى رسغى اليدين قليلاً إلى الخلف مع سحب الكرة وثنى المرفقين قليلاً إلى أسفل وإلى الخلف هي حركة رجعية الغرض منها زيادة مد العضلات التى ستقوم بدفع الكرة قبل عملية انقباض هذه العضلات مما يزيد من قوة مرونتها وبالتالي فعاليتها. بالإضافة إلى أن هذا الوضع يتيح لرسغى اليدين واليدين مسافة أكبر تتسارع فيها القوى المؤثرة على الكرة مما يزيد من سرعتها لحظة انطلاقها حيث تتناسب هذه المسافة طردياً مع مربع السرعة وفق المعادلة التالية:

$$ق = (س_٢ - س_١) = \frac{1}{2} ك (ع_٢ - ع_١)$$

حيث ق = قوى العضلات، س_١ = المسافة لحظة بداية الرمي

س_٢ = المسافة لحظة انتهاء الدفع، ك = كتلة الكرة

ع_١ = سرعة الكرة لحظة بداية الرمي، ع_٢ = سرعة الكرة لحظة انتهاء الدفع.

وحيث أن كتلة الكرة ثابتة، فإن مربع السرعة يتناسب طردياً مع زيادة قوة العضلات، ومسافة التسارع (س_٢ - س_١) فإذا كانت قوى العضلات = مقدار ثابتاً فإن مربع السرعة يتناسب طردياً مع زيادة مسافة التسارع. وبما أن هذه المسافة تصل لأقصى قيمة لها عند مد الذراع إلى الأمام إلى أقصى امتداد، وأن هذا الامتداد محدد بطول الذراعين، فإن اللاعب يمكنه أن يزيد من هذه المسافة بأخذ خطوة للأمام أثناء التمريرة. وذلك ما يلجأ إليه اللاعب خاصة إذا كان هدف هذه التمريرة هو توصيل الكرة إلى مسافة كبيرة.

ايضاً اتجاهها وتقع فى يد الدفاع، كما يستخدم الدوران الجانبى فى بعض الحالات الخاصة.

ويجب ملاحظة أن التمريرة المرتدة تستغرق وقتاً أطول لإتمامها ما لم تكن القوة المبذولة من اللاعب الرامى كبيرة بحيث تعوض الفاقد من القوى بسبب قوة الاحتكاك. ولزيادة القوة المبذولة من اللاعب يتطلب الأمر ضرورة اشتراك القدمين والجذع فى عملية التمرير.

التمريرة الجانبية بذراع واحد Baseball Pass :

لضمان أداء هذه الرمية بصورة صحيحة ترفع الكرة فوق وخلف الكتف اليمنى بالنسبة للاعب الايمن - تكون الأصابع مفتوحة ومتجهة لأعلى - وتكون يده اليمنى خلف الكرة بينما تكون اليد اليسرى حامية للكرة. وتكون القدمان متباعدتان بعداً مناسباً ومتجهتان بحيث يمكن أن يمر خط واحد بكعب القدم الخلفية ومشط القدم الأمامية فى اتجاه الرمي المرغوب.

ويمكن هذا الوضع الحوض من الدوران إلى الأمام أثناء الرمي وبالتالي يزيد من قوة رمى الكرة. ويسمح هذا الوضع برمي الكرة بتوافق كامل مع حركة دوران الحوض متبوعة بحركة الكتف الرامى والذراع والرسغ والأصابع.

والجدير بالذكر أن هذه التمريرة غالباً تستخدم لمساعدة الزميل على انجاز اقتحام سريع Bast Break أو تسجيل هدف مباشر.

٣ - مهارات المحاورة Dribbling Skills :

تختلف سرعة وارتفاع حركة المحاورة طبقاً للظروف التى تؤدى فيها، إلا أن التكنيك المتبع فيها جميعاً متشابه.

وتبدأ حركة المحاورة من وضع أحد اليدين على سطح الكرة ومد المرفق مع حركة ثنى فى رسغ اليد والأصابع لدفع الكرة إلى أسفل فى اتجاه سطح الأرض، وعلى أثر ارتداد الكرة إلى أعلى فإن أحد اليدين - غالباً نفس اليد التى دفعت الكرة إلى أسفل - توضع مرة أخرى فوق سطح الكرة لتكرار العملية.

الأمشاط . وهذه الحركات المصاحبة لحركة الرمي تساهم بلا شك فى إنجاح التمريرة وزيادة فاعليتها، حيث أن الخطوة الأمامية تزيد من مسافة التسارع كما سبق القول فى التمريرة الصدرية، بينما تعمل حركة ثنى القدمين على زيادة ارتفاع الكرة حيث يقف اللاعب نتيجة لهذه الحركة على مشطيه، ويؤدى ذلك بالتالى إلى زيادة طاقة الوضع بالنسبة للكرة ويجعل اللاعب أكثر قدرة على توجيه الكرة وزيادة سرعتها.

أما زاوية الرمي فإنها تكون تحت المستوى الأفقى، إلا فى الحالات التى يريد الرامى أن يمررها من فوق أحد أفراد الدفاع.

وهذه الزاوية تحددها مسافة الرامى وسرعة الكرة لحظة الانطلاق . فكلما كانت المسافة طويلة أو السرعة قليلة، كلما كانت الزاوية أقرب إلى المستوى الأفقى . ولما كانت أغلب القوى المؤثرة على الكرة لحظة الرمي ناتجة عن حركة انثناء الرسغين والأصابع، فإنه من الطبيعى أن تكون حركة المتابعة أو المرحلة النهائية لحركة الرمي هنا محدودة .

التمريرة الأرضية - رمية الارتداد : Passe Rolled Along the Floor-Rebound Passe

تستخدم هذه الرمية لتمرير الكرة إلى الزميل من خلال منطقة مزدحمة أو من أسفل لاعب دفاع طويل القامة، وتتشابه تمريرة الارتداد باليدين مع التمريرة الصدرية من حيث فنية أدائها، غير أنها تختلف عنها فى النقطة التى توجه إليها الكرة . فبدلاً من توجيه الكرة إلى يدى أو صدر الزميل، فإنها توجه إلى نقطة على الأرض لترتد وتعود منها إلى الزميل المستقبل .

وأنسب نقطة للارتداد بالنسبة للكرة هى النقطة التى تقع فى ثلثى المسافة بين الرامى والمستقبل .

وتتأثر سرعة ارتداد الكرة وزاوية أو اتجاه ارتداد الكرة بقوة تصادم الكرة بالأرض وزاوية اصطدامها تأثراً كبيراً، فكلما كانت قوة التصادم بالأرض كبيرة، كلما كانت قوة الارتداد كبيرة . ولكن قوة التصادم تؤثر عليها حالة الكرة لحظة التصادم، فإذا كانت الكرة تدور إلى الخارج أى فى اتجاه المستقبل فإن هذا سيزيد من سرعة الكرة عند الارتداد . إما إذا كانت الكرة تدور للداخل فسوف يقلل ذلك من سرعة الكرة ويغير

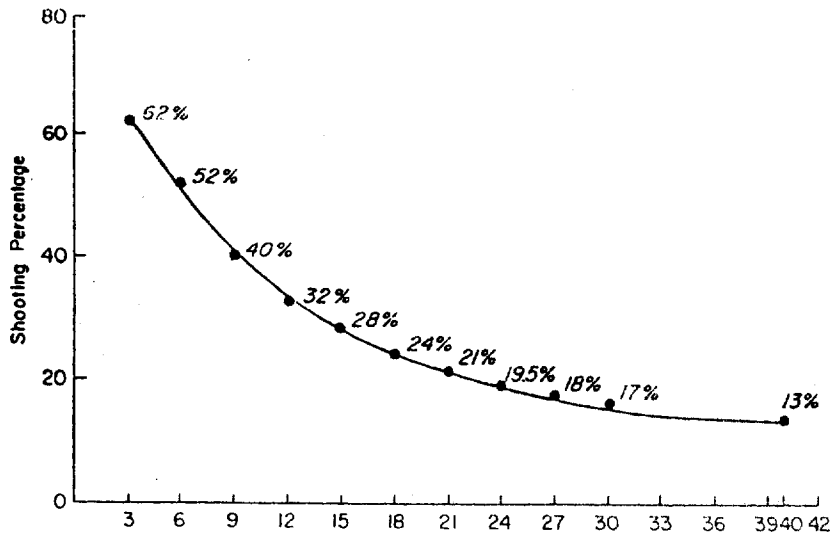
فإذا افترضنا أن ارتفاع التصويبة ثابت، فإن نجاحها يتوقف على مدى الربط بين سرعة التصويب وزاوية الانطلاق ويتوقف هذا على المسافة التي يصوب منها اللاعب وعلى موقف وإمكانية الدفاع وكذلك الزاوية التي تدخل بها الكرة هدف السلة وهذه الزاوية يمكن أن يطلق عليها زاوية الدخول (٦٠ : ٧١)

مسافة التصويب : Distacne of Shot

إن مسافة الرمي لها تأثير مباشر على سرعة الانطلاق المطلوبة، وسرعة الانطلاق ومسافة التصويب لها كذلك علاقة متداخلة مع زاوية الانطلاق - حسب قانون حركة المقذوفات. ويؤكد جون John عام (١٩٦٢م) (٥٢ : ٢٥٦) في دراسته عن العلاقة بين طول مسافة التصويب ودقة التصويب أثناء مباريات كرة السلة على النتائج الهامة الآتية شكل (١٢٣):

- التصويبة من على بعد ٩ أقدام أفضل في المتوسط من تصويتين من على بعد ٢٤ قدماً.

- التصويبة من على بعد ٣ أقدام أفضل في المتوسط من تصويتين من على بعد ١٥ قدماً أو ثلاث تصويبات من على بعد ٢٤ قدماً.



شكل (١٢٤) العلاقة بين مسافة التصويب ودقة التصويب عن (John)

ويلاحظ أن المبتدئ يحاول أن يضرب الكرة بيد صلبة عند محاولة تنطيط الكرة أو لممارسة حركة المحاورة بالكرة. فى حين نجد اللاعب المدرب تكون يده مسترخية وملازمة للكرة لفترة أطول منها لدى اللاعب المبتدئ. ويؤدى قصر ملامسة اللاعب المبتدئ للكرة إلى بذل قوة أكبر لضرب الكرة حتى تصطدم بالأرض وتعود إليه مرة أخرى، بينما اللاعب المدرب لا يبذل قوة كبيرة فى دفع الكرة وذلك لأن زمن ملازمة يده للكرة كبير. ومرد ذلك أن العلاقة الناتجة بين قوة الدفع والتغير فى كمية الحركة

$$ق \cdot \Delta t = ك \cdot ع$$

وتوضح هذه المعادلة أن زيادة زمن الدفع ينتج عنه زيادة سرعة الكرة. فإذا كان زمن الدفع قليلا، فإنه لابد من زيادة القوة العضلية حتى تحصل على نفس السرعة التى حصلنا عليها فى الحالة الأولى. والمقصود هنا بزمن الدفع هو الزمن الذى يبدأ فيه اللاعب دفع الكرة إلى أسفل.

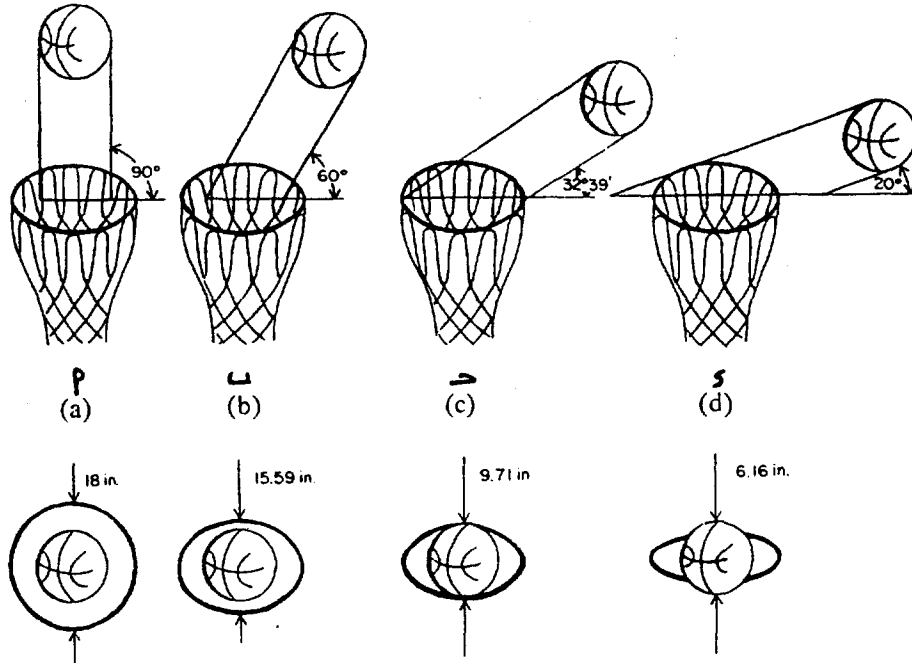
ويعرف زمن ملامسة يد اللاعب للكرة عند ارتدادها لأعلى وقبل دفعها لأسفل بزمن استقبال الكرة وزمن دفع الكرة بزمن دفع الكرة ومجموع الزمنين يطلق عليهما زمن مصاحبة الكرة. وتوضح بعض الدراسات أن هذا الزمن يزداد فى المحاورة العالية عنه فى المحاورة المنخفضة، وكلما زاد زمن مصاحبة اليد للكرة كلما زادت درجة التحكم والسيطرة على الكرة.

٣- مهارة التصويب : Shooting Skills

يهدف التصويب فى كرة السلة إلى انتقال الكرة من يد اللاعب إلى الدخول فى السلة وقد عرف ودن Wooden التصويبة بأنها تمريرة إلى السلة.

وتخضع الكرة خلال تصويبها نحو السلة لقانون المقذوفات لذلك، فإن مسارها يتأثر بارتفاع الكرة لحظة الرمي أو التصويب، وسرعة الانطلاق وزاوية هذه السرعة، وقوة مقاومة الهواء للكرة أثناء طيرانها.

ويتحدد ارتفاع الكرة لحظة انطلاقها بطول اللاعب أو تكوينه المرفولوجى وكذلك نوع التصويبة التى يؤديها. ونوع التصويبة بالتالى يتأثر بمكان اللاعب فى الملعب أثناء التصويب، وبفضيله لنوع من التصويب عن نوع آخر.



شكل (١٢٥) زوايا دخول كرة السلة وعلاقتها بقطر الكرة واختلاف نسب الخطأ باختلاف زاوية دخول الكرة

حالة تصويب الكرة من أى نقطة أخرى غير عمودية على مركز حلقة السلة، إذ أن تكون أقل من ذلك بقليل بسبب المسار المنحني الذى تتخذه الكرة. وأن أقرب زاوية رمى فى هذه الحالة يمكن أن تكون نظريا تساوى ٨٩,٩٠ درجة ولكن هذه الزاوية - كما سيتضح بعد ذلك - لا يمكن تحقيقها عمليا - وأن زاوية الرمي الفعلية أو العملية أقل من ذلك بكثير.

بما أن القطر المستعرض يزداد كلما ازدادت زاوية الرمي، وبما أن زيادة القطر المستعرض يقلل من احتمالات الخطأ فى الإصابة ويزيد من فرص تحقيق الهدف حيث تتسع المساحة التى تمر منها الكرة عبر حلقة السلة، فإن زيادة زاوية الرمي تقلل من احتمالات الخطأ وتزيد من فرص النجاح.

وتتوقف زيادة فرص نجاح الإصابة على نسبة زيادة القطر المستعرض عن قطر الكرة فى كل زاوية دخول. وعلى ذلك يمكن حساب احتمالات الخطأ التى لازالت تسمح بإصابات الهدف فى كل زاوية رمى وفق المعادلة التالية:

موقف لاعب الدفاع وإمكاناته :

تتأثر سرعة وزاوية انطلاق الكرة عند التصويب بموقف لاعب الدفاع بالنسبة للاعب التصويب وتكوينه البدني وقدرته على الوثب حيث يلاحظ أنه كلما كان اللاعب المدافع قريبا من اللاعب المصوب كلما كان تأثير طوله كبيرا في إعاقه التصويب، وكلما كان تأثير طوله كبيرا في إعاقه التصويب، كلما كانت ذراعه أقدر على الوصول إلى الكرة. وأيضا كلما كانت وثبته ذات فاعلية أكثر.

لذا فإنه يتحتم على اللاعب المصوب أن يصوب الكرة بسرعة وزاوية انطلاق كبيرة تسمح لمسارها بأن يكون فوق متناول اللاعب المدافع.

زاوية الدخول : Angle of Entry

تلعب زاوية الدخول في إصابة الهدف دورا هاما وأكثر تعقيدا من الدور الذي تلعبه العوامل الأخرى السابقة، لذلك فهي تتطلب مناقشة أكثر تفصيلا.

فإذا افترضنا أن الكرة اقتربت من حلقة السلة بزاوية عمودية على المستوى الأفقى أى (٩٠ درجة)، فإنها سوف تسقط مباشرة في حلقة السلة دون أن تمسها، وسيكون قطر السلة وهو (١٨ بوصة) أكبر من قطر الكرة وخارجا عنها من جميع جوانبها شكل (١٢٥ - أ).

أما في حالة اقتراب الكرة من حلقة السلة بزاوية أقل شكل (١٢٥ - ب ، ج ، د) فإن قطر حلقة السلة أو اتساعها العمودى على مسار الكرة سوف يكون له نفس الاتساع أى (١٨ بوصة) أما القطر والاتساع الآخر العمودى عليه فسيكون شكله يضاوى واتساعه أقل. وهذا هو الذى سيقدر إمكان مرور الكرة من الحلقة من عدمه.

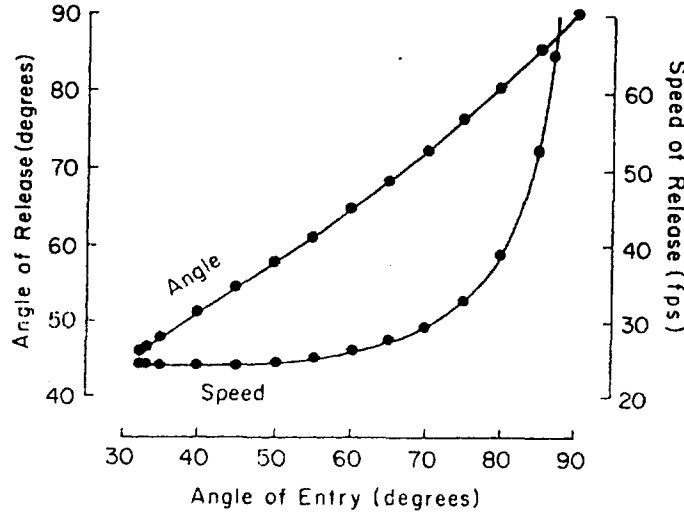
ويمكن تحديد طول هذا القطر باستخدام المعادلة التالية :

$$ط = (١٨ \times جا \hat{\alpha}) \text{ بوصة}$$

حيث ط = القطر ، $\hat{\alpha}$ = زاوية الدخول

فإذا كانت زاوية الدخول تسمح للكرة بالمرور عبر القطر المستعرض هي ٣٢, ٣٥ درجة، فإنه في نفس الوقت لا يمكن اعتبار الزاوية ٩٠ درجة هي أمثل زاوية دخول في

أقدام) فوق سطح الأرض يمكن توضيح العلاقة بين زاوية الدخول وسرعة وزاوية الانطلاق في الشكل التالي (١٢٦) :



شكل (١٢٦) العلاقة بين زاوية دخول الكرة وزاوية انطلاقها من يد اللاعب

ويتضح من دراسة الشكل (١٢٦) أنه في هذه الحالة لكي تصوب الكرة إلى حلقة السلة من الارتفاع والمسافة المذكورين وتهبط بزاوية تقترب من ٩٠ درجة يعتبر أمراً مستحيلاً عملياً.

فمثلاً إذا كانت زاوية الدخول ٨٧ درجة فإن ذلك يتطلب أن تكون سرعة انطلاق الكرة من اليد حوالي ٦٥ قدم/ث أو (٤٤ ميل / ساعة) وهذه بالطبع سرعة خارقة لا يمكن لأي رياضي أن يصل إليها. وحتى لو استطاع أحد اللاعبين أن يصوب الكرة بمثل هذه السرعة فإن ارتفاع أي ملعب مغلق لن يسمح للكرة بأن تأخذ مسارها الطبيعي حيث أن ارتفاع الكرة سيصل إلى حوالي ٧٢ قدماً فوق سطح أرض الملعب، وهو ارتفاع يعادل ارتفاع منزل من ستة طوابق.

ويوجد عامل آخر يجب وضعه في الاعتبار عند التحدث عن الزاوية المناسبة للدخول، وهو تأثير أي انحراف بسيط في زاوية الرمي أو التصويب على مسافة الرمية أو التصويبة، وتؤكد مورتيمر Mortimer (١٩٥١م) (٤٠: ٢٣٨) على أن الانحراف

ح + (٩ حا - ر)

حيث ح = احتمالات الخطأ

ح = زاوية الدخول

ر = قطر كرة السلة

وبتطبيق المعادلة السابقة يمكن استخراج العلاقة بين ج ، ح

جدول (٧) احتمالات الخطأ المتاح خلال التصويب فى كرة السلة

زاوية الدخول بالدرجات الستينية	احتمالات الخطأ بالبوصة
٩٠	٤,١٥ ±
٨٠	٤,٠١ ±
٧٠	٣,٦ ±
٦٠	٢,٩٤ ±
٥٠	٢,٠٤ ±
٤٠	٠,٩٣ ±
٣٢,٣٩	٠,٠٠ ±

ومنها يتضح أن احتمالات أو فرص الخطأ المتاحة أثناء التصويب بزاوية دخول تعادل ٣٢,٣٩ درجة تعادل صفر. وذلك لأن القطر المستعرض فى هذه الحالة يعادل تماما قطر السلة، بينما احتمالات الخطأ المتاحة تصل أقصاها إذا كانت زاوية الدخول تعادل ٩٠ درجة لأن طول القطر المستعرض يعادل فى هذه الحالة قطر كرة السلة + ٢ (٤,١٥ = ٩,٧١ + ٨,٣٠ = ١٨,٠١ بوصة) ولكن هل يمكن التصويب بزاوية دخول ٩٠ درجة حتى تزيد من الاحتمالات المتاحة أو بمعنى آخر تزيد من فرص إصابة الهدف. فى الحقيقة توجد اعتبارات أخرى تؤثر على حركة التصويب، إحدى هذه العوامل أنه كلما زادت زاوية الدخول كلما تطلب ذلك زيادة سرعة رمى الكرة وزيادة زاوية الرمي كذلك ففى حالة الرمية الحرة مثلا (١٥ قدما) والتصويب من ارتفاع (٧

[illegible]

၅၆၆ နံပါတ် (V)

۱۷۱

۰۳	۷۳'۳۰	۱۵'۱	- ۱۳'۱	۰۱'۱
۳۳	۶۸'۲۰	۰۳'۱	- ۶۱'۱	۷۷'۰
۲۳	۱۲'۲۰	۷۲'۱	- ۸۶'۰	۷۷'۰
۲۳	۳۳'۲۰	۸۱'۱	- ۷۸'۰	۲۳'۰
۱۳	۸۸'۲۰	۰۰'۱	- ۳۵'۰	- ۱۲'۰
۰۳	۰۱'۱۰	۲۶'۰	- ۱۲'۰	- ۸۰'۰
۶۲	۲۳'۰۰	۱۷'۰	- ۶۰'۰	- ۵۲'۰
۷۲	۵۸'۶۳	۶۷'۰	۳۲'۰	- ۶۳'۰
۸۲	۷۰'۶۳	۷۵'۰	۸۲'۰	- ۲۸'۰
۷۲	۱۳'۷۳	۳۳'۰	۰۷'۰	- ۸۶'۰
۵۲	۲۸'۸۳	۱۲'۰	۳۷'۰	- ۲۲'۱
۳۲	۷۰'۸۳	۷۱'۰	۶۰'۱	- ۷۳'۱
۲۲	۷۱'۷۳	۰۰'۰	۳۲'۱	-
۵۷'۸۲	۳۱'۷۳	۰۰'۰	۲۳'۱	- ۳۷'۱
خروجی	خروجی	خروجی	خروجی +	خروجی -
خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی
خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی

این جدول به منظور بررسی تغییرات در سطح آب دریا و دریاچه ها و رودخانه ها و کانال ها و تاسیسات آبیاری و زراعت و سایر موارد مربوط به منابع آبی و استفاده از آنها در منطقه مورد مطالعه تهیه شده است. این جدول به منظور بررسی تغییرات در سطح آب دریا و دریاچه ها و رودخانه ها و کانال ها و تاسیسات آبیاری و زراعت و سایر موارد مربوط به منابع آبی و استفاده از آنها در منطقه مورد مطالعه تهیه شده است.

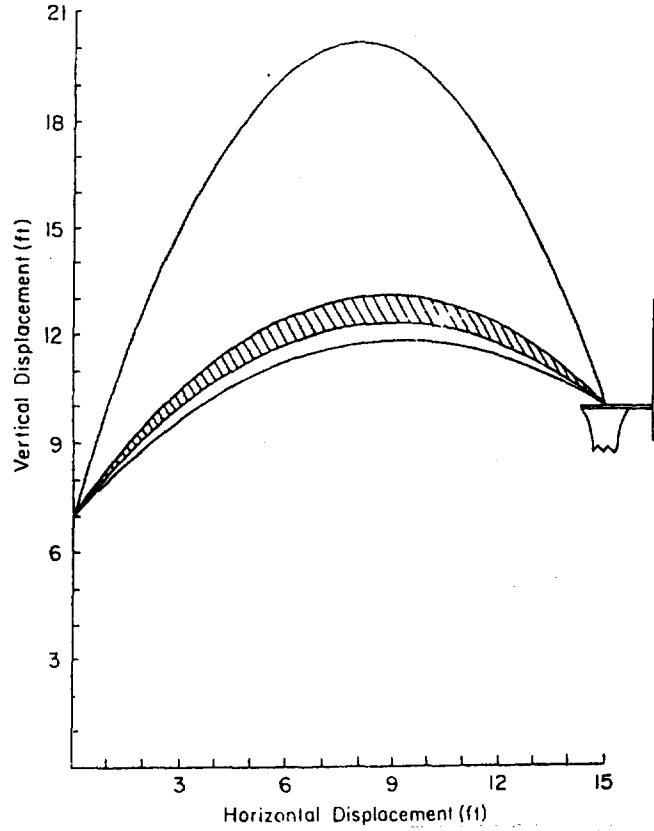
الخصائص الفنية للتصويب : Technique of Shot

يعتبر التصويب الوسيلة الوحيدة الممكنة لتسجيل النقاط (الأهداف) لذا فهي من أهم المهارات في مباريات كرة السلة .

لذا حظت فنية أداء التصويب اهتمام كل من المدربين واللاعبين على حد سواء .
وتؤكد نتائج الدراسات الإحصائية التي قام بها بون Bunn استمرار ارتفاع مستوى التصويب في مباريات الجامعات لكرة السلة خلال ١٨ عاما . وطبقا للإحصائيات، التي جمعها هارفي Harvey (٥٢: ٢٢-٢٦) من ٧٣٤٠٠ مباراة رئيسية للجامعات خلال الأعوام من ١٩٤٩ إلى ١٩٦٦ والموضحة في شكل (١٢٨)، أمكن التوصل إلى الحقائق التالية :

- (١) ازدياد عدد النقاط بحوالي أكثر من ٤٠٪ في المباراة الواحدة ارتفاع المتوسط الحسابي من ١٠٩,٥ نقطة في عام ١٩٤٩ إلى ١٥٤,٩ نقطة في عام ١٩٦٩ م .
- (٢) ثبات عدد محاولات التصويب أثناء المباراة الواحدة تقريبا .
- (٣) ثبات عدد الرميات الحرة تقريبا في المباراة الواحدة ماعدا خلال فترة الخمس سنوات - من ١٩٥٢ م إلى ١٩٥٧ م - وهي الفترة التي تعدل فيها قانون كرة السلة .
- (٤) كانت نسبة زيادة الإصابات ذات معدل ثابت سواء بالنسبة للرمية الحرة أو الرمي أثناء المباراة .

وتوضح الدراسة السابقة أن ارتفاع نسبة التصويب الناجمة من محاولات التصويب مردها إلى زيادة دقة ومهارة اللاعبين في التصويب وليس إلى زيادة عدد المحاولات .
ويوجد العديد من حركات التصويب التي يمارسها اللاعبون بغرض تحقيق أو إصابة الهدف، وبعض هذه الحركات توصل إليها اللاعبون بخبرتهم الشخصية . حيث ركزوا على اختيار تلك التي أمكنهم تحقيق النجاح بها، وقد قام آلسن Allsen (٦٢: ٣٤-٩٧-٩٨) بدراسة مستهدفا تحديد عدد المرات التي استخدم أو طبق فيها اللاعبون أنواعا مختلفة من حركات التصويب أثناء ٣٩ مباراة . وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة أن التصويب بيد واحدة مع الوثب كان أكثر أنواع حركات التصويب شيوعا .
ففي غضون ٣١٨٠ محاولة تصويب حصلت هذه الحركة - التصويب بيد واحدة - على



شكل (١٢٧) إزاحة الكرة في اتجاه كلا المركبتين الرأسية والأفقية للتصويبة الحرة
من ارتفاع ٧ قدم عند زوايا انطلاق مقدارها ٤٦، ٤٩، ٥٥، ٧٣
(تمثل المساحة المظللة) انسب زوايا الرمي (عن جيمس هاى)

(ج) مدى أو درجة واتجاه دوران الكرة (نقطة التصادم).

وبالرغم من صعوبة وضع توصيات عامة فى مثل هذه الحالة السابقة التى تتداخل فيها العوامل بصورة معقدة إلا أنه يمكن القول بصفة عامة أن ملامسة الكرة لحلقة السلة أثناء رمية أو إصابة انسيابية وغير قوية - سرعة بسيطة نسبيا أثناء تصادم الكرة مع لوحة السلة - مع وجود دوران خلفى للكرة أثناء التصادم يزيد من احتمال تحقيق دخول الكرة فى حلقة السلة (٤٠ : ٢٢٠، ٢٢١).

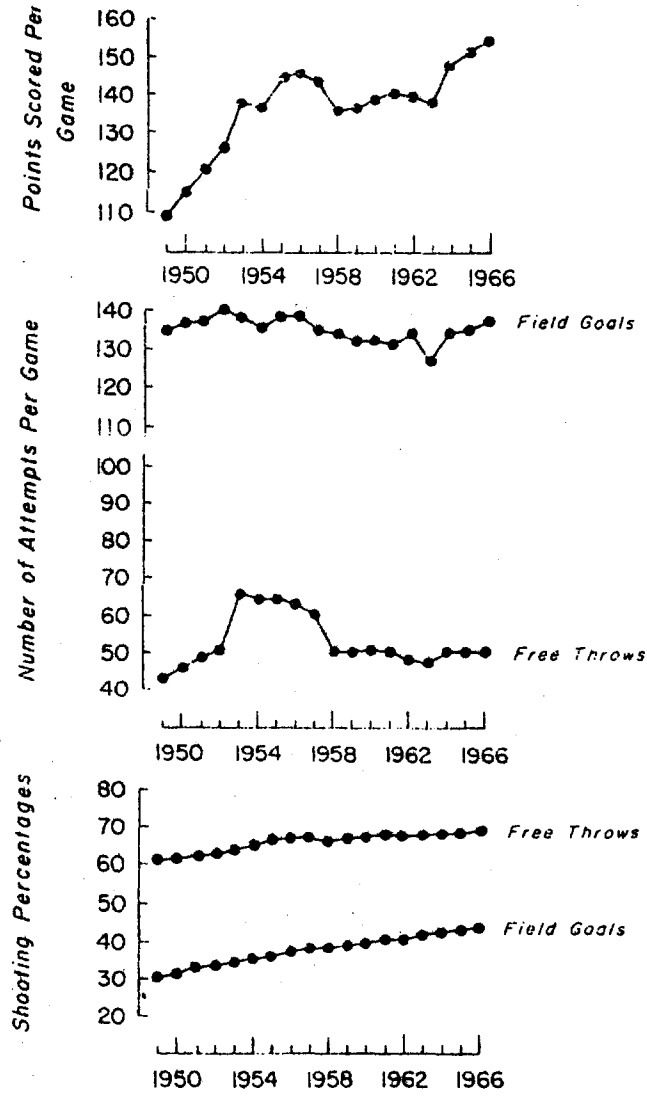
التصويب من الوقوف : Set Shot

يوجد تشابه بين حركات التصويب من الثبات وحركات التصويب من الوثب . وربما كان ذلك هو السبب في اعتبار حركات التصويب من الوقوف من المبادئ الأساسية لحركات التصويب من الوثب وبمعنى آخر يجب تعلم حركات التصويب من الوقوف قبل تعلم حركات التصويب من الوثب .

ولأداء حركة التصويب من الوقوف يقف اللاعب وقدميه متباعدتين قليلا بحيث تتقدم احدهما الأخرى بمسافة قليلة . والقدم المتقدمة هي المقابلة لليد الرامية ، تكون متجهة إلى الأمام في اتجاه المرمى . أما القدم الأخرى فتكون متخلفة عن الأولى قليلا ومتجهة إلى الخارج بزاوية ٤٥ درجة تقريبا .

ولعل هذا الوضع يخالف وضع القدمين تماما في جميع الحركات الرياضية التي يتم بواسطتها قذف أداة من الأدوات الرياضية مثل قذف الجلة أو رمي الرمح . . الخ ، حيث تكون القدم المتقدمة هي العكسية ليد الرمي ، وكذلك يكون اتجاه القدمين في اتجاه حركة الرمي ، ويرجع السبب في هذا الاختلاف إلى أن الحاجة إلى سرعة كبيرة في حركات قذف الجلة أو رمي الرمح . . الخ تكون ملحة وأساسية وليس الدقة بينما تكون الحاجة إلى الدقة في حركة تصويب كرة السلة هي الضرورية وليست السرعة ، وعليه فإن لاعب كرة السلة يحتاج إلى تثبيت جسمه وتقليل درجة حرية الحركة فيه إلى أقصى مدى ممكن حتى يصل إلى أكبر درجة من الدقة في التصويب ، بينما يحتاج لاعب الجلة والرمح إلى حركة دوران حول المحور الرأس ليولد قوى تساعد على رفع الأداء بسرعة أكبر .

ففي حالة التصويب باليد اليمنى تكون اليد اليسرى هي التي تحمل الكرة في مستوى الصدر تقريبا ، وتكون في موضع أسفل الكرة لتحملها وتوجيهها في بداية عملية التصويب ، أما اليد اليمنى فتكون خلف الكرة مباشرة وأسفل قليلا وتكون الأصابع متجهة إلى أعلى بينما الإبهام متجه إلى الأمام . وتكون الكرة عندئذ محمولة باليد اليسرى في مواجهة الوجه وهو الموضع الذي تتم فيه عملية التصويب عن طريق مد مفصل الذراع الأيمن وثني مفصل الرسغ الأيمن مع ثني الأصابع ، يتم هذا



شكل (١٢٨) احصائية التصويب خلال ٧٣٤٠٠ مباراة خلال الفترة من ١٩٥٠ إلى ١٩٦٦ (عن هارفي)

٢٠, ٦٧٪ مجموع المحاولات المسجلة، وتليها في الترتيب حركة التصويب بيد واحدة

من الثبات حيث حصلت على ١, ٢١٪ أما التصويب الخطافية باليد اليمنى The

Hight hand hock فقد حصلت على ١, ٨٪ وتلتها التصويبة الخطافية اليسرى حيث

حصلت على ٢٩, ٢٪.

فكلما كان وزن اللاعب أقل كلما سهلت على اللاعب عملية إيقاف تحركه .

٢ - سرعة حركة الجسم :

كلما كانت سرعة حركة الجسم أقل كلما استطاع اللاعب السيطرة على جسمه والتحكم فى إيقافه فى الوقت المناسب .

٣ - الجهد المبذول لإيقاف حركة الجسم :

يعتبر هذا العامل من أهم العوامل المؤثرة فى حركة الإيقاف أو إحداث الفرملة وتتم عن طريق مد اللاعب أحد قدميه للأمام ودفع الأرض أفقيا فى اتجاه الحركة ، فإذا فعل ذلك بطريقة سليمة فإن هذه القوى سوف تعمل على تقليل حركة ثقل كتلة جسمه حتى تصل إلى الصفر قبل أن يتعدى مركز ثقل كتلة الجسم قاعدة ارتكازه التى يحددها وضع قدميه .

هذه المشكلة أن يقلل اللاعب من سرعته الأفقية لتصل إلى النصف لحظة وضع على الأرض لأخذ الارتقاء ، وبذلك يضيق المدى الذى يتحرك فيه جسمه وتصبح المسافة الأفقية له قليلة جدا مما لا يعرضه لإحداث مخالفات .

٥ - الوثب Jumping :

تشير نتائج الأبحاث التى قام بها أنوكا Enoka (٦٤ : ٥ - ١٥) وهو خموش (٦ : ٣٢١، ٣٢٢) إلى أن الوثب من الجرى يحقق ارتفاع أعلى من الوثب من الثبات فى حالة تساوى العوامل الأخرى المؤثرة فى الوثب - قوة اللاعب - وزن اللاعب الخ . حيث أن الجرى قبل الوثب سوف يزيد من قوة البداية كما يقلل من الدفع السلبى فى مركبة الدفع الرأسية . ولكن بشرط أن يعمل اللاعب على تقليل سرعته الأفقية قبل حركة الارتقاء للوثب عاليا .

وكون أن حركة الوثب تقيد حركة المقذوف ، فإنه يجب أن يوضع فى الاعتبار أن المسافة الأفقية التى سيتتقلها الجسم منذ لحظة الارتقاء حتى الوصول إلى أقصى ارتفاع تعادل تقريبا نفس التى يأخذها الجسم فى هذه النقطة إلى أن تلمس قدماء الأرض . ويعنى ذلك أن جسم اللاعب سوف يتحرك فى شكل قوس قمته أعلى ارتفاع يصل إليه الجسم . وهذه الملاحظة هامة بالنسبة للاعب كرة السلة الذى يحرص على عدم أحداث مخالفات نتيجة الاصطدام بمنافسيه .

الستابع الحركى السابق مع حركة توافق مصاحبة لمد الرجلين وميل مركز ثقل اللاعب للأمام.

ومن أجل توجيه تأثير جميع القوى المؤثرة على الكرة فى اتجاه حلقة السلة، فإن حركة استدارة قليلة تحدث للكتفين إلى اليسار حول المحور الرأسى فى المرحلة النهائية للحركة قبل لحظة ترك الكرة لليد. وهذه الحركة تضع عيني اللاعب، وكتفه الأيمن وكوعه ورسغه وكذلك الكرة فى اتجاه واحد مع حلقة السلة.

وتختلف نسبة مساهمة الرجلين فى القوى المؤثرة على الكرة، باختلاف قوى اللاعب نفسه وكذا مسافة الرمي فمثلا بالنسبة للاعب الناشئ تعتبر حركات الرجلين ومساهمتهما أساسية وضرورية من حيث المدى والقوى ذراعيه تكون غير كافية لإنجاز أو إتمام التمريرة المطلوبة وخاصة إذا كانت من مسافة كبيرة، بينما يختلف الأمر بالنسبة للاعب القوى حيث تكون مشاركة الرجلين أقل وقوة الذراعين والكتفين هى الأساسية.

٤ - أوضاع الجسم وحركات الرجلين Body Position and Footwork

تعتبر زيادة القدرة على التحرك بسرعة من مكان لآخر داخل الملعب من الأمور الضرورية والهامة لضمان نجاح اللاعب فى أداء أغلب المهارات المستخدمة سواء من المدافع أو المهاجم.

وتتوقف سرعة تحرك اللاعب على وضع جسمه قبل التحرك ولكن يحقق اللاعب الوضع الأنسب لبدء التحرك يجب توافر العوامل الآتية:

١- أن يكون الجسم فى أقل درجات الاتزان.

٢- تكون عضلات اللاعب فى وضع يمكنها من إنجاز أكبر قدر من القوة.

الفرملة Stopping :

تعتبر الفرملة أو الإيقاف فى كرة السلة من المهارات الأساسية والمقصود بها مقدرة اللاعب على إيقاف جسمه فى الوقت المناسب.

وتتوقف مقدرة اللاعب على إيقاف جسمه على ما يلى:

١ - وزن اللاعب نفسه:

ويشير المرفق إلى الهدف مباشرة وأى انحراف فى هذا الوضع يقلل من احتمال إصابة الهدف. ويجب أن تتحرك الكرة من أطراف الأصابع. والمتابعة لها أهميتها الحيوية، وبعد انطلاق الكرة (تحريرها) تواجه كف اليد السلة وتكون مفتوحة مع المد الكامل للذراع، وتظل العينان ثابتتان على الحلقة حيث أنهما لا يتابعان مسار الكرة.

كما يرى موريس Morris (١٩٦٩م) (٧٤، ٧٣: ٥٨) أن الكرة تتحرر فى مستوى العينين أو أعلى قليلا، وأن الذراع تمتد امتدادا كاملا فى مستوى الرأس، وتحدد نقطة تحرر الكرة طبيعة أداء اللاعب. وعند الوصول إلى ذروة الارتقاء وعند امتداد الذراع لأعلى وللأمام تتحرر الكرة أولاً من اليد اليسرى ويستمر تحررها من اليد اليمنى التى ترفع الكرة للأمام، وعند انطلاق الكرة يجب أن يكون اللاعب مقدرا رؤية امتداد ذراعه والحافة الأمامية من حلقة الهدف. وتتحرر اليد اليمنى فى حركة المتابعة فى اتجاه السلة، مع مد الرسغ لأسفل، ويعود اللاعب للأرض مع ثنى خفيف فى الركبتين على أن تكون المسافة بين القدمين تساوى مقدار اتساع الحوض تقريبا.

ويضيف موريس أنه خلال تحرر الكرة من اليد اليمنى يجب أن ينقبض رسغ اللاعب لأسفل ليضمن امتداد الذراع لأعلى وللأمام فى اتجاه الهدف مع ثنى الرسغ للأمام.

أنواع التصويب بالوثب :

أوضح ماير Mayer (١٩٧٧م) (٧٩: ٨٨-١٢٠) أن معظم اللاعبين يستخدمون الوثب العالى، حيث يثب المصوب باستقامة لأعلى ويعتقد بعض اللاعبين أن الوثبة المنخفضة أسهل وأكثر راحة للمصوب.

ولإنتمام التصويب بالابتعاد يقوم المصوب بالابتعاد فى خط مستقيم فى اتجاه مضاد للسلة أثناء طيرانه فى الهواء. وهذه الطريقة فى التصويب يصعب إتقانها ولكن أيضا يصعب اعتراض المدافع لها.

ويضيف ماير أن أنواع الوثبات المستخدمة فى التصويب تختلف باختلاف حجم المصوب ومسافة التصويب، فالشخص الضئيل الذى يصوب من أحد أركان الملعب أو بعيدا عن السلة يحتاج للحركة السريعة لإنجاز التصويبة.

التصويب بالوثب Jump Shot :

أوضح ماير Mayer (١٩٧٧) أن التصويب من الوثب يمكن أن يتم من المكان أو الحركة.

ويجب على اللاعب في كلا الحالتين أن يحافظ على اتزان الجسم واتخاذ الوضع المريح، واللاعب الجيد قد يفقد اتزانه وارتقائه ولكن يحاول دائما الاحتفاظ باتزانه، كما يجب أن يكون لديه تحكم كامل في حركة الجسم. ويكون وضع الوثب أفضل عندما تكون القدمين متباعدتين باتساع الصدر وعلى خط موازى للاتجاه الذى يواجهه، ويجب ثنى الركبتين مع توزيع ثقل الجسم بالتساوى عليهما للحصول على الاتزان المناسب، ووضع الكرة المناسب قبل التصويب مباشرة، يكون بين الصدر ومستوى العينين واليد اليسرى تكون تحت النصف الأمامى للكرة، والكف متجهة لأعلى واليد اليمنى متجهة قليلا لليمين وتحت الكرة والأصابع للخارج ويضيف ماير أنه من أجل الحصول على الكفاية القصوى يجب أن يكون المصوب على خط واحد مع السلة وأن يثب باستقامة لأعلى وهذا التكنيك يتطلب اتزان وتحكم مناسبين للجسم (٤٠: ٨-٩، ٥٩-٦١).

في حين يرى اندرسون Anderson (١٩٦٤م) أن الوثب يجب أن يكون فى اتجاه عمودى على قدر الإمكان للأمام ويتفق معه فى هذا رأى هانسون Hanson (١٩٧٢م) ويضيف أن الكرة يجب أن تمسك بأمان بكلتا اليدين فى مستوى الكتف مع تأمين جانب اليد المصوبة. وعادة تقترب القدمين معا مع حدوث ثنى خفيف فى مفصلى الركبتين والخصدين، ويصل مفصل مرفق اليد المصوبة عمودى على الأرض مشيرا إلى السلة. (٤٢: ٢١)، (٤٥: ٢٢٨-٢٣١).

ويشير كوبر Cooper (١٩٦٩م) (٣٣: ٥٦-٥٨) إلى أن وضع المرفق هو أحد العوامل الميكانيكية الأساسية للتصويب من الوثب الذى لا يمكن إغفاله ولمزيد من فعالية الأداء يرفع المرفق إلى مستوى أعلى من المستوى الذى يصل إليه من التصويب من الثبات على أن ترجع الكرة إلى الخلف أكثر لمستوى خلف الرأس أو جانب الرأس عن المستوى الذى تصل إليه فى التصويب من الثبات.

٤ - ألعاب القوى Track And Field :

: Walk And Sprint Event سباق المشى والجري

المشى والجري وسيلتان طبيعيتان لتنقل الإنسان وتحداث نتيجة الاندفاع عن الأرض . ومهمة العداء أو الماشى هي قطع المسافات فى أقل زمن ممكن . وسرعة المشى أو الجرى تعتمد على طول الخطوات وترددتها ، وعلى قدرة الرياضى فى المحافظة لأطول فترة ممكنة على سعتها المثلى الخاصة بكل مسافة ، دون تغيير بقدر الإمكان .

ويرتبط طول الخطوة وتردد الخطوة بشكل كبير مع إمكانية اللاعب الطبيعية فى سرعة أداء الحركات ويتوقف على مقدرة فى الوقت المناسب على قبض وبسط المجموعات العضلية ، التى تكفل حركته على المسافة . ويتوقف طول الخطوة على قوة الدفعة ، وعلى اتجاهها وعلى دقة ترابط انتقال حلقات الحركة لدى اللاعب كما أن التردد ، وطول خطوة اللاعب تنشأ على أساس صحة أداء الحركات من الناحية الفنية من قبل العداء أو المشاء . ويجب النظر إلى فنية أداء هذه الحركات من منطلق وحدة ترابط انتقال أجزاء متعددة بالجسم - الرجلين ، اليدين ، الحوض ، الجذع ، وغيرها - ففى أساس الجرى والمشى يقع الارتفاع المتبادل للحركات وتنسيقها على تعاقب وتزامن التفاعل المتبادل للجزء الأيمن أو الأيسر من جسم الإنسان . وهذه الأفعال تتكرر بشكل متواصل دورى أثناء الجرى أو المشى .

مقارنة تحليلية لحركات المشى والجري

تعد الخطوة الثنائية دورة حركات الرجلين صورة (١) . فى أثناء أداء خطوتين تقوم القدمان اليمنى واليسرى بالتتابع بوظيفتى الارتكاز والتلويح . والفترة الأكثر تأثراً بينهما هي الارتكاز . وفى هذا الوقت وعلى حساب حركة الرجل المرتكزة يتحرك جسم اللاعب فى المسافة .

وتبدأ فترة الارتكاز من لحظة وضع رجل اللاعب على الأرض أمام مركز إسقاط ثقل كتلة جسمه ، ثم يقوم بنقل ثقل كتلة جسمه إلى الرجل المرتكزة . وفى الختام يقوم بثقله إلى الأمام بالاندفاع عن الأرض . وأهم مرحلة خلال تحرك اللاعب هي الاندفاع عن الأرض . والذى يؤدي عن طريق مد الرجل الدافعة من مفاصل الفخذين ،

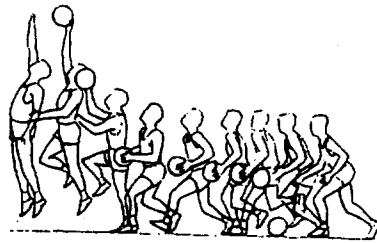
التصويب بالوثب مع الدوران :

تبدأ هذه التصويبة من وضع الوقوف والظهر مواجهة للسلسلة ثم يقوم اللاعب بأداء وثبة للأمام مع اللف لمواجهة السلة ثم يقوم اللاعب بالتصويب .

ففى دراسة نيويل وبيرجر Newell and Berger (١٩٧٦م) والخاصة بالتصويب بالوثب مع الدوران قاما بتعليم اللاعبين وأداء التصويب وظهرهم مواجه للسلة . وكانت الحركة الأولى هى تعليم الدوران (١٨٠ درجة) حول المحور الطولى للجسم لمواجهة حلقة الهدف وفى نفس الوقت يثب اللاعب فى الهواء ويؤدى حركة التصويب بالوثب ويعتبر توقيت أداء هذه المناورة فى غاية الأهمية ويجب التدريب عليها أولا بدون استخدام الكرة (٣٩ : ٢١) .

التصويب بالوثب من الجرى :

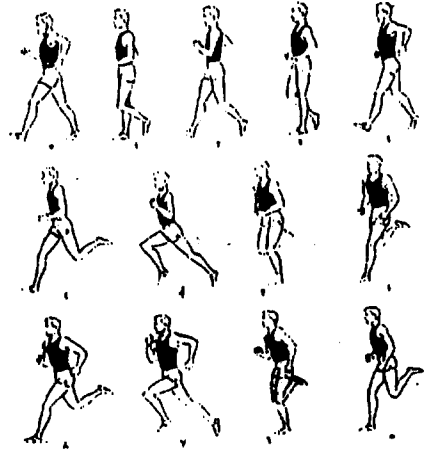
أوضح أبرت Ebert (١٩٧٧م) أن هذا النوع من التصويب يتحدد فيه ميكانيكية أداء تنطيط الكرة ثم الوقوف والتصيب بالوثب فى حركة مستمرة متصلة وإنسانية ، فعقب تنطيط الكرة يمسكها اللاعب بسرعة ويتوقف ويرتكز ويثب مواجهها السلة ثم يقوم بالتصويب فعند تنطيط الكرة باليد اليمنى فى الجانب الأيمن بعيدا عن خط الرمية الحرة يأخذ اللاعب خطواتى التوقف حيث يبدأ بالقدم اليسرى ثم يقوم بتدوير القدم اليسرى قليلا جهة اليسار وينقل القدم اليمنى بجوارها ليواجه السلة وعندما تلمس القدم اليمنى الأرض تثنى الركبتين ويبدأ فى الوثب لأداء التصويبة ، وإذا كان اللاعب أيسر (يستخدم اليد اليسرى) وينعكس عمل القدمين ، انظر شكل (١٢٩) .



شكل (١٢٩)

التصويب بالوثب من الجرى

طول المراحل المتعددة، سرعة ومدى الحركات فى المفاصل عمل العضلات،
العبء الواقع على كاهل اللاعب، صورة (٢) شكل (١٣٠).



شكل (١٣٠)

الصور المتتابعة للمشى والجري

ونتيجة لتواجد الارتكاز فى المشى يؤدي إلى طول فترة الارتكاز عن فترة التلويح .
ولذلك فإن فترة ارتكاز إحدى القدمين تندمج مع فترة ارتكاز القدم الأخرى، وتنشأ
حالة الارتكاز الثنائية، التى فى مجراها تتحول الرجل الملوحة إلى مرتكزة، والمرتكز
إلى ملوحة، ويؤدي اللاعب خطواته.

إن وجود فترات طيران فى العدو يستوجب وجود فترة تلويح كل رجل أطول من
فترة الارتكاز، وتندمج فترة تلويح إحدى القدمين من حيث الزمن مع فترة تلويح
القدم الأخرى، ولذلك تتكرر فى العدو حالة الارتكاز الإحدى وحالة عدم الارتكاز.

الركبتين وثنى باطن القدم والأصابع فى تزامن واحد مع نقل الرجل الملوحة . وتعتبر زاوية الاندفاع وعند الجرى أكثر حدة (٤٥ - ٥٥ درجة)، من مناظرتها فى المشى (٥٥ - ٦٥ درجة) وزاوية الطيران فى الجرى أصغر كثيرا بالمقارنة مع زاوية الاندفاع، فمقدارها فى الجرى السريعة (٢ درجة) أما فى العدو الموانع فيصل مقدارها عند تجاوز الحاجز (٣-٥ درجة) وتتشابه عملية تعامل اللاعب مع الأرض فى حالة العدو والمشى فى لحظة الارتكاز، وفى أثناء وضع الرجلين على الأرض يكون الضغط على الأرض متجها إلى أسفل والأمام وفى لحظة الاستقامة يكون متجها بالضغط لأسفل، وفى أثناء الاندفاع يكون متجها إلى أسفل وإلى الخلف ويكون رد فعل نقطة الارتكاز باتجاه معاكس .

ويمكن تقسيم دورة الحركات أثناء المشى والعدو بشكل اصطلاحى إلى مرحلتى الارتكاز والتلويح أو الخطوة . ومرحلة الارتكاز يمكن تقسيمها الى :

١ - الارتكاز الأمامى (من لحظة وضع القدم على الأرض حتى لحظة الوصول للوضع العمودى) .

٢ - الاندفاع عن الأرض (من لحظة الوصول للوضع العمودى حتى ترك الرجل الأرض) .
أما مرحلة التلويح أو الخطوة فتضم :

١ - الخطوة الخلفية (من لحظة ترك القدم الأرض وحتى لحظة الوصول إلى الوضع العمودى) .

٢ - الخطوة الأمامية (من لحظة الوصول إلى الوضع العمودى إلى لحظة وضع القدم على الأرض) .

والاختلاف الجوهرى بين المشى والعدو أنه فى الأول توجد حالة ارتكاز دائم حيث أن الارتكاز الأحادى على رجل واحدة يتناوب مع الارتكاز الثنائى على الرجلين، بينما تنعدم حالة الارتكاز الدائم فى العدو حيث يشتمل العدو على مرحلة طيران تحمل محل الارتكاز الثنائى . . ويتناوب الارتكاز الأحادى فى حالة عدم الارتكاز . وخلاصة القول إن المشى يتميز بوجود حالة ارتكاز ثنائية، أما العدو فيعرف بوجود مرحلة الطيران . ويتوقف زمن مرحلة الطيران فى العدو على اتجاه الاندفاع وقوته . ويختلف سياق المشى عن العدو أيضا مما يلى :

جدول (٩) الارتباط المتبادل بين سرعة ، طول تردد الخطوة فى المشى والعدو

طريقة الانتقال	طول الخطوة (سم)	تردد الخطوة (ق)	السرعة (م/ث)
المشى العادى	٨٥ - ٧٠	١٥٠ - ١٢٠	١,٨ - ١,٧
سباق المشى	١٣٠ - ١٢٠	٢٠٠ - ٢٠٠	٥ - ٤
العدو	٢٥٠ - ٢٢٠	٣٠٠ - ٢٧٠	

يتضح من الجدول (٩) أنه كلما كانت الخطوة أطول وتردد الخطوات أعلى ، كانت السرعة أكبر .

ولتحقيق نتائج أفضل فى المشى والعدو ضرورى التركيز على بذل القوة العضلية فى لحظة الاندفاع أما خلال التلويح فيخلق شروط لراحة المجموعات العضلية الرئيسية ، ويتم ذلك عن تخفيض جهة الحوض ، التى تقوم الرجل فيها بأداء حركة التلويح . ومن المهم إنجاز ذلك فى لحظة المرور على الوضع العمودى . ويسمح تبادل الاندفاع بالرجل اليمنى مرة والرجل اليسرى مرة أخرى بتناوب نشاط المجموعات العضلية للقدمين وخلق شروط لفعالية عملها فى فترة الارتكاز .

ويتم التحرك فى خط مستقيم ومتوازن على طول المسافة خلال المشى والعدو أى المحافظة على ثبوت وتردد الخطوة وطولها لأن ذلك أكثر فعالية لإحراز أقصى نتيجة وتؤكد ذلك القوانين البيوميكانيكية والفسولوجية .

من خصائص سياق المشى أن مفصل الركبة لا يساهم فى الاندفاع . وأن اللاعب يؤدى الخطوة برجل مستقيمة . وأن الاندفاع فيتم أداؤه أساسا على حساب تقويم الفخذ ، القدم ونقل الرجل الملوحة إلى الأمام .

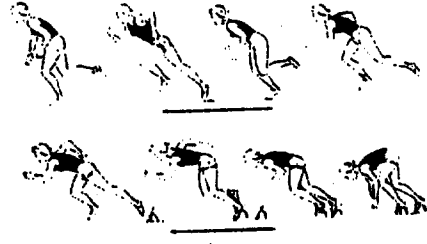
أن عدم مشاركة حركة مفصل الركبة فى عملية الاندفاع يقلل من قوة الاندفاع ومن احتمال تحول المشى إلى عدو .

ولاجل زيادة طول الخطوة فى سياق المشى يزداد مدى حركة الحوض حول محور عمودى باتجاه أمامى خلفى ، بدون الإسراف فى إزاحته فى الاتجاهات الجانبية .



شكل (١٣١)

الاختلافات بين المشى والعدو



شكل (١٣٣) الجرى فى المسافة القصيرة (أ) الجرى فى المسافات الأخرى (ب)

ويتميز تكنيك العدو بما يلى :

- الوضع الابتدائى على خط البداية .
- الانطلاق وتسارع الانطلاق .
- استمرارية الجرى (العدو) .
- إنهاء العدو والتوقف بعد خط النهاية .

ويبدأ الجرى لأى مسافة من خط البداية (شكل ١٣٢) ويقوم العداء بأخذ الوضع المناسب له عند خط البداية .

ففى جرى المسافات القصيرة تستخدم مختلف أنواع الانطلاق من البدء المنخفض (شكل ١٣٣ - أ) أما فى الأنواع الأخرى للجري فيستخدم الانطلاق من وضع الابتداء العالى (العادى) شكل (١٣٣ - ب) .

ويقوم العداء أثناء الانطلاق بانحناء جذعه بشدة للأمام للوصول لأقصى سرعة - خاصة فى عدو المسافات القصيرة شكل (١٣٣ - أ) وتتصف الخطوات الأولى للانطلاق بعدم دحرجة القدم . ويؤدى الجرى على جزئها الأمامى . وتعمل عضلات مفصل رسغ القدم على الاندفاع ولا تسمح للكعب بأن يلامس الأرض . ويكون موضع القدم، فى الخطوات الأولى، قرب مركز إسقاط ثقل كتلة جسم اللاعب . وبذلك تختفى تقريبا مرحلة الإيقاف فى بداية الارتكاز الأمامى . ومادام العداء يزيد من سرعته . فإن مرحلة الإيقاف غير مرغوب فيها ويقوم اللاعب بالتدريج بتقوية الاندفاع

ويتوقف تردد الخطوة فى المشى على سرعة نقل الرجل . فكلما كان النقل أسرع ، كان تردد الخطوة أعلى . وزيادة تردد الخطوة فى حدود معينة يزيد من طول الخطوة ، والزيادة المغالى فى تردد الخطوة تقلل من طولها ولن تزداد السرعة بعد ذلك . وتساعد الحركات الفعالة لليدين فى زيادة تردد الخطوات .

ومصدر الحركة فى المشى هو عمل المجموعات العضلية التى تؤدى عملية الاندفاع ونقل الرجل .

إن قوة الاندفاع المغالى فيها تفصل الارتكاز الثانى ، ويمكن للاعب أن ينتقل إلى حالة الجرى ومخالفة قواعد المباريات .

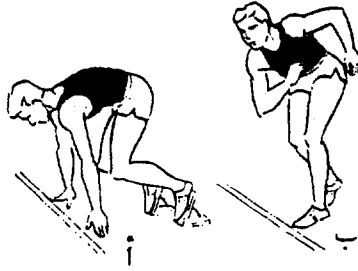
ويمكن تقسيم الجرى إلى نوعين :

١ - جرى المسافات القصيرة (العدو) .

٢ - جرى المسافات المتوسطة والطويلة وفوق الطويلة (جرى التحمل) .

والمهمة الرئيسية للعداء فى أى مسافة هى قطع المسافة فى أقل زمن .

وينبغى أثناء جرى المسافة القصيرة استخدام التكنيك الذى يكفل أكبر مدى لطول الخطوة وسرعة الحركة أما أثناء جرى المسافات المتوسطة والطويلة وفوق الطويلة فعلى التكنيك أن يساعد فى اقتصادية وفعالية الحركات .



شكل (١٣٢) (أ) البدء المنخفض (ب) البدء العالى

خصائص التكنيك الجيد لخطوات العدو مؤازرة ساق الرجل الملوحة لساق الرجل الدافعة فى اللحظة الحتامية من الاندفاع وإنحناء الجذع جهة القدم الملوحة فى وضع الانتصاب العمودى .

العدو ٢٠٠ متر فأكثر :

يعدو العداء فى سباق ٢٠٠ متر وأكثر فى خط مستقيم ومنحنى والعدو فى المنحنى أكثر صعوبة ويتطلب بذلك جهود إضافية بالارتباط مع ضرورة تطوير جهود إضافية . ويفضل قيام العداء بميل جسمه فى اتجاه المنحنى بتغيير اتجاه الاندفاع . ويتوقف مستوى الانحناء على سرعة العدو كلما كانت سرعة العدو أعلى ، كلما كان ميلان الجسم أكثر .

وتنتهى استمرارية العدو بمرحلة إنهاء السباق . ويسعى العداء أثناء إنهاء السباق بقدر استطاعته إلى تعجيل سرعته أو المحافظة على السرعة العالية التى سبق لها اكتسابها ويقوم بالجهد النهائى فى الخطوات الأخيرة لكى يكون أول من يمس شريط النهاية بصدرة أو كتفه . وينبغى على العداء إيقاف سرعته بعد خط النهاية بالتدريج ، لأن التوقف فجأة يؤدى إلى حدوث الإصابات .

وهناك أنواع أخرى من العدو كعدو الحواجز (عدو الموانع لمختلف المسافات عدو ٣٠٠٠ متر حواجز)، العدو فى التضاريس الطبيعية (سباق الضاحية) والعدو على الطريق المعبدة (المارثون) .

ولعدو الحواجز تكنيك خاص يتلخص فى تكنيك العدو العادى بين الحواجز (خطوة العدو) وتكنيك اجتياز الحاجز (خطوة الحاجز) .

فى العدو ٣٠٠٠ متر حواجز يقوم العداء باجتياز حاجز حفرة الماء مع الحواجز وأساس جرى الموانع هو العدو المنتظم للمسافة بين الموانع بعدو فردى من الخطوات ويتوقف عدد هذه الخطوات على طول المسافة . ويتم اجتياز كل مانع على المسافة فى الأغلب بنفس الرجل الدافعة . ويتوقف تكنيك اجتياز المانع على ارتفاعه ، فكلما كان المانع أقل ارتفاعا كلما اقترب شكل خطوة المانع من خطوة الجرى .

واكتساب السرعة على حساب سرعة وضع القدم وزيادة طول الخطوة. وينبغي خلال الخطوات الأولى وضع القدم على الأرض بسرعة ومرونة مع الاندفاع لاحقاً بفعالية، وتساعد حركة الذراعين في زيادة تأثير حركة الرجلين، وتردد الخطوات وزيادة قوة الاندفاع.

وتدريجياً، ومع اكتساب السرعة اللازمة، تقل خصوصية صفات الخطوات الانطلاقية في حركات رجلى العداء في مرحلة الانطلاق التسارعى. ويصبح انحناء الجسم أقل، وينتقل اللاعب إلى تكنيك خطوة الجرى الكاملة والتي تتواجد فيها جميع مراحل دورة حركة الرجلين. وبعد الانتقال إلى مرحلة استمرارية الجرى يحافظ العداء على وضعيته الأفقية أو يكون جذعه مائلاً إلى الأمام بشكل قليل. ويسمح هذا الوضع للجذع بخلق شروط مؤاتية للاندفاع ونقل الرجل الملوحة إلى الأمام.

فإذا كان الجذع مائلاً للأمام بشكل كبير، تتحسن إمكانية الاندفاع ولكن تقصر طول الخطوة، ويجرى العداء بعدو منحدر. وعندما يكون الجذع منحنيًا إلى الخلف، تسوء شروط الاندفاع عن الأرض، بزاوية حادة ولكن يسهل نقل الرجل الملوحة إلى الأمام وتكون حركته إلى الأمام سيئة.

ويحدد التكنيك الصحيح لخطوة الجرى من خلال مدى (طبيعة) وضع الرجل على الأرض. وأثناء مرحلة استمرارية الجرى يقوم العداء بوضع قدمه بخفة ومرونة أمام مركز ثقل كتلة الجسم لأجل التقليل من تأثير توقيف «فرملة» الحركة.

ويتوقف مكان وضع القدم على سرعة الجرى، نوعية المسافة ونوعية الأرض. فكلما كانت سرعة الجرى أكبر كلما كان مكان وضع القدم قريباً من إسقاط ثقل كتلة جسم اللاعب. ومعظم العدائين المهرة في مختلف المسافات - من المسافات القصيرة إلى المارثون - يؤدون عملية وضع القدم على الأرض عن طريق الجزء الأمامي منه. إن مثل هذا العدو هو الأكثر فعالية.

يتصف التكنيك العالى للجرى باجادة تنسيق حركات الرجل الدافعة والرجل الملوحة واليدين، وتحرر الحركة. ويساعد التحرر الكبير للحركة أثناء مرحلة استمرارية العدو يساعد على تنسيق الحركات وتحسين الشروط لراحة الرجل الملوحة. ومن

(طفرها، التسلق عليها، دوسها وغيرها). فى الجرى وفى سباق المشى يجب للتنفس أن يتوافق بدقة مع تكتيك حركات اللاعب.

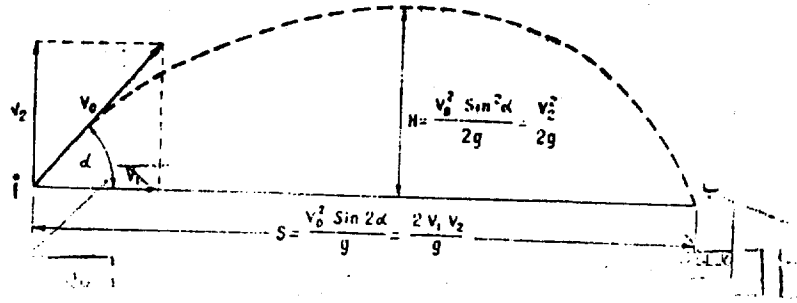
تلخيص : العلاقة بين العدو لقطع مسافة معينة والعوامل المحددة لهذا الزمن باختصار فى الشكل رقم (١٣٤).

الوثب والقفز : The Jumping And The Vaulting

الوثبة هى وسيلة لاجتياز حواجز أفقية - الوثب الطويل، الوثبة الثلاثية - أو عمودية - الوثب العالى - باستخدام الارتقاء المنفرد بإحدى القدمين - أما القفزة فهى وسيلة لاجتياز حواجز أفقية - القفز بالزانة - باستخدام الارتقاء المنفرد بإحدى القدمين وبمساعدة الذراعين. ويسعى كل من الوثاب أو القافز إلى الحصول على أحسن نتيجة من خلال الوثب أو القفز إلى أعلى أو أبعد ما يمكن.

وقفزات ووثبات ألعاب القوى تنسب إلى مجموعة الحركات المختلطة - المتكررة والوحيدة - ذات صفات السرعة - القوة.

ويتميز كل نوع من الوثبات أو القفزات بالمسار الهندسى لمركز ثقل كتلة جسم اللاعب خلال مرحلة طيرانه - وطول وارتفاع طيرانه يتوقف على سرعته فى لحظة الانطلاق وزاوية طيرانه تبعاً لنوع الوثبة أو القفزة كما فى شكل (١٣٥).



شكل رقم (١٣٥) الإزاحة الأفقية (S) وأقصى ارتفاع لمركز ثقل كتلة الجسم (H) خلال مرحلة الطيران أثناء الوثب والقفز

وتتجسد المهمة الرئيسية للعدو عبر الموانع فى أنه من الضرورى عدم الظفر فوقها ، بل فى عبورها عدوا بفعالية . ويمكن الحكم على تكتيك اجتياز الموانع من خلال فرق الزمن بين قطع المسافة مع الحواجز وعدوها بدون حواجز . ويزيد العداء سرعته فى مرحلة تسارع الانطلاق فى خلال عدد معين من الخطوات وأثناء ذلك يقوم جذعه بوقت مبكر كما فى العدو العادى للمسافات القصيرة من أجل اجتياز المانع الأول . ولا اجتياز المانع بنجاح وبشكل تكتيكى يجب على العداء امتلاك مرونة جيدة ، وسهولة فى حركة مفاصل الفخذين ، وحذاقة وتنسيق الحركات . أما ضمان النجاح فى عدو الموانع ، فهو انتظام قطع المسافة .

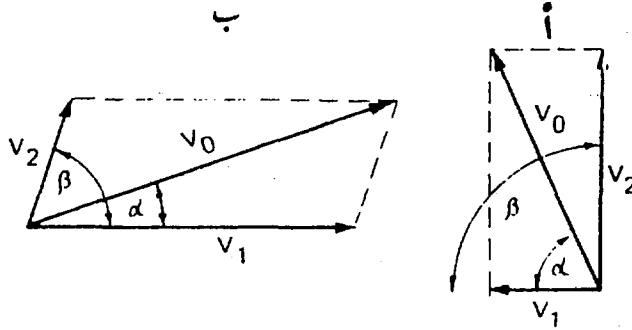
281

أ - إمكانية تركيز الجهود فى أثناء الاندفاع .

ب - مدى حركات اللاعب (تقويم القدم الدافعة ، استقامة الجذع ، رفع اليدين ، والكتفين والقدم الملوحة . . . الخ) .

وكلما زاد ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم فى مساره الأقصى وقل الزمن المبذول على ذلك ، كانت الدفعة أكثر قوة . وفعالية الدفعة تتوقف على قوة عضلات الوائب أو القافر ، وسرعة انقباضها وعلى وزن جسمه . فاللاعبون الذين يتمتعون بقوة عضلية كبيرة وبسرعة أكثر وبأوزان أخف بالنسبة لطولهم ، يحرزون نتائج رياضية أعلى . ومن حيث الأهمية لاتقل أهمية عناصر تكنيك الوثبات أو القفزات - زاوية الاندفاع ، وزاوية الطيران .

وزاوية الاندفاع : هى الزاوية بين سطح الأرض وبين اتجاه الدفعة فى نهاية لحظة الدفع ، أما زاوية الطيران : فهى الزاوية بين سطح الأرض واتجاه طيران الوائب أو القافر شكل (١٣٦) .



شكل (١٣٦) أ - زاوية الطيران فى الوثب - زاوية الطيران فى الوثب الطويل

فى مختلف أنواع الوثبات والقفزات وبالارتباط مع خصوصية اجتياز الحواجز تمتلك كل من زاوية الاندفاع وزاوية الطيران مداهما الأنسب . ففي الوثب العالى تقترب زاوية الاندفاع من ٩٠ درجة ، أما زاوية طيران اللاعبين المهرة فتصل إلى (٧٠ - ٨٠ درجة) وعند اللاعبين الأقل مهارة إلى (٦٠ - ٦٥ درجة) ويكون اتجاه الطيران بقدر الإمكان إلى أعلى . أما فى الوثب الطويل تصل زاوية الاندفاع إلى (٧٥ - ٨٠ درجة) وتكون زاوية الطيران ما بين (١٦ - ٢٥ درجة) ويكون اتجاه الطيران فى اتجاه للأمام .

ويلعب اتجاه الرياح وقوتها دورا معينا فى أداء الوثبات أو القفزات، فحسب قوانين مسابقات ألعاب القوى يفترض أن لاتزيد قوة الرياح الموءاتية عن ٢م/ث لكى يتم الاعتراف بالأرقام القياسية المسجلة فى الوثب أو القفز.

ولإحراز نتائج عالية يسعى الوثاب أو القافز إلى الحصول على أكبر سرعة فى بداية طيران الجسم موجه بأمثل زاوية انطلاق. وتحل هذه المهمة بالاقتراب وأخذ الارتقاء. ففى أثناء الاقتراب يكتسب اللاعب السرعة الأفقية الضرورية ويستفيد اللاعب فى الخطوات الأخيرة من الاقتراب لأخذ الارتقاء، وخلال الاندفاع (الدفع) تتكون السرعة الرأسية. وتصل السرعة الأفقية فى الوثب العالى إلى (٥م/ث - ٥,٧م/ث) وأكثر، أما السرعة الرأسية فتصل إلى (٥,٣م/ث - ٧,٤م/ث) وأكثر.

لذلك فإنه عندما تزيد السرعة الرئيسية عن السرعة الأفقية تخلق الظروف لتحقيق الاندفاع لأعلى مما يكفل إمكانية اجتياز العارضة على ارتفاع أعلى، وفى الوثب الطويل تصل السرعة الأفقية إلى ١٠م/ث فأكثر، أما السرعة العمودية (الرئيسية) فتصل إلى (٣م/ث - ٣,٥م/ث). ولذلك فإنه فى ظل سرعة عمودية كافية وسرعة أفقية كبيرة يتمكن اللاعب من الوثب أبعد للأمام فى الوثب الطويل.

وفى الوثبة الثلاثية تصل السرعة الأفقية المكتسبة من الاقتراب ١٠م/ث وأكثر. ولكن بالارتباط مع وجود ثلاث اندفاعات فى هذه الوثبة، تقلل السرعة الأفقية تبعا لذلك فى «الحجلة» إلى (٨,٩م/ث) وفى «الخطوة» إلى (٥,٨م/ث) وفى «الوثبة» إلى (٥,٧م/ث) وتكون مهمة الوثاب الرئيسية المحافظة بقدر الإمكان على السرعة الأفقية وفى نفس الوقت تطوير السرعة الرأسية فى كل جزء من أجزاء الوثبة.

أما فى القفز بالزانة فتصل السرعة الأفقية إلى (٩م/ث - ٩,٥م/ث) ويحمل القافز الزانة أثناء الاقتراب بكلتا اليدين. ويعيق ذلك أداء عملية التلويح باليدين. ومن الضرورى أن يتوافق اتجاه الاندفاع عن الأرض وزاوية طيران القافز، مع حركة تقدم الزانة للأمام وتقوسها.

تعتبر مرحلة الارتقاء فى ألعاب القوى مرحلة صعبة ومهمة حيث يتوقف على نجاحها إنجاز الواجب الحركى للوثب أو القفز وتتوقف قوة الدفعة على الشروط التالية:

جدول (١٠) مدلولات تصف وثبات أمهر اللاعبين

نوع	الوثبة	طول مرحلة الاقتراب بالمتري	عدد الخطوات	سرعة الاقتراب (م/ث)
العالى		١٢ - ١٨	٧ - ١١	٧ - ٨
الطويل		٤٢ - ٤٦	٢٢ - ٢٤	١٠
الثلاثية		٣٨ - ٤٢	١٩ - ٢٢	١٠
الزانة		٣٥ - ٤٥	١٨ - ٢٢	٩ - ٩,٥

فى تلك الأنواع من الوثبات أو القفزات، حيث تكون سرعة الاقتراب قبل الاندفاع قريبة من الحد الأقصى يقع طول خطوة الاقتراب فى حدود المسافة التى يقوم خلالها عداء المسافات القصيرة بالوصول إلى سرعته القصوى. وتكنيك أداء حركات خطوة العدو فى الأساس يشبه تكنيك العدو السريع. بيد أن أداء الاقتراب له صفاته الخاصة فطول خطوة الاقتراب عند كل لاعب محدد تم تقنينها فى مجرى التدريب. ويرتبط هذا بكون أن من الضرورى للعداء أن يضع بدقة قدمه الواقفة على مكان الاندفاع. لذلك فإن طول الخطوات، وارتفاع العدو ينبغى أن يكونان ثابتين. ومن المهم جدا أن تؤدى الخطوات الأخيرة قبل الاندفاع بالطول المناسب، بالارتباط مع نوع الوثبة، لأجل وضع القدم بدقة مكان الدفعة. وتؤدى خطوات الاقتراب بسرعة تزايدية حيث يتم الوصول إلى أقصى سرعة فى الخطوات الأخيرة.

أن سرعة الاندفاع فى علاقة متبادلة مع سرعة الاقتراب كما يلى:

كلما كانت الخطوة الأخيرة من الاقتراب أسرع كلما كان وضع القدم الدافعة على الأرض وأداء الاندفاع بفعالية أكبر.

ويتوقف طول وإيقاف الخطوات والسرعة المتزايدة بالمسافة خلال الخطوات الثلاثة أو الأربعة الأخيرة فى الاقتراب فى مختلف أنواع الوثبات أو القفزات على مقدار زاوية الاندفاع فكلما كانت زاوية الاندفاع كبيرة، كلما بعدنا عن مركز إسقاط ثقل كتلة

وفى القسم الأول من الوثبة الثلاثية «الحجلة» تكون زاوية الاندفاع بين (٦٠ - ٦٨ درجة)، وزاوية الطيران بين (١٤ - ١٨ درجة)، وفى القسم الثانى «الخطوة» تكون (٥٨ - ٦٣ درجة) و(١١ - ١٥ درجة) على التوالى. أما فى القسم الثالث الوثبة فتكون (٦٠ - ٦٨ درجة) و(١٨ - ٢٤ درجة) على التوالى وفى القسم الأول والثانى يكون اتجاه الطيران بدرجة أكبر للأمام، أما فى القسم الثالث فإلى الأمام ولأعلى.

وفى القفز بالزانة الحديثة فتكون زاوية الاندفاع ما بين (٧٠ - ٧٥ درجة) وزاوية الطيران ما بين (١٧ - ٢٠ درجة)، ويكون اتجاه الطيران لأعلى وللأمام.

وترتبط الزاوية الأنسب للاندفاع مع كمية السرعتين الرئيسة والأفقية، تكتيك الخطوتين الأخيرتين خلال مرحلة الاقتراب، ووضع القدم للدفع والاتجاه الضرورى لطيران اللاعب.

وتعتبر كل وثبة أو قفزة هى عبارة عن فعل حركى موحد، مؤدى بسلامة وبإيقاع محدد. وتتألف الوثبة أو القفز من مراحل متعددة، مرتبطة بشدة فيما بينها.

ويتنسب إلى هذه المراحل: الاقتراب والاعداد للدفع، الدفع، الطيران، الهبوط. وأهمية المراحل المنفردة لأجل إحراز نتائج فى مختلف الوثبات أو القفزات غير متساوية.

فإذا كانت مرحلتى الاقتراب والدفع تملك أهمية كبيرة لجميع الوثبات والقفزات، فإن الطيران يلعب دورا أكبر فى الوثب العالى والقفز بالزانة، أما الهبوط - ففى الوثب الطويل والوثبة الثلاثية.

ويعتبر الطيران المؤدى بشكل صحيح فى الوثبات والقفزات التى تتطلب اجتياز حواجز عمودية هو الأكثر أهمية لإحراز نتائج رياضية، أما الهبوط المؤدى بشكل جيد فى الوثبات والقفزات مع اجتياز حاجز أفقى فيكفل طولا أكبر للوثبة أو القفزة.

الاقتراب والاستعداد للاندفاع :

يكتسب اللاعب سرعة أفقية نتيجة للعدو خلال مرحلة الاقتراب ويستعد للاندفاع فى الخطوات الأخيرة من الاقتراب، ويتوقف طول مرحلة الاقتراب على السرعة التى يجب أن يتوصل إليها اللاعب عند الاستعداد للدفع انظر جدول (١٠):

وتساعد تلويحة الذراعين فى زيادة قوة الاندفاع . وتؤدى حركة تلويح الذراعين فى الوثب العالى لأعلى وللأمام ، أما فى الوثب الطويل فإن إحدى الذراعين تقوم بالتلويح لأعلى وللأمام فى حين تلوح الأخرى فى نفس اللحظة للجانب ولأعلى . وتؤدى التلويحة فى الوثبة الثلاثية بالذراعين معا أو بالتبادل . وفى القفز بالزانة تؤدى حركة التلويح بالذراعين لأعلى وللأمام .

والجدير بالذكر أنه خلال قطع مسافة ٢٥ - ٣٠٪ من المسار يتم رفع مركز ثقل كتلة الجسم عن طريق حركتى تلويح الرجل الحرة والذراعين .

وتتوقف سرعة الرجل الدافعة على سرعة حركة الرجل الملوحة والذراعين . وللحصول على منحنى طيران عالى لابد الاهتمام بزيادة سرعة الحركات العاملة بالمدى الأقصى المسموح به ، فزيادة ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم فى مرحلة الاندفاع وأقلال زمن الوقفة يؤثران بشكل إيجابى على إحراز نتيجة عالية فى الوثبات . ويبدأ الطيران عقب الاقتراب والدفع ويكون فى اتجاه زاوية محددة .

مرحلة الطيران :

مواصفات الطيران :

عقب الاندفاع يصبح الجسم طليقا فى الهواء بفعل قوة الاستمرار وعلى حساب السرعة المكتسبة من الاقتراب والارتقاء . ويتوقف مسار طيران حركة ثقل كتلة الجسم على السرعة الابتدائية للطيران ، وزاوية الطيران ، مقاومة الهواء وفعل قوة الجاذبية الأرضية . وحسب قوانين الديناميكا فإن أى حركة يقوم بها الواثب خلال الطيران لايمكنها تغيير مسار مركز ثقل كتلة الجسم . وكل انتقال لأية حلقة من حلقات الحركة فى جسم الواثب تتم فقط حول مركز ثقل كتلة الجسم . وتستدعى حركة بعض أجزاء الجسم فى اتجاه معين موازنة حركة أجزاء الجسم الأخرى فى اتجاه معاكس .

وتتمثل المهمة الرئيسية للواثب فى مرحلة الطيران فى اجتياز الحواجز (عمودية أو أفقية) على حساب حركات مقتصدة ومنضبطة . ويتميز الطيران بأهمية خاصة فى الوثب العالى والقفز بالزانة حيث من الضروري اجتياز العارضة بدون إسقاطها . كلما

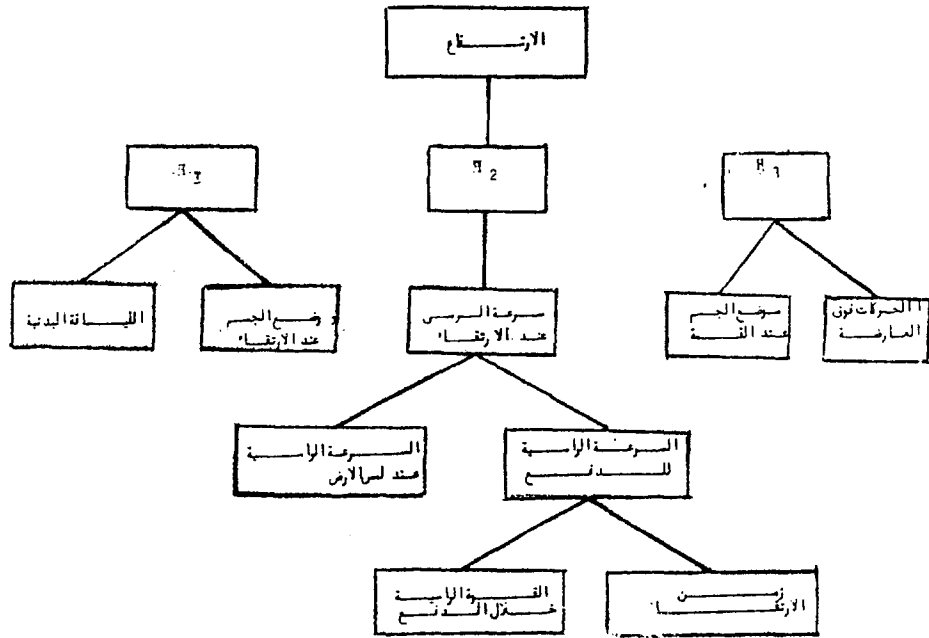
جسم اللاعب وتوضع القدم الدافعة للأمام. وأبعد مسافة لوضع القدم الدافعة في الوثب العالى، أقلها في القفز بالزانة. ففي الوثبات العالية تكون طول الخطوات قبل الاندفاع في ازدياد، ماعدا الخطوة الأخيرة والتي تكون أقصر من الخطوة قبل الأخيرة. وفي الأنواع الأخرى قليلا ما يتغير طول الخطوات أثناء الاقتراب من الاندفاع. وتؤدي الخطوة الأخيرة بشكل أقصى حتى يتم المحافظة على السرعة الأفقية لاجل فعالية الاندفاع.

الارتقاء (الاندفاع):

مواصفات الارتقاء:

في نهاية الاقتراب توضع القدم الدافعة بفعالية ومرونة على مكان الاندفاع مع ثنى مفصل الركبة قليلا - توجد أنواع خاصة لكيفية وضع الرجل في مختلف أنواع الوثبات والقفزات، ففي الوثب العالى توضع الرجل عن طريق الكعب والتدحرج لاحقا على كل القدم، وفي الوثب الطويل توضع كل القدم أو على الكعب ثم التدحرج على كل القدم، وفي الوثبة الثلاثية توضع القدم بشكل مسطح على كل القدم أو على الكعب ثم التدحرج على كل القدم، وفي القفز بالزانة توضع القدم بشكل مسطح على كل القدم.

ويبدأ الاندفاع منذ لحظة لمس مكان الدفع بالقدم الدافعة. وتوجد مرحلتين خلال الاندفاع مرحلة الإيقاف، مرحلة الدفع، ففي مرحلة الإيقاف يقوم الوثاب في البداية بتقليل قوة الضربة الديناميكية عند وضع الرجل الدافعة المرتكزة. ويزداد بسرعة الحمل الواقع على عضلات هذه الرجل. وتسترخى العضلات المنقبضة، ويساعد ذلك في التأثير بعد انثناء مد الرجل الدافعة. وتبدأ مرحلة الاندفاع المؤثرة في تلك اللحظة، عندما تنتهى الرجل الدافعة من الانثناء من مفصل الركبة. وتختلف زاوية الانثناء باختلاف أنواع الوثبات والقفزات، فمثلا في الوثب العالى تنثنى الرجل الدافعة (من ١٣٢ إلى ١٣٥ درجة) أما سرعة وقوة الاندفاع فتتوقف على الحركات التلويحية للرجل الحرة والذراعان والجذع وتؤدي التلويحة في الوثب العالى برجل مستقيمة أو منحنية في حين تؤدي التلويحة في الوثبات الأخرى برجل منحنية فقط.



شكل (١٣٧) العوامل الأساسية في الوثب العالي

حيث أن A_1 = ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم لحظة الانطلاق.

A_2 = الارتفاع الذي تم رفع مركز ثقل كتلة الجسم إليه خلال الطيران.

A_3 = فرق المسافة بين أقصى ارتفاع لمركز ثقل كتلة الجسم وارتفاع العارضة

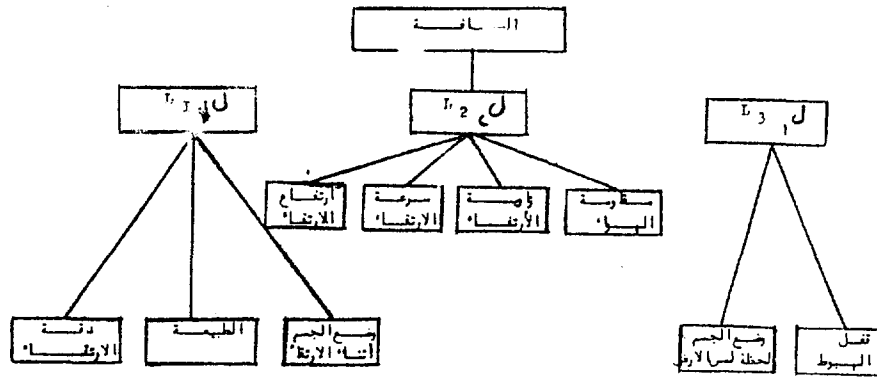
تلخيص :

العلاقة بين المسافة التي يشهها لاعب الوثب الطويل والعوامل المحددة لهذه المسافة باختصار في شكل (١٣٨).

حيث أن L_1 = المسافة بين الحافة الأمامية للوحة الارتقاء وحركة ثقل الجسم لحظة الانطلاق.

L_2 = المسافة بين مركز ثقل كتلة الجسم لحظة لمس الكعبيين الأرض أثناء الهبوط وحركة ثقل كتلة الجسم لحظة الانطلاق.

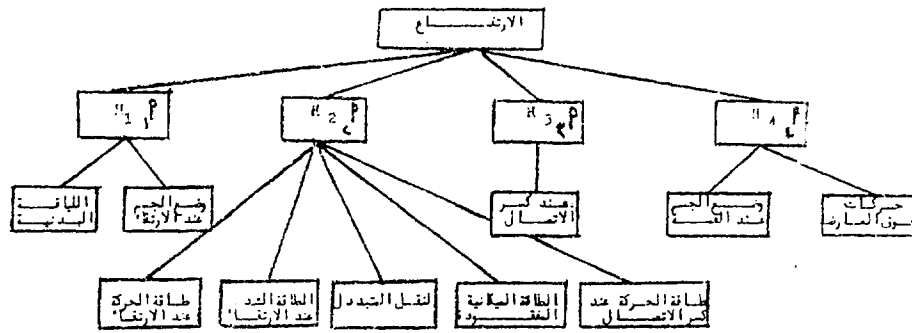
L_3 = المسافة بين مركز ثقل كتلة الجسم لحظة لمس الكعبيين الأرض والعلاقة على الرمل التي تؤخذ لقياس المسافة.



شكل (١٣٨) العوامل الأساسية في الوثب الطويل

تلخيص :

العلاقة بين الارتفاع الذي يقفزه لاعب الزانة والعوامل المحددة لهذا الارتفاع باختصار في شكل (١٣٩).



شكل (١٣٩) العوامل الأساسية في القفز بالزانة

حيث أن A_1 = ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم لحظة أخذ الارتفاع.

A_2 = الارتفاع الذي ارتفع إليه مركز ثقل كتلة الجسم خلال تواجده على الزانة.

A_3 = الارتفاع الذي ارتفع إليه مركز ثقل كتلة الجسم خلال الطيران.

A_4 = الفرق بين أقصى مسافة وصل إليها مركز ثقل كتلة الجسم وارتفاع

العارضة.

الرمى :

الهدف من الرميات هو إبعاد الأداة الرياضية عن طريق الرمي أو القذف، لأبعد مسافة ممكنة دون مخالفة قواعد المباريات.

وتظهر صعوبات معينة أثناء الرميات، مرتبطة بمحدودية مجال حركة اللاعب عند رمى الأداة (طول الدائرة التي يحرك فيها الرامى فى مسابقتى دفع الجلة إطاحة المطرقة (٢١٣سم)، وللقصر (٢٥٠سم)، وضيق القطاع المخصص لهبوط الأداة، مع وجود شبكات عالية للحماية ومجال ضيق لتحليق القرص، والمطرقة (بعرض ٦م) كل هذه التحديدات تتطلب من اللاعب دقة عالية وثباتا فى التكنيك عند أداء الحركات.

وتعتبر الجلة والقرص من أنواع الحركات الوحيدة، أما الرمح، والمطرقة فتعتبر من أنواع الحركات المختلطة. ومن حيث تأثيرها على جسم اللاعب ترتبط الرميات بإظهار القوة المميزة بالسرعة للاعب. حيث يتحتم على رامى الرمح انهاء السرعة أثناء إطلاق الأداة إلى (٣٥م/ث) أما رامى المطرقة فلاجل المحافظة على التوازن الديناميكي يضطر إلى مقاومة قوة طاردة مركزية كبيرة للأداة (٣٥٠ كجم وأكثر).

ولتحقيق نتائج عالية يبذل اللاعب جهدا عصبيا وعقليا كبيرا ولايمكن بذله بدون التطوير الجيد للسرعة والقوة. وبالنظر للتكنيك المعقد يتطلب الأمر من اللاعب درجة عالية من تنسيق الحركات التى يجب أن يظهرها فى شروط محدودية مكان الرمي، والسرعة العالية لحركته، ودوام تميز صفاتها واتجاهاتها وتوجيه الجهود بدقة فى الدوران (خاصة الأدوات التحليقية)، وإمكانية استخدام الصفات الفردية الخاصة بالارتباط مع إتقان التكنيك لها أهمية كبيرة فى النجاح الأداء، أى ان إمكانية استخدام الحركة التمهيدية لخلق الشروط من أجل أداء الجهد النهائى بنجاح. ويقيم نجاح أداء الحركة الكاملة وأجزائها بالفرق بين بعد تحليق (طيران) الأداة فى الرميات من الحركة التمهيدية ومن الرمي من المكان. ففى التكنيك الجيد تضاف الزيادات التالية إلى الرمي عن المكان:

فى دفع الجلة (٥، ١م - ٢م)، وفى إطاحة القرص (٨م - ١٢م) وفى رمى المطرقة (٢٥م - ٣٢م)، وفى رمى الرمح (٢٥م - ٣٠م).

وتقسم رميات ألعاب القوى وفقا لوزن الأداة وشكلها إلى ما يلي :

- ١ - رمى أدوات خفيفة (الرمح).
 - ٢ - رمى أدوات متوسطة الوزن (قذف القرص).
 - ٣ - رمى أدوات ثقيلة (دفع الجلة).
- ويعتمد مدى رمى الأداة فى ألعاب القوى فى الظروف العادية التى تجرى فيها التدريبات أو المسابقات على ما يلى :
- ١ - السرعة الابتدائية للأداة لحظة الطيران «التحليق» .
 - ٢ - زاوية الطيران .
 - ٣ - مستوى انطلاق الأداة .
 - ٤ - مقاومة الهواء .
 - ٥ - زاوية هجوم الأداة .
 - ٦ - تصميم وشكل الأداة المقذوفة .
- ولننظر فى تأثير كل من هذه العناصر على بعد تحليق الأداة المقذوفة فى ألعاب القوى .

١ - السرعة الابتدائية للأداة فى لحظة الطيران:

- فى مختلف أنواع الرميات تكون السرعات الابتدائية للمقذوف كالتالى :
- (أ) فى رمى الرمح للرجال عندما ترمى الأداة إلى أبعد من ٩٠ مترا تكون السرعة الابتدائية ٣٥ م/ث ، وللنساء عندما ترمى الأداة إلى أبعد من ٦٠ مترا تكون السرعة الابتدائية ٢٠ م/ث .
 - (ب) فى إطاحة المطرقة إلى أبعد من ٧٠ مترا تكون السرعة الابتدائية ٢٦ م/ث .
 - (ج) فى قذف القرص إلى أبعد من ٦٠ مترا (للرجال والنساء) تكون السرعة الابتدائية ٢٦ م/ث .
 - (د) فى دفع الجلة إلى أبعد من ١٩ مترا (للرجال والنساء) تكون السرعة الابتدائية ١٣ م/ث وأكثر .

وتتوقف مسافة الطيران على السرعة الابتدائية لحظة الطيران وهذه السرعة تنشأ من سرعة انطلاق المقذوف في الجزء الابتدائي من الحركة ومن السرعة المكتسبة في الحركة النهائية. ويختلف مستوى أهمية الاقتراب والحركة النهائية لتسارع الأداة بالنسبة لكل نوع من أنواع الرميات كما في الجدول (١١).

جدول (١١) اختلاف مستوى أهمية الاقتراب والحركة النهائية
لتسارع الأداة بالنسبة لكل نوع من أنواع الرميات

أنواع الرميات	الاقتراب		الحركة النهائية		السرعة الابتدائية	
	ث/م	%	ث/م	%	ث/م	%
دفع الجلة	٢ - ٢,٢	١٥	١١,٨	٨٥	١٣	١٠٠
رمى الرمح	٦ - ٨	٢٠	٢٢	٨٠	٣٠	١٠٠
قذف القرص	١٠ - ١٢	٤٥	١٥	٥٥	٢٧	١٠٠
إطاحة المطرقة	٢٢	٨٥	٤	١٥	٢٦	١٠٠

يتضح من الجدول السابق، أن الأهمية الأكبر في تعجيل الإدارة في دفع الجلة ورمى الرمح مردها للجهد النهائي، أما في قذف القرص فإن جزئي التكنيك يمتلكان نفس القدر من الأهمية تقريبا، في حين أن الجزء الأكبر من السرعة في إطاحة المطرقة يتم اكتسابه في التدريبات والدورات التمهيدية. ولكن من الخطأ الاعتقاد بأنه يوجد أجزاء حركات رئيسية وأخرى ثانوية، بل الأصح القول إنه يوجد أجزاء أساسية وأخرى مساعدة مع اختلاف مستوى أهميتها التكنيكية. ويجب أن يوضع هذا في الاعتبار عند تدريس وتكامل الإعدادات التكنيكية للرامي.

وهناك علاقة طردية بين السرعة الابتدائية وأطول المسافات التأثير على الأداة، فكلما كانت المسافة أطول كلما كان طول فعالية تسارع أيهما والأداة أكبر كما في جدول (١٢).

كما أن الزمن الذى يقوم خلاله اللاعب بالتأثير على الأداة فى خلال المسافة المعنية توجد بينه وبين الوصول لأكبر سرعة ابتدائية علاقة عكسية أى كلما قل وقت تأثير اللاعب على الأداة كانت السرعة أكبر .

جدول (١٢) نوع الرمية - طول المسافة خلال خطوات الاقتراب الجهد النهائى

أنواع الأدا	طول المسافة بالمتر	
	خطوات الاقتراب	الجهد النهائى
دفع الجلة	١ - ١,٢٠	١,٥ - ١,٧
قذف القرص	١٠ - ١٢	٣,٥ - ٤,٥
رمى الرمح	أكثر من ٢٠	٣ تقريبا
إطاحة المنطرة	أكثر من ٦٠	أكثر من ٦

ومقادير هذه المؤشرات تحددها المعطيات البدنية العضلية والإعدادات التكنيكية للاعب .

زاوية انطلاق الأداة :

تعتبر أفضل زاوية للحصول على أكبر مسافة أفقية نظريا هى الزاوية (٤٥ درجة) - بدون حساب زاوية المكان ومقاومة الهواء - ولكن زاوية الانطلاق الأنسب الفعلية يجب أن تكون أقل بهدف استغلال الصفات الايرووديناميكية للأدوات القادرة على الطيران بشكل أحسن، وخلق شروط مناسبة لأجل عمل المجموعات العضلية الأساسية، المعجلة للأداء، واستخدام تيار الهواء لأجل زيادة بعد طيران الأداة، وبسبب ارتفاع إطلاق الأداة (وجود زاوية المكان) .

ويكون معدل زاوية الانطلاق فى مختلف الرميات كالآتى :

١ - فى دفع الجلة من ٣٩ - ٤٢ درجة .

٢ - فى قذف القرص من ٣٦ - ٣٩ مع اتجاه الرياح للرجال والنساء من ٣٣ - ٣٥ درجة أما الرمي عكس اتجاه الرياح ٢٧ - ٣٠ درجة .

٣ - فى رمى الرمح ٣٠ درجة تقريبا .

٤ - فى إطاحة المطرقة من ٤٢ - ٤٤ درجة .

وتؤثر زاوية الانطلاق تأثيرا كبيرا على مدى بعد تحليق الأداة . فمثلا فى إطاحة المطرقة بسرعة ٢٤م/ث وعندما يكون ارتفاع الإطلاق ٢ متر تكون علاقة الارتباط بين زاوية الانطلاق وبعد الطيران (التحليق) كالآتى :

زاوية الانطلاق	بعد الرمية
٣٥	٤٨, ٩٢ م
٣٥	٥٧, ٨٩ م
٤٥	٦٠, ٥٢ م

وكلما كانت سرعة إطلاق الأداة أكبر، كلما استلزم إطلاق الأداة بزاوية أكبر . فمثلا فى دفع الجلة وفى ظل ظروف متساوية ثابتة، عندما تكون السرعة الابتدائية مساوية ١١م/ث، تكون الزاوية المثلى لطيران الأداة ٦, ٤٠ درجة، وفى سرعة ١٢م/ث تكون زاوية الانطلاق ٢, ٤١ درجة، أما فى سرعة ١٣م/ث فالزاوية تكون ٧, ٤١ درجة ويتم ضمان زاوية الانطلاق فى الجهد النهائى من إطلاق الأداة من الناحية التكنيكية من خلال صحة حركة دفع الرجلين وحركات اليدين الموجهة - وزاوية الانطلاق فى ترابط متبادل مع مستوى ارتفاع إطلاق الأداة . (٣ : ٤٨ - ٤٩) .

مستوى ارتفاع انطلاق الأداة :

يتوقف الارتفاع الذى يتم منه إطلاق الأداة على طول قامة اللاعب وطول يديه وإمكانيته فى أداء الجهد النهائى . فكلما كان ارتفاع إطلاق الأداة أكبر، كلما تطير الأداة لمسافة أكبر وذلك فى ظل شروط متساوية ثابتة .

فعلى سبيل المثال، فى دفع الجلة، إذا كانت السرعة الابتدائية مساوية ١٣م/ث وزاوية الانطلاق ٤١ درجة، فإن الارتباط بين ارتفاع الانطلاق وبعد الطيران يكون كالآتى :

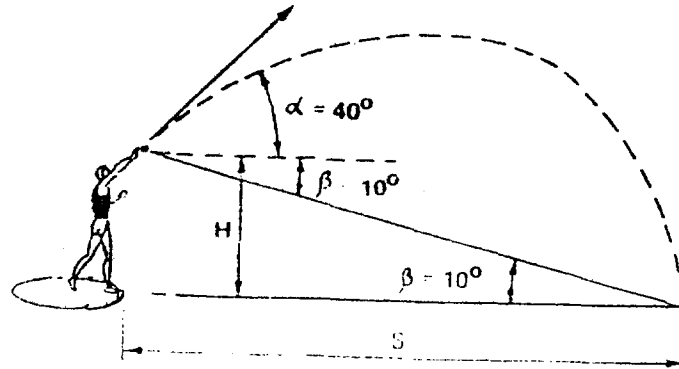
١ - عندما يكون ارتفاع الانطلاق مساوى ٨, ١م يبلغ بعد الطيران ٩٣, ١٨م .

٢ - عندما يكون ارتفاع الانطلاق مساوى ٢,٢ متر يبلغ بعد الطيران ١٩,٣٩ متر .

٣ - عندما يكون ارتفاع الانطلاق ٢,٦ متر يبلغ بعد الطيران ١٩,٦٦ مترا .

ويلاحظ هذا الشكل من العلاقة المترابطة فى الرميات الأخرى أيضا .

ويؤثر ارتفاع نقطة الانطلاق على مقدار زاوية الانطلاق، فكلما كان ارتفاع الانطلاق أكبر كلما قل مقدار زاوية الطيران بالنسبة إلى زاوية ٤٥ درجة الملائمة نظريا . لذا من الأفضل إطلاق الأداة بزاوية إطلاق أقل . ويتأكد ذلك من خلال تغيير «زاوية الموقع» شكل (١٤٠) .



شكل (١٤٠) زاوية إطلاق الأداة بزاوية أقل من ٤٥ درجة الملائمة نظريا

وتنشأ زاوية الموقع من تلاقى الخط الواصل بين نقطة هبوط الأداة ونقطة انطلاقها من يد الرامى من جهة، وخط الأفق المار عبر نقطة ارتكاز اللاعب ونقطة هبوط الأداة من جهة أخرى، وهناك علاقة طردية بين «زاوية الموقع» وارتفاع نقطة إطلاق الأداة وعكسية بينها وبين بعد الطيران . وأكبر «زاوية موقع» توجد فى دفع الجلة وتتراوح بين ٥٥,٥ - ١٠ درجة ولذلك فإن زاوية الانطلاق المثلى هى بين ٣٩ - ٤٢ درجة، وفى الرميات الطويلة يصل مقدار قيمة «زاوية الموقع» إلى ٢ - ٣ درجة، وبالارتباط مع هذا

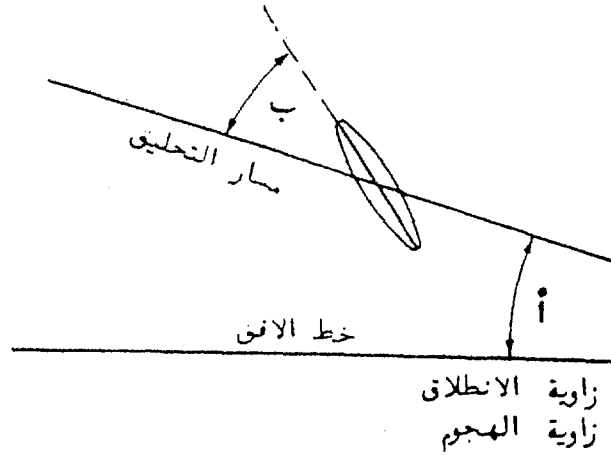
فإن زاوية الانطلاق فى رمى المطرقة يقترب إلى ٤٤ - ٤٥ درجة . وبالإضافة إلى هذه العوامل فإن اتجاه الرياح وقوتها تؤثر أيضا على تغيير زاوية انطلاق الأدوات المحلقة (القرص - الرمح) .

مقاومة الوسط الجوى المحيط (مقاومة الهواء) :

يظهر تأثير اتجاه قوة الرياح فى تكنيك أداء الرمى ، فالرياح المواتية ، مهما صغرت تزيد من بعد المسافة فى رمى المطرقة والجللة ، أما الرياح المعاكسة فتقلل بالمقابل من بعد الطيران . إلا أن بعد الطيران لا يقل فى حالة رمى الأدوات المحلقة بعكس الرياح ، بل يزداد . وهكذا ، فعند قذف القرص بعكس الرياح تطير الأداة أبعد بـ ٣ : ٥ , ٣ م . ولذلك من الأفيد رمى الأدوات المحلقة بعكس الرياح . ولكن رمى الأداة بعكس الرياح يستلزم متطلبات عالية من ناحية تكنيك أداء الحركات وخاصة من ناحية دقة إطلاق الأداة بزاوية طيران وزاوية هجوم محدودتين فأقل قدر من عدم الدقة فى الحركة سيؤدى ليس إلى زيادة بعد الرمية بل إلى تقليله بشكل كبير . ولأجل استقلال صفات التحليق للأداة بشكل أفضل من المهم اختيار زاوية الهجوم وأداء الرمية بهذه الزاوية بدقة .

زاوية هجوم الأداة :

فى مرحلة طيران الرمح والقرص تظهر هذه الأدوات صفاتها المحلقة فى الجزء المتناقص من مسار الطيران أثناء الرمى بعكس الرياح . ويساعد فى ذلك الوضعية المثلى للأداة وزاوية الهجوم الإيجابية بالنسبة لتيار الهواء المعاكس . وتنشأ زاوية الهجوم من سطح الأداة ومسار تحليقها (شكل ١٤١) . ويمكن لزاوية الهجوم أن تكون إيجابية ، أى تحسن تحليق الأداة وتزيد من بعد الرمية ، وسلبية أن تقلل من بعد طيران القرص أو الرمح . وتتوقف قيمة زاوية الهجوم على قوة واتجاه الرياح الهابة المعاكسة ، وعلى الخواص الأيروديناميكية للأداة . وفى قذف القرص بعكس الرياح ، تكون قمة زاوية الهجوم بالمعدل ما بين ١٠ - ١٢ درجة ، أما فى رمى الرمح فتكون ٣ - ٤ درجة .



شكل (١٤١) زاوية هجوم الأداة خلال قذف القرص

عند دراسة تكامل تكنيك الحركات من الضروري اكتساب خاصية أمان إطلاق الأداة بزاويتي الطيران والهجوم الضروريتين وذلك بالارتباط مع تغيير قوة الريح واتجاهها. وينبغي على الرامي أن يحس بالأداة، وبشكل مستمر في أثناء إعداداته التكنيكي. كما أنه من الضروري تحسين الإعدادات التكنيكي لرمى الأدوات من مختلف الأوزان والأشكال والتراكيب. وذلك لكي يتم ضمان دقة بذل الجهود بغض النظر عن مواصفات الأداة (٥١، ٥: ٣).

تصميم وشكل الأداة :

يتم بشكل متواصل مع مرور الزمن وفي حدود قواعد المباريات تحسين الشكل الخارجى للأداة والمواد التى تصنع منها. فبعد طيران الأداة يتعلق بإمكانياتها الأيروديناميكية - مساحة مقطعها العرضى، كيفية توزيع كتلتها، درجة ملاسة سطحها وغيرها - وفي الوقت الحالى يتم استعمال أنواع من الرماح والأقراص ذات مستويات عالية من التحليق حيث تستعمل لكل مسافة معينة رماح خاصة: رماح للرمى إلى ٧٠ م، ٨٠ م، ٩٠ م للرجال، ورماح للرمى إلى ٥٠ م، ٢٦ م وأكثر للنساء. وترتبط صفاتها اللازمة للتحليق باختلاف موقع مركز ثقل جسمها وتظهر بالعلاقة مع قوة الجهد النهائى. فإذا ما استخدم الرامى صاحب الرقم القياسى الشخصى الذى لا

يزيد عن ٦٠م، الرمح المخصص للرمى إلى مسافة ٩٠م فأكثر، فيمكن القول مسبقا إن رميته ستكون فاشلة ولن تحسب نتيجتها، ذلك لأن الرمح سيهبط بشكل منبسط. ويجب على اللاعب أن يكون على مستوى معين من الإعداد البدنى التكنيكي، وعندئذ فقط يمكن القول إن بإمكانه إحراز النتائج الرياضية العالية.

وتستعمل فى قذف القرص أنواع عادية من الأقراص وأخرى ذات صفات محلقة محسنة. فمن السهل تنفيذ الرمية بنجاح بالأداة العادية إلا أنها تطير لمسافة قصيرة، فى حين أنه من الصعب تنفيذ الرمية بالأداة المحلقة، إلا أنها تطير لمسافة أقل. ويفضل استعمال الأداة العادية عند التدريب على تكنيك الأداء، أما الأدوات المحلقة فحين استكمال تكنيك الأداء على مستوى المهارة الرياضية العالية. وفى سبيل طيران الرمح والقرص بأفضل توازن يقوم الرامى فى اللحظة الأخيرة من الإطلاق بتدوير الأداة.

ومن المسائل المهمة فى رمى المطرقة بعد مركز ثقل كتلة جسم الأداة عن مقبضها. والفرق بين بعد مركز ثقل جسم المرققات المصنوعة من حديد الزهر والمطرقات المصنوعة من الولفرام يصل إلى ٩, ١سم. لذا تفضل المطرقات المصنوعة من المعدن ذى الثقل النوعى الأكبر. ومن المهم أخذ موقع مركز ثقل كتلة ذى الثقل النوعى الأكبر. ومن المهم أخذ موقع مركز ثقل كتلة الأداة بعين الاعتبار عند تحسين تكنيك الرمى.

ومن المسائل المؤثرة على مدى طيران الجسم المقذوف أيضا تكنيك أداء أقسام ومراحل وعناصر تكامل الحركة. وتلعب صحة تتابع حركة الأجهزة المختلفة للجسم - الرجلين، الجذع، اليدين الراميتين أو اليد - دورا كبيرا. وفى الأنواع التى يتم فى القسم النهائى من الرمية جعل الأداة تدور (الرمح، القرص) لايجوز أن يكون الدوران سريعا جدا، وذلك لأن مدى طيران الأداة سيكون قصيرا. ويعنى ذلك إعطاء اهتمام خاص فى دفع الجلة ورمى الرمح والقرص لتكنيك حركة اليد الرامية من وجهة نظر صحة أداء الحركة منذ الدروس الأولى.

ولتسهيل القيام بالتحليل فى تكنيك الرمى يمكن تقسيم الحركة إلى قسمين :

أ - خطوات الاقتراب. ب - الحركة النهائية.

(أ) خطوات الاقتراب :

تتكون من عدد مراحل مختلفة : التمسك بالأداة ، اتخاذ الوضع الأولي الأساس ، الحركات التمهيدية ، خطوات الاقتراب نفسها والهدف الرئيسى أو الأساس لخطوات الاقتراب فهو خلق السرعة الابتدائية للرامى والأداة والإعداد للأداء الفعلى للجهد النهائى .

التمسك بالأداة:

يجب أن يتم التمسك بالأداة بطريقة صحيحة تسمح بحرية أداء الحركة بمدى أكبر ، وأن تساعد على نقل جهود الرامى إلى الأداة فى ختام الجهد النهائى وخلق الشروط الملائمة لضمان زاويتي الطيران والهجوم الضروريتين للرمية .

اتخاذ الوضع الأولي الأساسى:

يكفل بداية الحركة ويخلق الظروف للحظة الإطلاق . ويعتمد الأداء اللاحق للحركة بكاملها على صحة اتخاذ الوضع الابتدائى الأساسى .

الحركات التمهيدية :

ترتبط الحركات التمهيدية من نوع خطوات الاقتراب حيث أنها ذات علاقة متبادلة مع خصوصية التنقلات اللاحقة للرامى مع الأداة .

ففى دفع الجلة تكون الحركة التمهيدية على شكل انحناء الجسم وتجميع اجزائه ، أما فى قذف القرص فتكون على شكل تلويحه باليد الممسكة بالقرص ، وفى إطاحة المطرقة - دوران الرامى التمهيدي - وحالة خاصة فى رمى الرمح تكون بانتقال اللاعب من الوضع التمهيدي إلى خطوات الاقتراب فورا .

إن الحركات التمهيدية يجب أن تكفل تركيز انتباه الرامى على مسألة أداء الحركة .

الجزء الرئيسى فى خطوات الاقتراب :

تمتلك خطوات الاقتراب خصوصياتها بالارتباط مع نوع الرمية فإذا كانت خطوات الاقتراب تتم فى خط مستقيم (دفع الجلة ، رمى الرمح) ، فإن الاهتمام الأكبر ينصب على سرعة أدائها ، حيث يجب أن تكون السرعة فى أقصاها ، والسرعة الأساسية

لخطوات الاقتراب تنشأ أثناء عملية العدو أو القفز . وفى الحالة التى يتم فيها خطوات الاقتراب بحركات دورانية (قذف القرص ، إطاحة المطرقة) فإن الدور الأهم يعود للسرعة الزاوية لدوران الرامى ولمدى حركة الأداة، وللحصول على سرعة الزاوية لدوران الرامى ولمدى حركة الأداة، وللحصول على سرعة خطية عالية فإن العلاقة بينهما يجب أن تكون فى أقصاها . وتعتمد سرعة الزاوية على سرعة دوران اللاعب ، أما المدى فيعتمد على المواصفات البدنية للاعب (طول الذراعين) وإعداداته (قوة عضلات الظهر) . وفى حالة ما إذا كان المدى مفرطاً فى الطول فإن سرعة الدوران تقل إلى القدر الذى يؤثر بشكل سلبى على السرعة الخطية . إما فى حالة تقليل المدى بشكل كبير فإن سرعة الدوران تزداد إلى حد ما ، إلا أن مؤشر السرعة الخطية لن يكون فى أقصاه أيضاً . لذلك من الضروري ان يصل الترابط المتبادل بين المدى وسرعة الدوران إلى مستواه الامثل حيث تلعب سرعة الدوران دوراً أساسياً .

ينبغى للسرعة فى جميع أنواع الرميات فى حالة الأداء الصحيح لخطوات الاقتراب أن تزداد كلما اقتربنا من نهايتها . ففى البداية تكون منظومة الرامى والأداة متساوية . وعند الإعداد للجهد النهائى يكون تنقل الجزء الأسفل للاعب - الحوض والقدمين - أسرع ، من تنقل الجزء الأعلى من جسم اللاعب (الكتفين) ويسبق حركة الأداة . فى هذه اللحظة تنبسط العضلات التى تشارك بفعالية بأقصى مداها لتعجيل سرعة الأداة أثناء أداء الجهد النهائى .

ب - الجهد النهائى :

تعتبر مرحلة الانتقال من مرحلة خطوات الاقتراب إلى الجهد النهائى أكثر المراحل تعقيداً ، حيث يعتمد بشكل كبير مدى طيران الأداة فى رميات العاب القوى على أداء الجهد النهائى المبذول إلا أن مستوى هذا الاعتماد يختلف من نوع إلى آخر من أنواع الرميات . وفعالية أداء الجهد النهائى مرتبطة بطول المسافة والوقت المبذولين فى نقل الجهود إلى الأداة وقوة هذه الجهود واتجاهها .

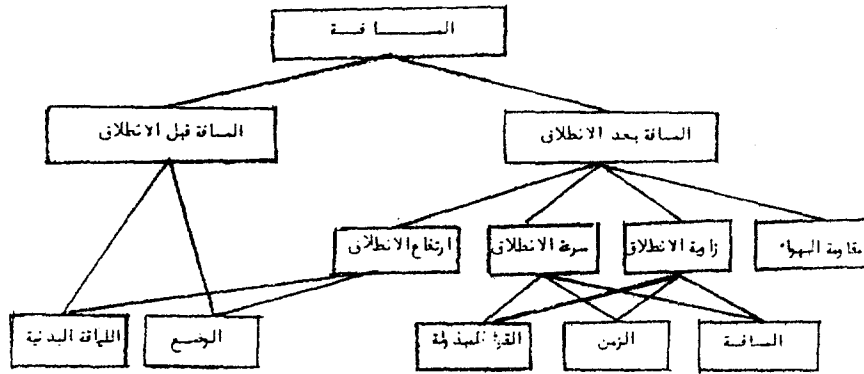
ولضمان بعد الرمية من الضرورى ، أن تكون الأداة فى بداية الحركة النهائية ، على قدر الإمكان ، أبعد ما يكون عن نقطة الطيران ، ويعتمد ذلك على :

- الشكل الأمثل لانحناء الجذع ولويه ودورانه .
- درجة ثنى رجل الرامى وشكل توزيعها فى أثناء الرميات التى تتطلب حركة تقدم مستقيمة - الجلة ، الرمح .
- الشكل الأكمل لاستقلال قوة سرعة اللاعب .
- بالإضافة إلى أداء هذا الجهد من وضعية ارتكاز ثنائى وإمكانية المحافظة على ثبات الجسم فى أثناء الحركة النهائية وإمكانية استخدام الصفات المطاطية للعضلات فى سبيل درجة من انبساطها التمهيدى ، وصحة حركة الرجلين (توافق حركة الرجل اليسرى واليمنى) وإمكانية إيقاف حركة أجزاء منفردة من الجسم فى الوقت المناسب وبنفس التتابع الذى يتم به تعجيل سرعة الأداة وذلك فى سبيل نقل عدد من الحركات إلى الأجزاء الأخرى من الجسم وفى النهاية إلى الأداة ، وتعتمد أيضا على أن تسبق حركة الرجلين والحوض حركة حزام الكتف .
- ويجب على تكتيك حركة الرامى فى أثناء الجهد النهائى أن يؤمن أمثل زاوية طيران للأداة وأكبر ارتفاع لإطلاقها .
- ويجب على الرامى أن يحافظ على توازنه وعدم مخالفة قواعد المباريات . ويتم ذلك عن طريق تغيير وضع الرجلين مع تخفيض مركز ثقل الجسم فى الوقت المناسب أو بالدوران حول الرجل اليسرى .
- ويلعب الإيقاع الزمانى والمكانى ومقداره من حيث السرعة والقوة لجميع الحركات دورا هاما فى أداء تكتيك الرميات ، فالرمية المؤداة بإيقاع جيد وبسرعة تنافسية وفى ظل مراعاة شروط ثابتة تكون بعيداً على الدوام . ويتم باستمرار تحسين تكتيك الحركة أن تكون على مستوى عناصرها أو على مستوى إيقاع الحركة ككل .
- ومن طرق التحسين اللاحق للتكتيك :
- تعجيل خطوات الاقتراب التمهيدية (زيادة طول الطريق ، زيادة السرعة ، تغيير خطوات الاقتراب) .
- تحسين أشكال سبق الأداة (التقليل من فقدان السرعة ، عند الانتقال من خطوات الاقتراب إلى الحركة النهائية) .

- تقريب الاتجاه الذى تسلكه الأداة فى التعجيل التمهيدى من اتجاه الجهود فى الحركة النهائية وغيرها.
- تقليل الجهد النهائى (زيادة قوة أدائه بالعلاقة مع إيجاد أحسن علاقة متبادلة بين أجزاء الجسم المختلفة وتركيز الجهود فى أهم أقسام مجالات تعجيل الأداة).
- تكامل الإيقاع العام للحركة.

تلخيص:

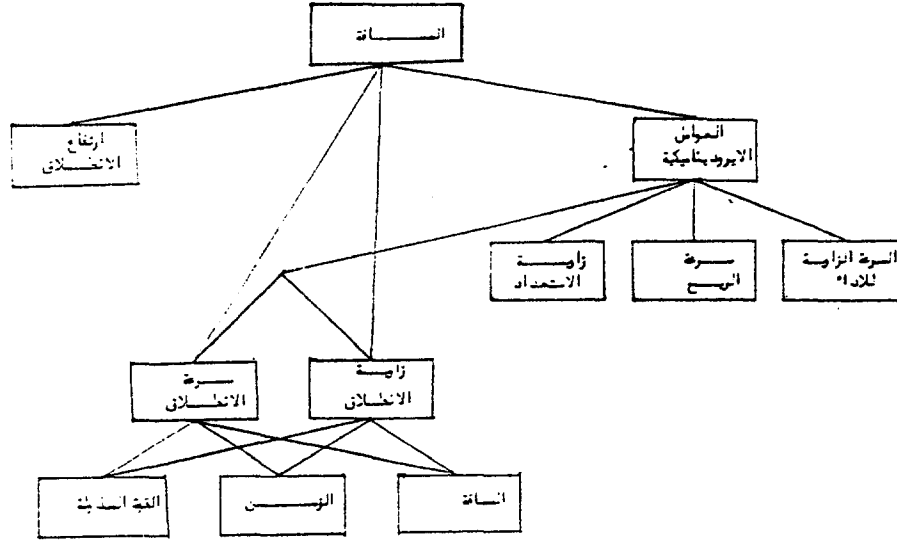
العلاقة بين مسافة دفع الجلة التى يحققها لاعب الجلة والعوامل المحددة لهذه المسافة شكل (١٤٢).



شكل (١٤٢) العوامل الأساسية فى دفع الجلة

تلخيص :

المسافة بين مسافة قذف القرص التي يحققها لاعب القرص والعوامل المحددة لهذه المسافة شكل (١٤٣).



شكل (١٤٣) العوامل الأساسية في قذف القرص



المراجع العربية

- ١ - إبراهيم رفعت : (١٩٦٣م). الديناميكا الهندسية. ج (١). دار المعارف، يوسف حماد.
- ٢ - أحمد حماد : (١٩٧٦م). الميكانيكا، الجهاز المركزى للكتب الجامعية وآخرون، والمدرسية والوسائل التعليمية. القاهرة.
- ٣ - أولنج كولودى : (١٩٨٥م). ألعاب القوى. ترجمة حسن مالك وآخرون. دار التربية البدنية والرياضة. الاتحاد السوفيتى.
- ٤ - إيهاب عادل عبد البصير : (١٩٩٦م). بعض المتغيرات الميكانيكية والصفات البدنية الخاصة وعلاقتها بمستوى أداء الثقلية الأمامية على اليدين على حصان القفز». ماجستير. كلية التربية الرياضية ببورسعيد. جامعة قناة السويس.
- ٥ - تشارلز. أ. بيوتشر : (١٩٦٤م). أسس التربية البدنية. ترجمة حسن سيد معوض. كمال صالح عبده. مؤسسة فرنكلين للطباعة والنشر. القاهرة.
- ٦ - جمال علاء الدين : (١٩٨١م). دراسة معملية فى بيوميكانيكا الحركات الرياضية. دار المعارف. الاسكندرية.
- ٧ - جيرد هوخمت : (١٩٧٨م). الميكانيكا الحيوية وطرق البحث العلمى للحركات الرياضية. ترجمة كمال عبد الحميد. دار المعارف. القاهرة.
- ٨ - زكى الحبشى : (١٩٦٤م). علم الحركة فى المجال الرياضى. مكتبة القاهرة الحديثة. القاهرة.
- ٩ - سعد كامل أحمد : (١٩٧٥م). ديناميكا الجسم. ط ١. مطبعة المدنى. القاهرة وآخرون.

- ١٠ - سليمان على حسن: (١٩٧٨م). القوى فى حركة جسم الإنسان. صحيفة التربية الرياضية. السنة الثانية. العدد الثانى. كلية التربية الرياضية للبنين. القاهرة. جامعة حلوان.
- ١١ - عادل عبد البصير: (١٩٨٢م). «تحليل ديناميكية بعض حركات المرجحات من وضع الارتكاز على جهاز المتوازيين». رسالة دكتوراه. كلية التربية الرياضية للبنين. القاهرة. جامعة حلوان.
- ١٢ - عادل عبد البصير: (١٩٨٤/٨٣م). الميكانيكا الحيوية والتقويم والقياس التحليلى فى الأداء البدنى. الجهاز المركزى للكتب الجامعية والمدرسية والوسائل التعليمية. القاهرة.
- ١٣ - عادل عبد البصير: (١٩٨٨م). أسس ونظريات جمباز المسابقات للناشئين عقلة - حصان قفز - حصان حلق. ج(٢). ط(١). المؤلف. بورسعيد.
- ١٤ - عادل عبد البصير: (١٩٩٠م). أسس ونظريات الجمباز الحديث. المؤلف. بورسعيد.
- ١٥ - عادل عبد البصير: (١٩٩٠م). الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق فى المجال الرياضى، ط(١). المؤلف. بورسعيد.
- ١٦ - عادل عبد البصير: (١٩٩٨م). المدخل لتحليل الأبعاد الثلاثة لحركة جسم الإنسان فى المجال الرياضى. مركز الكتاب للنشر. القاهرة.
- ١٧ - فضيلة حسين سرى: (١٩٧٧م). جمباز النبات. الجهاز المركزى للكتب الجامعية والمدرسية والوسائل التعليمية. القاهرة.
- ١٨ - كورت ماينل: (١٩٧٠). علم الحركة. ترجمة عبده نصيف. المؤسسة العامة للصحافة والطباعة مطبعة الحكومة. بغداد.
- ١٩ - لىلى زهران وآخرون: (١٩٨٥م). الأسس العلمية والفنية للجمباز والتمرينات. دار الفكر العربى. القاهرة.
- ٢٠ - محمد يوسف الشيخ: (١٩٨٢م). الميكانيكا الحيوية. دار المعارف. مصر.

المراجع الأجنبية

- 21 - **A.D. Kinnear: (1968).** "Breast stroke Today. swimming Technique". IV.
- 22 - **A. H. Payne : (1970)** "A Preliminary Investigation and F.B.Blader into the Mechanics. of the sprint start. Bulletin of physical Education. VII.
- 23 - **Alley. L.E. : (1952).** "An Analysis of Water Resistance and propulsion in Swimming the Crawl Strok". Research Quarterly XXIII.
- 24 - **Arnold "Red" Auerbech: (1953).** Basketball for the player. the Fan. and the coach (New york: Pocket Books.
- 25 - **Aniko Barabas, : (1994).** Biomechanics in sport: Guyla Farbiand XII, Proceeding of the 12th symposium of the International society of biomechanics in sports, Hungarian University of physical Education Budabest, Hungary.
- 26 - **Basler, Adolf : (1929).** Zur Physiologie des Hocken. Zeitschrift. Fur Biologie.
- 27 - **Bill Sharman : (1967).** Sharmman on Basketball (Engle wood - cliffs. N.J prentic-Hall.
- 28 - **Bob Cousy and : (1970).** Basketball concept. and Frank G. Powe Techniques Boston. Allyn and Bacon.
- 29 - **Borlli G.A: (1680/1681).** De Motu Animalium. Lugduni Batavarum.
- 30 - **Brian P. Garfoot.** "Analysis of Trajectory the shot" Track technique.
- 31 - **Buchmann. G : (1969).** Greäturnen. An Leitung fur weiter bidung und fernestudiu. DHFK. Leipzig.
- 32 - **Clauser, Charles E., McConville, John T., and Young, J.W. : (1969).** Weight Volume and center of mass of segment of the Human Body, AMRI. Technical Report. Wright - Patterson Air Force Base Ohio.

- 33 - Contini, Renoto, Driuis Rudolfs, J. and Blueten Maurice: (1963).** Determination of Body segment Parometers. Human Factors.
- 34 - Contini, R., Drillis, R: (1966).** "Kinematic and Technique in Biomechanics Adv. in Bioengineering and Instrumentation. Ed., By F. Alt. Plenum Press. Newyork.
- 35 - Cooper, John M.Ed. D.: (1969).** The Theory and science of Bosketball. Philodelphia lea and Febiger.
- 36 - David J. East: (1970).** "Swimming. An analysis of stroke Frequency. Strake length and performance. Newzealand Journal of Health, Physical Education and Recreation. III.
- 37 - Dempester, W.T. : (1955).** Space requeriments of the seated operator. WADC Technical Repart 55-159 wright patterson Air Force Base. Ohio.
- 38 - Donskoi D.D.,: (1967).** Biomechanik der körperübung. sportverlag. W.B. Saunders Co.
- 39 - Dorland, A.: (1956).** Illustrated Medical Dictionary (Philadelphia W.B. Sounders.).
- 40 - Doyice J. Contten and Denning : (1970).** " Comparsion of Reaction Movement time from four vaxiation of the upright stance:. Research Quarterly. XII.
- 41 - E. Asmussen.: (1976).** "Morement of Man and study of Man in Motion" a scaning review of the development on Biomechanics. Volum IA university Park press. Baltimore.
- 42 - Elizabeth M. Mortimer: Basketball shooting:.** Research Quartery. XXII.
- 43 - Eugene P. Kruchoski: (1954).** A Performance Analysis of drage and propulsion in swimming. Three selected from the back cowl stroke:. (Ph. D. dissertation. State university of Iowa.
- 44 - Fischer and J. Merhaupt, Toni Nett: (1962).** Result of study cited Foot contact at the Instant of Release in throwing" Track Technique.

- 45 - Fronk Szymanski: (1967)** "A clinical Andysis of Jump shot. Scholastic coach. XXXVII.
- 46 - Geoffrey F.D. Pearson: (1966).** "The shot - put' I. in Illustrated Guide to Olympic Tracke and Field Techniques. Ed. Tom Ecker and Fred wilt (West Nyack N.Y., Parker Publishing Co.).
- 47 - Hason, Dale: (1974).** Basket ball New Jersey. Prentice - Hall Inc.. Englewood cliffs.
- 48 - Hay. J. : (1973).** The Biomechanics of Sports Techniques. Prentice. Hall. Inc. Englewood Cliffs. N.J.
- 49 - Hay. J. : (1973).** "The center of Gravity of Human Body". Kinesiology, III. The Committee on kinesiology of physical Education Division. Washington.
- 50 - Hay. J. : (1973).** : Akinematic Analysis of the High Jump". Track Technique No. 53.
- 51 - H, H. Lockwood: (1963).** "Throwing the discus". Athletics. ed by G.F.D. Pearson (Edinbwgh: Thomas Nelson and sons Ltd.).
- 52 - Hurray, M.M. et al.: (1967).** Center of Gravity of Pressure and supportive force during human Activities. J. App. Physiology. Vol. 23.
- 53 - J. Kenneth Doherty: (1963).** Modern Track and Field. (Engle wood Cliffs. N.J.: Prentice - Hali.
- 54 - John. H. Harvey: (1966).** "Statistical Trends in Basketball" Scholastic coach. XXXVI.
- 55 - John R. Wooden: Practical Modern Basket ball** (New york The Ronald Press Co.).
- 56 - John W. Bunn : (1972).** The scientific principles of coach. (Englewood cliffs - N.J.: Prentice - Hall).
- 57 - Kart, Koch, : (1976).** Vom Bockspringen Zu den Langsprungen 5 Aulfage Verlg Hafman. Scharndarf.
- 58 - Karl Hoffman : (1967).** " The Length and frequency of stride the world's leading female sprinters". Treatises, Texts and Decuments WSWF in Poznan Series. Treatis No. 17.

- 59 - Miller Doris I.: (1969).** A computer simulation Model of the Airborne phase of diving. Ph.D. dissertation. Pennsylvania State University.
- 60 - Morris, Donald: (1969).** Kentucky High. school Basketball. New York. Parker Publishing Com.
- 61 - Pat Tan Eng Yoon:** The Triple Jump. an International Track and Field Coaching Encyclopedia. Fred wilt and tom Ecker (west Nyack N.Y., Park Publishing com.).
- 62 - P.E.Allsen and william Ruffnear: (1969).** "Relationship between the Type of pass and loss of the Ball in Basketball". Athletic Journal, XLIX.
- 63 - Petter Tschiene : (1969).** "Perfection of shot Put Technique". Track Technique No. 37.
- 64 - Phillip E. Alsen:** "The Rebound Area". Athletic Journal. XLVIII.
- 65 - Ponech, H., : (1960)** Stutzsprunge. sportverlag. Berlin.
- 66 - Roger Enoka : (1971).** "The Effect of Different length of Eun up on the Heigh to which a Spiker in Volleyball can Reach. Newzealand Journal of Health Physical Education and Recreation. IV.
- 67 - Thomas K. Cureton: "(1976).** Elementary Principles and Techniques op Cinematographic Analysis". Research Quarterly X.
- 68 - Ukran. M.L.: (1970)** Technik Der Turnübungen sportverlag. Berlin.
- 69 - Valdimer Popov : (1969).** Training For the long Jump. Trains by Masami Okamoto (Tokio. Baseball Magazine Com.
- 70 - W. Baumann : (1976).** " Kinematic and Dynamic Charactaristic of the Sprint start. in Biomechanics V.B. ed By Poavo V. Komi (Baltimore. University Park Press.
- 71 - Webster's : (1962).** Third New International Dictionary of English language C Spring Field Mass: G & C. Merrian Com.

كشاف المعادلات

رقم الصفحة

المعادلة

رقم المعادلة

$$31 \quad \frac{f_1 - f_2}{n_1 - n_2} = \text{ع} \quad - 1$$

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

$$31 \quad \frac{df}{dn} = \frac{\Delta f}{\Delta n} = \frac{f_1 - f_2}{n_1 - n_2} \quad \Delta n \rightarrow \text{صفر} \quad \text{ع اللحظية} = \text{نها} \quad - 2$$

$$v_{\text{mom.}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$

$$38 \quad \frac{e \Delta}{n \Delta} = \frac{e_1 - e_2}{n_1 - n_2} = \text{ج م} \quad - 3$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$38 \quad \frac{d \Delta}{d \Delta} = \frac{e \Delta}{n \Delta} = \frac{e_1 - e_2}{n_1 - n_2} \quad \Delta n \leftarrow \text{صفر} \quad \text{ج م} = \text{نها} \quad - 4$$

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

رقم الصفحة

المعادلة

رقم المعادلة

٣٩
$$\frac{d}{dt} \left(\frac{d}{dt} \right) = \frac{d}{dt} = \frac{d}{dt} = \frac{d}{dt}$$
 - ٥

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{ds}{dt} = \frac{ds}{dt^2}$$

٤١
$$\sqrt{v_x^2 + v_y^2} = v$$
 - ٦

$$V_R = \sqrt{(V_y)^2 + (V_x)^2}$$

٤١
$$v_y = v \sin \theta$$
 - ٧

٤١
$$v_x = v \cos \theta$$
 - ٨

٤١
$$\frac{v_y}{v} = \sin \theta$$
 - ٩

$$t_{up} = \frac{v \sin \theta}{g}$$

رقم الصفحة

المعادلة

رقم المعادلة

$$٤٢ \quad \frac{ع م \times جا هـ}{د} = \frac{ع م \times جا هـ}{د} + \frac{ع م \times جا هـ}{د} = ن \quad - ١٠$$

$$T = \frac{2V_R \cdot \sin \theta}{g}$$

$$٤٢ \quad \frac{ع م \times جا هـ + \sqrt{(ع م \times جا هـ)^2 + ٢ د ل}}{د} = ن \quad - ١١$$

$$T = \frac{V_R \cdot \sin \theta + \sqrt{(V_R \cdot \sin \theta)^2 + 2gh}}{g}$$

$$٤٣ \quad ف س = ع م جتا هـ \cdot \frac{ع م جا هـ}{ن} = ع س \times ن$$

$$D = V_R \cdot \cos. \theta \cdot \frac{2V_R \cdot \sin \theta +}{g} = V_X \cdot T$$

$$٤٣ \quad \frac{ع م جا هـ}{د} = ف س \quad - ١٣$$

$$D = \frac{V_R^2 \cdot 2 \sin \theta}{g}$$

$$٤٤ \quad \frac{ع م جا هـ + \sqrt{(ع م جتا هـ)^2 + ٢ د ل}}{د} = ف س \quad - ١٤$$

$$D = \frac{V_R^2 \cdot \sin \theta \cdot \cos. G. + V_R \cos. \theta \sqrt{(V_R \sin \theta)^2 + 2gh}}{g}$$

- 117 -

$$V_x = \frac{dx}{dt}$$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{d\phi}{dt}$$

$$a_r = v \cdot \omega, \quad a_t = \frac{v^2}{r}, \quad a_r = \omega^2 \cdot r$$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d\psi}{dt}$$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d\psi}{dt}$$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d\psi}{dt}$$

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta t}$$

$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta t}$$

$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta t}$$

$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta t}$$

المعادلة

المعادلة

المعادلة

رقم الصفحة

المعادلة

رقم المعادلة

٥٦

$$-١٩-١ \quad \dot{v}_s = \frac{dv_s}{dt} = v_s$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = y$$

٥٦

$$-٢٠ \quad \ddot{s} = \frac{d^2 s}{dt^2} = \frac{ds}{dt} = s$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2} = \ddot{x}$$

٥٦

$$-٢١-١ \quad v = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dt} = v$$

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2} = \ddot{y}$$

٥٨

$$-٢٢ \quad \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{y_2 - y_1}{t_2 - t_1} = z$$

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

٥٨

$$-٢٣ \quad \frac{\hat{d}}{dt} = \frac{d}{dt} = \frac{dy}{dt} = \text{العجلة الزاوية اللحظية (ز)}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{dt} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d^2 \varphi}{dt^2}$$

رقم الصفحة	المعادلة	رقم المعادلة
٦١	ق = ك × ج	٢٤ -
	$F = m \cdot a$	
٦٢	$\frac{\text{ج}}{\text{جاذبية}} = \frac{\text{ق}}{\text{و}}$ $\frac{F}{G} = \frac{a}{g}$	٢٥ -
٦٩	٣٢ × ق × ن = ك × ج × ن = ك × ع 32. F.t = m. a. t. = m. v	٢٦ -
٦٩	٩,٨١ × ق × ن = ك × ج × ن = ك × ع 9.81. F.t = m. a. t. = m. v	٢٦ - ١ -
٧٤	$\int_{t_1}^{t_2} F(t) dt = m (v_2 - v_1)$ ق (ن) دن = ك (ع - ع _١)	٢٧ -
٧٦	ش = و × ف W = F . d	٢٨ -
٧٧	ق _١ × ف _١ = ق _٢ × ف _٢ F _١ d _١ = F _٢ d _٢	٢٩ -
٧٧	ش = و × ف = طوضع W = F . d = P . E.	٣٠ -
٧٨	$\frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2) = F.d$ ك (ع - ع ^٢ صفر) = ق × ف	٣١ -

رقم الصفحة	المعادلة	رقم المعادلة
٧٩	$F.d + \frac{1}{2} mv^2 = \text{Constant}$	٣٢ - و × ف + ك = مقدار ثابت ع ^٢
٧٩	$P = \frac{W}{t}$	٣٣ - القدرة = $\frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$
٨٣	$M = F \times M . A.$	٣٤ - م = ق × ف
٨٤	$K.E. = \frac{1}{2} mv^2$	٣٥ - ط ح = $\frac{\text{ك}}{\text{ع}^2}$
٨٤	$T = \frac{1}{2} m . r^2 . \omega^2$	٣٦ - ط ح = $\frac{\text{ك}}{\text{ع}^2} \cdot \text{نق}^2$
٨٥	$J = \sum I = \sum \Delta m r^2$	٣٧ - ض ج = مج ض = مج ك نق ^٢
٨٦	$J = \int r^2 . dm$	٣٧ - أ = ض = $\int \text{نق}^2 . د ك$
	- ٣١٩ -	

رقم الصفحة	المعادلة	رقم المعادلة
٨٦	$J = C \int_x^x \int_y^y \int_z^z r^2 (dx) (dy) (dz)$	٣٧ - ب
٨٦	$J_m = J_m^- + r^2 m$	٣٨ -
٨٩	$M \cdot t = J \cdot \omega$	٣٩ -
٨٩	$\int_{t_1}^{t_2} M(t) dt = J_2 \omega_2 - J_1 \omega_1$	٣٩ - أ
٩١	$E_{rot} = J_{c.g} \frac{\omega^2}{2}$	٤٠ -
٩١	$E_{pot} + E_{kin} + E_{Rot.} + E_{wprm.} = C$	٤١ -
٩١	$Gh + m \frac{v^2}{2} + J \frac{\omega^2}{2} + E_{worm} = C$	٤١ - أ

رقم الصفحة	المعادلة	رقم المعادلة
١١٤	$\frac{C s}{\varepsilon s} = \text{ع}^2$	- ٤٢
	$E = \frac{d c}{d \varepsilon}$	
١٢٤	$W = P \frac{d}{2} \quad V^2 F \frac{\text{mkg}}{\text{sec}^2}$	- ٤٣
١٢٤	$R = C \frac{d}{2} \quad V^2 a \frac{\text{mkg}}{\text{sec}^2}$	- ٤٤
١٣٦	ع = ل . د التمييز (م . ث = $\frac{\text{أ}}{\text{ث}} = \frac{\text{م}}{\text{ث}}$)	- ٤٥
	$V_{\text{sprint}} = L . D$	
١٤١	$\text{أ} \times \frac{\text{ط} \times \text{د}}{\text{ث}} = \text{ع}$	- ٤٦
	$V_{\text{sprint}} = \frac{r . d}{60} . A .$	
١٥٠	$\frac{\text{ق}_١ \text{نق}_١ + \text{ق}_٢ \text{نق}_٢ + \text{ق}_٣ \text{نق}_٣ + \text{ق}_٤ \text{نق}_٤}{\text{نق}_\text{م}} = \text{ع} - \text{أ} - ٤٦$	
	$I_s = \frac{F_1 r_1 + F_2 r_2 + F_3 r_3 + F_4 r_4}{S}$	
١٥٠	$\frac{\sum_{i=1}^n \text{ق}_١ \text{نق}_١}{\text{ق}_١} = \text{ع} - \text{ب} - ٤٦$	
	$I_s = \frac{\sum_{i=1}^{t=n} F_i . r_i}{F_i}$	

رقم الصفحة	المعادلة	رقم المعادلة
١٥١	$\frac{\sum_{i=1}^{n=1} \text{ق ١} \cdot \text{نق ١}}{\text{ق م}} = \text{نق م}$ $r_s = \frac{\sum_{i=1}^{t=n} F_i \cdot r_i}{F_i}$	٤٦ - ج -
١٥٨	$\frac{\text{ف ص}}{\text{ص V}} = \Delta \text{ ن}$ $dt = \frac{ds_{\text{object.}}}{V_{\text{pceture}}}$	٤٧ -
١٥٩	$\frac{\text{ع ص}}{\Delta \text{ ف ص}} = \frac{1}{\Delta \text{ ن}} = \text{ع}$ $V = \frac{1.}{m dt} = \frac{V_{\text{pceture.}}}{m ds_{\text{object}}}$	٤٨ -
١٦٢	$\frac{\text{ق ع س}}{\text{ج}} = \text{ف}$ $F = \frac{\bar{F} m}{C}$	٤٩ -
١٦٣	$\text{ص}^2 = \text{غ} \cdot \text{ج} - \text{ك}$ $K < 4. C. m$	٥٠ -

رقم الصفحة	المعادلة	رقم المعادلة
١٦٣	$\sqrt{\frac{\bar{C}}{m}} = \epsilon$	٥١ -
١٧٠	$V_0 = \sqrt{\frac{\bar{C}}{m}}$	٥٢ -
١٧٠	$F_1 = d_2 F_y / L_2$	٥٣ -
١٨٥	$F_2 = d_1 F_y / L_1$	٥٤ -
	$F_m \cdot s = E_{kin_2} - E_{kin_1} = \frac{m}{2} (V_2^2 - V_1^2)$	

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
١	هيكل الرصيد	٢١
٢	محاوير الجسم والمستويات الفراغية	٢٢
٣	المنحنى البياني للحركة الوحيدة	٢٣
٤	المنحنى البياني للحركة المتكررة	٢٤
٥	الحركة فى خط مستقيم	٢٥
٦	الانزلاق على الجليد	٢٥
٧	الحركة المنحنية (لرجل المظلات)	٢٦
٨	الحركة الدورانية حول محور ثابت (الدائرة العظمى حول عارضة العقلة)	٢٧
٩	الحركة العامة	٢٨
١٠	منحنى سير المسافة مع الزمن	٣٢
١١	اتجاه السرعة	٣٣
١٢	تحليل المتجهات	٣٤
١٣	متوازى أضلاع القوى	٣٥
١٤	الجمع الهندسى للمتجهات الحرة	٣٥
١٥	السرعة - الزمن	٣٨
١٦	السرعة المحصلة ع م لقذف كرة القدم ومركبتها الأفقية (ع س)، الرأسية (ع ص)	٤٠
١٧	مثلث السرعات	٤١
١٨	السرعة المحيطية والسرعة الزاوية	٤٩
١٩	العلاقة بين حساب الزاوية والقوس	٥١
٢٠	تغيير اتجاه السرعة عن طريق العجلة القطرية	٥٣

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
٥٤	محصلة العجلة	٢١
٥٥	حركة انتقالية مستوية على مسار منحني	٢٢
٥٦	تقسيم الحركة الانتقالية المستوية على مسار منحني إلى مركبتين مستقيمتين إحداهما في الاتجاه الرأسى (س)، والأخرى في الاتجاه الأفقى (ص)	٢٣
٥٧	محصلة كل من السرعة والعجلة في لحظة معينة	٢٤
٦٤	تناهى خطوط الكمية الموجهة للقوة	٢٥
٦٧	الحالة الديناميكية لقوة الطرد المركزي	٢٦
٦٧	تأثير القوى المركزية على مركز الكتلة	٢٧
٧٠	التصادم بين جسمين أ، ب	٢٨
٧٣	تطبيق بيانى لإيضاح رد الفعل	٢٩
٧٤	دفع القوة في حالة القوة المتغيرة	٣٠
٧٥	الشغل كتكامل للمسافة في حالة ثبات القوة	٣١
٧٦	الشغل كتكامل للمسافة في حالة تغير القوة	٣٢
٧٦	تشابه الشغل رغم اختلاف المسافات بسبب ثبات الوزن وارتفاع مكان الرفع	٣٣
٧٩	طاقة الوضع خلال الدائرة العظمى على جهاز العقلة	٣٤
٨٦	التعبير عن عزم القصور الذاتى للكتلة	٣٥
٨٧	قاعدة شتاين	٣٦
٨٩	تغيير عزم القصور الذاتى	٣٧
٩٠	الحركة البندولية	٣٨
٩٦	قوتان كامنتان أ، ب كقوة رد فعل ضد مقاومة خارجية مضادة	٣٩
٩٨	التوصل إلى معرفة قوة الارتكاز	٤٠
٩٩	تحديد مركز الثقل بالتجربة عن طريق تعدد مرات التعلق	٤١
٩٩	مركز ثقل الجسم ووقوعه خارج الجسم نفسه	٤٢

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
١٠٠	الاتزان المتعادل	٤٣
١٠٠	أ، ب الاتزان المستقر	٤٣
١٠١	الاتزان غير المستقر، (أ) الوقوف على اليدين كاتزان غير مستقر (ب) الارتكاز المقاطع على المتوازيين كاتزان غير مستقر، واتزان مستقر بالنسبة لوضع التعلق من الكتفين	٤٤
١٠١	الأوضاع الثلاثة للاتزان في حالة ارتكاز الجلة	٤٥
١٠٢	مسطح الارتكاز	٤٦
١٠٢	مركز الثقل ووقوعه فوق حافة السقوط مسببا لحالة اتزان غير مستقر	٤٧
١٠٣	زاوية السقوط كوحدة قياس هندسى في حالة الثبات	٤٨
١٠٣	حالة الارتكاز عندما تكون القاعدة مائلة	٤٩
١٠٤	اختلاف زوايا السقوط، وعلاقتها بالاتزان (زيادة حالة الثبات في وضع السقوط عندما تكون زاوية السقوط ومسافة الارتفاع أكبر).	٥٠
١٠٤	(أ) مسافة الارتفاع بوحدة قياس الطاقة فيما يتعلق بحالة الثبات. (ب) زيادة حالة الثبات في وضع الارتكاز تكون فيه زاوية السقوط ومسافة الارتفاع أكبر.	٥١
١٠٥	القياس الديناميكي لحالة الثبات	٥٢
١١٠	السلسلة الكينماتيكية المغلقة	٥٣
١١١	السلسلة الحركية المغلقة	٥٤
١١٢	عزوم قوة الجاذبية لذراع الإنسان (عن بير نشتاين)	٥٥
١١٢	الحركة المصاحبة	٥٦
١١٣	أشكال العضلات (أ) الشكل العرضي، (ب) الشكل الطولي، (ج) الشكل الريشى	٥٧
	أمثلة لعزوم القوى العضلية (أ) حول عظام الساعد	٥٨
١١٧	(ب) حول عظام الساق لجسم الإنسان (عن دنسكوى Donosokie)	

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
١٢٣	الواثب مع تثبيت الزحافة وحركة الجسم داخل قناة الهواء (عن شتراومان Strauman)	٥٩
١٢٣	الواثب على الجليد مع تثبيت مركز الكتلة داخل قناة الهواء	٦٠
١٢٤	نموذج للوثب على الجليد مع تثبيت الزحافة في داخل قناة الهواء (عن شتراومان)	٦١
١٢٤	قياس مقاومة تيار الهواء بمقياس صغير	٦٢
١٢٥	تغير السطح المواجه مع تغيير زاوية التحكم	٦٣
١٢٦	تعرض جسم الطائرة لقوة دفع أو تيار رافع	٦٤
١٢٧	حدوث دوامة تدور لأعلى وأسفل الجسم	٦٥
١٢٧	تأثير ماجنوس في الضربة الركنية لكرة القدم	٦٦
١٢٩	وضع مركز ثقل كتلة الجسم ونقطة منتصف الجسم عند اتخاذ جسم الإنسان الأوضاع المختلفة في الماء (عن دنسكوى)	٦٧
١٣٧	جهاز قياس طول الخطوة (عن جوندلاخ)	٦٨
١٣٩	الصور المأخوذة بطريقة الأثر الضوئي لليد الدافعة للجلة	٦٩
١٤٢	العلامات الإرشادية الضابطة	٧٠
١٤٢	عارضة تحديد مقياس الرسم	٧١
١٥٠	خط الثقل وقوة الارتكاز	٧٢
١٥٣	نسبة أنصاف أقطار مراكز ثقل كتلة الجسم لكل من أجزاء جسم الإنسان بالنسبة لطول محاورها الطولية (أ) عن فيشر، (ب) عن كلاوسير	٧٣
١٥٤	إحداثيات نقطة مركز ثقل كتلة الجسم في هذا الوضع	٧٤
١٥٧	رسم تخطيطي لجهاز التصوير الدائري (عن هوخموث)	٧٥
١٦١	تحديد أماكن الكاميرات الثلاثة أثناء تصوير لاعب جمباز على حصان القفز (عن إيهاب)	٧٦
١٦٥	جهاز تسجيل القوى المستخدم في حذاء الانزلاق	٧٧

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
١٦٥	تطابق منحني تأثير قوة الرفع من صور الفيلم أثناء المصارعة باستخدام تسجيل القوة لابلاكوف (عن توفيكوف)	٧٨
١٦٦	كاتب تسجيل القوة للبدء (عن جوندلاخ)	٧٩
١٦٧	رسم تخطيطي لجهاز تسجيل القوى (عن عادل)	٨٠
١٦٧	المنحني البياني لمقادير واتجاه القوة المؤثرة على مركز ثقل كتلة الجسم خلال أداء الدورة الهوائية الخلفية المستقيمة من الوقوف على اليدين لنفس الوضع على جهاز المتوازيين باستخدام جهاز تسجيل القوة لعادل (عن عادل)	٨١
١٦٨	٨٢- أ منصة القوى المستخدمة في تحليل حركة المشي	
١٦٩	٨٢- ب هندسة القوى ووحدات القياس المستخدمتين في تسجيل القوى المسببة لحركة الإنسان	
١٦٩	٨٢- ج الدوائر الكهربائية المختلفة المستخدمة في قياس خواص حركة جسم الإنسان على منصة القوى	
١٦٩	٨٣- أ صورة لمنصة القوى الثلاثية	
١٧٠	٨٢- ب تركيب منصة القوى الثلاثية	
١٧١	٨٢- ج قوة رد الفعل الرأسية على جسم الإنسان المحلان الهندسيان لمركز ثقل كتلة الجسم ونقطة تأثير رد الفعل أثناء أداء حركة المد لأعلى	
١٧٤	٨٤ أقسام الحركة الثلاثية (الحركة الوحيدة)	
١٧٤	٨٥ الحركة الثنائية (المركبة)، (الحركة المتكررة)	
١٧٨	٨٦ المناولة بالراكبي (أ) تبين الانسيابية (ب) تظهر زوايا في تغيير الاتجاه (عدم الانسيابية)	
١٨٧	٨٧ وثبة غير مصحوبة بمرجحة تمهيدية	
١٨٨	٨٨ الوثب لأعلى مصحوباً بحركة تمهيدية	
١٨٩	٨٩ الوثب المصحوب بحركة تمهيدية شديدة	

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
٩٠	تساوى الزيادة فى الطاقة فى حالة تساوى القوة المتوسطة	١٨٩
٩١	منحنى (القوة - الزمن) وأنسب وقت لبذل القوة القصوى فى حركة الوثب لأعلى	١٩١
٩٢	مسافة العجلة فى الوثب لأعلى	١٩٢
٩٣	عزم قوة الجاذبية فى حالة (أ) أصغر منه فى حالة (ب)	١٩٢
٩٤	قطع عضلة مثارة	١٩٣
٩٥	مقارنة جسم يتحرك فى خط مستقيم بآخر يتحرك فى خط منحنى	١٩٥
٩٦	تكنيك دفع الجلة	١٩٥
٩٧	جمع السرعات	١٩٧
٩٨	التوافق الزمنى للتأثير المشترك لقوتين معلومتين	٢٠٠
٩٩	مرجحة الرجل الحرة فى الوثب العالى	٢٠١
١٠٠	قانون رد الفعل أثناء الجرى	٢٠٢
١٠١	تطبيق قانون رد الفعل فى حركة الوثب الطويل (عن هوخموث)	٢٠٣
١٠٢	قانون رد الفعل أثناء الرمى	٢٠٤
١٠٣	تغيير مقدار عزم القصور الذاتى	٢٠٥
١٠٤	التأثير المتبادل للقوى الداخلية خلال الصعود بالكب الخلفى على العقلة	٢١٨
١٠٥	عمل قوة الجاذبية فى الحركة البندولية (أ) مسار القدمين لأعلى، (ب) مسار م/ث/ج من اليسار إلى اليمين	٢١٩
١٠٦	دائرة المقعدة على العارضة العليا متبوعة بالصعود بالكب الداخلى على العارضة المنخفضة للبنات	٢١٩
١٠٧	النظام الكلى لعزم القصور الذاتى ومتغيراته خلال أداء محور الدراسة	٢٢٠
١٠٨	تغيير مقادير كل من القصور الذاتى لمركز ثقل كتلة الجسم (I)، عزم القصور الذاتى للجسم الكلى (J) خلال المسار الحركى لأداء المهارة محور الحديث بيانيا	٢٢١

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
١٠٩	الدورة الأمامية العظمى متبوعة بدورة هوائية خلفية متكورة كنهاية على جهاز العقلة	٢٢٣
١١٠	الدائرة الخلفية العظمى المتبوعة بالقفزة الطائرة كنهاية على جهاز العقلة	٢٢٣
١١١	الدائرة الأمامية العظمى متبوعة بالدورة الهوائية الأساسية المتكورة للتعلق	٢٢٣
١١٢	نقاط اتصال المحور بالأرض وانتقال مركز الدوران	٢٢٤
١١٣	الدحرجة على جزء من محيط الكرة	٢٢٤
١١٤	منحنى التغير فى سرعة الاقتراب أثناء القفزة الطائرة على حصان القفز للاعبى الجمباز الدوليين	٢٢٨
١١٥	منحنى تزايد السرعة والإزاحة الأفقية لجسم اللاعب أثناء الاقتراب لأخذ الارتقاء على سلم القفز	٢٢٨
١١٦	وضع القدم أثناء خطوات الاقتراب	٢٢٩
١١٧	مرحلتى الارتكاز الأمامى والخلفى أثناء خطوة خلال الاقتراب	٢٣٠
١١٨	الهبوط على سلم القفز	٢٣١
١١٩	توزيع الاستناد على مشطى القدمين لحظة الدفع	٢٣٣
١٢٠	شكل الجسم خلال مرحلة الطيران على حصان القفز	٢٣٥
١٢١	الدفع باليدين على حصان القفز	٢٣٧
١٢٢	لحظة الدفع باليدين	٢٣٨
١٢٣	العلاقة بين القوة الداخلية والخارجية فى الأوضاع الثابتة	٢٤١
١٢٤	العلاقة بين مسافة التصويب ودقة التصويب عن Juhn	٢٥٦
١٢٥	زوايا دخول كرة السلة وعلاقتها بقطر واختلاف نسب الخطأ باختلاف زاوية دخول الكرة	٢٥٨
١٢٦	العلاقة بين زاوية دخول الكرة وزاوية انطلاقها من يد اللاعب	٢٦٠
١٢٧	إزاحة الكرة فى اتجاه كلا المركبتين الرأسية والأفقية للتصويبة الحرة من ارتفاع ٧ أقدام عند زوايا انطلاق مقدارها ٤٦ ، ٤٩ ، ٥٥ ، ٧٣ (تمثل المساحة المظللة) أنسب زوايا الرمى - (عن جيمس هاى)	٢٦٣

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
١٢٨	إحصائية التصويب خلال ٧٣٤٠٠ مباراة خلال الفترة من ١٩٥٠م إلى ١٩٦٦م (عن هارفى)	٢٦٥
١٢٩	التصويب بالوثب من الجرى	٢٧١
١٣٠	الصور المتتابعة للمشى والجرى	٢٧٤
١٣١	الاختلافات بين المشى والعدو	٢٧٥
١٣٢	(أ) البدء المنخفض (ب) البدء العالى	٢٧٧
١٣٣	الجرى فى المسافة القصيرة (أ) الجرى فى المسافات الأخرى (ب)	٢٧٨
١٣٤	العوامل الأساسية فى العدو	٢٨١
١٣٥	الإزاحة الأفقية (S) وأقصى ارتفاع لمركز ثقل كتلة الجسم (H) خلال مرحلة الطيران أثناء الوثب والقفز	٢٨٢
١٣٦	(أ) زاوية الطيران فى الوثب، (ب) زاوية الطيران فى الوثب الطويل	٢٨٤
١٣٧	العوامل الأساسية فى الوثب العالى	٢٩٠
١٣٨	العوامل الأساسية فى الوثب الطويل	٢٩١
١٣٩	العوامل الأساسية فى القفز بالزانة	٢٩١
١٤٠	زاوية انطلاق الأداة بزاوية أقل من ٤٥ درجة الملائمة نظرياً	٢٩٧
١٤١	زاوية هجوم الأداة خلال قذف القرص	٢٩٩
١٤٢	العوامل الأساسية فى دفع الجلة	٣٠٤
١٤٣	العوامل الأساسية فى قذف القرص	٣٠٥

قائمة الجداول

رقم الصفحة	العنوان	رقم الجدول
٨٨	مقدار عزم القصور الذاتي لكتل جسم الإنسان مع اختلاف أوضاع الجسم ومحاور الدوران	١
١٥١	الوزن النسبي لأجزاء جسم الإنسان بالنسبة لوزن الجسم (عن فيشر، بيرنشتاين)	٢
١٥٢	الوزن النسبي لأجزاء الجسم المختلفة بالنسبة لوزن الجسم كله (عن كلاوسير)	٣
١٥٢	نسبة أنصاف أقطار مراكز ثقل كل جزء من أجزاء جسم الإنسان بالنسبة لطول محاورها الطولية (عن كلاوسير)	٤
١٥٥	تحديد مركز ثقل كتلة الجسم في الصورة شكل (٧٤) باستخدام طريقة الأجزاء (الطريقة التحليلية)	٥
٢٤٢	قوة الذراعين من وضع الوقوف، الذراعين جانباً لأذريان وشاخلين (عن زاسيورسكى)	٦
٢٥٩	احتمالات الخطأ المتاح خلال التصويب في كرة السلة	٧
٢٦١	الزوايا المناسبة لدخول الكرة إلى الحلقة لانطلاق الكرة من يد اللاعب من مسافة ١٥ قدماً.	٨
٢٧٦	الارتباط المتبادل بين السرعة وطول تردد الخطوة في المشى والعدو	٩
٢٨٦	مدلولات تصف وثبات أمهر اللاعبين	١٠
٢٩٤	اختلاف مستوى أهمية الاقتراب، والحركة النهائية لتسارع الأداة بالنسبة لكل نوع من أنواع الرميات	١١
٢٩٥	نوع الرمية - طول المسافة خلال خطوات الاقتراب، الجهد النهائي	١٢

المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
المقدمة	٥
الفصل الأول	١٦-٩
الميكانيكا الحيوية	
ماهية الميكانيكا الحيوية وتعريفاتها	١١
مجالات البحث في الميكانيكا الحيوية	١٢
أغراض الميكانيكا الحيوية	١٣
التطور التاريخي للميكانيكا الحيوية	١٤
الفصل الثاني	٢٨-١٧
مفاهيم الميكانيكا الحيوية	
الحركة	٢٠
خصائص الحركة الرياضية	٢٠
الحركة النسبية	٢٠
أنواع الحركة	٢١
الفصل الثالث	٤٥-٢٩
كينماتيكا الحركة المستقيمة	
السرعة الخطية	٣١
الكميات القياسية والموجهة	٣٢
المتجهات والتركيب الهندسى لها	٣٣
السقوط الحر	٣٦
العجلة	٣٧
حركة المقذوف	٣٩
الفصل الرابع	٥٨-٤٧
كينماتيكا الحركة الدائرية	
السرعة المحيطة والسرعة الزاوية	٤٩
العجلة المماسية والعجلة القطرية	٥٢
العجلة الزاوية	٥٧

رقم الصفحة

الموضوع

٧٩-٥٩

الفصل الخامس
كينماتيكا الحركة الانتقالية

٦١

القوة ومواصفاتها التامة

٦٨

الدفع وكمية الحركة

٧٥

الشغل

٧٧

الطاقة

٧٩

القدرة

٩١-٨١

الفصل السادس
كينماتيكا الحركة الدائرية

٨٣

عزم الدوران

٨٣

عزم القصور الذاتي

٨٨

دفع الدوران

٩٠

طاقة الحركة الدورانية

١٠٥-٩٣

الفصل السابع
الاستاتيكا

٩٥

مركز الثقل

١٠٠

أوضاع الاتزان

١٠٢

مقاييس الاتزان

١١٧-١٠٧

الفصل الثامن
خواص واستعدادات جسم الإنسان

١٠٩

السلسلة الكينماتيكية المغلقة

١١٣

العضلات والعظام ومرونة المفاصل

١١٤

عزوم القوى في حركة جسم الإنسان

١٢٩-١١٩

الفصل التاسع
ميكانيكا الموائع

١٢١

تأثير برنولي

١٢٢

تأثير ماجنوس

١٢٢

طرق قياس مقاومة الموائع

الموضوع	رقم الصفحة
الفصل العاشر	١٨١-١٣١
دراسة الحركة الرياضية	
طرق ووسائل دراسة الحركة الرياضية	١٣٣
تقييم سير الحركة الرياضية	١٧١
الفصل الحادي عشر	٢٠٩-١٨٣
أسس ميكانيكية حركية	
أساس قوة البداية والوضع الأنسب لإخراج القوة القصوى	١٨٥
أساس أنسب مسافة لمسار العجلة	١٩١
أساس التوافق الزمني للدفع الفردي	١٩٦
أساس رد الفعل	٢٠١
أساس الحصول على الدفع	٢٠٥
الفصل الثاني عشر	٣٠٥-٢١١
تحليل تكتيك أداء بعض الأنشطة الرياضية	
الجمباز	٢١٣
السياحة	٢٤٢
كرة السلة	٢٤٧
ألعاب القوى	٢٧٢
المراجع العربية	٣٠٧
المراجع الأجنبية	٣٠٩
كشاف المعادلات	٣١٣
قائمة الأشكال	٣٢٤
قائمة الجداول	٣٣٢
المحتويات	٣٣٣

رقم الإيداع :

٩٨ / ٤٠٨٧

الترقيم الدولي :

977-294-063-9

طبع آمون

٤ عطفة فيروز - متفرع من ش إسماعيل أباطة - لاطوغلى

تليفون: ٣٥٤٤٥١٧ - ٣٥٤٤٣٥٦
