جامعة عمار ثليجي - الأغواط -
معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والتربية الرياضية

تخصص التربية وعلم الحركة/ تخصص التربية البدنية والرياضية

قسم النشاطات البدنية والتربية الرياضية

السنة الثانية ليسانس

محاضرات في مقياس الميكانيكا الحيوية

من اعداد الدكتور: بافة عبدالله

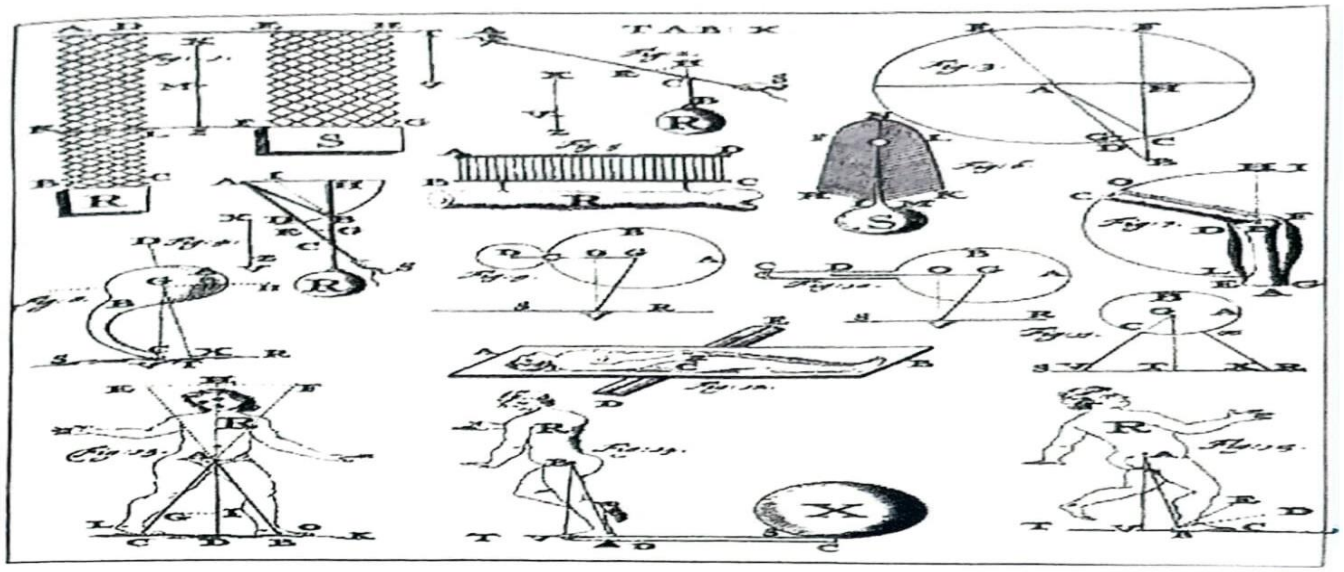
السنة الجامعية 2023/2022

ما هو علم البيوميكانيك؟

التطور التاريخي لعلم البيوميكانيك (الميكانيكا الحيوية) إن علم الميكانيكا الحيوية والذي هو تعريب المصطلح البيوميكانيك يعد في مقدمة العلوم التي اهتمت بدراسة حركة وسكون الأجسام باختلاف الأحجام والخصائص كما تناولت دراسة وتحليل الأداء الحركي الإنساني ضمن إطار العوامل البيولوجية والفسيولوجية للمشكلات الحركية التشريحية والفيزيائية والنفسية من أجل الوصول إلى أنسب الحلول الميكانيكية المطروحة للبحث والدراسة وتقييم نتائجها باختلاف متطلبات الأداء الحركي للفعالية أو المهارة المراد دراستها.

ومن أجل إيضاح هذا المعنى أو التداخل الحاصل في المعنى الاصطلاحي بين هذا العلم والعلوم الأخرى. لذا تمت مراعاة أن نتناول في هذا المبحث ماهية البيوميكانيك وتعريفاته وما جاء به أصحاب العقول العلمية من إضاءات علمية نيرة للوقوف على أهمية هذا العلم ومجال استخدامه وتطبيقاته الميدانية.

حيث أشار **أرسطو** إلى هذا العلم في مؤلفاته حيث تناول مركز ثقل الجسم (CG) وقوانين الروافع وتأثيرها على حركة الأجسام، حيث استخدم الإنسان منذ القدم قواه الذاتية والقوى الخارجية للتغلب على المقاومات فكان يستخدم قوى كبيرة للتغلب على مقاومة قليلة إلى أن خضعت الحركة إلى أسسها الميكانيكية لخفف مبدأ الاقتصاد بالجهد



كما ساهم العالم والطبيب المعروف **جالين** في تطوير علم التشريح وقد ميز بين الأعصاب والعضلات والذي برهن بأن الدفع الحركي ينتقل من المخ إلى العضلات عن طريق الأعصاب حيث يؤثر في العضلات التي تنقبض بدورها وتسبب حدوث الحركة.

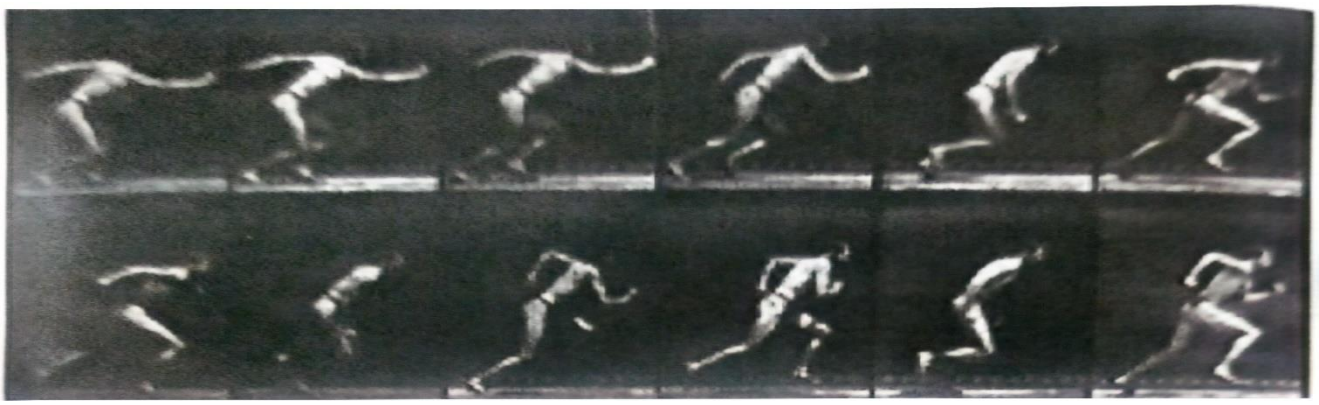
وفي عام (1452 -1519م). قام العالم والفنان والمهندس الإيطالي **ليوناردو دافنشي** بدراسة تكوين جسم الإنسان على الجثث البشرية، وكان يقول: إن الحركة سبب كل حياة، وقد أوجد فكرة القصور الذاتي فكتب عنه تعريف القوة قائلاً:

لا يستطيع أي جسم أن يتحرك من تلقاء نفسه وإنما تنشأ حركته عن شيء آخر وذلك الشيء هو القوة، وقد تناول دافنشي القانون الأول قبل **غاليلو** بأكثر من 100عام وقد توصل إلى القانون الثالث قبل **نيوتن** بحوالي 200 عام، أما بالنسبة للقانون الثاني فقد أخطأ ليوناردو حيث جعل تناسب القوة مع السرعة نفسها بدلاً معدل تغيرها مع الزمن.

وكان **بوريللي** طبيب وعالم رياضيات إيطالي أول من حدد عن طريق التجربة العملية موضحا مركز ثقل الجسم للإنسان وقد ساهم في تطوير حركة الإنسان وقام بتطبيق المعادلات الرياضية في حل المشكلات الحركية وأوضح بأن العضلات تعمل وفقاً لمعادلات وقوانين ميكانيكية وطبيعية ويعد أول من وضع تدريبات للعلاج الطبيعي على أساس ميكانيكي.

وكان العالم **اسحاق نيوتن** (1642 -1727م) علامة مضيئة من علامات تطوير البيوميكانيك بوضعه قوانين الميكانيك الأساسية والتي كانت الأركان الأساسية لعلم البيوميكانيك.

وفي منتصف القرن التاسع عشر قدم مجموعة من الباحثين الفرنسيين طرحاً جديداً لبحث الحركات وخاصة فيما يتعلق بالبحث في حركة المشي للإنسان ومن أهم هؤلاء الباحثين هو الباحث **ماري** (1880) والذي قام بابتكار التصوير واستخدامه في التحليل الحركي والذي لعب دوراً كبيراً في بحث الحركات وقد تم استخدامه في التقاط منفرد للأوضاع المختلفة أثناء الحركة.

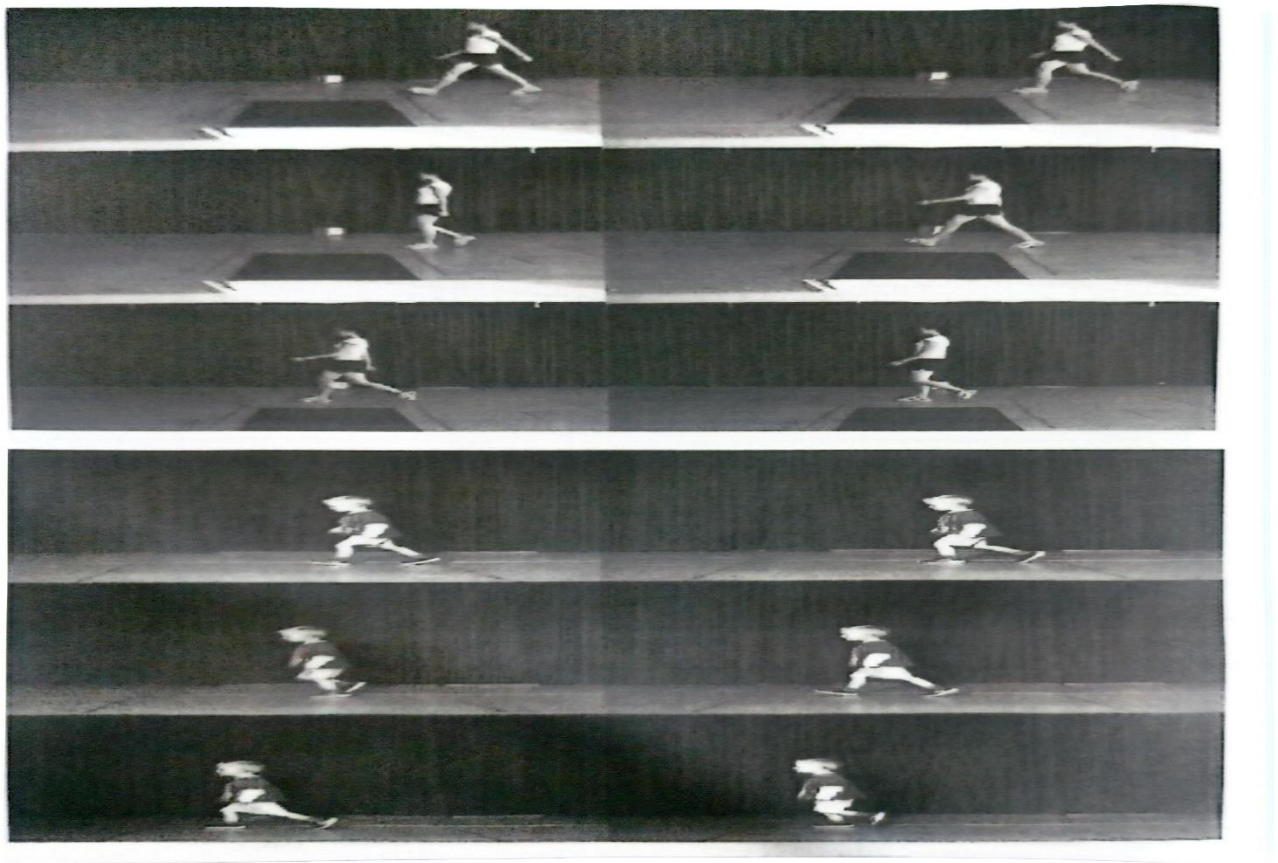


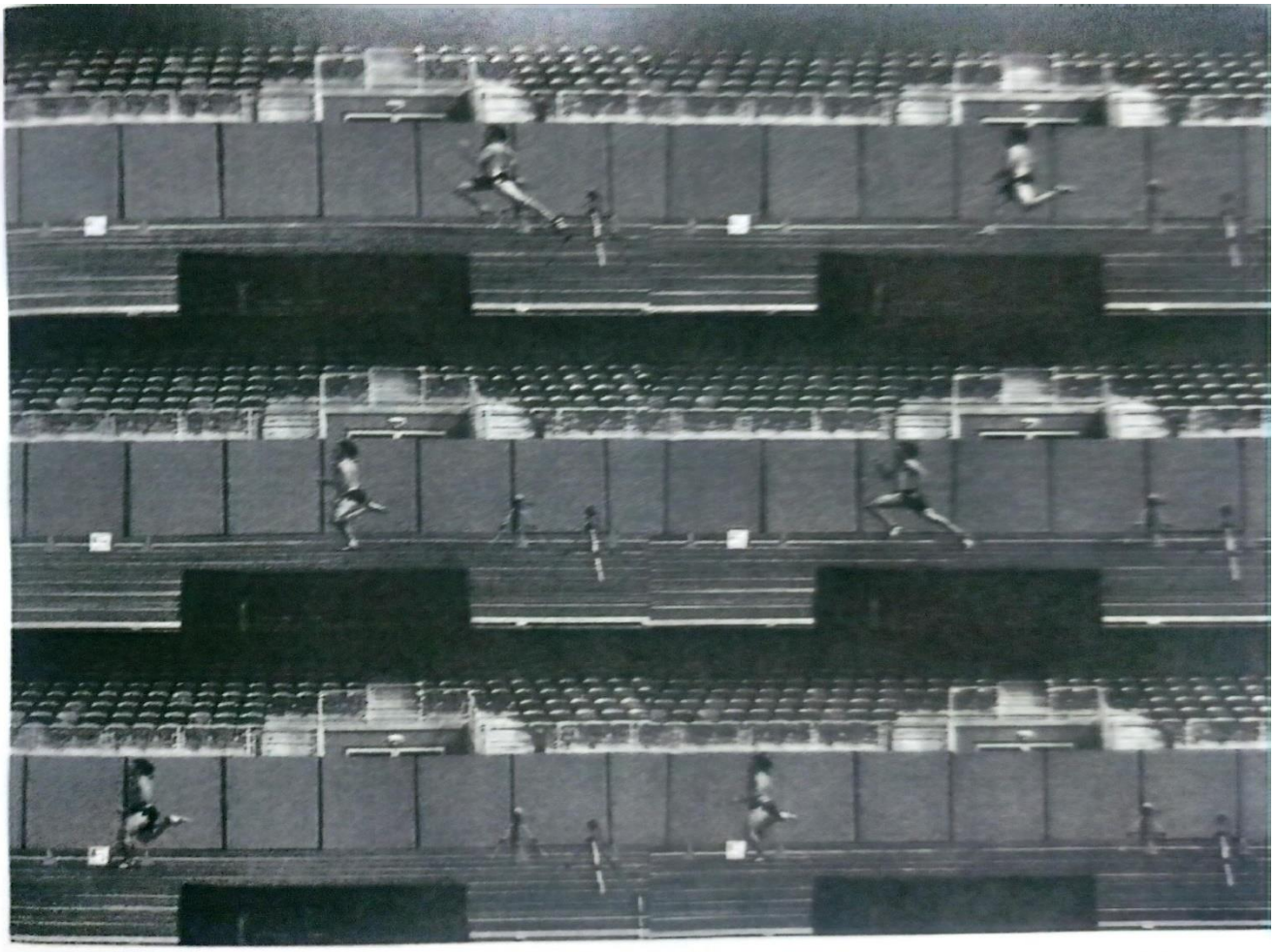
وكذلك طور هذا الباحث التصوير المتتابع دائرياً ومن ثم بدأ المصور الأمريكي **(ماي بريدج)** بإنجاز سلسلة صور للحركة وبعد المحاولات الأولى سارت الأبحاث في طريق التطوير ومحاولة إنتاج جهازا لتصوير الحركة بصورة مبسطة وقام (ماي) بإجراء البحوث الأولية للتصوير السينمائي وبدأت طليعة الأفلام الحديثة لتصوير حركات

الإنسان وفي نفس الوقت تطورت طرق أخرى لتصوير الحركة حيث استخدم هذا الباحث ماري عام (1882م) جهاز لتصوير شكل الثقل في الهواء بعد قذفه. وقد اكتشف هو وتلميذه **(ديسمني)** طريقة التصوير الزمني وبهذه الطريقة يمكن التقاط صور لأجزاء الحركة منفردة في فترات زمنية متساوية وتمكنا بعد ذلك مراعاة عامل الزمن بالنسبة للحركة.

كما قام العالمان الألمانيان **(برونه وفشر)** بأبحاث حول حركة سير الإنسان وقد استنبطا عن طريق أبحاثهما طريقة جديدة لتحديد مركز ثقل الجسم وقد قاما بتحديد مسار المسافة - الزمن للجسم بأكمله ولأجزاء الجسم كل على حدة بطريقة علمية وقاما بناء على ذلك بحساب مسار السرعة والتعجيل بالاعتماد على القانون الأساسي للديناميكا والذي ينص على أن القوة - الكتلة × التعجيل).

وقد تأثر تطور البيوميكانيك فيما بعد تأثراً كبيراً بأهداف البحث ويلاحظ أن الواجبات التي كانت مطروحة في مجال البيوميكانيك قبل بداية القرن العشرين كانت تتعلق أولاً بطب العظام وعلم وظائف الأعضاء التطبيقي والصناعة (حركة العمل المناسب للآلات والتي تسمى فن الحركة مع الآلة لتصوير حركات المشي والجري سواء للكبار أو الأطفال وحتى المستويات المتقدمة من خلال تطور التقنية حالياً.





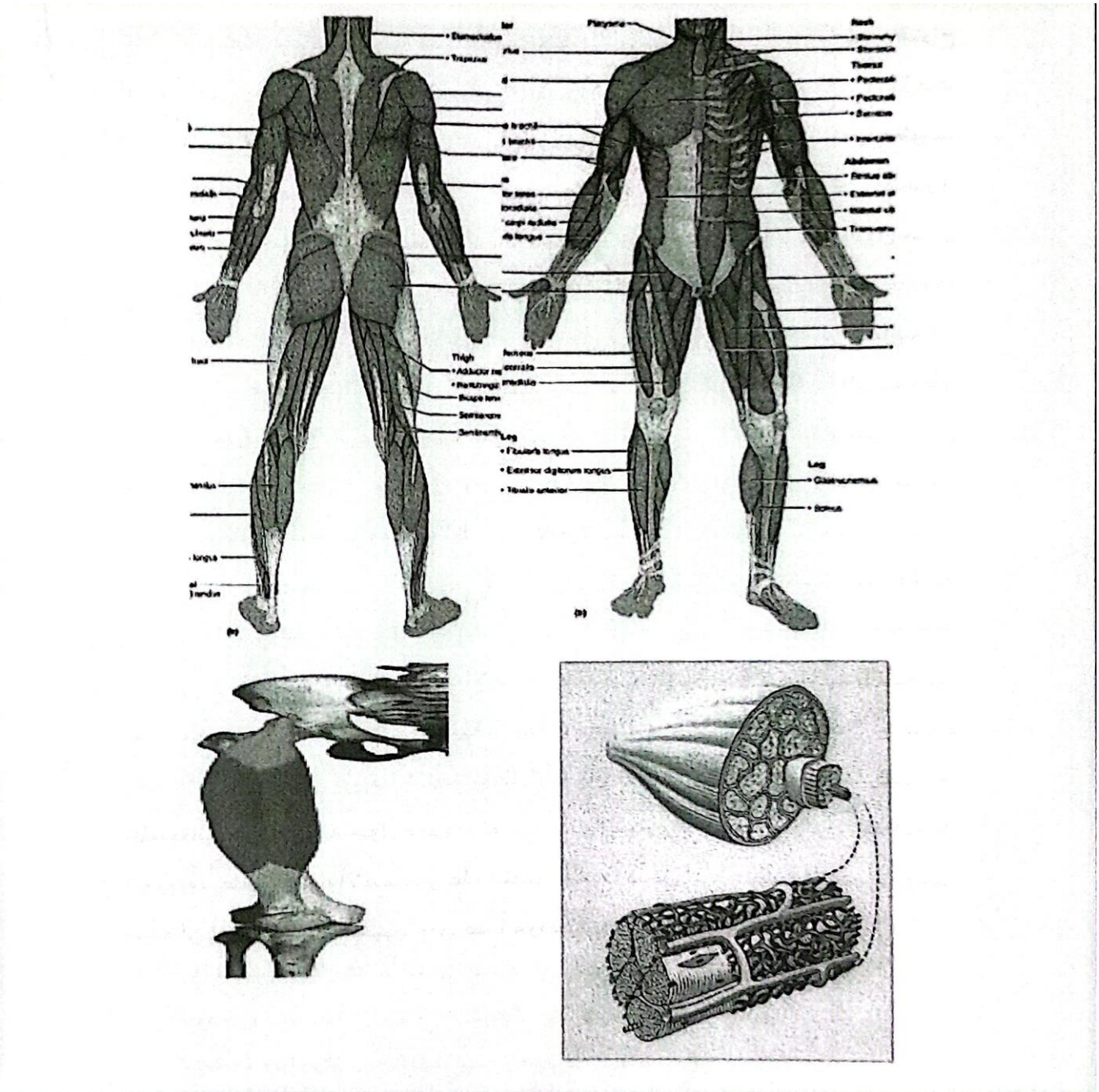
أما من جانب طب العظام فقد طرحت مشاكل وواجبات جديدة للحل بصفة دائمة مثال ذلك طريقة التوجيه للأطراف الصناعية.

وأدى التطور الحاصل في الأنواع المختلفة من الرياضيات إلى الاهتمام بتطوير علم البيوميكانيك وقد طورت الكثير من الدول المتقدمة بيوميكانيك الحركات الرياضية في إطار المناهج الرياضية مع ربطها كوحدة واحدة بعلم الحركة.

وقد قام **معهد لينيغراد للتربية البدنية** لأول مرة سنة (1931م) وبناء على اقتراح العالم **(كوتنيكوفا)** بعقد دورة مستقلة ألقيت فيها مجموعة من المحاضرات تحت اسم " الميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية " وبعد الحرب العالمية الثانية تطورت الميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية في دول المعسكر الاشتراكي الأخرى (كما تسمى سابقاً) كعلم قائم بذاته.

وقد عقد المؤتمر الدولي الأول حول المشكلات الأساسية للميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية بمدينة لايبزك سنة (1960م) ولم تبدأ تلك المرحلة الأخيرة من مراحل هذا التطور في الدول الرأسمالية إلا مؤخراً. وقد عقد المجلس الدولي للرياضة والتربية البدنية التابع لمنظمة اليونسكو دورته الدولية الأولى للميكانيكا الحيوية بمدينة زيورخ عام (1967م) وعلى الرغم من هذه المؤتمرات والدورات إلا أنه بقيت المواقف والاتجاهات العلمية في مجال الميكانيكا

الحيوية لها وجهات نظر متباينة تبايناً كبيراً لم تتوافق في حقيقتها حول أهمية المدلولات المنطقية والعلمية لهذا العلم وعدم توصلها في إيجاد نظام علمي يلائم التطبيق العلمي للميكانيكا الحيوية، وقد تم التوجه على ضرورة قيام الميكانيك الحيوية في المساعدة على إيجاد الإيضاحات اللازمة من خلال تحديد الظواهر الميكانيكية للعلاقات البيولوجية بشكل موضوعي. وعلى الرغم من اختلاف وجهات النظر حول طبيعة الميكانيكا الحيوية نشأ رأي داخل أوساط المهتمين بالميكانيكا الحيوية حول ضرورة توحيد علم التشريح الميكانيكا، الكيميا الحيوية، علم وظائف الأعضاء وعلم النفس جميعاً داخل الميكانيكا الحيوية. وهذا معناه أن الميكانيكا الحيوية تعد علماً مركباً.



ما معنى البيوميكانيك

كلمة البيوميكانيك باختصار تعني العلم الذي يبحث في تأثير القوى الداخلية والخارجية على الأجسام الحية، ونعني بالقوة الداخلية العضلات والأربطة والأعصاب، أما القوى الخارجية كالجاذبية الأرضية ومقاومات الوسط وقوى الاحتكاك ورد فعل الأرض وغيرها من القوى الطبيعية التي تؤثر على الكائنات الحية.

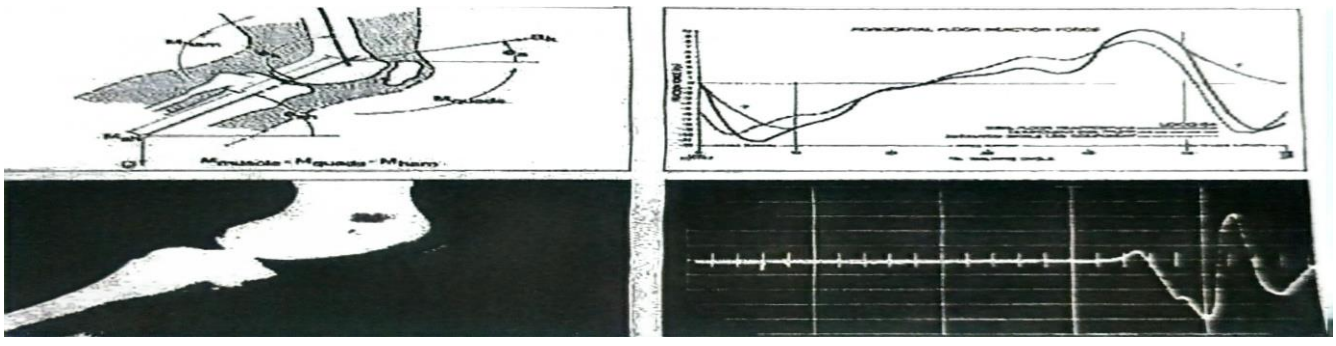
يتكون مصطلح البيوميكانيك من مقطعين هما بيو Bio وتمثل علم الحياة Biology والميكانيكا (Biology) (Mechanic)يبحث علم البيولوجيا حركة الكائنات الحية بدءاً من الخلية والحركات الصغيرة فيها وانتهاء بحركة الأجزاء الظاهرة الكبيرة المتكونة من عدد كبير من الخلايا الأجهزة المختلفة كالجهاز العضلي العصبي. ويعود استخدام كلمة بيولوجيا في هذا المجال للعالم **Lambert** إلى1801م.

أما المقطع الثاني (Mechanic) فيعني العلم الذي يبحث في حركات الإنسان والحيوان من وجهة نظر القوانين الميكانيكية التي تخضع لها جميع الحركات للأجسام المتماسكة سواء أجسام كبيرة أو متناهية في الصغر من دون استثناء.

وحيث لا يوجد قوانين ميكانيكية خاصة للأجسام الحية، فإن التركيب المعقد للحركات ووظائف الأعضاء المتحركة تتطلب الملاحظة المضبوطة والدقيقة للخصائص التشريحية والفسيولوجية لهذه الأعضاء لتسهيل عملية التحليل الحركي وبدون هذه العلوم لا يكون استخدام قوانين الميكانيكا صحيحة.

أما عن مدى علاقة البيولوجيا في البيوميكانيك فهي أن نظريات البيولوجيا وتطورها واندماجها مع قوانين الفيزياء والرياضيات في وضع مناهجها، حتم على الإنسان فهم الحركات على مستوى الخلية العضلية الصغيرة وعلى مستوى الأجهزة الوظيفية والشكل الظاهري للحركات.

وهذا أحد الجوانب التي يعتمد عليها البيوميكانيك أما الجانب الآخر فهو أن نظريات الميكانيكا المعتمدة على دراسة الظواهر الطبيعية وتأثير القوى الداخلية والخارجية على الأجسام يشكل أحد الأسس الهامة في تقييم الأداء الحركي.



والبيوميكانيك هو أحد أشكال الميكانيكا الأساسية، إذ يأتي البيوميكانيك الرياضي من علم ميكانيكا الأجسام اللينة غير المنتظمة باعتبار أن جسم الإنسان يخضع إلى هذا النوع من الميكانيكا والتي هي أصلاً لها نوعان هما الميكانيكا الثابتة والميكانيكا المتحركة وتضم الميكانيكا المتحركة كينماتيكاً وكينتيكا الإنسان الحيوي التي تدخل فيها العديد من العوامل الأنثروبومترية والبدنية كالحجم والشكل والوزن والقوة... إلخ كعوامل مساعدة في مثل هذا التوضيح. وفي الحقيقة هناك خليط من العوامل التي يمكن أن تؤثر في كفاءة الأداء وسهولته ومنها العوامل النفسية والقوة العضلية كعامل بدني.

والذي نحاول أن نوضحه في هذه المقدمة هو أن دراسة حركة الجسم البشري في أي سلوك حركي تتميز بالتعقيد، إذ يصعب الفصل بين العوامل المتداخلة فيه ويحتاج إلى متخصصين في مجالات متباينة.

لذا فالبيوميكانيك يعني تفاعل القوى الميكانيكية الأساسية في حركة الجسم البشري من خلال تطبيق المبادئ البيولوجية والميكانيكية

. فمن واجب هذا العلم:

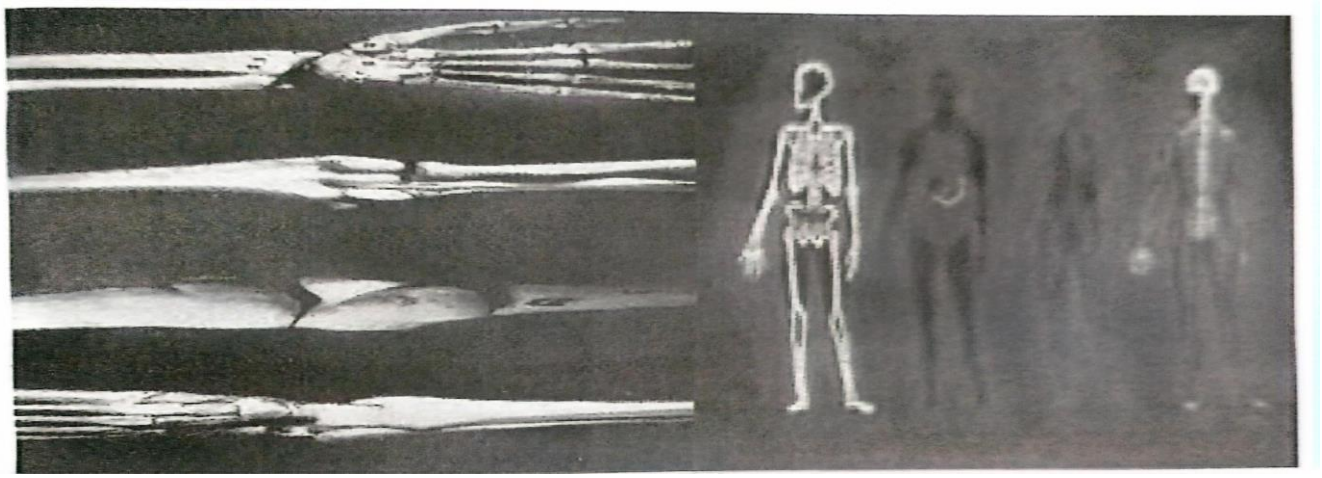
- التعرف إلى الأسس الميكانيكية للنشاط العضلي البيولوجي ودراسة العلاقات الخاصة بها.

- تطبيق القوانين الميكانيكية على الجهاز الحركي للإنسان.

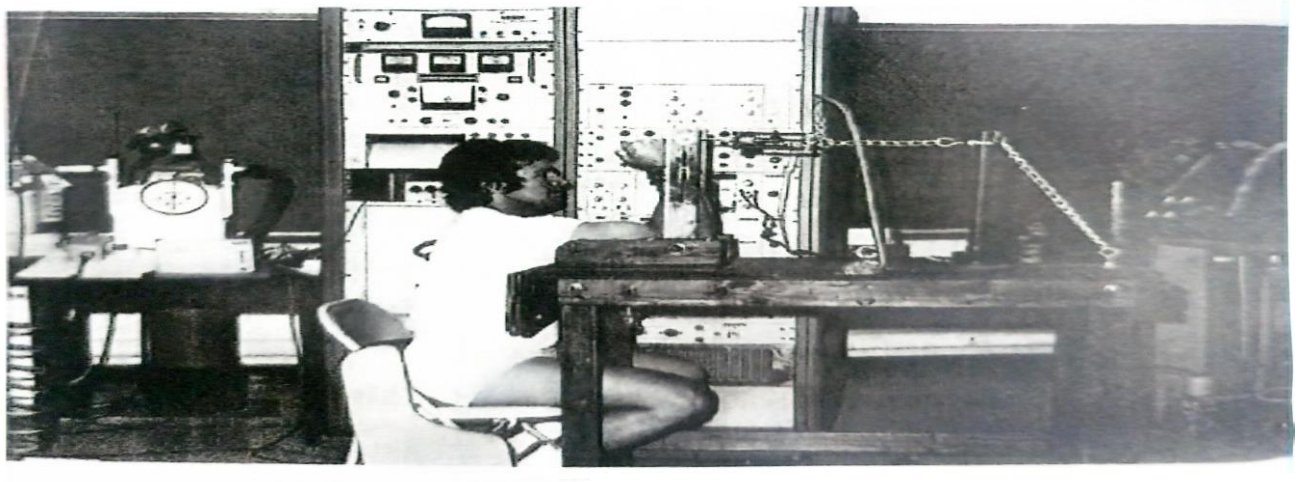
- دراسة العلاقات المتبادلة بين القوى الداخلية والخارجية المؤثرة على جسم الإنسان وتوافق تأثيرها وعملها أثناء الأداء.

ومن الممكن الاستفادة من مبادئ البيوميكانيك في جميع الألعاب الرياضية عند تدريب وتطوير الأداء الحركي، وبالشكل الذي ينسجم مع الهدف مع هذا الأداء، ولهذا فإن البيوميكانيك هو العلم الذي يوفر الأساس الصحيح للمدرب والمدرس عندما يكون الأمر متعلقاً بتعليم وتدريب المهارات الرياضية من خلال إيجاد حلول للأسئلة التي تدور حول الأداء والإنجاز الرياضي لمختلف الحركات الرياضية التي تشمل الدفع والرمي والسحب والحمل والوثب والركض.

إن فهم البيوميكانيك يؤدي إلى فهم الأساسيات المتعلقة بالنواحي التشريحية والفسيولوجية والميكانيكية لحركة الرياضي.



وهذا سيساعد بلا شك في تعلم وتعليم المهارات وتحسين الأداء الحركي الدقيق، بالإضافة إلى أن فهم المبادئ البيومكانيكية تساعد اللاعب في قدرته على إدراك الخطأ عند التقليد العشوائي لأسلوب خاص بلاعب معين خصوصاً أن العناصر البدنية ليست متماثلة بينهم كالقوة والسرعة والمطاولة والتوافق والقدرة والمرونة والميزات الجسمانية بالإضافة إلى عدم تماثل الخواص النفسية مما قد يؤدي إلى نتائج عكسية.

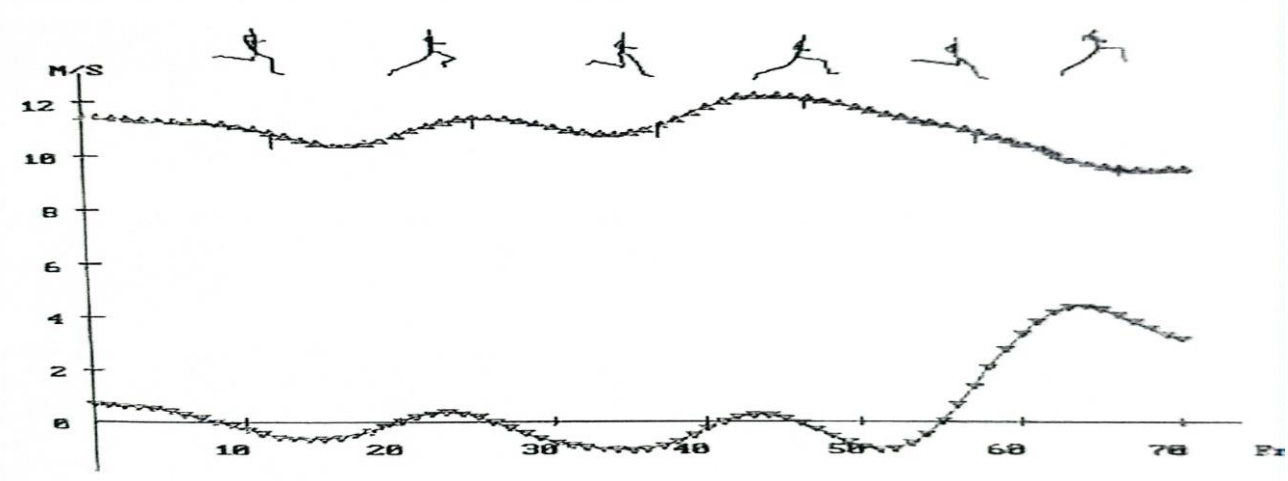


البيوميكانيك الرياضي

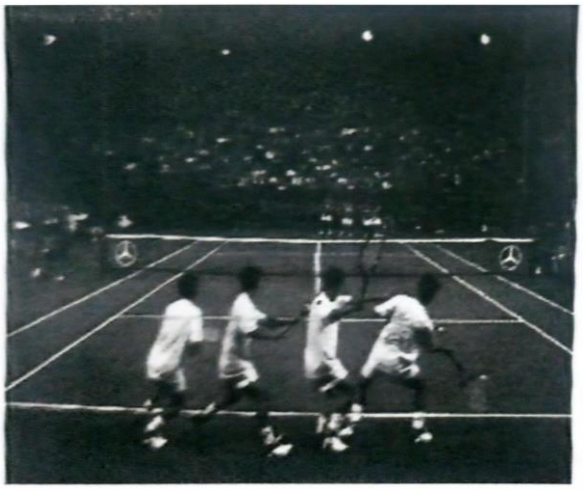
بدأت الدراسات الحديثة في موضوع التحليل الحركي لحركات المشي والركض وغيرها من الحركات والمهارات الرياضية بعد الحرب العالمية الأولى، وازداد الاهتمام بالحركة الرياضية في مجال البيوميكانيك الرياضي بعد الحرب العالمية الثانية، حيث اهتم العلماء والباحثون بالعمل على تطوير الأجهزة والأدوات الرياضية لتحقيق الأفضل تحت عوامل الأمان والسلامة من خلال تعاملهم مع الأجهزة الرياضية التقنية في الجمناستك وغيرها من الفعاليات الرياضية الأخرى.

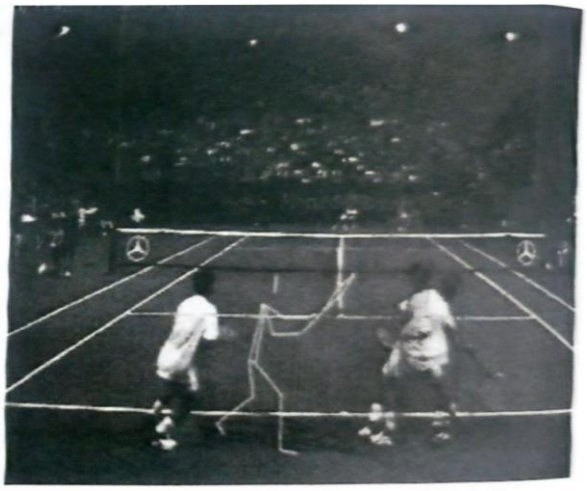
وفي السنوات الأخيرة أصبحت الحاجة إلى البيوميكانيك ماسة كونه يمثل أحد علوم الرياضة التي تعتمد عليها الألعاب بدرجة كبيرة من الأهمية، وقد يرجع ذلك إلى سببين هما:

- أصبحت الفروق الفنية (التكنيك) بين الأبطال العالميين والمستويات الرياضية محدودة يصعب ملاحظتها بالعين المجردة.
- عادة ما تكون متطلبات العمل أو الأداء على أجهزة وأدوات التدريب والمنافسات كبيرة بالدرجة التي يصعب معها أن ينهي عدداً كبيراً من الرياضيين حياتهم الرياضية دون التعرض للإصابة.



لذا يتطلب من المدرب أن يكون ملماً في أسس البيوميكانيك ليتمكن أن يرتقي إلى مستوى أعلى من المستوى التطبيقي الأساسي المطلوب منه، فعلى جانب خبرته في مجال التحليل العملي والعلمي للحركات والمهارات الرياضية يكون بإمكانه إجراء بحوث وعلى نطاق واسع في المجالات البيولوجية والميكانيكية للحركات الرياضية فمثلا دراسة أساليب وأشكال الأداء ومراحله للأبطال العالميين في مختلف الألعاب الرياضية يتمكن من خلالها تحديد الخواص والمميزات التي قادت هؤلاء الأبطال إلى تحقيق النجاح .





ولغرض تسهيل دراسة حركة الإنسان فقد حاول العديد من العلماء تقسيم الحركات من وجهات نظر مختلفة ووضع النماذج النظرية والتي يمكن تطبيقها ميدانياً حيث تم تقسيم هذه الحركات إلى:

*حركات واجبها الارتكاز

*حركات واجبها التعلق

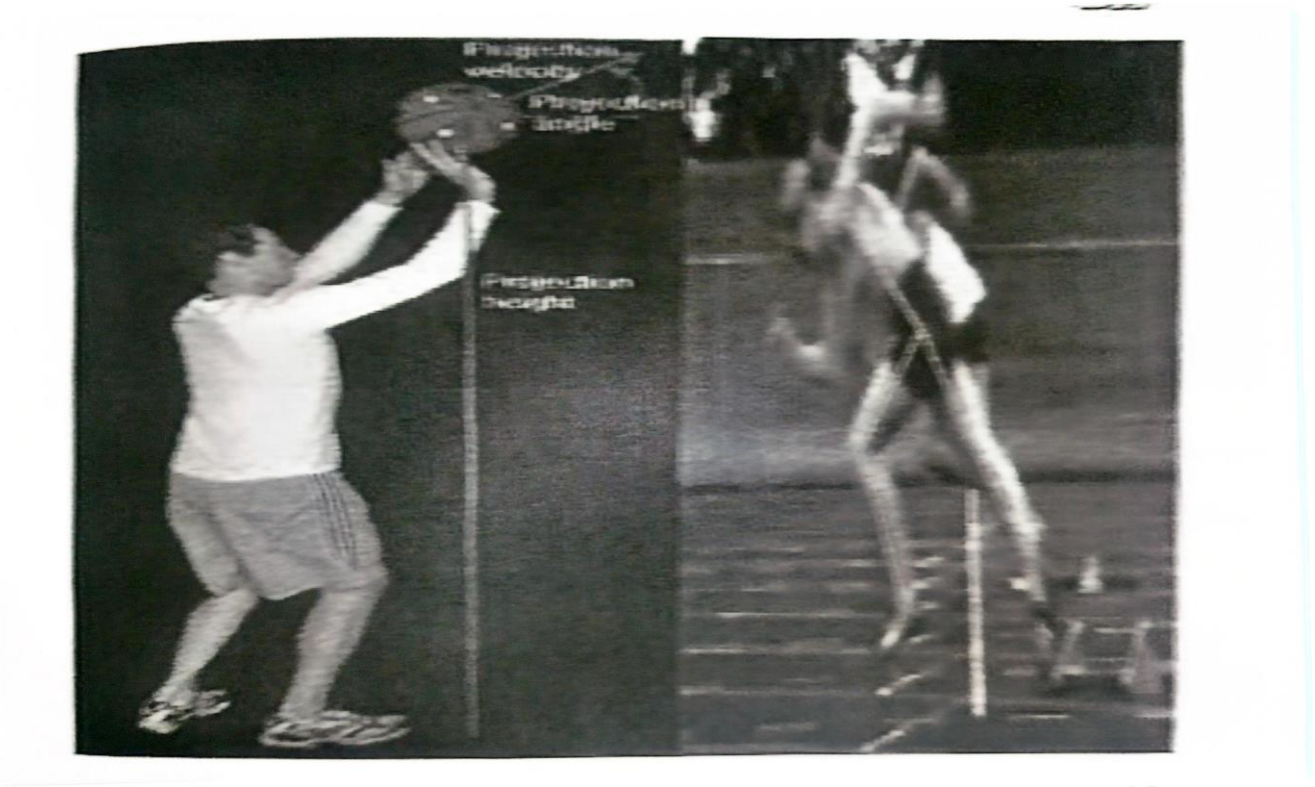
*حركات تتضمن حركة الجسم أو الأداة

*حركات واجبها القوة

ومن جهة أخرى تم تقسيم البيوميكانيك إلى قسمين ووفقاً للحركات التي يؤديها الإنسان كما يلي:

القسم الميكانيكي: والذي يبحث في

- القوانين والأنظمة الأساسية التي تحكم الأجسام الحية أثناء الحركة وأثناء السكون وبذلك يسمى الثابت (الستاتيك) والمتحرك (الديناميك) **والاستاتيكا** تدرس النظم التي تكون فيها الحركة ثابتة سواء من دون تحرك أو بحركة ثابتة، أما **الديناميكا** فتدرس النظم التي يظهر فيها العجلة



- والجزء التطبيقي الذي يهتم في حل المشاكل الحركية العلمية التي تعترض حركة الإنسان وتحسينها وكذلك الأوضاع المثالية والاقتصادية في الجهد خلال ممارسة الفعاليات الرياضية المختلفة أو تطبيق البرامج العلاجية.

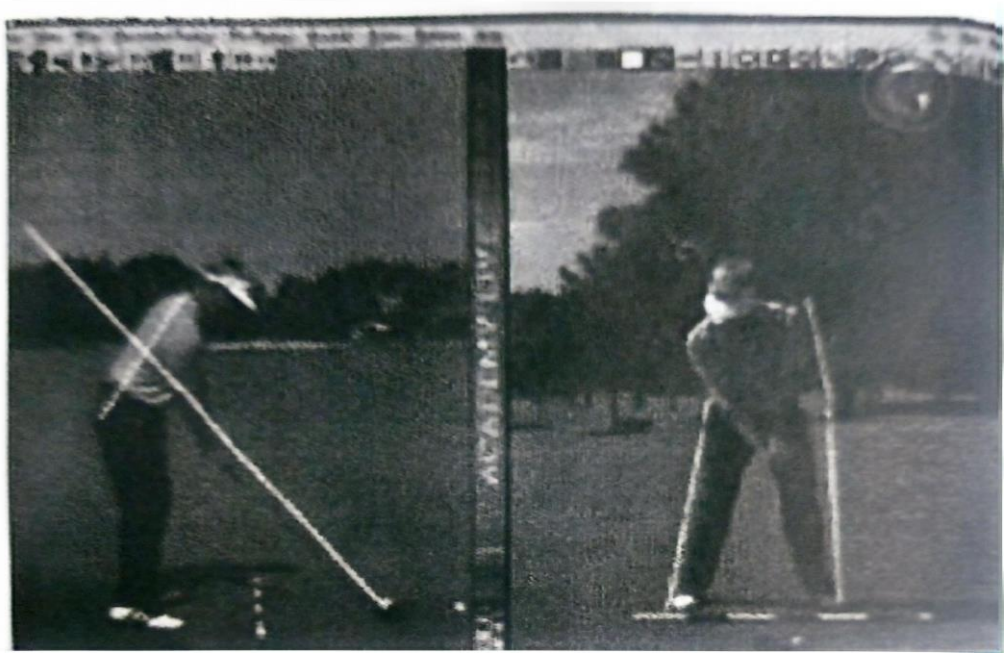
القسم الحيوي: والذي يبحث في

- الجانب البيولوجي الذي يبحث في حركة الكائنات الحية بدءاً من الخلية العضلية والحركات الصغيرة فيها وانتهاءً بحركة الأجزاء الظاهرة الكبيرة المتكونة من عدد من الخلايا والأجهزة المختلفة كالجهاز العضلي –العصبي على سبيل المثال:

إن تفاعل القوى الميكانيكية الأساسية خلال حركة الجسم البشري مع السيطرة والتحكم الكامل بهذا الأداء من خلال الجهاز العصبي وردود الأفعال والإدراك الحسي ووفقاً للهدف من الأداء أو الحركة لغرض تنفيذ هذا

الأداء وتحقيق الإنجاز بالاعتماد على توضيح العلاقة بين السبب والنتيجة أعطى ذلك في أن يكون هناك مجالان رئيسان للبيوميكانيك في الرياضة وهما:

مجال تحليل الأداء: وفي هذا المجال تطرح عادة بعض الأسئلة منها:



- ما خصائص تكنيك أفضل الرياضيين (مثلاً ما الذي يميز لاعبي أو فرق الأدوار النهائية عن اللاعبين أو الفرق الذين تم إقصاؤهم في الأدوار التمهيدية).

- إلى أي مدى يمكن أن تؤثر عوامل معينة في الأداء الحركي وأداء الحركات المختلفة ككل (مثلاً إلى أي مدى يمكن أن تؤثر خطوات الاقتراب في مسافة القفز أو الأداء في مهارة تتطلب ذلك).

- ما الاختلافات الفنية بين كل من الرجال والنساء عن تطبيق الأداء المختلف.

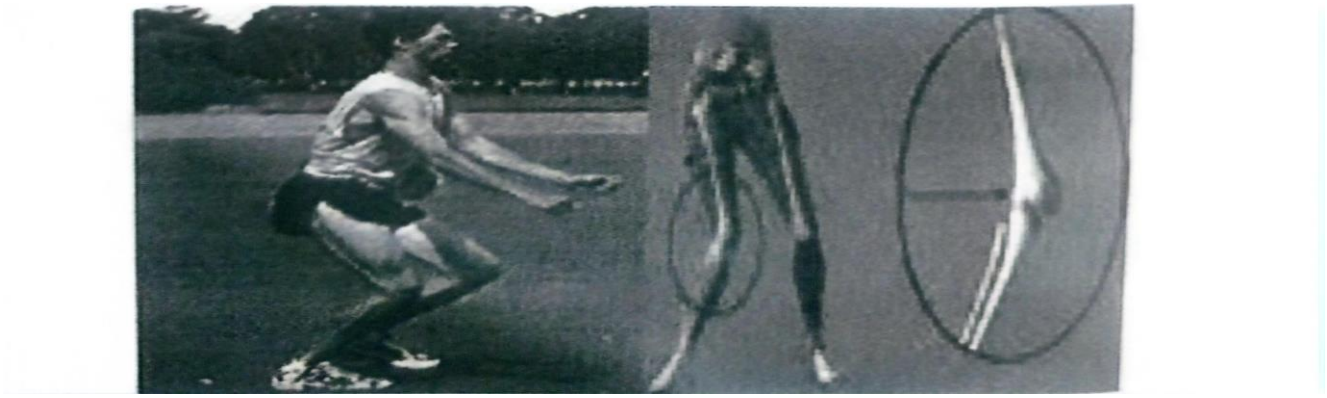
- الحركات الرياضية (مثلاً هل هناك اختلاف في نسب مراحل الوثب الطويل بين الرجال والنساء) .

- ما القوى المؤثرة في حركات متعددة (مثال ما قيمة الحمل الواقع على قدم الارتقاء أثناء الدفع والنهوض).

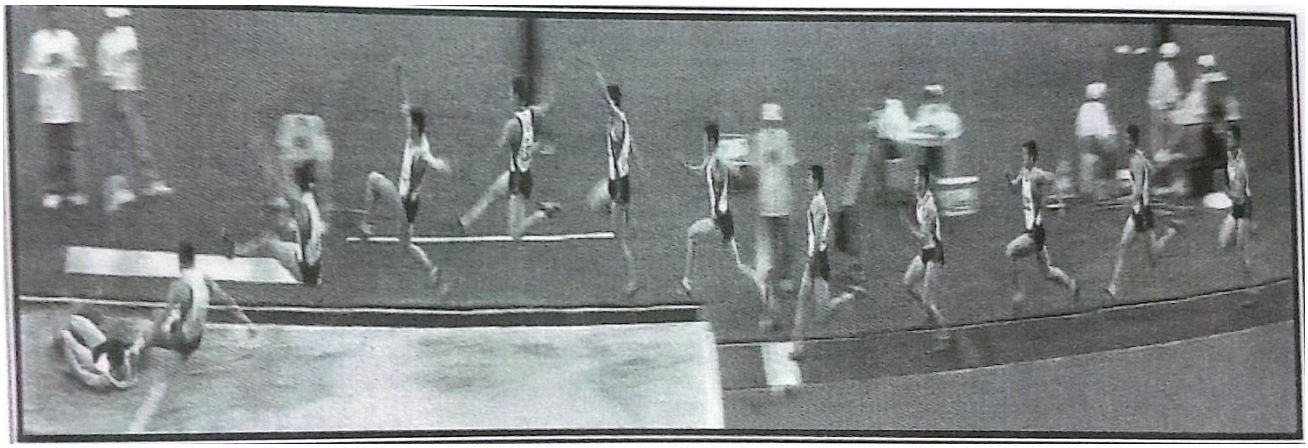
- كيف تتغير الأحمال كنتيجة طبيعية للتعب (بداية اللعب أو المنافسة ونهايتها، كما عند عداء الـ 100 متر. إذ يكون هناك اختلاف في نمط الخطوة بين بداية ونهاية السباق).

- كيف يمكن التغيير في التدريب لتخفيض الأحمال.

بالنسبة **للنقطة الأولى** إن التكنيك له علاقة بمتغيرات بيومكانيك أساسية كعزوم القصور الذاتي والعزوم والزخم المتحقق للجسم أثناء الحركة.



- متعلقات القوة بالزمن والسرعة، وكل هذه المتغيرات لها علاقة مباشرة بقياسات الجسم المناسب للرياضة المناسبة لذا نجد أن فرقاً تصعد الأدوار النهائية على حساب فرق أخرى نتيجة ذلك.



النقطة الثانية: أن كل اقتراب للجسم يعني إكساب ذلك الجسم سرعة، والسرعة المتحققة تتناسب طردياً من المسافة الأفقية أو العمودية التي تنجز بعد الاقتراب (لحظة النهوض لذا فإن الذي يمتلك سرعة أكبر يكون انجازه أعلى وفقاً للعلاقات التالية:

المسافة العمودية = س ، المسافة الأفقية = س2/ج 2 / 2ج x

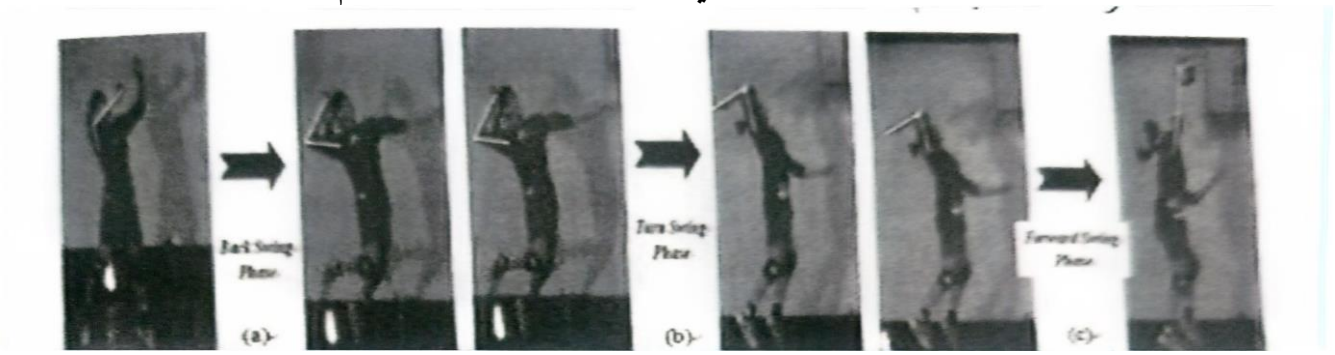
النقطة الثالثة: ترجع الفروق في نسب المراحل الفنية أصلاً إلى الفروق في القدرات البدنية بين المرأة والرجل إذ تتناسب طردياً مع بعضها البعض الآخر من ناحية تحقيق العزوم المعيقة واكتساب الزخوم المناسبة وتحقيق النقل الحركي المناسب.

النقطة الرابعة: يقصد بها تبادل القوى الداخلية والخارجية، ومقدار القوة تتحملها العضلات عند أداء الحركات ضد الجاذبية، مثلاً قد يصل مقدار المقاومة التي يقع على عضلات رجل واثب الثلاثية إلى 7 أضعاف وزنه، كيف يمكن تجاوز هذه المشكلة.

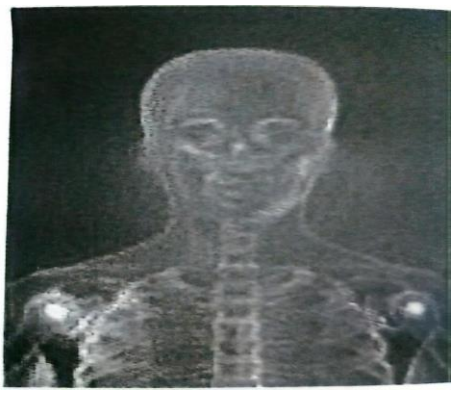
النقطة الخامسة: تتبلور في كيفية زيادة كفاءة الرياضي على الأداء في ظروف التعب، يمكن أن يكون العمل على شدة التدريب وفقاً لنظريات ميكانيكية لتجاوز هذه المشكلة كنظرية الطاقة الحركية ونظرية الشغل.

النقطة الأخيرة: هناك تساؤلات

- لماذا لاعبو الجمناستك قصيرو القامة، فنجد أن لاعب الجمناستك ما بين (155) متر إلى (1.62) متر بينما لاعبات الجمناستك أطوالهن يتراوح ما بين (1.35 متر) إلى (1.50 متر).
- بعض المسابقات كألعاب القوى يتوجب في الرياضي خصائص بالطول وكتلة الجسم.



أي العضلات تحتاج إلى تطوير في قيم القوة الخاصة لكل رياضي بألعاب القوى أو الكرة الطائرة أو أي لعبة أخرى؟ كما يتساءل بعض المدربين إلى أي مدى يمكن لتمرين الضغط بالذراعين في تمارين الضغط أو البطن؟ أو أي من التمارين هي الأفضل لتطوير العضلات الباسطة للركبة (الرباعية) بأقل تأثير على أسطح العظام المنفصلة؟ أو ما هي كمية المقاومة التي يجب أن تتغير خلال مدى حركة التمرين للحصول على فاعلية أكثر من التمارين الاعتيادية.

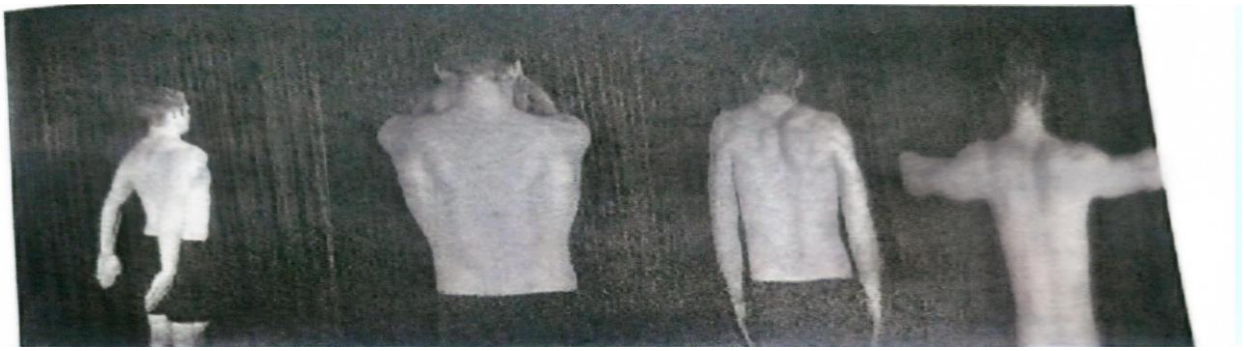


الحلول تكمن في توافر المعلومات ذات الصلة الوثيقة بقابليات الإنسان من النواحي الفسيولوجية والبايوميكانيكية والعوامل البيولوجية.

في الوقت الحاضر هناك معلومات جوهرية حول بعض الحقول الخاصة بالأداء الحركي من خلال الفسلجة الرياضية، وأيضاً هناك معلومات جزئية حول بعض المبادئ البيوميكانيكية المحددة وهذا يسحبنا إلى أن جميع التطبيقات الحركية تصمم وفقاً لتسلسلها الحركي الصحيح من ناحية التعلم ووفقاً للتحديدات البيوميكانيكية التي تعطي الاقتصاد بالحركة وانسيابيتها في هذه التطبيقات العملية، وعلى هذا الأساس يتم التعامل مع علم البيوميكانيك في إيجاد العديد من الحلول التدريبية والتعليمية والفسيولوجية.

لقد تزايدت أهمية الأبحاث في مجال التدريب والمنافسة وبناءً عليه فإنه يجب على كل مدرب أن يحصل على بعض المعلومات الأساسية الأكثر أهمية، بهدف فهم نتائج الأبحاث البيوميكانيكية التي تساهم في إيجاد الإجابات عن تساؤلاته من جهة وتطوير برامجه من جهة أخرى.

2)الحركات الأساسية في جسم الإنسان:



الحركات الأساسية هو المعني بشؤون حركة أجزاء الجسم بمختلف أنواعها، فنجد أن كل جزء من الأجزاء يسمح بحركات تدفق وطبيعة المفصل الذي تتم حوله الحركة من حركات نلخصها: الثني والمد -التقريب والتبعيد – الرفع والخفض – التدوير -الكب والبطح – الدوران.

3) أنظمة الحركات :

ومن خلال التاريخ الطويل لدراسة حركة الإنسان قسم العلماء الحركة وفق طرائق مختلفة ارتبط التقسيم بالاتجاه الذي ينظر من خلاله العلماء للحركة ولأهمية دراسة أنواع الحركات اتفق على أن هنالك ستة أنظمة قسمت طبقاً إلى:

أولاً: طبقاً لعمل مفاصل الجسم التشريحية:

المفاهيم:

اختار علماء التشريح والباحثون في علوم الحركة في دراستهم لأنواع الحركة الخاصة بحركة المفاصل، بحيث اختير المفصل كنقطة دالة لحركة أجزاء الجسم المختلفة.

إن حركة أجزاء الجسم، أو الجسم كله، يتم من خلال سطوح تشريحية وهمية. إن وصف السطوح التشريحية يرتبط بالوضع التشريحي لجسم الإنسان)الوضع الأساسي للجسم والذي يكون فيه الجذع منتصباً والذراعان إلى الجانب، أما اليدان فمواجهتان للأمام، فضلاً عن القدمين والأصابع.

أما ما السطوح التشريحية وأنواعها وما هي المحاور التي يدور حولها الجسم يشغل الجسم حيزاً من الفراغ الذي حوله وكل مهارة تؤدى حول محور معين يسمى محور الحركة كذلك يتم تنفيذ المهارة أو الحركة في المستوى أو السطح يسمى مستوى الحركة، وهذا لا يمنع أن تكون الحركة حول أكثر من محور وأكثر من مستوى في وقت واحد. كما أن وصف الحركة يعزا إلى المحاور والمسطحات الوهمية في جسم الإنسان والتي تلتقي في نقطة مركز الثقل.

ثانياً: حركة الجسم طبقاً لصفات وبناء الحركة

ترتبط الحركة بصفة الحركة وتتكون من ثلاث أقسام رئيسة:

1) حركات النقل:

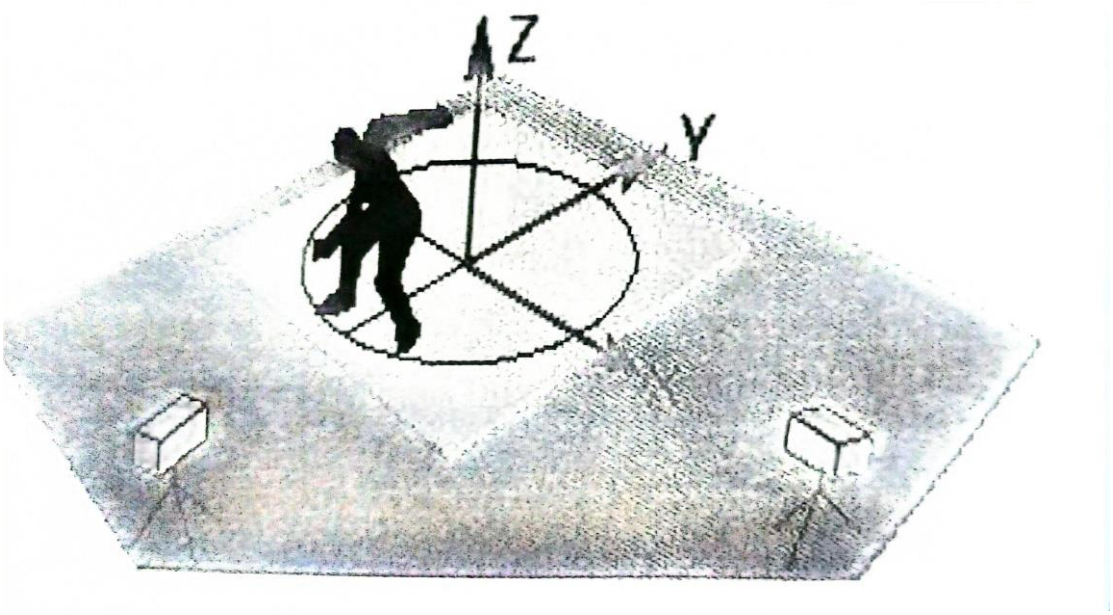
ترتبط حركات النقل بتغير وضع الجسم طبقاً للزمان والمكان كالمشي العدو والقفز والحجل.

2) حركات الأطراف:

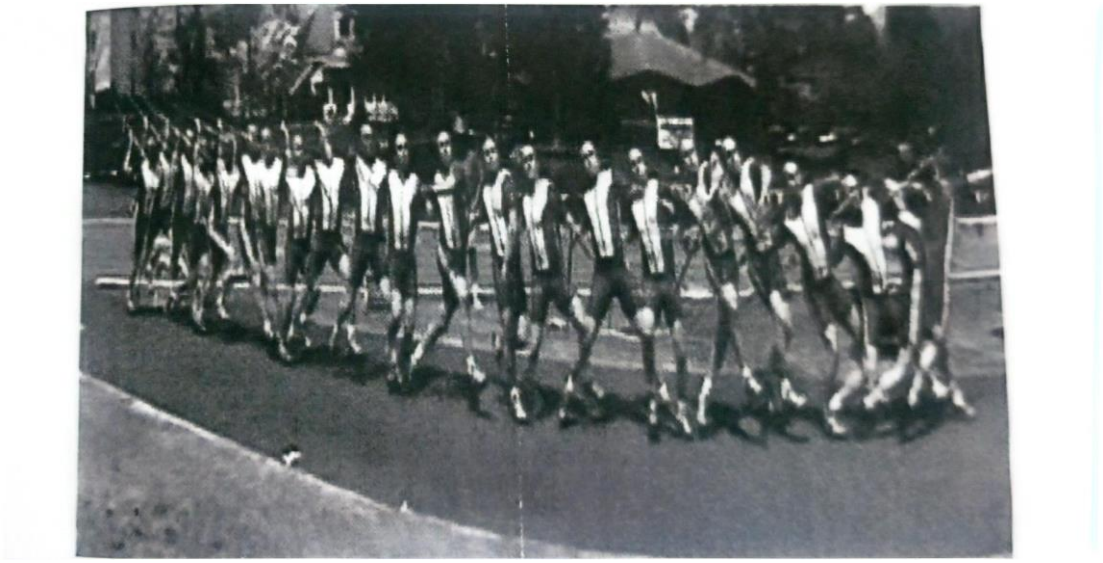
وتمثل حركات الأطراف العلوية والسفلية وتعبر عن التغيير الذي يحدث في وضع الأطراف طبقاً للجسم ككل أو طبقاً لعضو آخر من أعضاء الجسم مثل حركة الوثب في الارتقاء بالوثب العالي أو الطويل أو في الحركات الدائرية للذراع أو للذراعين في الوثب الطويل للمحافظة على التوازن للجسم ونقل الزخم الزاوي استعداداً للضربة الساحقة، أيضاً في مرجحة الجسم على العقلة استعداداً للدوران حولها، أو حركات المحافظة على توازن الجسم.

3) حركات الهيكل:

هي حركات الجلوس أو الوقوف أو الاتزان والتي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بتوازن الجسم واستقراره ففي مسابقة رمي القرص يرتكز الرامي على حركة الرجلين المتبادلة ليتحرك الجسم وينتقل داخل الدائرة ومن ثم بعد ثباته تنتقل الحركة إلى الذراع الرامية لانطلاق القرص.



إن التقسيم السابق يرتبط بكافة الحركات الرياضية ذات السلسلة الحركية المؤثرة في الإنجاز ففي سباق الحواجز وبخاصة عند عبور الحواجز هنالك مرحلة تحضيرية استعداداً لخطوة الحاجز ثم الانتقال مع حركة للأطراف كذلك في سباق رمي الرمح ومراحله المتسلسلة باتجاه الهدف مع حركات للأطراف من خلال النقل الحركي المتتالي.



ثالثاً: طبقاً لمنشأ الحركة

قاعدة مرتبطة قسم الباحثون الحركة وفقاً للمنشأ الذي تبدأ فيه، فالأساس الذي يرتكز عليه النظام يرتبط بالتحفيز سواء أكان داخلياً أو خارجياً، وهي:

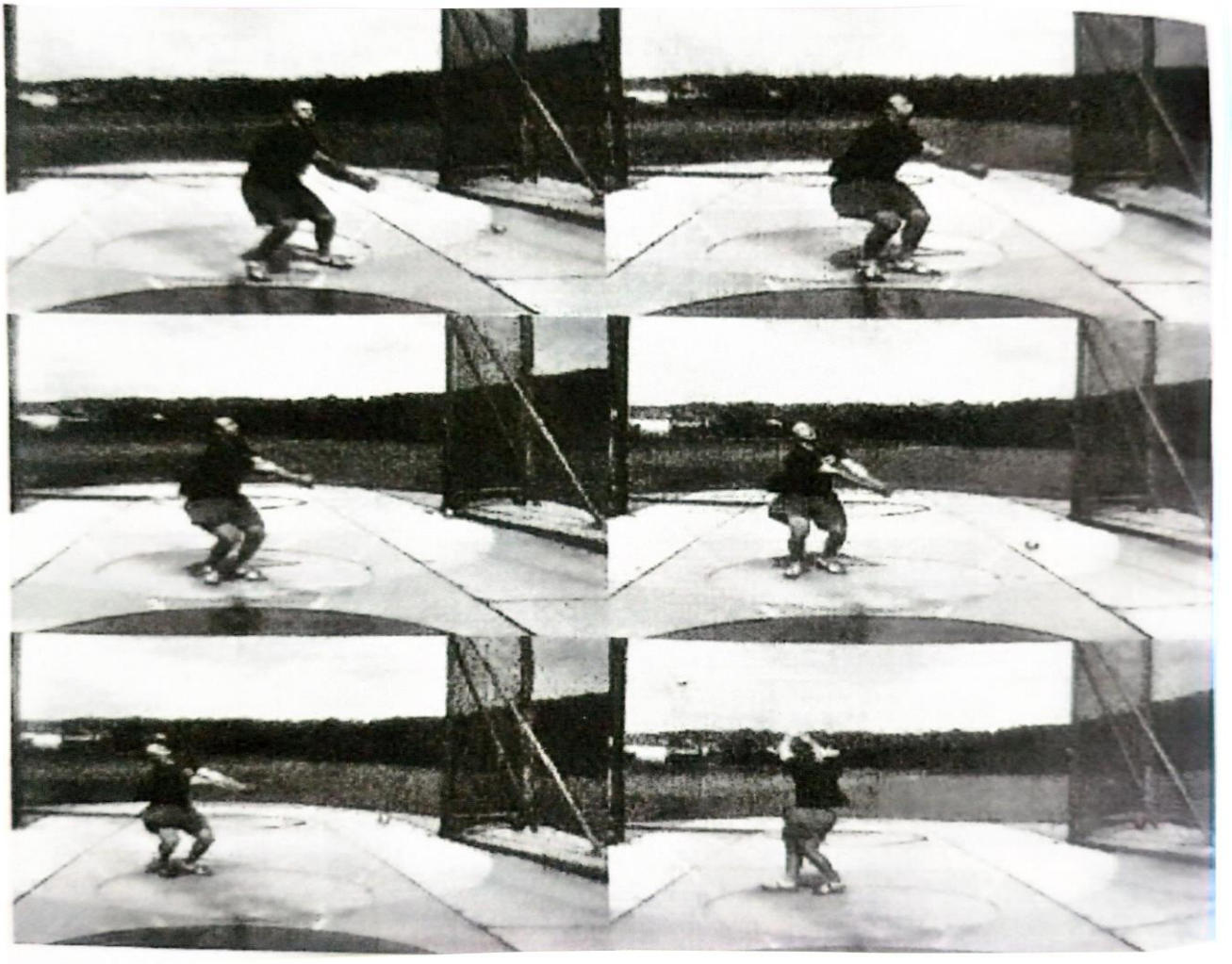
أصلاً بتأثير المحفز على الحركة، تحت هذا النظام أربع أقسام رئيسة هي:

1-الحركة الناتجة من تأثير انعكاس غير مشروط قبل السباق كالقلق والانفعال.

2-الحركة الناتجة من تأثير قوة خارجية والمرتبطة بالحركات الإيجابية مثل حركات لإحماء التي يقوم بها المدرب قبل السباق للمتسابقين.

3-الحركة الناتجة من تأثير الحافز الخارجي كالانطلاق في سباق 100م بتأثير إشارة إطلاق.

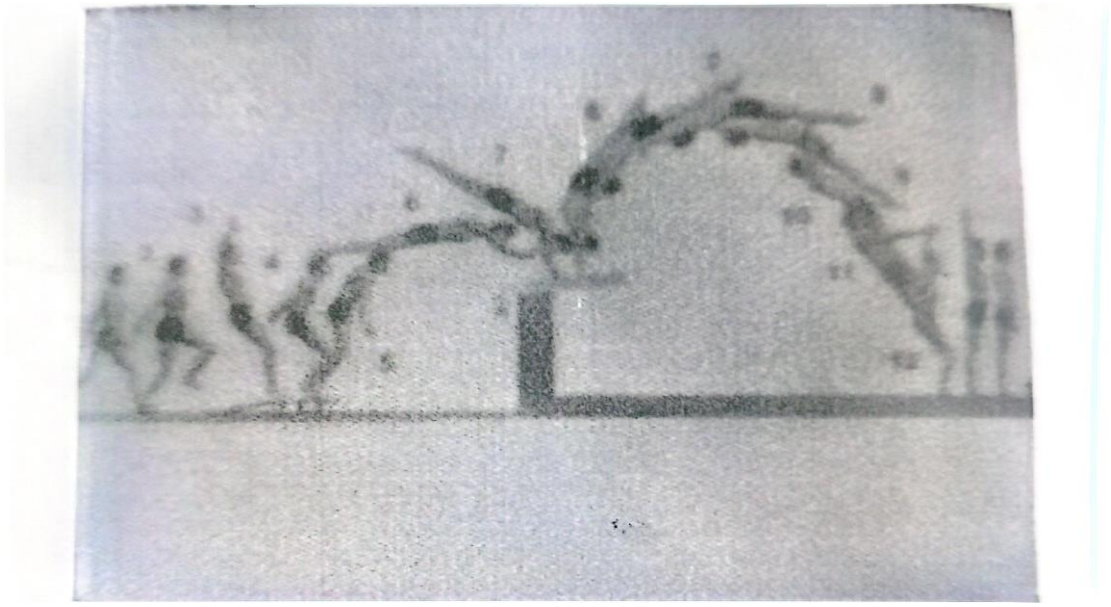
4-الحركة الناتجة دون تأثير خارجي وهي حركات آلية تحصل للرياضي مثلا لتبديل التغطية بعد الرمي.



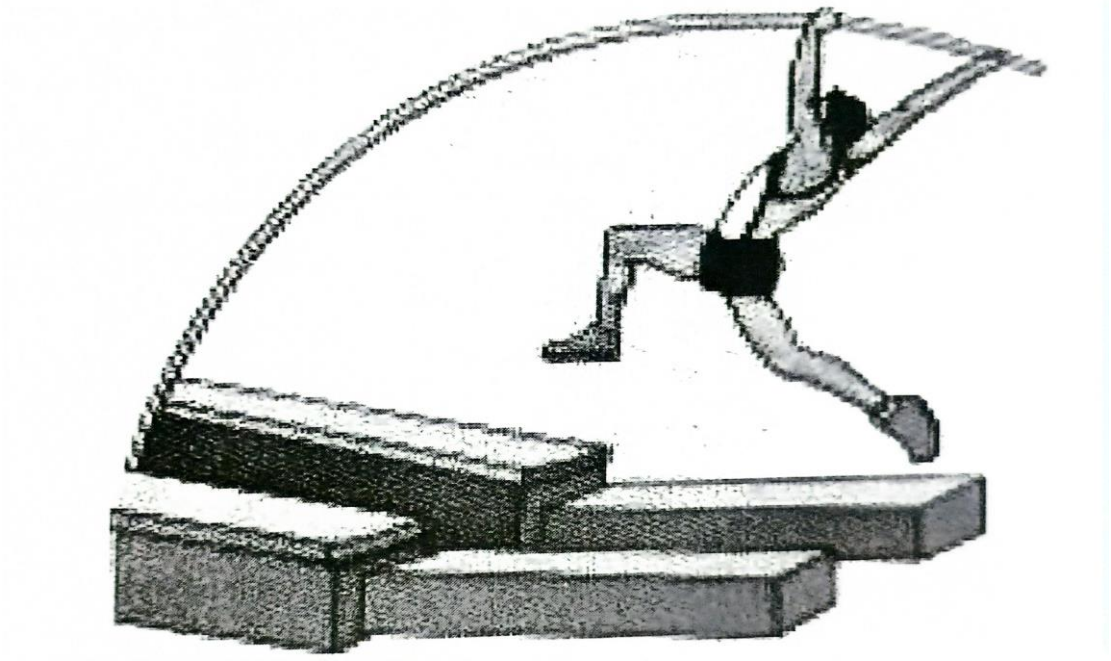
رابعاً: طبقاً لهدف الحركة

قسم الباحثون والعلماء في علوم الحركة جميع الحركات الرياضية طبقاً للهدف المبيت من إنجاز أي ترتبط بالمهارة ونشاط المجاميع العضلية حيث ترتبط:

1)الحركات التي يكون هدفها إسناد الجسم في نهاية الحركة أو المسابقة.



2)الحركات التي هدفها التعلق مثل الزانة.

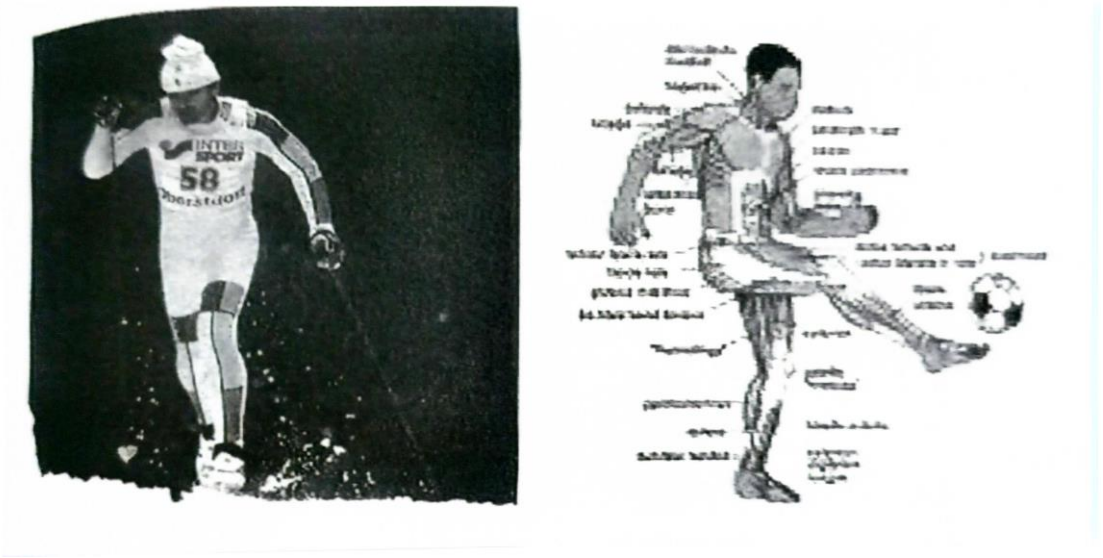


خامساً: طبقاً للناحية الوظيفية

قسم علماء علم الحركة والباحثون الحركة طبقاً للناحية التشريحية المرتبطة بنوع الانقباض العضلي ونوع الشغل المنجز سواء إيجابياً أو سلبياً.

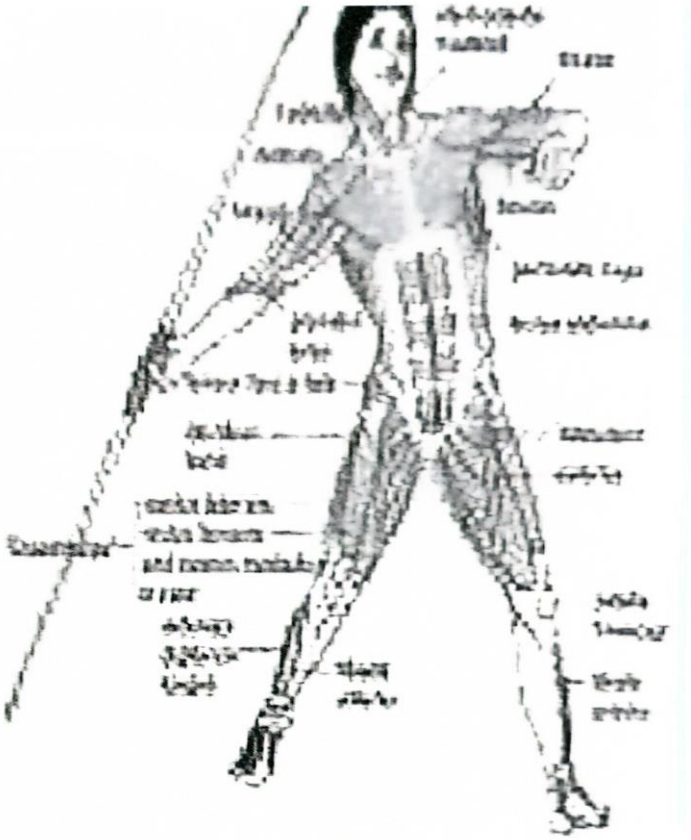
النظام الفسيولوجي يقسم الحركة إلى ثلاثة أنواع هي:

1) **حركات الانقباض العضلي المتحرك:** حيث تقصر الألياف العضلية وتتسبب في حركة الجزء أو أكثر مما يزيد من تسارع الحركة مثلاً التزحلق وضرب الكرة.



2) **حركات الانقباض العضلي الثابت:** حيث يحدد الانقباض العضلي دون أدنى تغيير شكلي في وضع الجزء أو الطرف وتدعى أحيانا حركات التثبيت والحركة تتم في مستوى العضلة بانقباض العضلة المضادة.

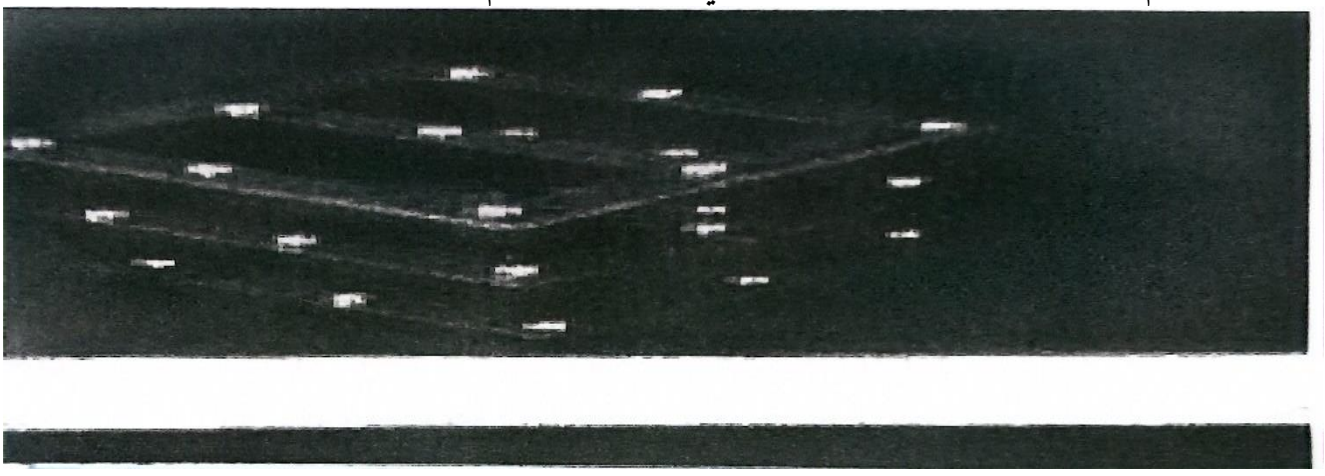
3) **حركات الانقباض الطولي**: تنقبض العضلة خلال تمدد طولها في انقباض لا مركزي مما يؤدي إلى إبطاء السرعة أو الحركة.

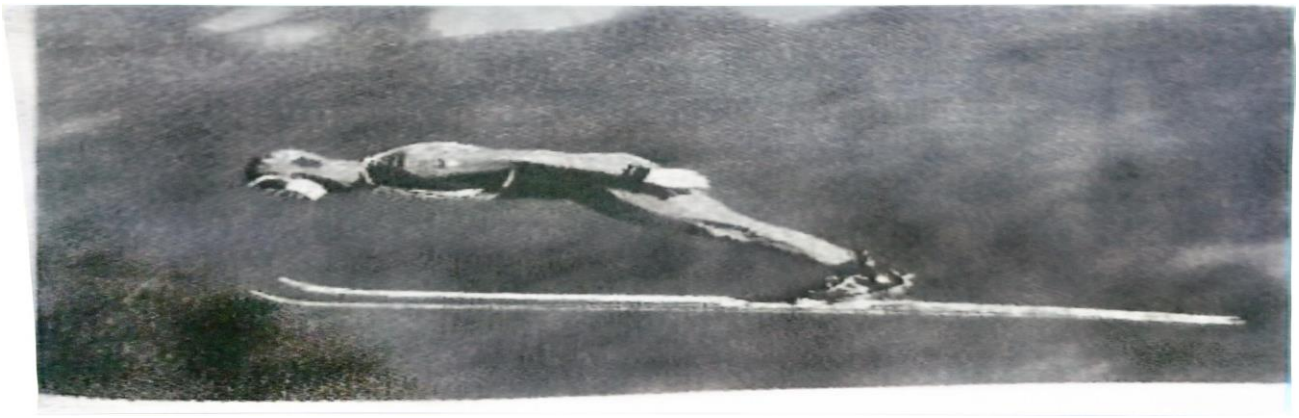


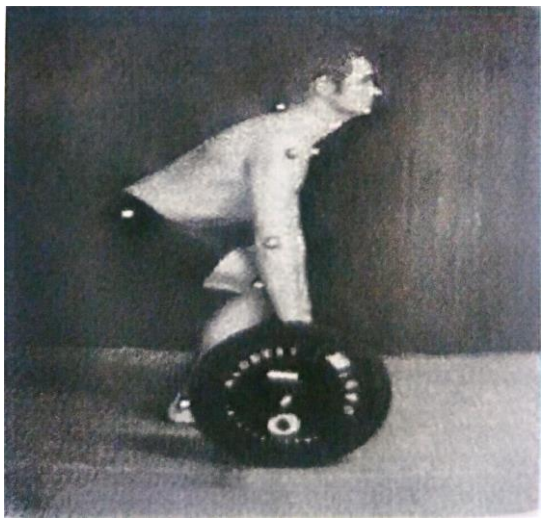
سادساً: طبقاً للميكانيكا الحيوية أو البيوميكانيك

يعتمد التقسيم على قواعد وأسس الميكانيكا الحيوية والتي تكمن في ثلاث أسس تكمن في طبيعة الفراغ الذي تتم فيه الحركة والمستوى المؤثر في زمان ومكان الحركة لذا صنفت إلى:

1) **ميكانيكية الحركة**: تتأثر الحركة إما بالقوة الداخلية أو الخارجية فعندما تتأثر الحركات بالجاذبية الأرضية ووضع مركز ثقل الجسم والقوى الناتجة من الانقباض العضلي ترتبط بأسس علم الحركة وقوانينه الثابتة.

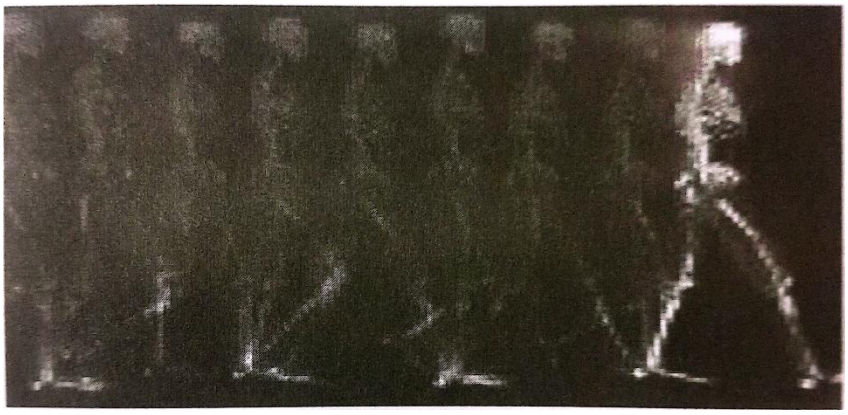




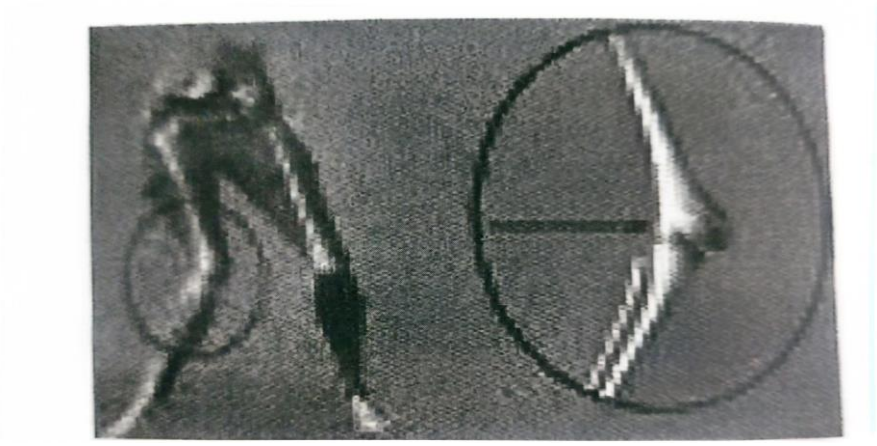


2) **الحركة ذات الصفة المكانية**: ترتبط الحركات بالمسار الذي يتبعه الجسم أو جزء منه في الفراغ من حيث أشكالها الهندسية. ويؤخذ هذا الجانب من الناحية الكينماتيكية والتي قسمت الحركة إلى ثلاث هي:

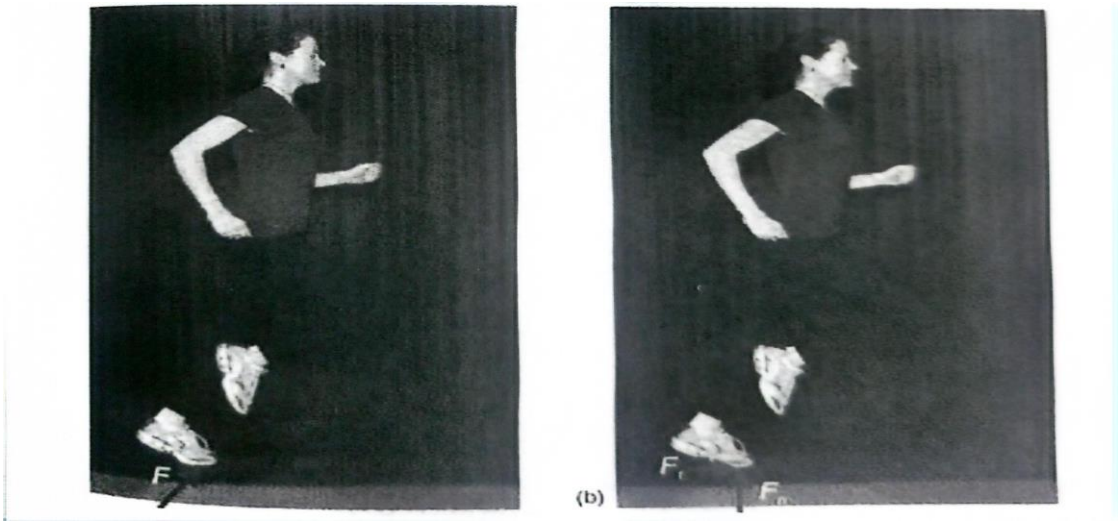
أ-لحركات الانتقالية الخطية: وهي حركات تتم بخط مستقيم بانتقال الجسم كاملاً أو أجزائه من نقطة إلى أخرى ليرسم مساراً متوازناً أفقياً أو منحنياً مع مسافات متساوية.



ب- الحركات الدائرية: وهي حركات تحدث حول المحاور كحركة الرجلين في العدو إما المفاصل أو الجسم حول نفسه.



ج الحركات المركبة: وهي مزيج من (أ) و (ب) ففي العدو مثلا تؤدى الحركات الدائرية للرجلين والذراعين مع انتقال خطي للجسم ككل.



3)الحركات ذات الصفة الزمانية: وهي حركات ترتبط بقيم السرعة والعجلة وهي نوعان:

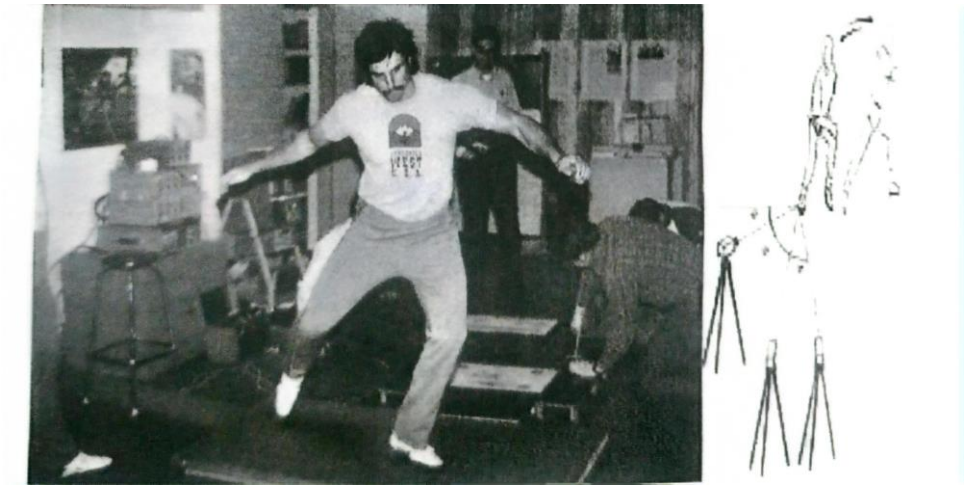
أ-حركة منتظمة من حيث المسافة والزمن كحركات التدريب بمسافات مثلاً 2م بزمن 2 ثانية.

ب-حركات غير منتظمة من حيث المسافة والزمن كالعدو مسافة 100م بسرعة متغيرة

ملخص ما تقدم:

تهدف دراسة أنواع الحركات إلى التعرف على وجهة نظر العلمية التي ترتبط بالميكانيكا الحيوية والفسلجة وعلوم التدريب لوضع الإطار الفني للإنجاز الحركي الأمثل عن طريق وصف النقل الحركي الزماني والمكاني لأجزاء من الجسم أو الجسم كاملاً نسبةً إلى المسار الحركي ومسار مركز ثقل الجسم.

إن أساسيات الحركة تساعد المدرب على فهم مراحل ودقائق الأداء الحركي للوصول إلى الأمثل واستخدامه الأمثل منها كمعيار لتقويم مستوى أداء الفئة المستهدفة مع أي إنجاز من خلال استخدام كاميرات لتصوير الأداء مع كافة متطلبات التصوير للحصول على دقائق لأداء بعد تحليل الحركة بطرائق علمية وببرامج مختلفة وبشكل دوري.

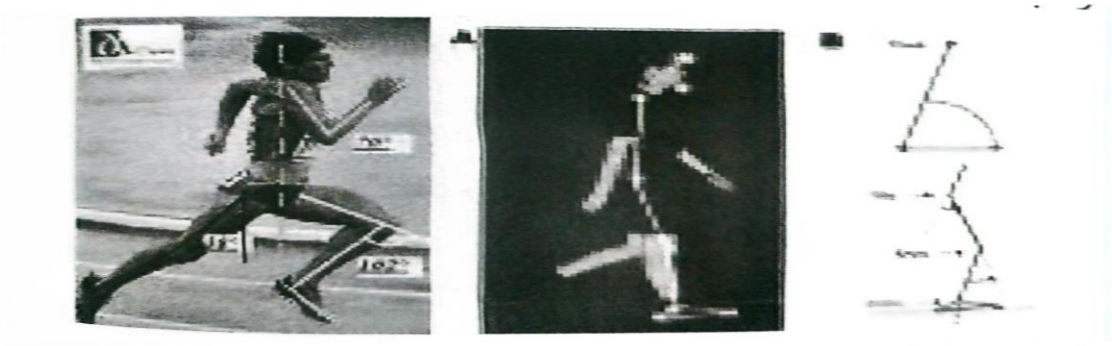


المحاور والمستويات:

تمثل نقطة التقاء المحاور والمستويات أو المسطحات بنقطة مركز ثقل الجسم والتي تعرف بأنها النقطة التي يتزن حولها الجسم أو النقطة التي يمكن أن يتمركز حولها وزن الجسم وأن القوة التي تؤثر على الجسم تتم في نقطة القوة المركزية التي هي إلا محصلة المجموعة القوى الموزعة، لذا يعبر مركز الثقل عن حركات أجزاء الجسم المختلفة حيث يتغير مسار مركز النقل تبعاً لها.

أولاً: المحاور

تتم الحركات في مسارات دائرية أو شبه دائرية وهذا يعني أن هناك نقطة ارتكاز (محور) يتم الدوران حولها ومن دون هذا المحور لا تكون هناك حركة دائرية أو شبه دائرية.



والمحاور التي يستعملها اللاعب أثناء أدائه للحركات الدائرية أو شبه الدائرية نوعان:

النوع الأول: محاور خارج الجسم وتنقسم

أ-محاور ثابتة كالعقلة في الجمباز أو العارض في الوثب العالي والشبكة في الكرة الطائرة... إلخ.

ب-محاور شبه ثابتة

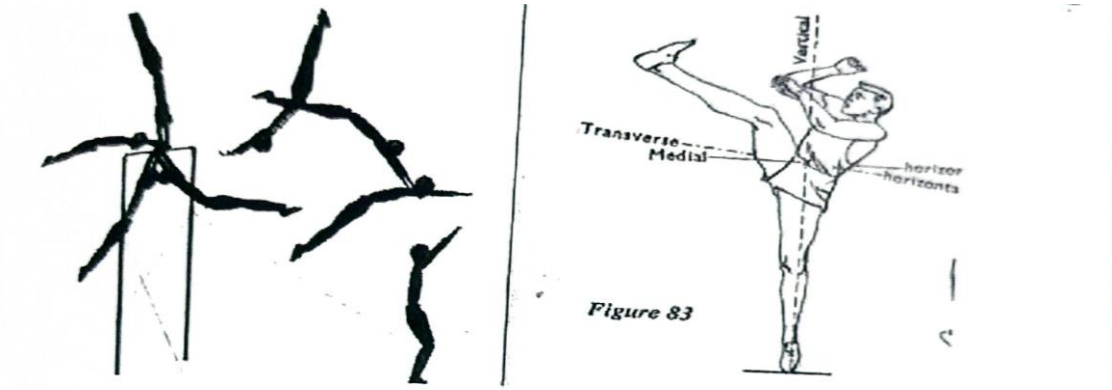
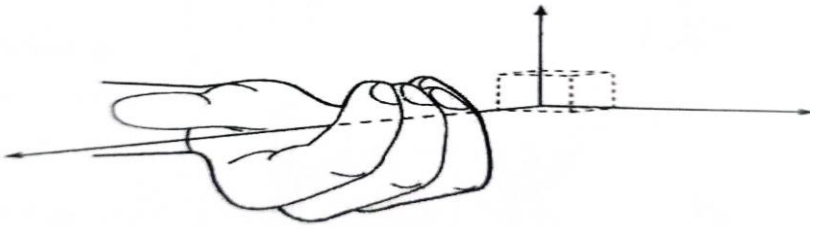


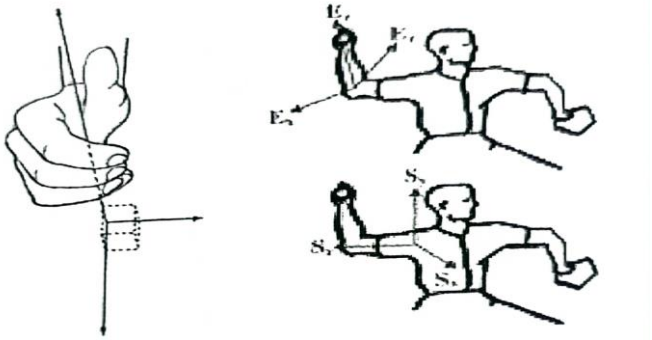
Figure 83

النوع الثاني: محاور داخل الجسم

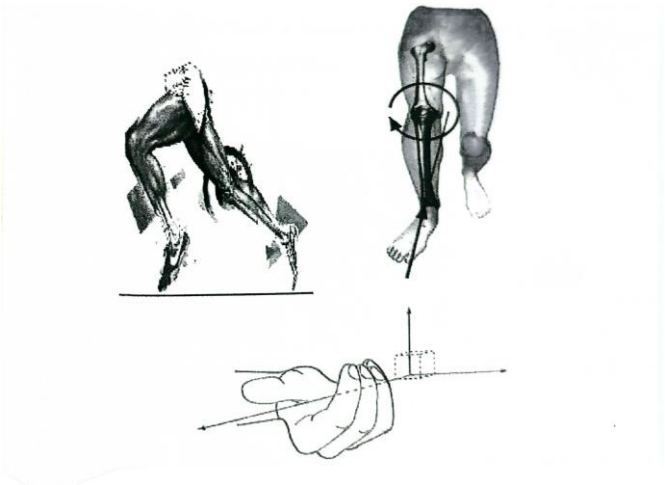
وهي محاور وهمية يتحرك حولها الطرف أو الجسم ككل وعلى ثلاثة أنواع (يمكن التعرف إلى المحور أيضاً أو تحديده بوساطة اتجاه إبهام اليد في نوع الحركة حركة الكف كما هو موضح في الصورة إلى الأسفل).



أ-المحور الطولي وهو الخط الوهمي الواصل بين منتصف الرأس ماراً بالرقبة والجذع ومركز ثقل الجسم والحوض إلى منتصف القدمين بالداخل وتؤدى عليه جميع الحركات التي يدور فيها الجسم حول نفسه كما في حركة رمي الكرة أو دوران الجسم حول نفسه.



ب-المحور الجانبي وهو الخط الوهمي المار عرضاً من أحد الجانبين للآخر، مثل العدو.



ج-المحور العميق السهمي وهو الخط الوهمي الواصل بين منتصف الجذع إلى منتصف الظهر مثال: العجلة البشرية أو ثني الجذع إلى الجانبين.

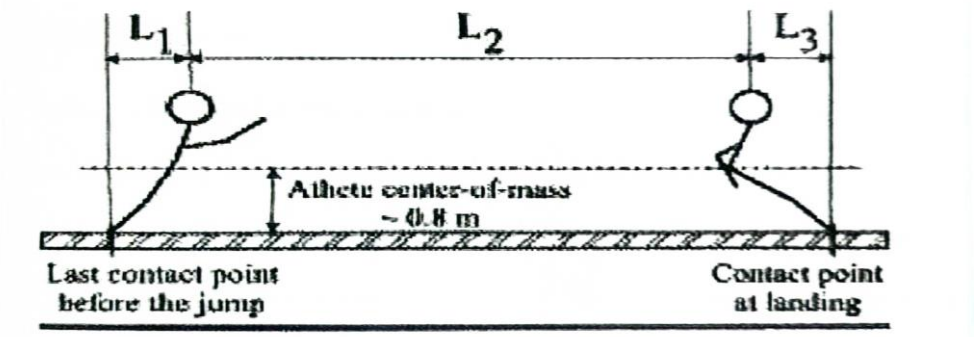
ما معنى التوازن:

لكي تبقى العلاقة المتزنة لمركز الثقل والجسم كله يتغير موقع مركز النقل تبعاً لتغير وضع أجزاء الجسم حيث وجد أن ارتفاع مركز الثقل عند الرجال 56%من طول الجسم وقوفاً من أسفل الكعب أما عند الوقوف والذراعان جانبان فإن موقع مركز الثقل يتغير فيكون أوطأ مما لو تغير وضع الجذع عالياً كذلك في البداية من الجلوس في المسافات القصيرة فإن موقعه يكون أمام الجسم مستنداً إلى الكفين لتحقيق التوازن المطلوب.

أما التوازن فيلعب دوراً مهماً لتحقيق الأداء الأفضل والدال على تحقيق العلاقة بين قوة الجذب الأرضي وموقع مركز الثقل حيث يعرف التوازن بأنه محصلة القوى المؤثرة على الجسم والتي تساوي صفراً أي أن عزم القوة والمقاومة تساوي صفراً في حالة وقوع مركز الثقل ضمن قاعدة الارتكاز ولحظة خروجه فإن الجسم يفقد توازنه فتزداد سرعة الانطلاق في 100م مثلاً لبلوغ السرعة القصوى اللازمة.

بينما في حالة الوقوف في كرة السلة فتحاً مع ثني الركبتين وثني الجذع إلى الأمام محتفظاً بالكرة يكون مركز الثقل قريباً من الأرض لكن في وضع خارج الجسم استعداداً لانطلاق اللاعب لحركة ما، كذلك في حالة التهديف أيضاً يحاول تحقيق التوازن المطلوب.

مما تقدم يمكن تلخيص أسس التوازن بما يلي:



*كلما انخفض مركز الثقل ازداد الثبات.

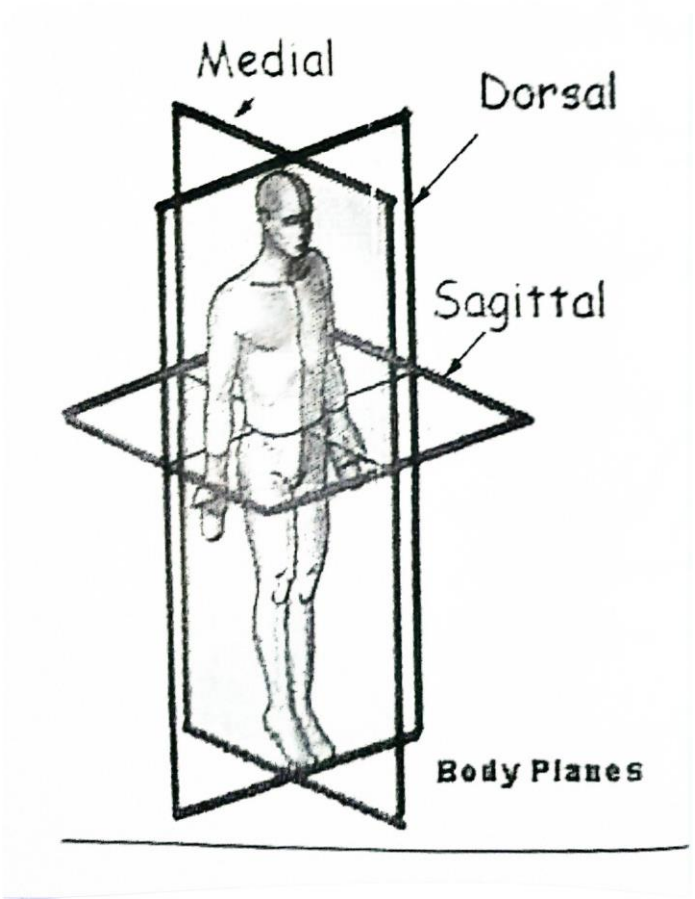
*إذا اتسعت قاعدة الارتكاز في اتجاه خط القوة المؤثرة تساعد على تجنب فقدان التوازن نتيجة للدفع في الارتقاء أو الرمي.

*خط الثقل هو الخط الذي يمر من مركز الثقل ويقع مسقطه ضمن قاعدة الارتكاز كتلة الجسم هي الأساس والعامل الهام للحفاظ على التوازن الاحتكاك قوة أفقية لها تأثير مهم على التوازن وخاصة على السطح.

*الشكل التركيبي لأجزاء الجسم إن اختلاف أوضاع الجسم أو بعض أجزائه تعمل على الاحتفاظ بحالة التوازن ودرجة الثبات. فكلما كان مركز الثقل ضمن قاعدة الارتكاز مسقطه ازدادت درجات الثبات.

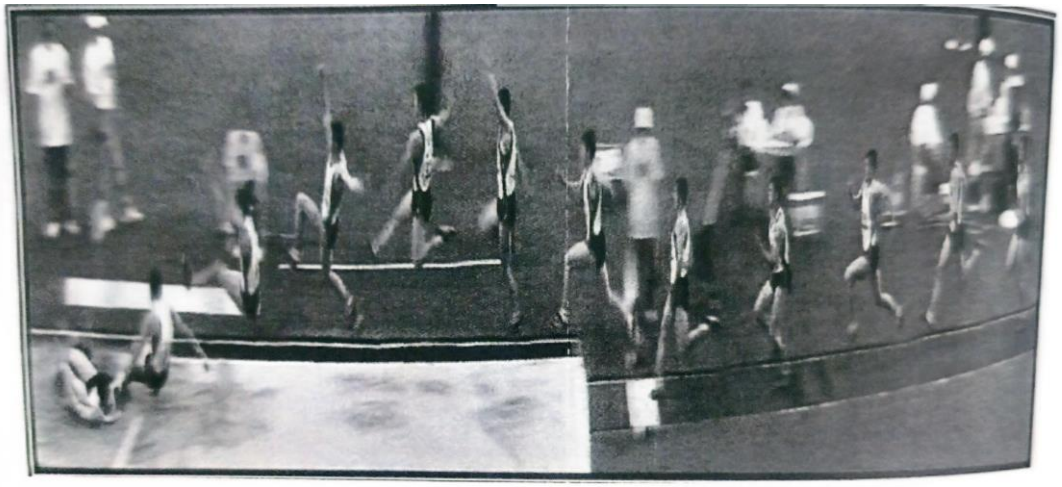
*زاوية السقوط إن العلاقة بين اتساع قاعدة الارتكاز وارتفاع مركز الثقل يحدد الزاوية التي تسقط عندها فيطلق عليها زاوية السقوط فكلما كبرت زاوية السقوط زادت درجة الثبات.

ثانياً: المستويات التي يتحرك فيها الجسم

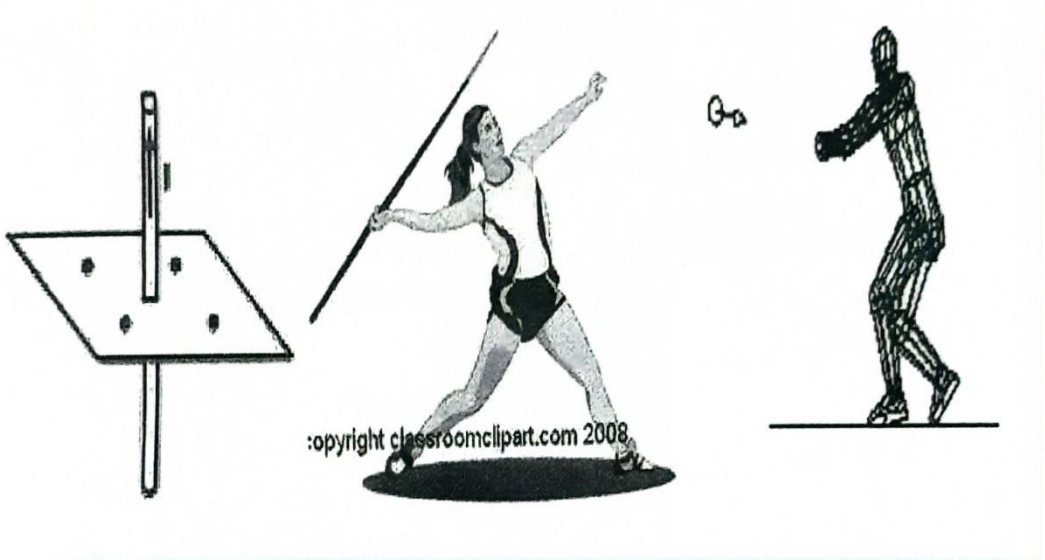


1)المستوى الأمامي: يقسم الجسم إلى نصفين متساويين أمامي وخلفي وتقييم الحركة من الأمام أو الخلف كما في حركة ثني الجذع للجانبين والعجلة البشرية.

2)**المستوى الجانبي**: يقسم الجسم إلى نصفين متشابهين أيمن وأيسر مثل الوث الطويل أو حركة القلبة الهوائية الأمامية والخلفية، العدو الوثب بالزانة.



3)تدعى عادة بالحركات الدائرية مثل دوران الجذع حول نفسه أو الساعد أو أي جزء من أجزاء الجسم وفي رمي المطرقة أو القرص أو حركة الجذع خلال حركة الجسم حول المحور الطولي المتعامد مع المستوى أو السطح الأفقي.



النظام الإحداثي ونسبية الحركة

الحركة:

عملية تغير الموقع (المكان باستمرار قياساً بنقطة محددة) والشعور بالحركة يحدث دائماً بالنسبة لنقطة محددة حيث إنه دائماً يجب أن يكون هناك ما يسمى محور الحركة أو مركز الحركة وإذا لم يوجد هذا المحور أو النقطة المحددة فلن

يكون هناك شعور بالحركة. هذه النقطة المعينة أو (المحور المعين) تقاس بموجبها سرعة واتجاه الحركة وبالتالي نستطيع وصف الحركة.

ومن المعروف أن هناك ثلاثة محاور يتعامد كل منها على الآخر، ويمكن وصفها بأنها أنسب المحاور بالنسبة للحركات الرياضية هي:

*المحور الأفقي أو المحور X ويكون في اتجاه الحركة الرئيسة وبمحاذاة سطح الكرة الأرضية ومنطبقا على اتجاه (شرق -غرب) مثلاً.

*المحور الرأسي المحورY لا ويكون في الاتجاه الرأسي على سطح الكرة الأرضية ومنطبقاً على اتجاه (شمال - جنوب).

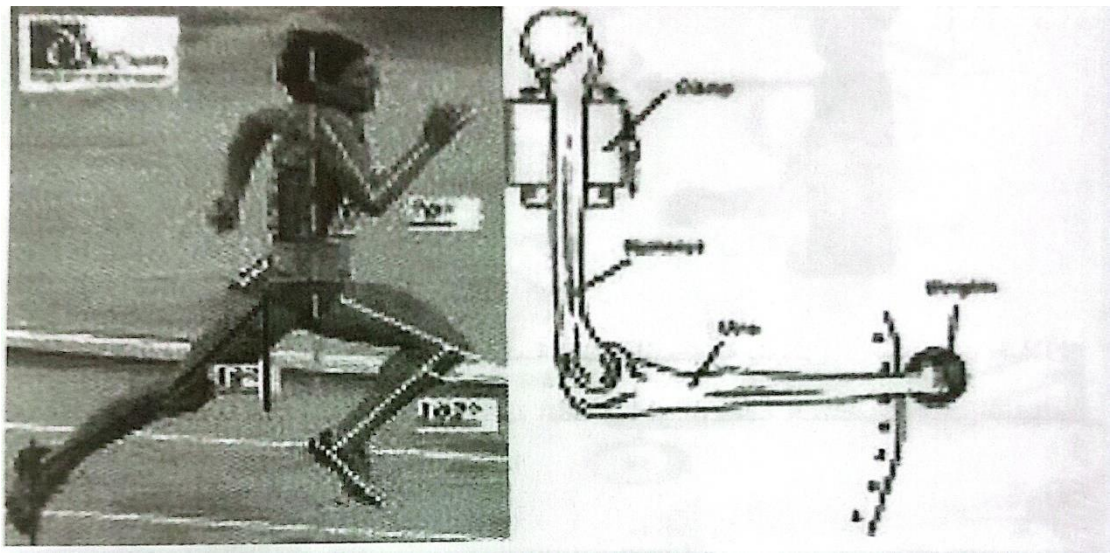
المحور العرضي أو المحورZ ويكون قاطع لاتجاه الحركة الرأسية وموازي لسطح الكرة الأرضية ومنطبقاً على اتجاه (أعلى – أسفل).

ويتنوع تحديد نقطة البداية المشتركة للمحاور وهو ما يسمى بالنقطة النسبية ويمكن أن يضع المعلم في الاعتبار على سبيل المثال عند تعليم المهارات الحركية النقط النسبية الآتية:

-على العقلة تكون النقطة النسبية عارضة العقلة.

-في العدو لمسافة (100م) تكون النقطة النسبية خط البدء.

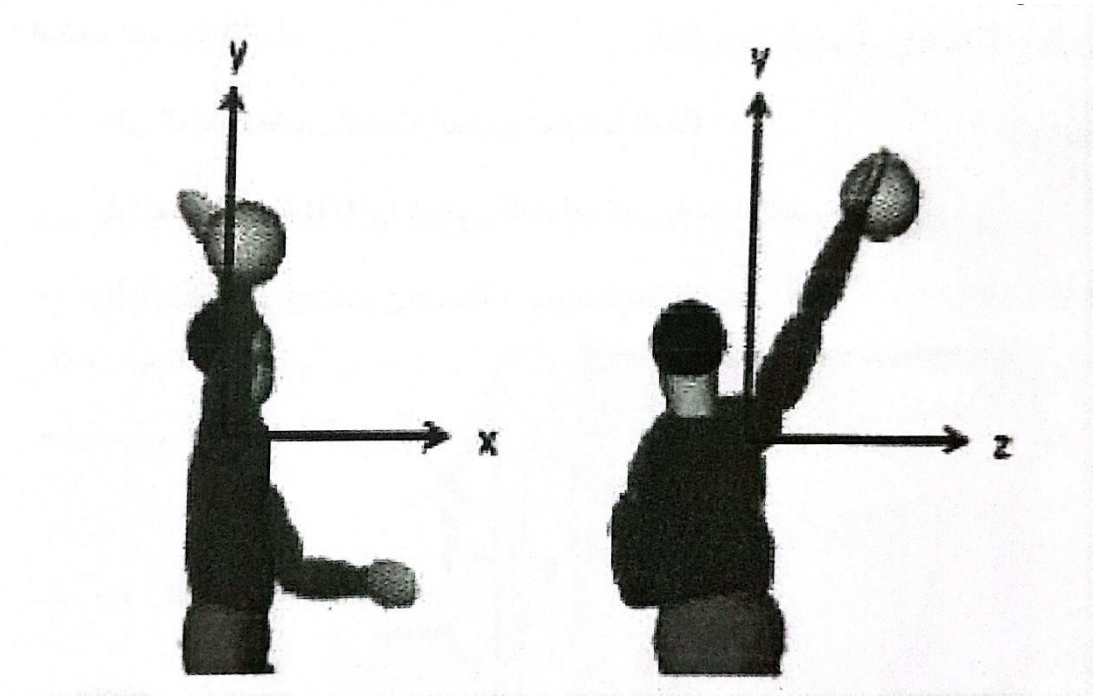
- في الوثب الطويل تكون النقطة النسبية لوحة الارتقاء.



ملخص:

أما المفهوم العام للحركة فيتلخص في أن الجسم أو أن جزءاً منه ينتقل من مكان إلى آخر في فترة زمنية محددة ولا يمكننا التأكد من أن هذا الجسم في حالة حركة فعلا إلا إذا تمت المقارنة موضوعة بنقطة ثابتة أو جسم ثابت

(نظام نسبي) ومن خلاله يمكننا التأكد فيما إذا ابتعد عن موضعه الأصلي أم لا باتجاه معين كانطلاق عداء (100م) من نقطة البداية إلى اتجاه النهاية أو خط النهاية والإحساس بحركته تتم من خلال مقارنة سرعته مع أقرانه عنه لو كان يجري بمفرده مما يمكن الرياضي من الوقوف على مستوى إنجازه ليزيد من سرعته كي يحقق الأفضل.

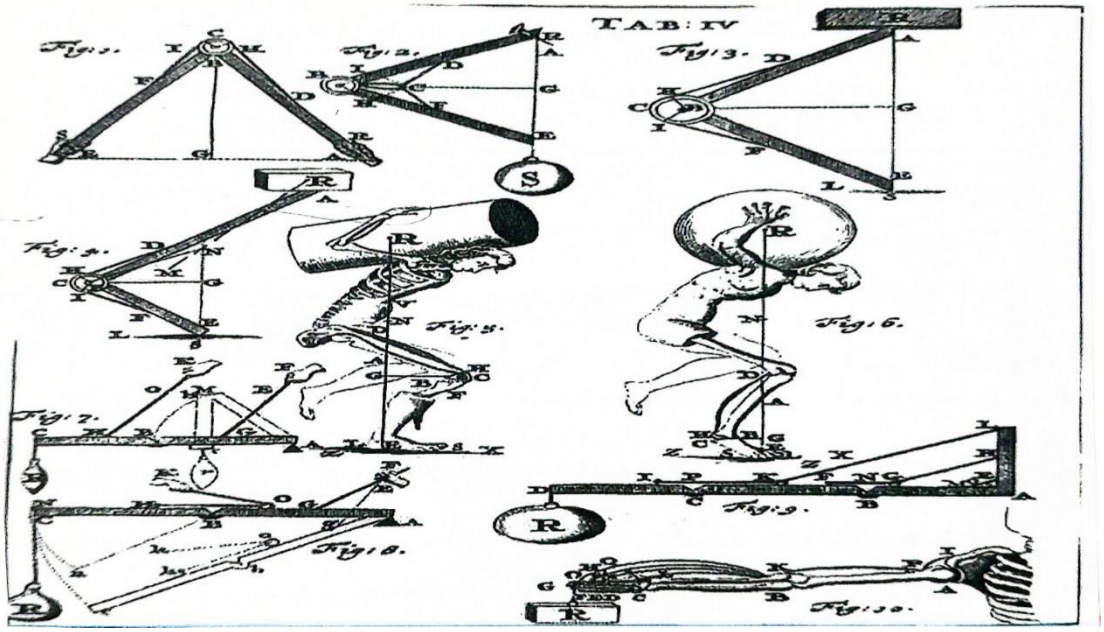


كما أن دراسة الحركة من الناحية الميكانيكية ينبغي أن تتم من خلال المحاور الثلاثة المذكورة سابقاً من نقطة التقائها أو النقطة الصفرية التي تقييم الحركة نسبةً لها.

الروافع أو العتلات:

تستخدم المبادئ الميكانيكية الأساسية في دراسة كل من اتصالات العضلات بالعظام وأشكال هذه العظام وخاصة بالنسبة لأسطح الاتصال المكونة لمفاصل الجسم المختلفة حيث يساعد ذلك على فهم طبيعة الأداء وكيفية تنميته والارتقاء به وتعد الرافعة آلة من النوع البسيط حيث تستخدم في الحياة اليومية في التغلب على المقاومات بأقل جهد ممكن وفقاً لتصميمها نجد أنها تتطلب بذل قدر محدود من الشغل الميكانيكي البدني الذي يقابله ناتج حركي كبير.

وفي جسم الإنسان العظام تعمل عمل الروافع والمفاصل هي محور الارتكاز لروافع الجسم، بينما انقباض العضلات هي القوة المؤثرة على الروافع.



أجزاء الرافعة:

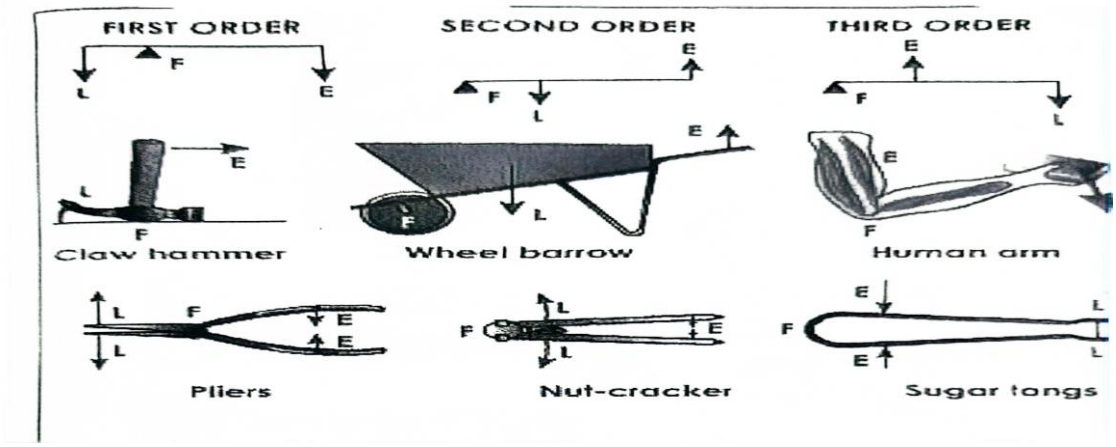
1) ذراع القوة: هو المسافة ما بين نقطة تأثير القوة الى محور الارتكاز ويطلق على القوة اثناء حركة الرافعة بمصطلح عزم القوة ويساوي مقدار القوة في ذراعها او بعدها العمودي عن محور دوران العتلة لان حركة العتلة او الرافعة دائرية وليست انتقالية.

2) القوة تتمثل بالعضلة.

3) ذراع المقاومة: هو المسافة ما بين نقطة تأثير (تركيز)المقاومة الى محور الارتكاز ويطلق على المقاومة وتساوي حاصل ضرب مقدار المقاومة في ذراعها.

4) المقاومة تتمثل في ثقل معين الأقوى الخارجية.

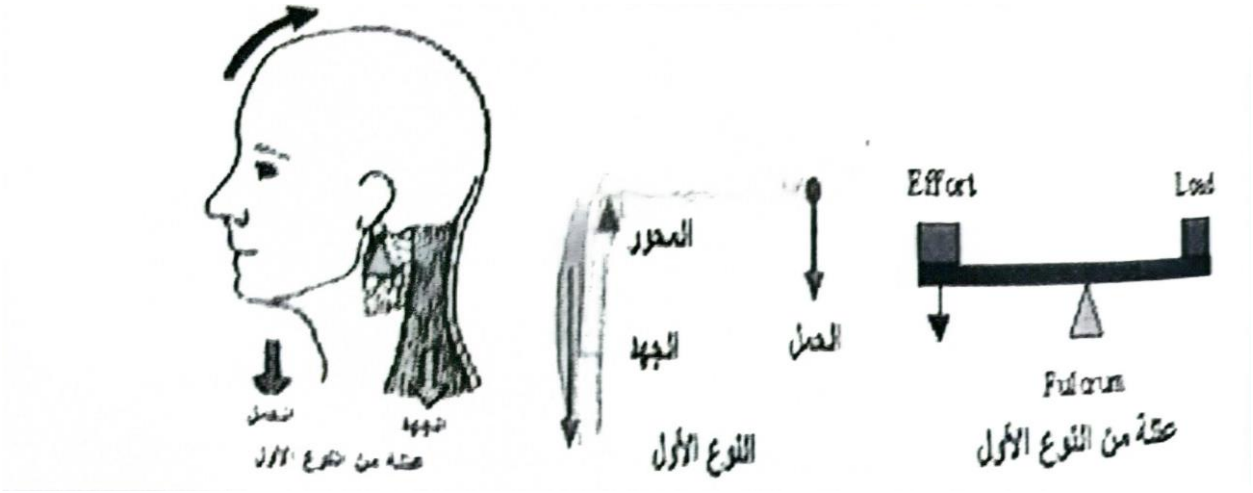
5) محور الارتكاز: هو النقطة التي تتحرك حولها الرافعة.



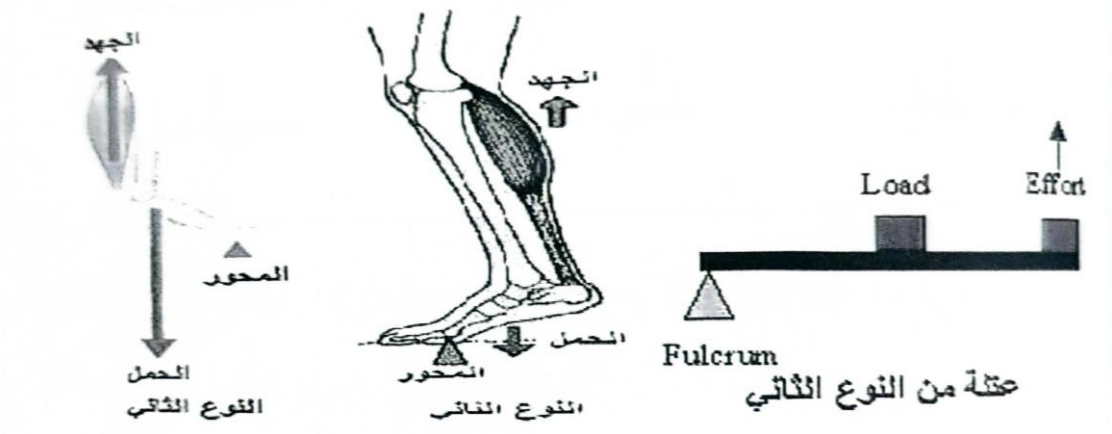
أنواع الروافع:

يوجد ثلاثة أنواع من الروافع طبقاً لنقطة وجود كل من ذراع القوة وذراع المقاومة، ومحور الارتكاز. وهذه الأنواع هي:

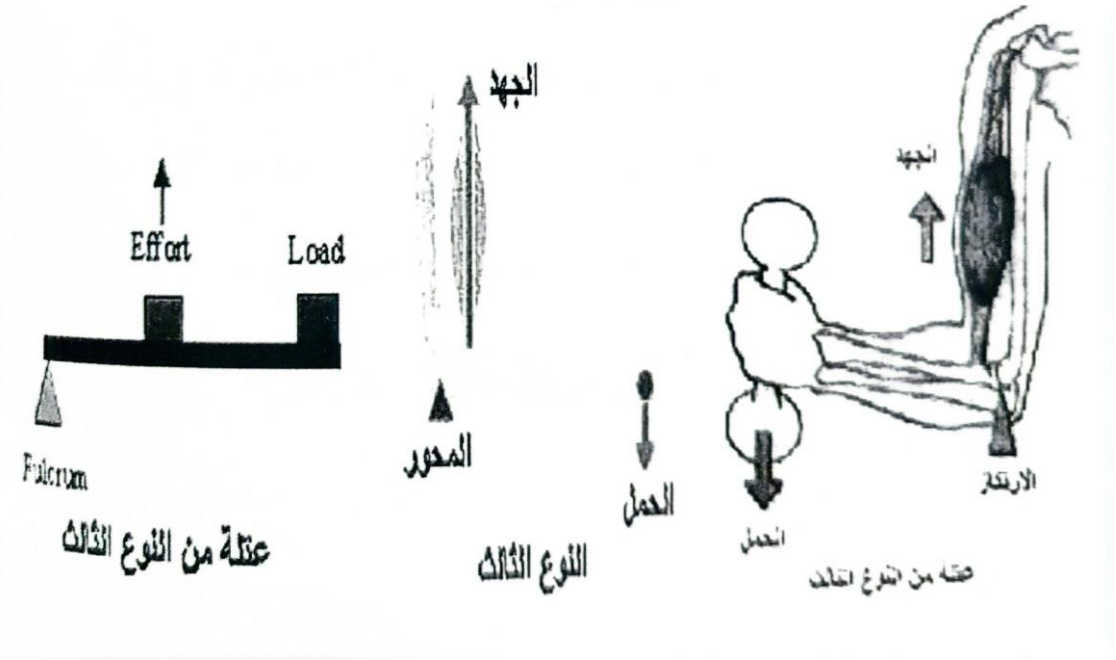
1) رافعة من النوع الأول: محور الارتكاز يكون في الوسط بينما ذراع القوة وذراع المقاومة في اتجاهين متضادين من محور الارتكاز شكل رقم (3/1) هذا النوع قادراً على تغيير اتجاه الحركة حيث إن محور الارتكاز يقع في منتصف المسافة بين القوة والمقاومة مثل: التصويب في كرة السلة أو المرجحة.



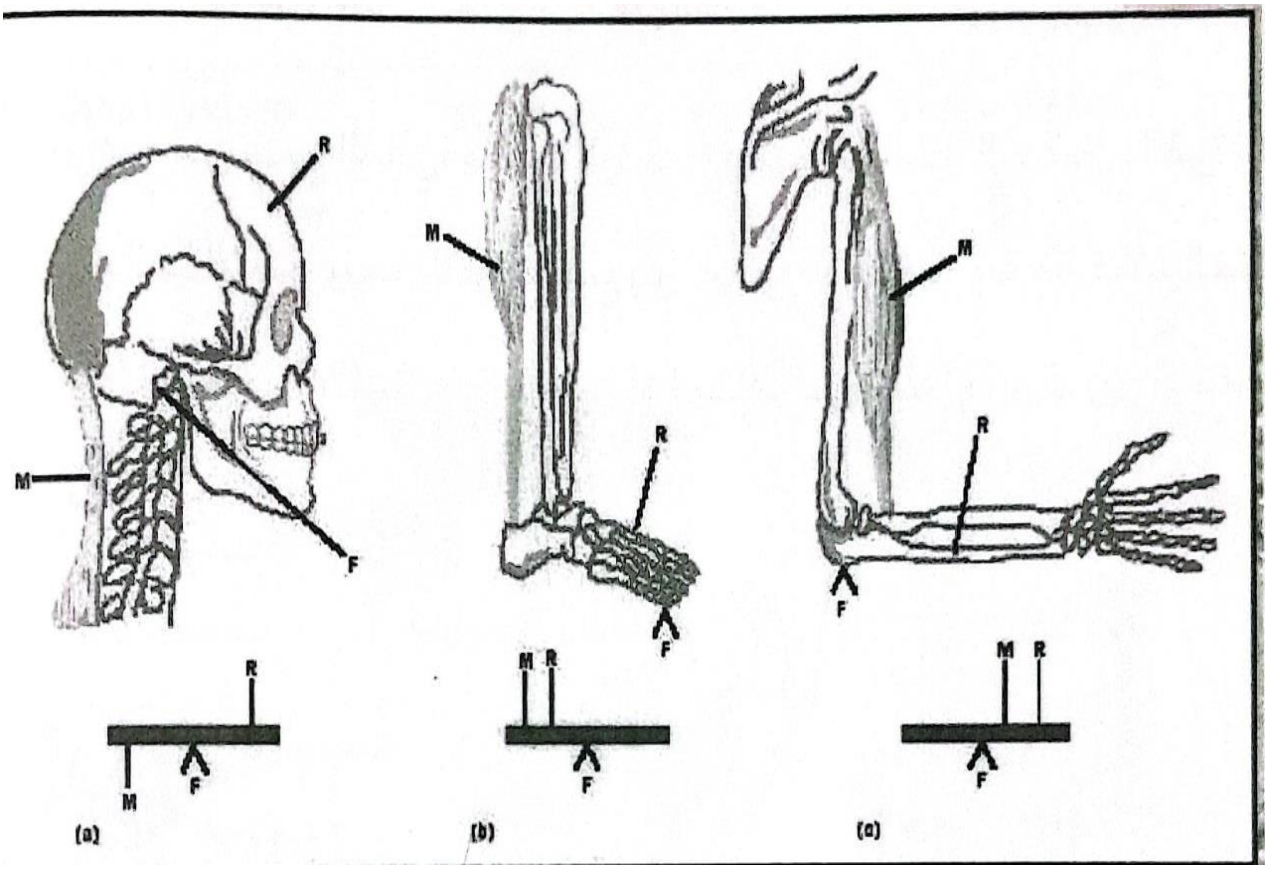
2) رافعة من النوع الثاني: محور الارتكاز يكون في أحد الجانبين والقوة في الجانب الآخر بينما المقاومة تقع بين محور الارتكاز ونقطة تأثير القوة)الشكل رقم (3/2 مثل دفع العربة أو الوقوف على المشطين أو تمرين الضغط بالذراعين.



3)رافعة من النوع الثالث: محور الارتكاز في أحد الجانبين والمقاومة في الجانب الآخر بينما نقطة تأثير القوة تقع ما بين محور الارتكاز والمقاومة (الشكل رقم3/3 مثل: الزانة او الشد على العقلة

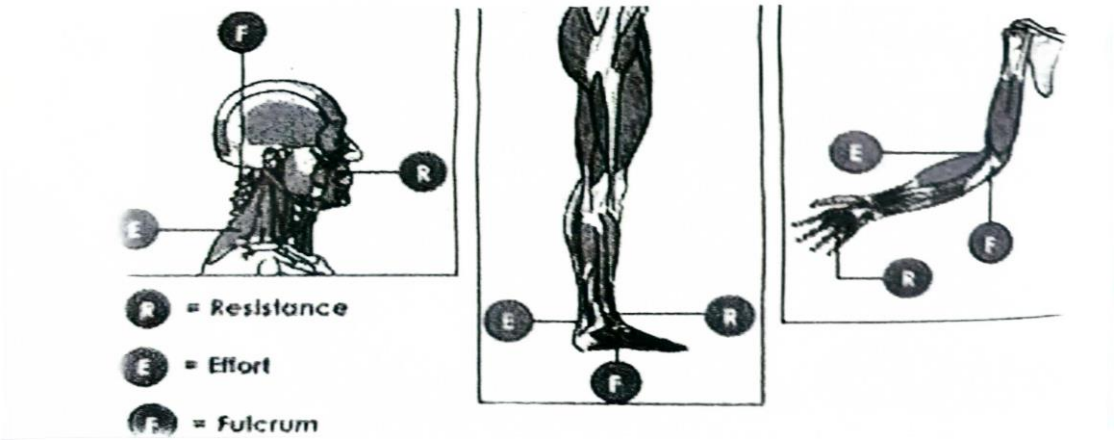


العلاقة بين ذراع القوة وذراع المقاومة:



1)إذا كان ذراع القوة أقل من حيث المسافة من ذراع المقاومة فإن الرافعة تنتج قوة أقل وسرعة أكبر ومدى أطول للحركة.

2)إذا كان ذراع القوة أكبر من ذراع المقاومة فإن الرافعة تنتج قوة أرض سرعة ومدى الحركة تكون أقل.



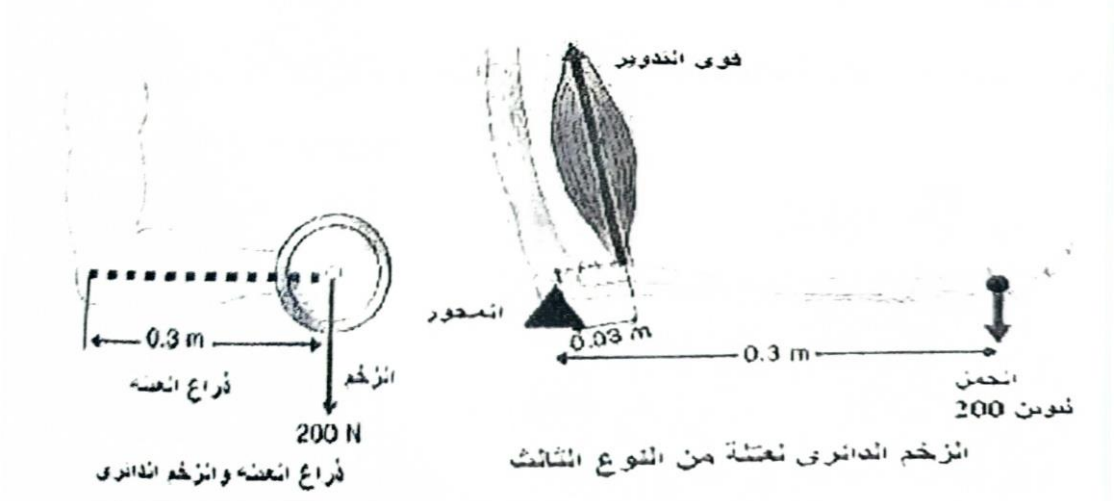
3)إذا كان ذراع القوة يساوي ذراع المقاومة فإن الرافعة تكون متوازنة أي لا تفضل القوة على حساب السرعة ومدى الحركة أو العكس على أي حال مقدار القوة أو المقاومة هو الذي يحدد الوظيفة التي يمكن القيام بها في هذه الحالة.

4)إذا كانت القوة المبذولة أكثر من المقاومة فإن الرافعة عندها تفضل القوة.

5) إذا كانت المقاومة أكبر من القوة فإن الرافعة عندها تفضل السرعة ومدى الحركة.

كما ذكرنا فإن أساس القوة لدى الفرد هي القوة الناتجة من العضلة عن طريق الانقباض العضلي ولكن يختلف من موضع إلى آخر. أي عندما يختلف اتجاه خط عمل العضلة.

نستنتج أن هناك علاقة بين القوة التي تصدرها العضلة وبين الزاوية المحصورة بين خط عمل العضلة وذراع العتلة أو الرافعة العظمية. وهذا يتوقف على طول ذراع القوة، فنجد أن أقصى قوة يمكن أن تصدرها العضلة عندما تكون الزاوية قائمة وتقل قوتها عن ذلك إذا كان خط عملها يشكل زاوية حادة أو منفرجة.



فمثلا عمل العضلة ذات الراسين العضدية التي تشكل مع عظام العضد والمساعدة رافعة من النوع الثالث والتي تحدد فائدتها في زيادة مدى وسرعة الحركة نضرا لان ذراع المقاومة أطول من ذراع القوة والتي يوجد منها بكثرة في جسم الانسان.

لكن ما التأثير الميكانيكي للروافع خلال الحركة الرياضية؟

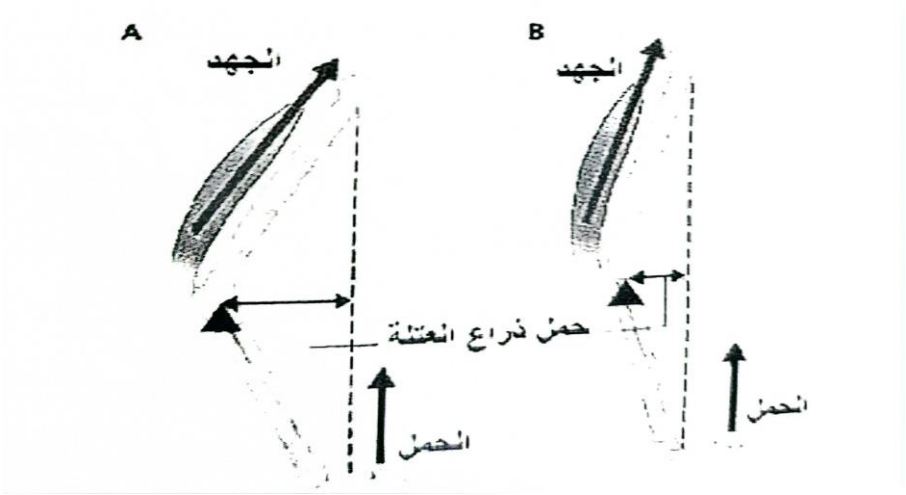
تخضع حركة الجسم او الأطراف الى تنوعين من القوى هما: القوى الخارجية ,ويقصد بالقوى الداخلية انقباض العضلات ,حيث ان حركة العظام الروافع تتم على المفاصل او نقط الارتكاز والمحاور من خلال قوى الشد والجذب التي تحدثها العضلات بزوايا عمل معينة على احد الروافع او عظام المفصل بينما يبقى العظم الاخر ثابتا مثل :ثني الساعد مد الركبة اما القوى الخارجية فتتمثل في الجاذبية الأرضية ,الهواء ,الماء.

حركة انقباض العضلات هي التي تحدث الحركة في جسم الانسان او احد اجزائه وهناك انقباض عضلي غير مصحوب بالحركة لا في جسم ولا في احد اجزائه مثل الوقوف على راس في جمباز حيث يتطلب إبقاء الجسم في وضع مقلوب دون ان يسقط ,وهذا يعني دراسة الحركة في وقت السكون في نفس الوقت قد يكون الجسم متحركا ولكن بما أن الحركة تتم بسرعة منتظمة فإن هذا معناه أن القوى الداخلية (العضلات) تنتج قوى مساوية للقوى الخارجية التي تعمل على الجسم وهذه تتمثل في (الاحتكاك، الماء، الجاذبية الأرضية، الهواء) وحركة الإنسان بشكل عام تتم إذا تغلبت القوة الداخلية على القوى الخارجية أو العكس أما إذا تساوت القوتان فإن الحركة لن تحدث كما في الرافعة من النوع الأول.

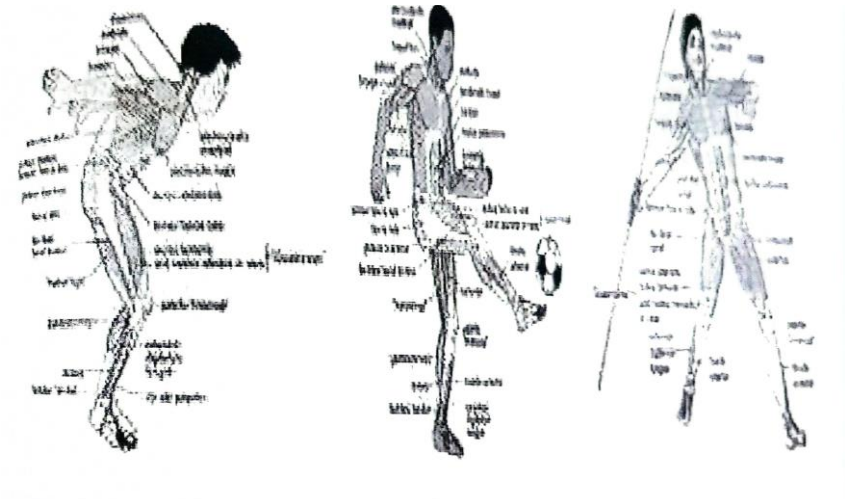
إن أساس القوة الذاتية هي القوة المتولدة نتيجة العمل العضلي من خلال عمليات الانقباض العضلي للعضلة الواحدة أو المجموعة العضلية وأنه من النادر أن تقوم عضلة واحدة بعمل معين إلا وتشترك في ذلك العمل عضلات أخرى وأحياناً الأمر مجاميع عضلية عديدة وهذا يتوقف على نوع العمل وكمية القوة يستدعي المراد استخدامها.

إن اشتراك أكثر من عضلة واحدة بعمل معين لا يعني أن جميع تعمل باتجاه واحد أو تشترك بالمقدار نفسه بل تختلف العضلات فيما بينها من حيث الأهمية النسبية لمسؤولية القيام بذلك العمل فمثلا العمل العضلي أثناء ثني المرفق يؤدي إلى انقباض العضلة ذات الرأسين العضدية مركزياً أي اقتراب نهايتيها من بعضها وفي نفس الوقت تبتعد نهايتا العضلة ذات الثلاثة رؤوس العضدية عن مركز العضلة ففي هذه الحالة يطلق على العضلة ذات الرأسين العضدية. تشترك محركة والعضلة ذات الثلاثة رؤوس عضلة مضادة ويصبح القول بالعكس على عمل العضلتين السابقتين أثناء مد المرفق.

يستدعي الحال أحياناً أن تعمل عضلة أخرى بجانب العضلة المحركة في القيام بنفس العمل ولكن بنسبة أقل من العضلة الرئيسة المسؤولة عن العضلة المحركة المساعدة، فمثلاً عند حركة البطح تقوم العضلة الباطحة بالعمل الرئيس بينما العضلة ذات الرأسين العضدية كعضلة مساعدة.



كما تقوم بعض العضلات بوظيفة التثبيت لتسهيل مهمة عضلات أخرى للقيام بواجبها فمثلا عندما تقوم العضلات الثانية للورك بعملية التثبيت عندما تعمل العضلة البطنية المستقيمة والعضلات المشاركة لها في ثني الجزء القطني من العمود الفقري.



. وفي أحيان أخرى يكون للعضلة العاملة أكثر من عمل واحد مثل التقريب والتبعيد والثني والمد ولغرض تحديد عمل العضلة بالاتجاه المطلوب عندئذ تقوم عضلات أخرى بالإسهام وتكون وظيفتها منع حدوث الحركات غير المرغوب بها والتي لا تنسجم مع طبيعة العمل المراد تحقيقه وهنا يطلق على العضلات بالعضلات المعادلة أو الموجهة أما أنواع عمل العضلات فيمكن أن نوجزها:

1) عضلات محركة

2) عضلة محركة مساعدة

3) عضلة مقابلة

4) عضلة مثبتة

5) عضلة معادلة

أمثلة في بعض الدراسات العلمية في التحليل الحركي البيوميكانيكي:

التحليل الحركي وفقاً للهدف المبيت مثلاً حركة عبور الحاجز 2010 ميكانيكياً.

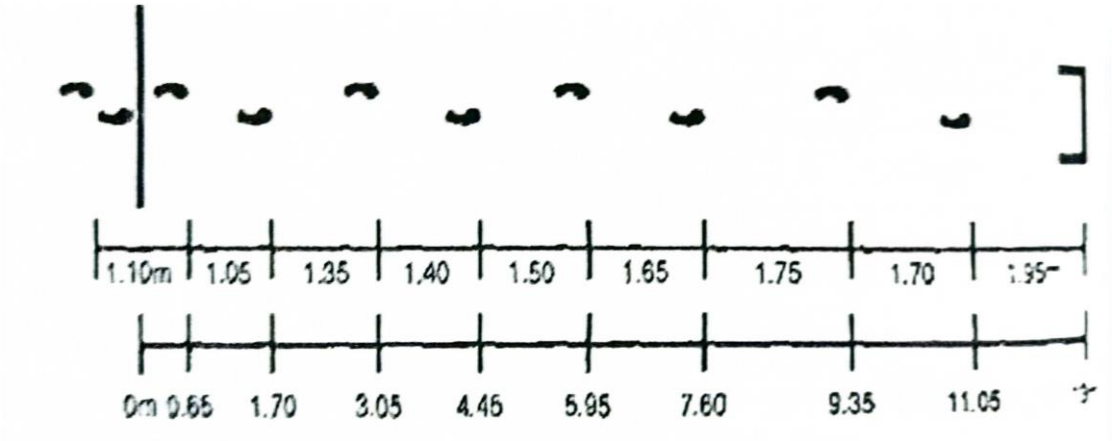
إن حركة الجسم أو أي جزء من أطراف الجسم خلال أداء مهارة ما تعتمد على مقدار الاستغلال الأمثل للقوة الداخلية والقوى الخارجية وإمكانية التغلب على المقومات الكبيرة بقوة قليلة نسبياً ومعتمداً على مبدأ طول ذراع القوة وبالتالي عزم القوة الذي يختلف مقداره من وضع الجسم إلى آخر نتيجة لاختلاف خط عمل العضلة وزاوية العمل العضلي.

ويشير الهاشمي إلى أن أقصى قوة يمكن أن تصدرها العضلة عندما تكون الزاوية بين خط عمل العضلة وذراع الرافعة بزاوية قائمة لنقل القوة الناتجة إذا كان خط عمل القوة بشكل زاوية حادة أو منفرجة. ويضيف محمود 2002 إلى أن قيم القوة الناتجة تتأثر بالمركبة الأفقية والعمودية للقوة والتي يمكن أن ينتجها الفرد والتي تتأثر بطول العضلة فمثلا القوة العضلية للعضلة ذات ثلاثة رؤوس الفخذية تتغير تبعاً لطولها، فتجد أن قيم القوة تنقص بمقدار يعادل مربع التغيير في طول العضلة، فعند الزاوية 140 في مفصل الفخذ تنتج العضلة قوة مقدارها 384 كغم وتزداد عند الزاوية 102 لتبلغ 463 كغم بينما في الزاوية 90 تبلغ قيمة القوة الناتجة عندها 560 درجة بينما في زاوية 78 مقدار القوة يزداد ليبلغ 598 كغم. ويضيف **هو خمرت** Hochmthإلى أن أقصى تمدد للعضلة يصل إلى 14% من طول العضلة قياساً إلى أقصى شد، ويتفق **Pete** إلى أن قيمة القوة تتشتت إذا بلغت زاوية العمل العضلي أكبر أو أصغر من 90 إضافة إلى أهمية تطوير القوة من خلال عمل المفصل بزوايا معينة في الوحدات التدريبية المختلفة مع أهمية تغييرها للوصول إلى القيمة المطلوبة للقوة وبالتالي تحقيق الإنجاز الأفضل تساهم الخطوات بين الحواجز أو ما يطلق عليه بالخطوات البينية في إكساب العداء السرعة الأفقية اللازمة والتعويض عن السرعة المفقودة في كل خطوة حاجز من الحواجز العشرة، وذلك بضبط المساحة المكانية والزمانية للخطوة مع خطوة الحاجز لتحقيق الزمن الأفضل.

وتشير المصادر العلمية إلى أهمية ضبط التكوين الحركي للخطوات البينية لتأثيرها على متطلبات خطوة الحاجز والإنجاز من خلال ضبط الخطوات البينية مع خطوة الحاجز ومن مسافة لا تقل عن 2.13م عن الحاجز Doherty وجد

بعد تحليل حركة سنة من أبطال العالم أن معدل طول خطوة الحاجز تبلغ 2.10م أماEwen فحددها 2.20م إلى الحاجز الأول و2.31 للحاجز الثاني، أما بخصوص الخطوات البينية والتي تتراوح ما بين 3 خطوات، فقد اقترح Mitchellأن تكون كالآتي:

خطوة الهبوط (بعد عبور الحاجز) تبلغ 1.37م بعد الحاجز طول الخطوة الأولى م الخطوة الثانية 2.06م والخطوة الثالثة 1.91م، خطوة الحاجز 2.13م للرجال بها للنساء فتبلغ طول خطوة الحاجز 10 أم وخطوة بعد الحاجز 09 أم الخطوة الأولى 35ام الخطوة الثانية 1.50م الخطوة الثالثة 65أم والخطوة الرابعة 175م وخطوة الحاجز تعد الأطول 195م والموضحة في الشكل أدناه.

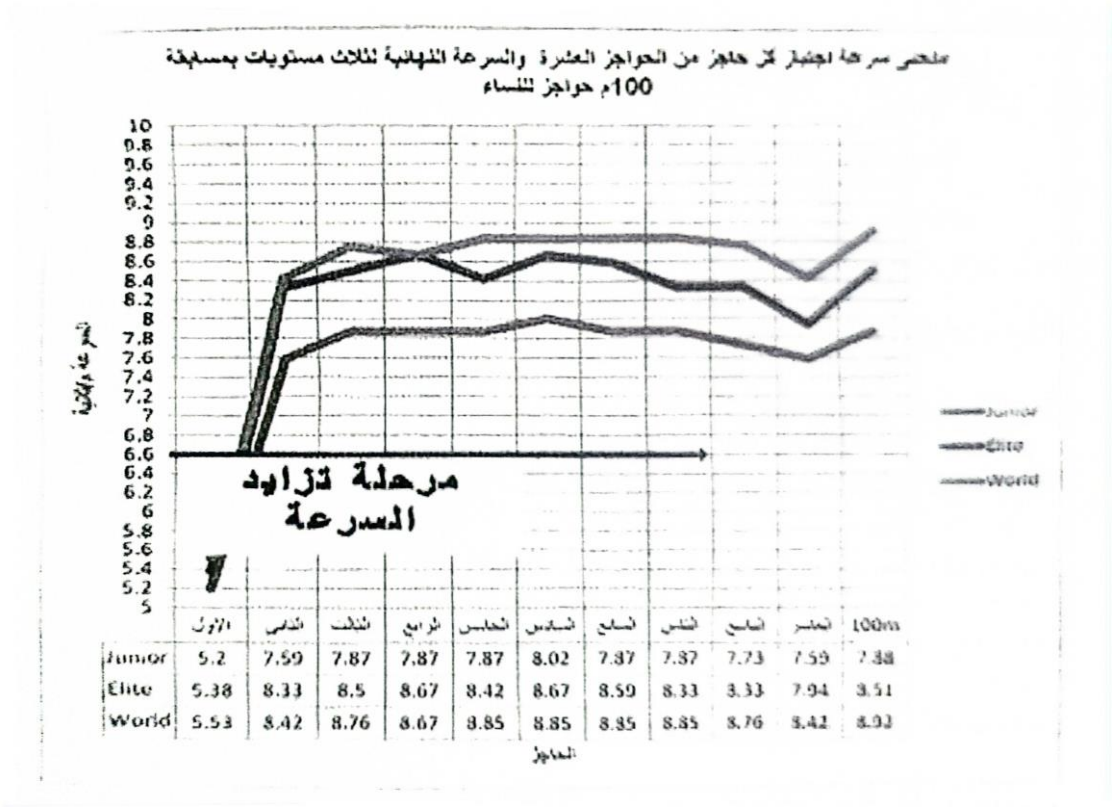


2007 **Aki Salo** قام بتقويم الأداء الحركي لخطوة الحاجز من خلال تصوير الحركة بأربعة كاميرات داخل ملعب مغلق قبل البطولة ثم إجراء التحليل الثلاثي الأبعاد على ثلاثة رياضيين بعد أن أعطى لكر فرد من أفراد العينة ثمانية محاولات لعبور الحاجز بارتفاع من البداية المنخفضة وبفترة زمنية بين محاولة وأخرى 154 دقيقة راحة بارتفاع حاجز وجد أن هنالك علاقة ارتباط مهمة بين السرعة الأفقية وزاوية الانطلاق للحاجز والمؤثرة في مسار طيران مركز ثقل الجسم فوق الحاجز كما وجد علاقة بين نقطة الانطلاق للحاجز وانسيابية مسار طيران مركز الثقل فوق الحاجز.

2001 **Alfred Finch, Gideon Ariel & John McNichols**قام بتحليل خطوة الحاجز الثالث في نهاية سباق 110م حواجز للرجال في بطولة الولايات المتحدة الأمريكية الأولمبية ودراسة زمن اتصال القدم بالأرض مع زمن الانطلاق للحاجز السرعة الأفقية التزايدية لخطوة الحاجز وجد أن تأثير السرعة على مسار طيران مركز ثقل الجسم.

أما (2007 **Salo, A. Grimshaw P.N & Marar. L**) فقد وجد أن أقصى سرعة تبليغ عند الحاجز كما تبين أن زاوية الانطلاق إلى الحاجز تؤثر في قيم السرعة العمودية وعلى زمن الإنجاز.

وفي دراسة حديثة عن تأثير سرعة اجتياز الحاجز على الإنجاز لتقييم مستوى الأداء مقارنة بالرقم العالمي في سباق 100م حواجز والموضحة بالشكل التالي:



	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	100m
Junior	5.2	7.59	7.87	7.87	7.87	8.02	7.87	7.87	7.73	7.59	7.88
Elite	5.38	8.33	8.5	8.67	8.42	8.67	8.59	8.33	8.33	7.94	8.51
World	5.53	8.42	8.76	8.67	8.85	8.85	8.85	8.85	8.76	8.42	8.92

وجدت الدراسة أن مرحلة تزايد السرعة عند بطلات العالم إلى نهاية الحاجز الرابع ومرحلة السرعة القصوى من الحاجز الخامس ونهاية الحاجز الثامن وهو الأطول للتناقص عند الحاجزين التاسع والعاشر فقط، بينما نجد أن مرحلة تزايد السرعة عند المستوى Elite تتزايد الى الحاجز السادس تقريباً وعند الحاجز الثامن والتاسع تبلغ السرعة اقصاها للتناقص وبشدة عند الحاجز العاشر.

أما المستوى Junior فنجد أن التزايد يصل إلى الحاجز الثامن لتتذبذب السرعة بعدها من حاجز إلى آخر. ولا وجود لمرحلة السرعة القصوى خلالها مما تقدم نجد أن مرحلة السرعة القصوى مختلفة من مستوى إلى آخر والذي نجده قد أثر في قيم السرعة النهائية في سباق 100م نساء وبشكل واضح.

إن التحليل الحركي والنتائج المشار لها تساعد المدرب في تقويم الأداء وتطوير الإنجاز، والعداء في الوقوف على مستوى أدائه وبدقة (المجلة العلمية لألعاب القوى- العدد العاشر2010)

التحليل الحركي لمرحلة الاقتراب في الوثب العالي (بطريقة الفلوب)

يهدف الاقتراب في طريقة الوثب العالي بالطريقة الظهرية (فوسبوري) بقسميها المستقيم والمنحني إلى زيادة السرعة العمودية اللازمة خلال الارتقاء لتحقيق أفضل ممكن تتكون مرحلة الاقتراب من جزأين المستقيم وبداية المنحنى وعدد من الخطوات تتراوح ما بين 9-11 خطوة تقطع بسرعة تصل إلى (7-8) م /ث للرجال. -7.5) (6م /ث للنساء مع دقة عالية في الاقتراب للتقليل من زمن الطيران نسبة إلى زمن ارتكاز قدم الارتقاء خلال مرحلة الارتقاء وبشكل أساسي خلال الخطوة الأخيرة التحويل السرعة المكتسبة إلى الاتجاه العمودي خلال زمن الارتقاء القصير.

بداية مرحلة الاقتراب تبدأ من لحظة تحرك الوثب إلى اللحظة التي تلامس قدمه الأرض لأداء مرحلة الارتقاء فقد وجدت الأبحاث الحديثة دورة المهم في تحديد المرحلة وضبطها بصورة صحيحة والتي وجد بأن هناك ثلاثة أساليب لها:

الوقوف فتحاً إلى الجانبين وبمسافة (30-40) سم بين القدمين وتستخدم هذه الطريقة في حالات نادرة جداً ويتم استخدامها عادة مع المبتدئين- .

-الوقوف مع أخذ خطوة إلى الأمام بحيث تكون القدم المرجحة أماما ويستخدم هذا الطريقة الواثبون المتقدمون، وتعطى هذا الطريقة للوثب قدرة على إنهاء الخطوة الأولى بأسرع وقت ممكن، مع تحديد طريقة الخطوة الثانية من الاقتراب

الطريقة الأخيرة من المشي أو الهرولة باتجاه نقطة بداية الارتقاء والتي يستخدمها الأبطال العالميون والغرض من استخدامها هو إعطاء الواثب قدرة جيدة للبدء بأسرع ما يمكن مع إعطائه حرية كبيرة في أول خطوتين من عن الإيقاع الحركي الناتج عن هذه الخطوات البسيطة قبل الاقتراب، فضلاً البدء بالمرحلة الأساسية.

يبدأ الواثب اقترابه في الجزء الأول المستقيم بزاوية تتراوح ما بين (70-90) درجة من العارضة، ويعد هذا الجزء المصدر الرئيس في اكتساب الواثب السرعة الأفقية للارتقاء.

الجزء الثاني يتكون من المسار المنحني من الاقتراب يشرح لاحقا (الشكل ب) وهو الجانب الأكثر أهمية في مرحلة الاقتراب حيث يعمل على تسهيل دورانه حول محاور الجسم الثلاثة، والتي تسمح للواثب بالمحافظة على السرعة الأفقية المكتسبة إلى مرحلة الارتقاء من خلال الحركة المستمرة في الجزء العلوي من الجسم وصولاً إلى لحظة الارتقاء العمودي، مع الميل بعيداً عن العارضة التي تساعد بشكل أساسي في الحصول على الدوران الأفقي فوق العارضة.

تزداد سرعة العدو في الخطوات القليلة الأخيرة التي لا تزيد عن 3-5 خطوات عند الواثبين كافة، كذلك يزداد وقت ارتكاز القدم بالأرض لتحقيق رد الفعل المناسب ولتصبح مراحل الطيران أقصر، وهذا ما تتم ملاحظته

بشكل خاص في الخطوة الأخيرة، حيث يكون الجسم في هذا الجزء من الاقتراب منتصباً في وضع مستقيم ومائل عن العارضة (في الاتجاه المضاد لها) وبدرجة ميلان يمكن قياسها في الخطوة ما قبل الأخيرة إذ تبلغ عند المبتدئين (20) درجة وعند المتقدمين نحو (30) درجة.

أما سبب ميل جسم الواثب بعيداً عن العارضة فهو للتغلب على القوة الطاردة اللامركزية التي تحاول أن تدفع جسم الواثب نحو العارضة من خلال هبوط في مسار مركز ثقل الجسم وبمقدار 20-25 سم جراء الميلان الجانبي إلى الداخل وليس بالضرورة أن تكون الخطوة ما قبل الأخيرة طويلة، لكن الخطوة الأخيرة يجب أن تكون أقصر بحوالي (30) سم تقريباً من الخطوة ما قبل الأخيرة والتي تسمح المحور

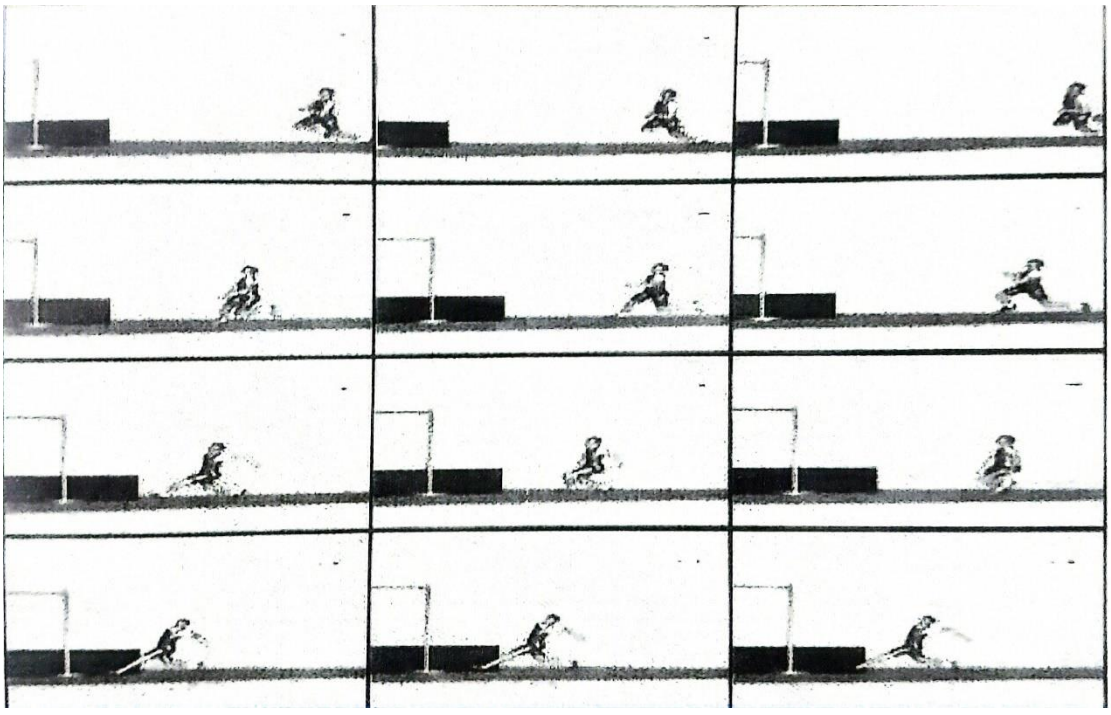
الفخذ بالتدرج في الارتقاء من الخطوة ما قبل الأخيرة إلى الخطوة الأخيرة كما تسمح

للواثب بالحصول على السرعة اللازمة لحركة الرجل المرجحة وتحقيق قوة دفع أكبر عند الارتقاء الذي وجد زيادته عند الرجال أكثر من النساء من خلال زيادة درجة ميلان الجسم عند الرجال بدرجة أكبر.

تهدف الخطوات الأخيرة في الجزء المنحني إلى ما يأتي:

-تغير اتجاه ووضع الجسم

-تساهم في محافظة الواثب على التوازن والانسيابية خلال خطوة الارتقاء للعارضة. لكي يحافظ الواثب على السرعة المكتسبة من الجزء المستقيم إلى المنحنى والموضحة في التحليل الحركي لمسابقة الوثب العالي (أ).



1) الاقتراب على شكل منحنى على طول المرحلة: ويعد **ديك فوسبوري** (1968) أول من استخدم هذا الشكل، حيث توفر الطريقة للواثب منحني ثابتاً يسمح له بالانحناء بعيداً عن العارضة من لحظة الارتقاء لكن من ناحية أخرى لا يستطيع الواثب إنتاج سرعة كافية للوثب بسبب المحنى الثابت، مما يؤدي إلى عدم إظهار تناسق بين الخطوات ومن ثم اختلاف طريقة الاقتراب من محاولة إلى أخرى بسبب صعوبة بقاء الاقتراب بشكل المنحنى.

2)-تدعى الطريقة الثانية بطريقة (J) لأنها تشبه الحرف، (J) الذي يكون على شكل خط مستقيم متعامد مع العارضة، متبوعاً بتقوس دائري ينتهي عند نقطة الارتقاء، يكون هدف الجزء المستقيم هو اكتساب السرعة المناسبة للوثب أما في المنحنى فيتوجب على الواثب التهيئة المناسبة لأداء مرحلة الارتقاء.

3) طريقة الصنارة لأنها تشبه صنارة الصيد تمتاز هذه الطريقة بأنها تسمح للواثب بالانتقال السهل والبسيط من الجزء المستقيم إلى الجزء المنحني من الاقتراب (المجلة العلمية للألعاب القوى - الاتحاد القطري2009)

التحليل الحركي البيوميكانيكي "المقارنة بين طريقتي الدوران والزحلقة في دفع الجلة

اهتم العلماء والمختصون في مجال علوم الحركة على استثمار العوامل والمتغيرات الداخلية والخارجية لتطوير الموديل الحركي لمراحل التكنيك ولتحقيق الإنجاز الرقمي الأفضل. ففى مسابقة دفع الجلة نجد طريقة جديدة غير الزحلقة ألا هي الدوران (Rotation) الذي اعتبره البعض الموديل الحركي المطلوب لإنتاج القوة والسرعة الأكبر لدفع الجلة.

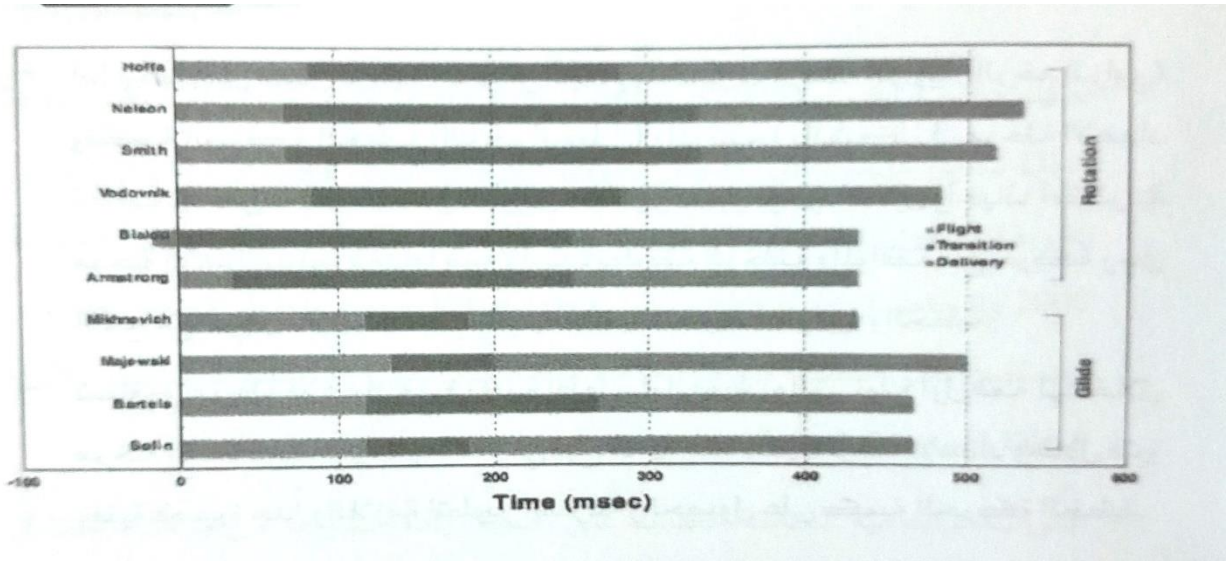
حقق أبطال العالم بكلا الأسلوبين الإنجازات الرقمية الرائعة، لكن السؤال يأتي هل تميز فعلاً دفع الجلة بالدوران عن الزحلقة؟ ما تلك المميزات؟ هل يناسب دفع الجلة بالدوران أنماطاً جسمية معينة؟

يشير **Luthanen, P, . M. and Vanttinen, T. (1997) A, Coh, M, Stuhec, S.(2005) Blomqvist**بأن لكل من تكنيك دفع الجلة بالزحلقة أو الدوران له من المميزات الإيجابية والسلبية على مراحل التكنيك.

العديد من الدراسات العلمية تناولت الأسلوبين وعن مدى تأثير المتغيرات الميكانيكية على مسار تزايد السرعة عند مرحلة انطلاق الجلة منها **Keigo Ohyama Byun2007 ، & Others** جامعة تساكوبا حيث قام بدراسة إنجاز أبطال العالم في الدورة الأولمبية في Osaka2007 قام بتحليل إنجاز عدد من أبطال العالم في دفع الجلة ثلاث منهم بطريقة الدوران واثنان بالزحلقة تم تصوير العينة بثلاثة كاميرات وضعت على ثلاثة مستويات: الجانب والأعلى والخلف، أظهرت نتائج الدراسة أن هناك بعض الفروق:

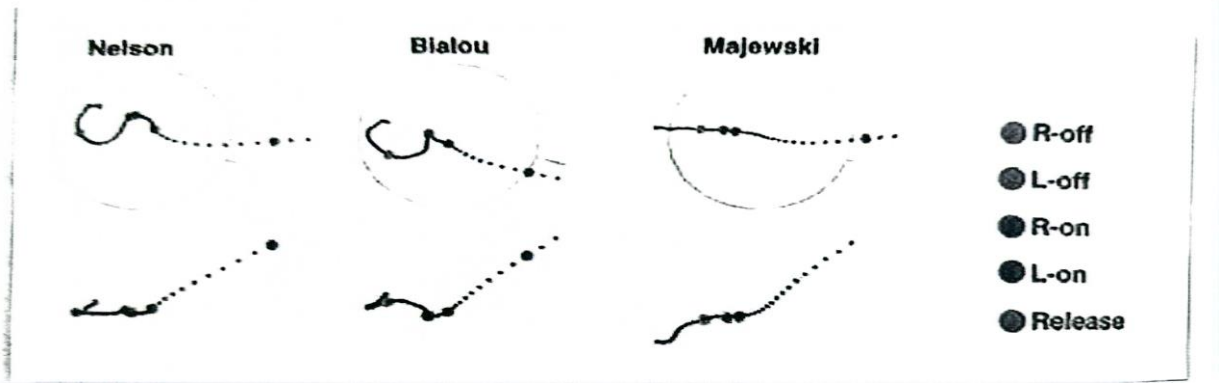
-الفترات الزمنية لكل مرحلة من مراحله الفعلية مسابقة الجلة بالطريقتين يوضحها الشكل رقم 1: ويظهر بوضوح قصر الفترة الأولى في الإعداد وطول الفترة الزمنية للمرحلة الثانية (مرحلة الانتقال إلى قبل مرحلة انطلاق الجلة

في أسلوب الدوران عن الزحلقة والتي تميزت بطول فترة الإعداد وقصر الفترة الزمنية الثانية (باللون الأخضر) بينما مرحلة الانطلاق باللون الأزرق وكانت الأطول في الزحلقة مقارنة بالدوران.



الفترات الزمنية لمراحل دفع الجلة بطريقتي الدوران والزحلقة عند أبطال العالم 2007

-تبين أن المسار الحركي لحركة القدمين غير انسيابي نتيجة للتوقفات المتتالية لكلا الرجلين. أثر في المسار الحركي وقيم الطاقة الحركية عند البطل (نيلسون بالو) بينما أسلوب دفع الجلة بالزحلقة يظهر توقفاً واحداً بالقدم عند بطل العالم (ماجوسك) وبمسار انسيابي إلى لحظة انطلاق الجلة والموضح بالشكل رقم (2) تم الحصول على المسار الحركي من الكاميرا من الأعلى.



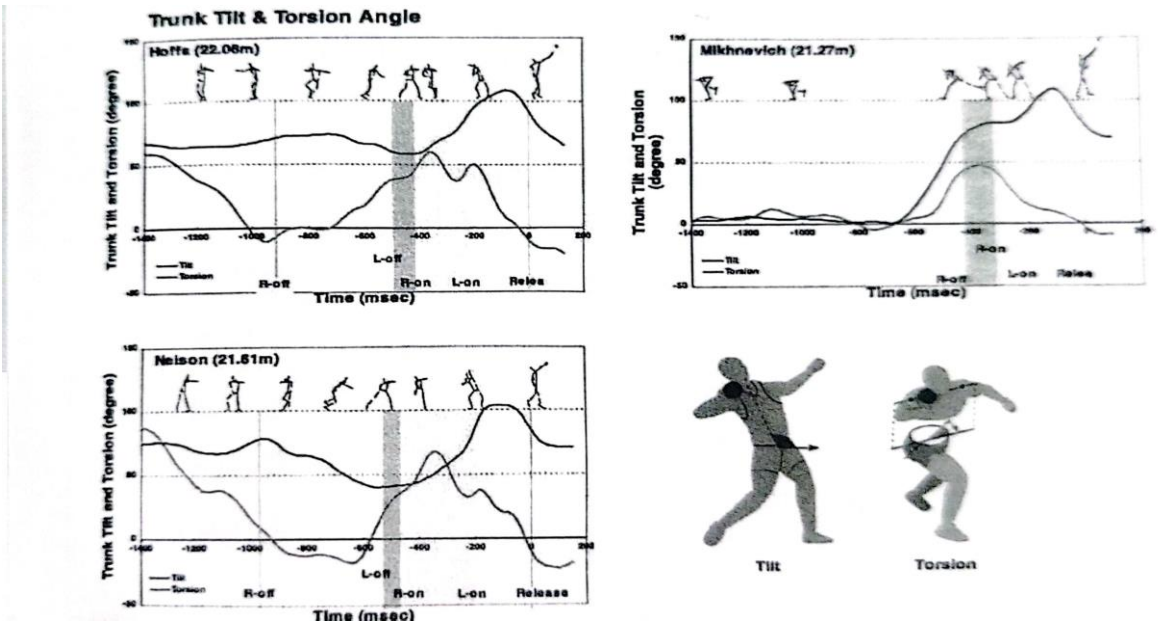
-أما بخصوص مسار مركز الثقل أو الجذع وكمية الحركة الزاوية (الزخم الزاوي)وكمية الحركة الخطية الزخم الخطي) والموضحة بالشكل 3. مرحلة الإعداد تختلف في طريقة الزحلقة عن الدوران فالأخيرة تتميز بوجود قمتين وأحياناً أكثر في مرحلة الإعداد. بينما نجدها قمة واحدة بطريقة الزحلقة والموافقة مع حركة رجل الدفع مع الرجل المرجحة، كذلك في كمية الحركة الزاوية والخطية.

-تستغرق مرحلة الإعداد فترة زمنية أطول في الدوران والتي تبلغ أول قمة لها خلال

مرحلة الإعداد بينما في الزحلقة التي تبلغ قمتها عند بداية مرحلة الإعداد وخلال فترة

زمنية قصيرة جداً واللازمة لتطوير السرعة والحصول على كمية الحركة الخطية.

-بطريقة الدوران قبل ارتكاز قدم اليسار يتم الدوران مرتين حول محور الجسم بوساطة الجزء العلوي من الجسم والواضح عند بطل العالم هوف حيث أظهر ارتفاعاً وزيادة فجائية وسريعة بكمية حركة رجل اليسار المتوافقة مع زيادة في كمية حركة الجسم الزاوية. بينما في الزحلقة يحافظ على كمية الحركة الزاوية وبمسار حركي متوازن لتجميع القوة باتجاه الدفع.



-تظهر دراسة أخرى (**Coe and Stuhee (2005**) أن لطول القامة في مسابقة الجلة تأثيراً مهماً على الإنجاز بطريقة الزحلقة بينما وجد أن متوسط الطول بطريقة الدوران يمكنهم تحقيق أفضل الإنجازات فمثلاً هوف بطل

العالم في 2007والحاصل على الذهبية بلغ طوله 186سم، وبطل العالم نيلسون والحاصل على الفضية بلغ طوله 183 سم اللذان تميزا بالتكنيك المتميز وإنتاج الطاقة الحركة الدائمة.

-الدراسات العلمية السابقة أكدت على أهمية زيادة السرعة من مرحلة الانتقال إلى الدفع وانطلاق الجلة في أقصر زمن ممكن **Luthanen et al (1997)**بينما أشار كل من **(Zatsiorski, 1990; Hay 1994, 1993, Bartnietz**على أهمية الطاقة الكامنة والحركية اللازمة لانطلاق الجلة في أقصر زمن ممكن.

-أما **Hsiene Peng1& others** من جامعة تايوان 2008 في دراسة قدمت للمؤتمر العالمي للبيوميكانيك أشار إلى طريقة الدوران في دفع الجلة وإلى ارتكاز رجل اليمين الهادف إلى الإعداد للهدف بينما ارتكاز الرجل اليسرى هدفها التوقف فقط، لذا أكد على أهمية تفعيل مرحلة الانتقال من خلال تناقص زمن ارتكاز الرجل اليمين للدفع العمودي لزيادة قوة الدفع والرجل اليسرى يجب أن تعمل على زيادة القوة العمودية لتأثيرها على كمية الحركةالزاوية والخطية.

ملخص:

*بطريقتي الدوران والزحلقة فان حركة الرجل تؤدي الى زيادة في كمية الحركة الزاوية الى الجذع.

*بطريقتي الدوران والزحلقة أهمية الاحتفاظ بمصدر الطاقة الحركية الى نهاية الحركة هو المفتاح الذي استخدمه البطل نيلسون وبمقدار الضعفين عن الاخرين من خلال سعة المرجحة بالرجل اليسرى والتي تعد مصدرا مهما للطاقة الحركية عن طريق دفع الجلة بالزحلقة.

*زيادة كمية الحركة الزاوية كان لصالح طريقة الدوران لكنه غير مقنع بخصوص توازن الجسم.

*بطريقتي الدوران والزحلقة تعد سرعة انطلاق الجلة المتغير الميكانيكي الأساسي المؤثر على الإنجاز لكن بعض المتغيرات الأخرى ترتبط في التأثير عليه كوضع الجسم اثناء مرحلة الانطلاق وزاوية انطلاق الجلة.

*تبين ان تحقيق تزايد السرعة في دفع الجلة من الدوران مختلف عن ابطال العالم فنجد البعض قد استخدم كمية الحركة الزاوية والخطية معا مثل بطل العالم هوف الحاصل على الذهبية بينما بطل العالم نيلسون ركز على كمية الحركة الزاوية فقط لتحقيق تزايد في السرعة اللازمة.

*في طريقة الزحلقة حافظ بطل العالم ماحنفج والحائز على البرونزية على اعلى مستوى من كمية الحركة الخطية الى ما قبل لحظة دفع الجلة والذي تسبب في تزايد سرعة الجلة.

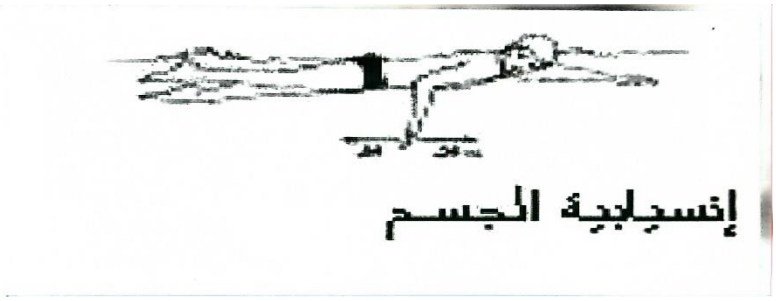
سرعة رمي الجلة وحدها غير كافية لتحقيق الطاقة الحركية اللازمة لان كمية حركة الجسم الكلية الناتجة يجب ان تتزامن مع سرعة الجلة خلال مرحلتي الانتقال في أسلوب الدوران مع التركيز على الطاقة الحركية الى لحظة انطلاق الجلة والناتجة من سرعة النظام الحركي للرامي الذي هو مفتاح النجاح (المجلة العلمية في العاب القوى العدد الخمس عشر-الاتحاد القطري للألعاب القوى 2010)

التحليل الحركي البيوميكانيكي للسباحة:

تختلف أساليب دراسة حركة الجسم البشري خلال أدائه للرياضات المائية عما هو عليه الحال في الحركات العادية، ففي الأداء على سطح الأرض يشعر اللاعب بأنه يتعامل مع نفس الخط الذي يتعامل به الإنسان مع سطح الأرض فإن استيعابه للماء كوسيط تتم فيه الحركة يجب أن يكون على مستوى عالي حتى يتمكن أن يتعامل مع الماء كوسيط جيد للأداء.

*سباحة الزحف تعد السباحة الأكثر شيوعاً في العالم، وذلك لأنها من أسرع السباحات في قطع المسافات وأكثرها في تحريك أكبر عدد من عضلات جسم الإنسان. وتعتمد على الحركة التبادلية للذراعين والرجلين.

-وضع الجسم يكون الجسم بشكل أفقي على سطح الماء ويكون انسيابياً.



-تكون حركة الذراعين من مفصل الكتف وبشكل دائري وتكون تبادلية ويراعى فرد الذراعين وتكون أصابع اليد متباعدة نوع ما لتقليل مقاومة الماء.

-عند الضرب باليد اليسرى يتم ميل الرأس إلى اليمين أو العكس واخذ الشهيق عن طريق الفم ومن ثم عودة الرأس إلى حالته الأولى وتتم عملية الزفير عن طريق الأنف داخل الماء.

-تتم عملية الدوران في السباقات من 100م فما فوق.

-تتكون من ميل الجذع للأسفل وعمل دحرجة أمامية داخل الماء بغرض دفع الحائط بالرجلين لإكساب السباح سرعة أكبر.

-بعد عملية الدوران تتم هذه العملية والهدف منها المحاولة للمحافظة على القوة التي اكتسبها من دفع الحائط وزيادة السرعة.

أما القوى المؤثرة على السباح فهي:

*الوزن للأسفل (الجاذبية)

*قوة دفع الماء للأعلى: أي أنه إذا كانت قوة الدفع أكثر من الوزن يطفو الجسم وإذا كانت قوة الدفع أقل من الوزن ينزل الجسم.

*كثافة جسم الرجل من 95% إلى 98% لكل 1 سنتمتر مربع من الماء.

أما الطفو فيلعب فيه:

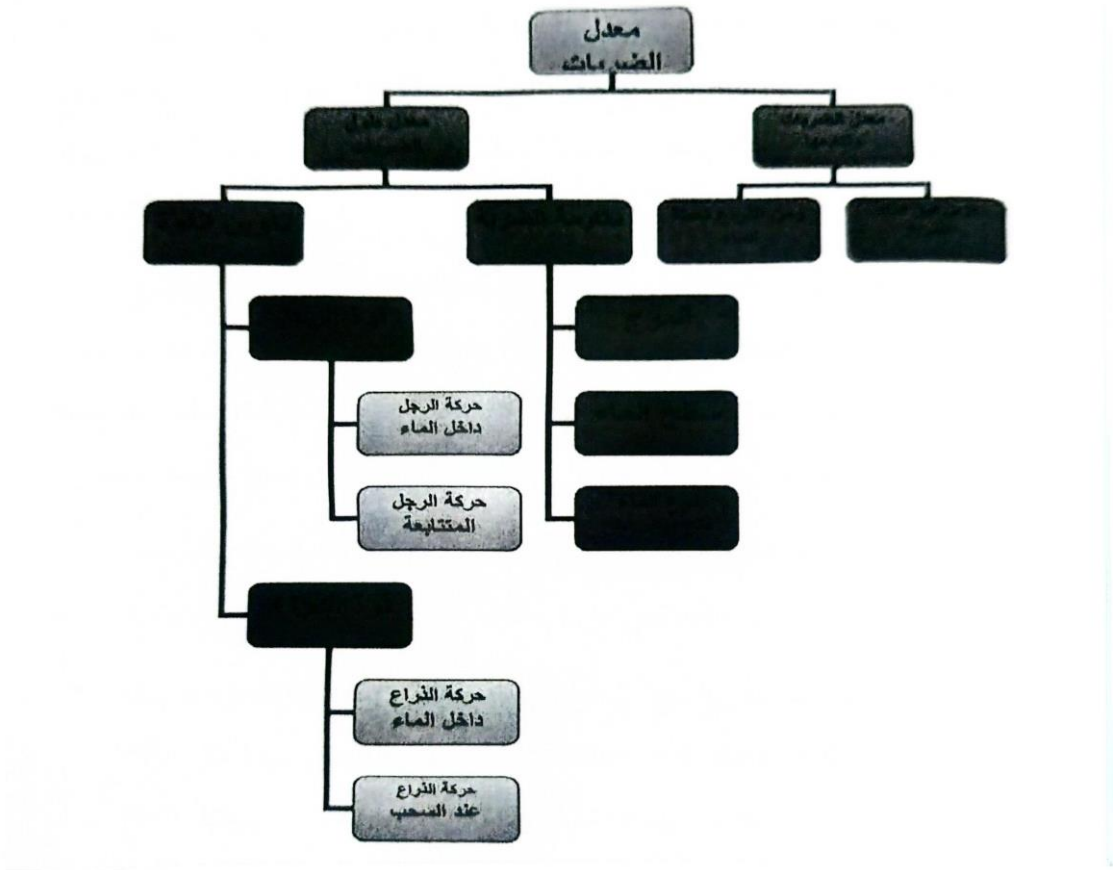
كثافة الجسم فالجسم الدهني كثافته تختلف عن الجسم العضلي أو النحيل (كثافة جسم المرأة من 92% إلى 96% لكل 1 سنتمتر مربع من الماء.

*الجنس ذكر أو أنثى والعمر

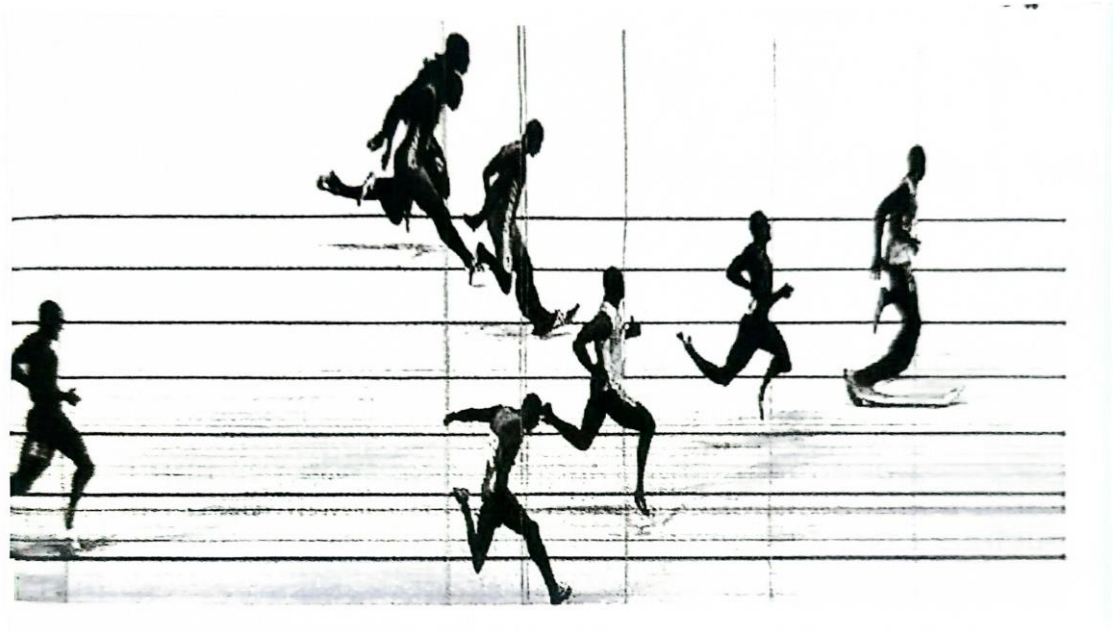
*مقدار الهواء الذي تحتويه الرئتان (لأن الرئتين مركز الطفو).

*الشهيق والزفير وكتم النفس له دور في عملية الطفو.

الموديل الحركي للسباحة:



التحليل الحركي للزمن 9:58 ثا و لقيم السرعة في سباق 100م



اهتمت الدراسات العلمية في مجال البيوميكانيك الرياضي بعد نهاية كل دورة أولمبية بالإنجازات والأرقام القياسية وتحليلها للوقوف على أهم المتغيرات اللازمة التي أثرت إيجابياً على إنجاز البطل والحصول على النموذج الحركي أو ما يطلق عليه الموديل.

ومتغيرات السرعة في المسافات القصيرة وتحليلها حركياً من خلال الأجهزة المختبرية ما هي إلا معلومات عن البرامج والتدريبات الخاصة التي أوصلت النموذج إلى طع المسافات المختلفة في كل متر من المئة متر بأزمنة متسارعة من لحظة الانطلاق إلى خط النهاية لتحقيق الأرقام المذهلة من دورة أولمبية إلى أخرى.

كيف يحافظ العداء على سرعته القصوى؟ للإجابة على هذا السؤال لابد أن نفهم المؤثرات الثلاث على السرعة القصوى التي تتركز في:

*ففي بطولة برلين حقق العداء الجمايكي أوساين بولت أفضل زمن 9.58 ثانية .2009 تم إجراء تحليل في IAAF, Scientific Research Project (DLV) 2009 المتغيرات الزمن والسرعة بوساطة الأجهزة التقنية المثبتة من بداية السباق إلى خط النهاية، أظهرت النتائج تزايد تدريجياً من لحظة انطلاق العداء إلى خط النهاية النتائج موضحة في الجدول رقم (1)

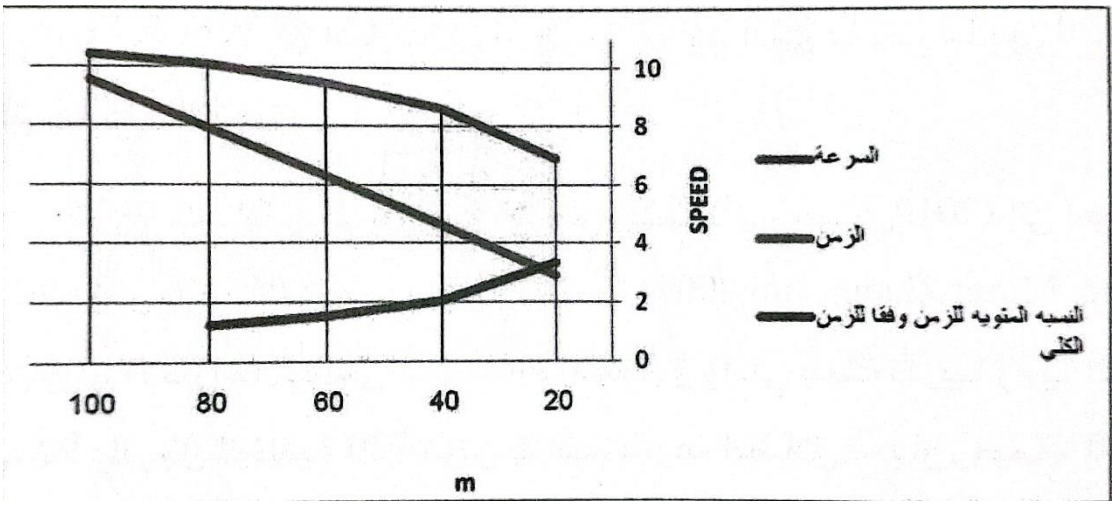
الجدول 1 نتائج العداء الجمايكي أوساين بولت في سباق 100م في بطولة برلين 2009

المسافة (متر)	20	40	60	80	100
الزمن (الثانية)	2.89	4.64	6.31	7.92	9.58
النسبة المئوية للزمن وفقاً للزمن الكلي	3.31	2.06	1.51	1.20	
السرعة (م/ثانية)	6.92	8.62	9.5	10.1	10.43

فعند 20م الأولى حقق معدلاً للزمن مقداره 2.89 ثانية، وفي 40م سجل زمناً بلغ 4.64ثانية لتصل قمتها في 60م حيث بلغ 6.31 ثانية، وبزيادة قدرت 1.51% بينما تتناقص هذه إلى 1.20% حتى نهاية السباق (ففي مسافة 80م وصل الزمن إلى 7.92 ثانية و9.58 ثانية في نهاية السباق تؤكد الدراسات والأبحاث الحديثة على أهمية التزايد التدريجي والمستمر في عمليات تزايد السرعة حتى نهاية السباق لتحقيق

الإنجاز الرقمي المطلوب وهذا ما حققه بطل العالم 2010 بولت (جبار رحيمة،

. (A. Matsuo and H. Tsuchie, 2006 (KotaKijima, 2009 ،2010



يوضح الشكل 1 التزايد فيقيم السرعة للعداء من بداية السباق إلى نهايته والتزايد أيضا في مسار الزمن وبشكل حاد إلى نهاية السباق والذي أدى إلى تحقيق الرقم القياسي العالمي الجديد والذي أكدها كل من ,Akia ito Kijimi (2008 Kota Koji Fuda and,) من جامعة أوساكا في اليابان بأن عمليات تزايد السرعة تبدأ من إشارة البدء ولا تنتهي إلا في خط النهاية، وأكدا على أن أهم مراحله وجدت أنها تؤثر في قيم زمن الإنجاز تقع ما بعد مرحلة البداية مباشرة حتى خط النهاية، بينما) 1992 and Ito) كان قد ذكر أن أفضل أبطال العالم في سباق 100م كانوا قد حققوا أقصى سرعة لهم بمنطقة محددة تقع ما بين 70-80م من خط البداية ليحافظ العداء عليها حتى خط النهاية.

وأكدا أيضاً على أهمية القدرات البدنية العالية والحركة الانتقالية الفعالة للعداء والتي تؤثر تأثيراً مهماً في سرعة العداء. أما نسبة تأثير مرحلة تزايد السرعة على زمن الإنجاز فقد حددها 2009 (Long, Ming; Zhang, Jun بنسبة 65% ووجد أن معامل الارتباط بين تزايد السرعة والإنجاز بلغ (0.78) بينما وجدوا عند مقارنة أبطال الصين وأمريكا في 100م أن معامل الارتباط أعلى حيث بلغ (0.99) بين تزايد السرعة والإنجاز للذين حققوا سرعة بلغت 1.5 م / ثانية) دراسة قديمة أخرى

1999, Rivera & Ferro)أشارت إلى أن مرحلة تزايد السرعة تقع ما بين 30-50

وجد تأثيرها على الإنجاز

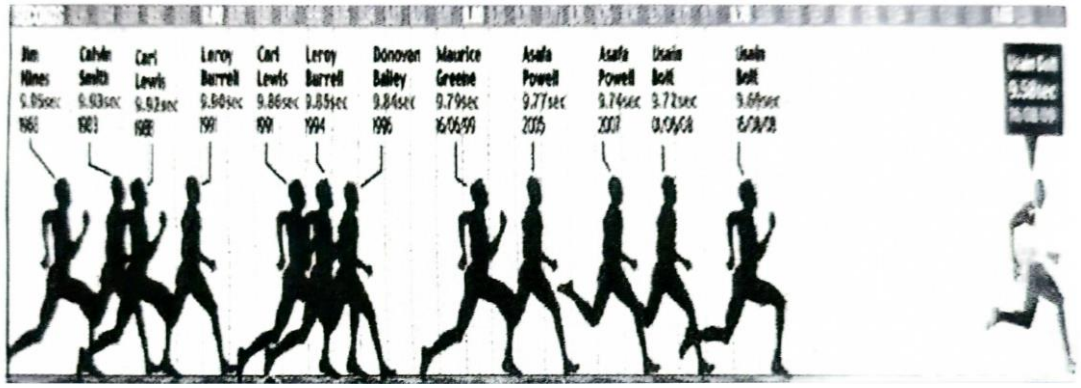
أما مرحلة البداية وتأثيرها على الإنجاز فيشير (أثير صبري 2010) إلى أهميتها وتأثيره على زمن الإنجاز في عدوا 100م بخاصة(Long, Ming; Zhang, Jun2009) وجدا أن زوايا الأطراف السفلى عند إشارة الانطلاق

والتي بلغت تقريباً زاوية الرجل الأمامية 90 والرجل الخلفية 120 تؤثر في قيم سرعة انطلاق (جبار رحيمة، 2010) وجد في دارسة لنهائي سباق 100م رجال في بطولة برلين 2009 أن العداء الجمايكي بولت وعلى الرغم من تسجيله الرقم العالمي في سباق 100م بزمن 9.58 ثانية، لم يكن الأفضل في سرعة انطلاقه، حيث سجل زمن بلغ 0.146 بالألف من الثانية واحتل به المركز السادس من بين العدائين الثمانية في الدور النهائي للبطولة بينما العداء تومسون والذي احتل المركز الخامس في نفس المسابقة كان أفضل العدائين في انطلاقه حيث سجل زمن قدره 0.119 بالألف من الثانية. وهذا يعني أن سرعة رد فعل العداء بولت كانت بطيئة وأن زمن الانطلاق يرتبط بزمن الإنجاز ارتباطاً ضعيفاً بلغ 17%ووفقاً لنتائج دراسة 2009.(Long, Ming; Zhang, Jun)

الملخص:

الدراسات الحديثة أشارت ووفقاً إلى الأرقام القياسية والتحليل الحركي لأبطال العالم إلى أهمية استمرار العداء في تزايد سرعته من بعد إشارة البداية إلى خط النهاية، بينما الدراسات ما قبل 2000 اجتمعت إلى تقسيم سباق 100م إلى ثلاث مراحل: مرحلة تزايد السرعة إلى مرحلة الاحتفاظ بالسرعة ومرحلة تناقص السرعة.

هذه الدراسات تساعد المدربين في إعادة النظر في برامجهم التدريبية وتقويم الأداء الفني للعدائين بشكل مستمر من خلال الاستعانة بالمتخصصين في مجال علوم البيوميكانيك والتحليل الحركي.



الشكل يوضح زمن 100م خلال 40 سنة من 1968 إلى 2010 مع أسماء وسنة وزمن كل البطل والقفزة في زمن بطل الجمايكي بولت.

والعاملين المهمين الآخرين هما متغيراً طول الخطوة وترددها، حيث أشارت الأبحاث العلمية في مجال البيوميكانيك إلى تأثير علاقة طول الخطوة وترددها على الزمن والسرعة في سباق 100م ففي دراسة على بطل العالم بولت في بطولة برلين 2009

تضمنت مميزات وخصائص الأداء الفني له نشرها العالم الروسيDr. Nicholas Romanov,2009)الذي وجد أن أهم العوامل التي أثرت على خطوات بولت هي: طول القامة التي أثرت على خطواته التي بلغت عددها

(41) خطوة) أي بمعدل طور للخطوة (2.44م) وبتتابع (4.28) خطوة بالثانية ، بينما في 20م ما بين 600-80م حقق فيها بولت أقصى سرعة له بلغت (12.42م/ثانية) حيث حقق بولت (4.40) خطوة بالثانية.

أما العداء ان Gay & Powell في بطولة العالم في 2007 فقد سجلا في تتابع الخطوة (4.90 4.68 خطوة ثانية وهي أعلى من تتابع خطوات بطل العالم السابق كارل لويس 1991 والبالغة (4.67) خطوة بالثانية أما طول الخطوات فنجد أن الوضع مختلف فقد حقق كارل لويس طول خطوة أعلى بلغت في معدلها خلال مسابقة 100م (2.53 متر) بينما ay & Powell حقا على التوالي 2.42-2.40 متر.Ito et al) 2009) (Hay, 1998)

ملخص:

إن تفوق بولت سببه فعالية العمل العضلي كوحدة واحدة بمحصلة قوى باتجاه الحركة الأفقية أدت إلى تحقيق أعلى سرعة ممكنة كما لعبت حركات المرجحة البندولية الفعالة للأطراف (عزم الدوران الأثر الكبير في توليد القوة الدافعة إلى الأمام مع وضع عمودي للجسم على طول مسافة السباق، كما ان العلاقة بين معدل طول الخطوة ومعدل التردد وجدت من أهم العوامل التي يجب معرفتها والعمل على تطويرها خلال الوحدات التدريبية لتأثيرها على الإنجازات كما أوصت دراسة) Ming; Zhang، Long2009 ، .(Jun على أهمية التدريب المستمر على تتابع الخطوات وطولها وبأقل تذبذب لمسار مركز الثقل وبإيقاعات حركية متناسقة والتي ظهرت عند بطل العالم بولت في بطولة برلين 2009 كما أشارDr. Nicholas Romanoy and Graham Fletcher, 2009)بعدم دفع الأرض بقوة إلى الأعلى وإنما بزاوية تمنح العداء الانسياب الحركي إلى الأمام في حركة الدفع الباحثان (Fukuda and Ito, 2007)إيمان (2007 في أحد الدراسات في مجال البيوميكانيك قاموا بتحليل عدد من خطوات العدائيين من أبطال العالم وتبين وجود تأثير مهم لزوايا عمل الأطراف السفلى للعداء على الإنجاز ملخصها لتحقيق أقل زمن ممكن للخطوة لابد من تحقيق أقصى ارتفاع لزاوية الفخذ مع أقل زاوية للركبة للخلف وأقصى زاوية للرجل مع أهمية بقاء زاوية جذع قائمة تقريباً.

هذا من جهة ومن جهة أخرى وجدوا أن هنالك علاقة ارتباط بين قيم السرعة وزاوية الورك، بينما لم تظهر أي علاقة ارتباط بين السرعة وقيم أقصى زاوية للرجل.

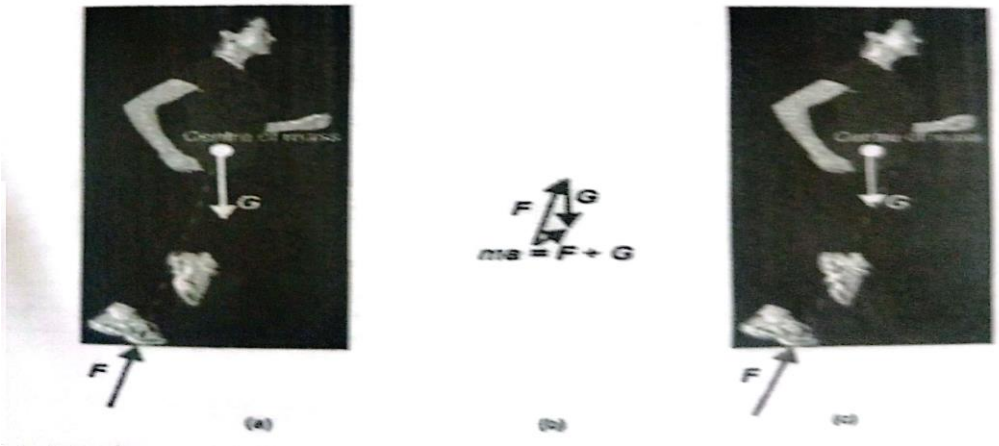
أما زمن الإنجاز فقد وجد (A and Ito 2009) علاقة ارتباط عالية جداً بين صغر زاوية الركبة وزمن الإنجاز عند أبطال العالم في سباق 100مBolt- Powell –)

Gay)قد سجلوا زاوية للركبة تراوحت ما بين 41 - 38 وتقدم لرجل المرجحة إلى الأمام أما عن تأثير زاوية مفصل الكاحل على الزمن فقد وجد (Ito2008 ,) بأن أقصى مد للكاحل لم يظهر أي علاقة ارتباط بزمن الإنجاز.

إضافة أخيرة (Dintiman et al .1997) (Deshon.Nelson &Hay. 1993)

ذكرت إلى أن السرعة ما هي إلا قابلية الجسم أو جزء منه في الانتقال من نقطة إلى
الأخرى بزمن معين، وأوضحوا بأن تزايد السرعة يتم من خلال عمليات تنسيقية تتم بين العضلات العاملة والمساعدة لحظة لمس القدم للأرض بقوة يتبعها رد فعل يعد الأكثر فعالية وأهمية على قيم السرعة الناتجة أكدوا جميعاً أن زيادة سرعة العدو تتم من خلال التدريب على العدو في منافسات متقاربة المستوى أو أكثر بقليل عن تلك المستخدمة في المنافسات لتطوير مهارات الأداء المؤثرة في العمل العضلي لتحقيق
النتائج المطلوبة.

التحليل الحركي الميكانيكي لقيم القوة الدافعة في حركات الوثب العمودي:



التحليل الحركي الميكانيكي لقيم القوة الدافعة في حركات الوثب العمودي

إن التطوير السريع والمتزايد الذي تشهده مستويات الإنجاز في معظم مسابقات ألعاب القوى لم يكن وليد الصدفة ولم يحدث من فراغ، لكنه جاء نتيجة لمجهودات مضنية قام بها الأخصائيون والباحثون في علوم الرياضة متبعين الأسلوب العلمي ومستخدمين أحدث ما توصلت إليه التكنولوجيا وعلومها في العالم من أجهزة وتقنيات لدراسة دقائق أجزاء الحركة ومسبباتها لاستثمار القوى الذاتية للرياضي في التغلب على المقاومات المؤثرة في الإنجاز.

لذا فإن دراسة الحركة من الناحية الميكانيكية يعد الهيكل الرئيس المختلف العلوم الرياضية، ويعد أمراً ضرورياً لإمداد المدرب بمكامن الأخطاء التي يصعب تحديدها بالعين المجردة ومسبباتها مهما بلغت خبرة المدرب ومهما استخدم من برامج علمية في التدريب الرياضي.

ومسابقات القفز والوثب خصوصاً يعد من المسابقات الأساسية تحكمها قوانين ونظم ميكانيكية معينة إلا أن المتغيرات الرئيسية التي تقررها مسافة الإنجاز تعتمد على سرعة وزاوية انطلاق الجسم، والسرعة من وجهة نظر Hay 1997 الأهم على مسافة الإنجاز في حالة ثبات المتغيرات الأخرى.

يجب ان يمتلك الرياضي من القدرات العالية وبخاصة في الأطراف السفلى التي تعني القوة والسرعة في أي واحد أن القدرة في علوم البيوميكانيك يخلص العالم بيكر 1996 طرق تحسين القوة إلى:

-تمارين القوة العامة: وهي مجموعة تمارين لتطوير القوة الانفجارية مثل تمارين القرفصاء، الكامل، نصف قرفصاء، القرفصاء للجوانب، تمارين الوثب مع الثني... إلخ وإن رياضيي ألعاب القوى ذوي المستويات المتقدمة من النادر أن لا تكون عندهم القدرة على أخذ أوضاع القرفصاء الجيدة مع أوزان معينة لتطوير قدراتهم مثل الكرات الطبية على أن يتم أداؤه ببطء.

-تمارين القوة الخاصة: تخص تمارين العضلات الخاصة بالوثب بالاتجاه العمودي والتي تشبيها Canavan 1996 بتركيبة حركة صعود المصعد الكهربائي بالاتجاه العمودي. هذه التمارين مهمة جدا وضرورية لتطوير القوة المميزة بالسرعة باستخدام الحجل والقفز بأوزان معينة إضافة إلى الحجل أو الوثب من فوق الحواجز المختلفة والارتفاعات. وهناك العديد من التمارين والبرامج في تطوير القوة في أدبيات التدريب الرياضي.

السؤال لماذا رياضي ألعاب القوى يحتاج إلى مستوى عالي من قوة القفز أو القدرة؟

لابد من توضيح بعض المفاهيم الأساسية والتمهيدية عن مبادئ البيوميكانيك عن لحظة ارتكاز القدم بالأرض هي:

1) Contact time

2) Ground reaction force

3) Impulse and momentum

المصطلح الأول :Contact time

وهو الفترة الزمنية لبقاء اتصال القدم بالأرض لحظة ارتكازه أو اتصاله بالأرض، وهي من الأهمية، لأن الجسم لا يمكن أن يولد القوة اللازمة لزيادة السرعة أو لتغيير الاتجاه لا من خلال اتصال القدم أو القدمين بالأرض. التمارين المناسبة لتطوير العمل العضلي -العصبي يجب أن تكون مشابهة للمرحلة من خلال تمارين وضع القرفصاء المكرور بأوزان وبزمن أكبر المؤثرة في تناقص Contact timeلكن في رمي المطرقة هنالك طرق أخرى لزيادة القدرةGround reaction force .

هو ناتج من فعل اتصال أو ارتكاز القدم بالأرض لتردد الأرض بقوة معاكسة بالاتجاه ومساوية بالقيمة (قانون نيوتن الثالث.

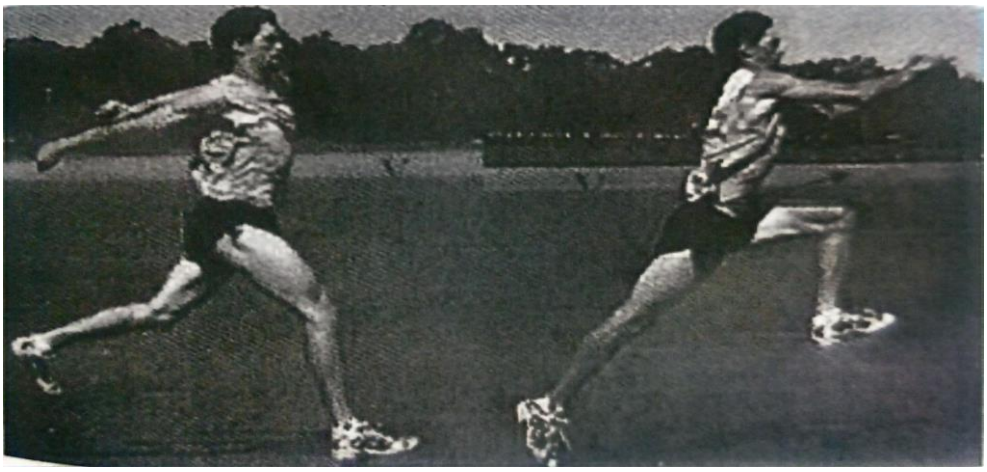
شكل يوضح الفعل ورد الفعل

Change in Momentum=Impulse

أي أن قوة الدفع = التغير بالزخم

لذا كان على متسابق ألعاب القوى أن يضيف القوة إلى الزمن ليحصل على التغير بالسرعة أو الزخم المطلوب والذي يعادل قيم قوة الدفع والتغيير بالسرعة ليس بالقيم الرقمية فقط. بل بتغيير الاتجاه فنجد في الوثبة الثلاثية يتم استخدام السرعة الأفقية المكتسبة من الاقتراب إلى المجلة والتي تقدر بحوالي 9.8 متر بالثانية باتجاه الحركة، ويستخدم سرعة عمودية تبلغ 2.4 متر بالثانية والمتجهة إلى الأسفل مع قيم الجذب الأرضي.

عند الانتقال المجلة -الخطوة تتناقص قيم السرعة الأفقية لتصل إلى 8.6 متر بالثانية باتجاه الحركة أيضاً، أما السرعة العمودية فتبلغ قيمته 2.0 متر بالثانية لكن يتغير الاتجاه من الأسفل إلى الأعلى متغلباً على الجذب الأرضي والذي يتم في 140جزء من الألف من الثانية أي 0.14 ثانية وبزاوية انطلاق 13.



شكل يوضح قيم السرعة الأفقية إلى العمودية في المجلة والخطوة بالوثبة الثلاثية

نجد أن مرحلة الانتقال من المجلة -الخطوة حدث فيها تناقص في السرعة الأفقية نتيجة وضع التوقف نتيجة ارتكاز القدم بالأرض (الطاقة الكامنة لتتحول إلى طاقة حركية باتجاه الحركة) بينما تغير اتجاه السرعة العمودية من الاتجاه السفلي إلى الاتجاه العلوي (هذه التغيرات حدثت بسبب ground reaction force أما بخصوص قيم السرعة فنجد أن السرعة الأفقية والمكتسبة من الاقتراب تبقى الأعلى

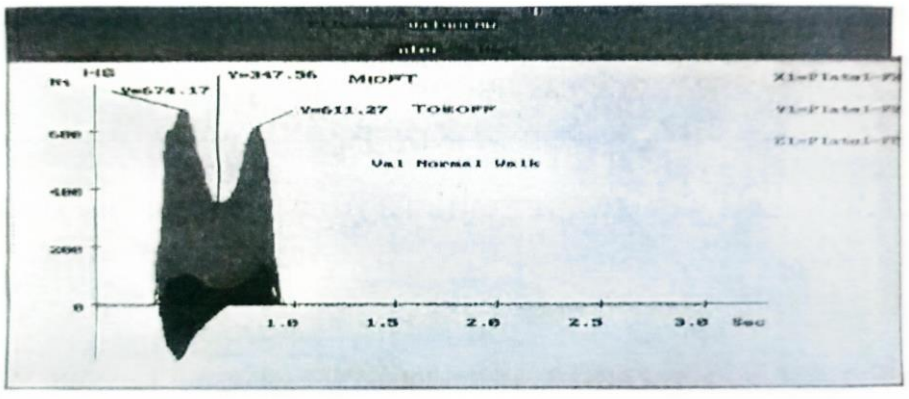
بينما السرعة العمودية كانت الأقل والمتأثرة بقدرة عضلات الأطراف السفلى في إصدار القوة اللازمة بزمن معين للتغلب على الجذب الأرضي والقوى الأخرى.

والموضحة في شكل 3 الذي يوضح قيم القوة وتغيراتها من لحظة أول اتصال بالأرض

والاستعداد لإصدار قوة الدفع المناسبة من خلال الأطراف السفلى. حيث تعبر القمة

الأولى عن أول ارتكاز بالأرض من الاقتراب ثم الهبوط بثني المفاصل خلال فترة قليلة لتحقيق القمة الثانية والدالة على الاستعداد للدفع.

إن المساحة ما تحت المنحنى تعبر عن مقدار الجهد المبذول خلال فترة زمنية محددة عند الانتقال من المجلة – الخطوة.



شكل يوضح المنحنى القوة – الزمن أو impulse خلال contact time

شكل يوضح المنحنى القوة -الزمن أو impulse خلالcontact time

للوقوف على مدى صعوبة الحركة عند الانتقال من المجلة -الخطوة في الوثبة الثلاثية نفترض أن الواثب كتلته 75 كيلو غرام (والتي يمكن تحويلها إلى نيوتن (1) كيلو غرام 1 = 9.8 نيوتن. وسجل قيم قوة أفقية حوالي 428 نيوتن و2357 قوة عمودية أثناء مرحلة الانتقال من المجلة -الخطوة لكن في مرحلة الانتقال من المجلة -الخطوة

والتي تتطلب قوة فعل تقدر بحوالي 15 مرة من وزن الجسم باتجاه عمودي و7 مرات باتجاه أفقي للحصول على رد فعل يزيد من سرعة الانطلاق ومسافة ال إنجاز(Perttunen et al ,2000).

في مسابقات الوثب الأفقية (مثل الوثب الطويل والوثبة الثلاثية يجب أن يتم التدريب على تطوير العمل العضلي اللازم لتحويل اتجاه الحركة من المسار الأفقي إلى العمودي وبزوايا انطلاق محددة لكل مسابقة للحصول على السرعة العمودية المناسبة(Bianco et al ,1996).

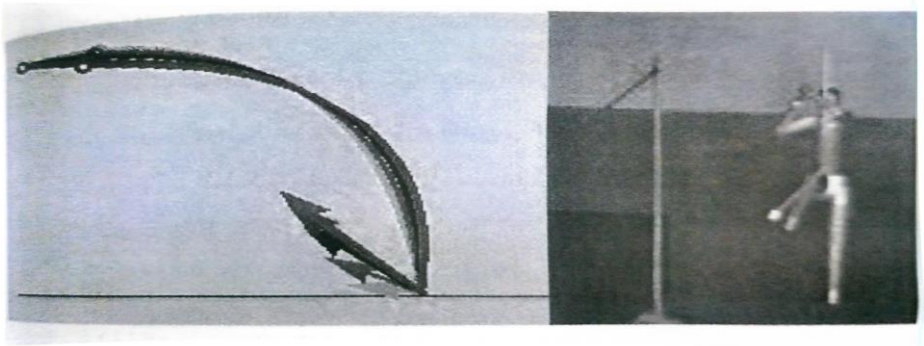
في القفز بالزانة تعد سرعة الاقتراب المرحلة الأهم (Minis 1989,)لذا يجب أن يحتوي التدريب على تمارين لتطوير السرعة، مع أهمية العمل لتقوية رجل الارتقاء، العديد من مدربي المستويات العليا بمسابقة القفز بالزانة، يتحدثون عن أن البناء التدريبي للقفز بالزانة مشابهة للوثب الطويل مستندين على نتائج الدراسات البيوميكانيكية لأولمبياد 1988 (Gros and Kunkel1990,).

في الوثب الطويل يبلغ الارتقاء ما بين 0.10-0.12 ثانية بينما في القفز بالزانة والوثب العالي والوثبة الثلاثية قد يزداد إلى أكثر من 0.18 ثانية وذلك للحصول على أفضل مسافة من خلال حصول قوة على رد فعل بأقل زمن ارتقاء والمؤثرة في قيم زاوية

انطلاق الواثب.

للحصول على زاوية الانطلاق المناسبة والمحصورة بين الخط الأفقي الموازي لمستوى سطح الأرض ومحصلة السرعة الأفقية والعمودية المؤثرة في مسافة الوثبة وفقاً لوجهة نظر Hay 1933 والموضحة بالشكل 4 لزوايا الانطلاق في مختلف مسابقات الوثب والقفز.

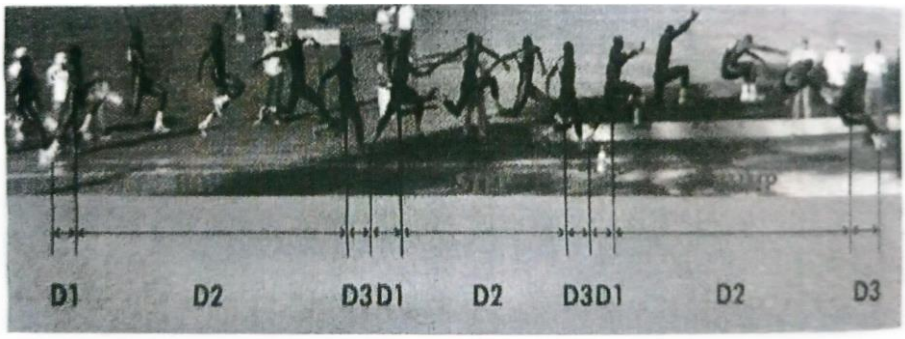
أما زمن الارتقاء ومستوى التكنيك فيعد مؤثراً آخر ومهما على الإنجاز. فنجد مثلاً في الوثبة الثلاثية تلعب حركة مرجحة الذراع دوراً مهماً في حالة استخدام الذراع الواحدة عن الذراعين في زمن الارتقاء وفي قيم قوة الدفع، كذلك الحال بالوثب العالي عند استخدام الواثب الذراعين عن الذراع الواحدة.



دراسات أخرى عن الوثب قام بها Aura and Vital 1989 على المتقدمين بالوثب العالي رجال إنجازاتهم تراوحت ما بين(2.14 m -2.12m-2.24m) بطريقة القلوب وبالوثبة الثلاثية (16.74m) سجلت زمن الارتقاء وقيم القوة ومستوى نشاط العضلات (إي إم جي مستخدماً تمارين الهبوط للوقوف على مدى تأثيرها على عضلات المد عند المجموعة المتقدمة وجدت بأن تمارين الهبوط من الصندوق كانت قد أثرت على قيم رد فعل الأرض وقياسEMG بالوثب العالي بينما تمارين المرونة والقوة الثابتة أو المركزية لم تؤثر في قيم زمن الارتقاء

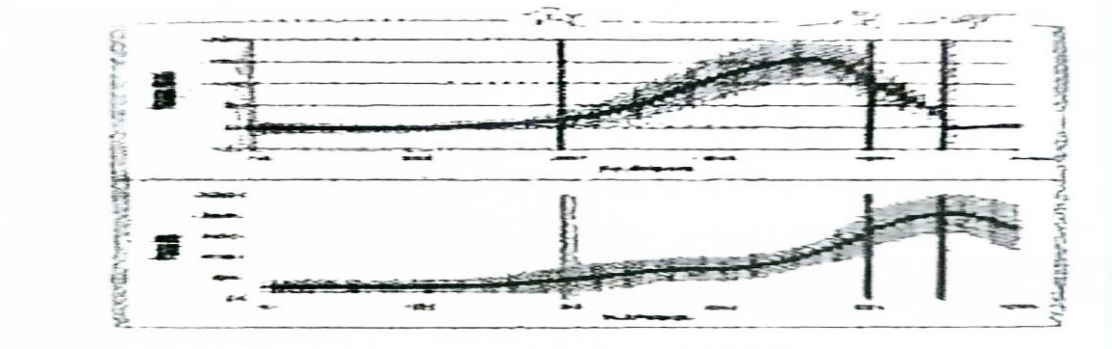
تحليل النتائج:

إن قوة رد الفعل كانت عالية وزمن الارتقاء قليل لذا من الممكن أن يصاب اللاعب نتيجة لزيادة تمارين القوة المركزية المكررة وبخاصة إذا تغيرت أرضية الملعب وسطحه من الحشائش إلى سطح صناعي. فنجد أن قيم قوة رد الفعل يتناقص. لذا كانت أهمية تنوع القفزات والوثبات لزيادة تأثيرها حتى على مسابقات الرمي.



الدراسة الثانية Bobbert وآخرون 1987 حيث استخدموا ثلاثة أنواع من الوثب الأول القفزات متتالية الثاني من صندوق بارتفاع 20 سم والثالث القفز للصندوق بارتفاع 20 سم. أفضل نتائج مسجلة لقيم القوة للمجموعة الثالثة وبأقل زمن بعد فحص البيانات ظهر أن عضلات مفصل الكاحل كانت الأغلب تنتقل إلى الركبة فعضلات الورك بتسلسل حركي (Jacobs, et al 1996,) ففي ألعاب القوى تتطلب إنتاج قوة بالاتجاه العمودي مثل الوثب العالي أو خطوات التقاطع بالرمح فإذن التمرين الثالث ممكن استخدامه لكن ليس بشكل مبالغ فيه، نتيجة للحمل العالي مع احتمال الإصابة بسبب النواحي التشريحية.

الدراسة الثالثة لنفس الباحث لكن في مكان آخر استخدم ثلاثة ارتفاعات للهبوط 60.40.20سم على طلاب التربية البدنية وجد أن الارتفاع الأفضل للهبوط المثالي مابين 40-20 سم.هذه النتائج ممكن أن تنفذ على المبتدئين أما المتقدمين فقد وجد بأنها لا تقل عن 75سم لتحقيق القوة المميزة بالسرعة.



في دراسة أخرى قام بها Nigg, Stefanyshyn (1998) على أربع رجال و4 سيدات بتدريب القفزات الأفقية للأمام والقفزات العمودية وجد أن الكاحل كان الممتص للصدمات والمنتج للقوة في كلتا التجربتين بينما كان مفصل الورك مساهماً فقط والتي تؤثر في زيادة قيم زاوية الانطلاق. أهم ما توصلوا إليه من الاستنتاجات.

الاستعداد لاختيار تمارين القفز التي يزداد فيها زمن الارتقاء لتطوير القوة المركزية واللامركزية ومكونات القوة المطاطية يتم تطوير القوة المركزية عن طريق القفز أسفل من ارتفاعات مثل: مانع أو حاجز في سباق الحواجز أو صناديق وقوة المركزية قد تتطور عن طريق قفزات إلى الارتفاعات أو السلم. قفزات مع استخدام الأوزان مثل السترة قد تطور قوة مركزية أيضاً.

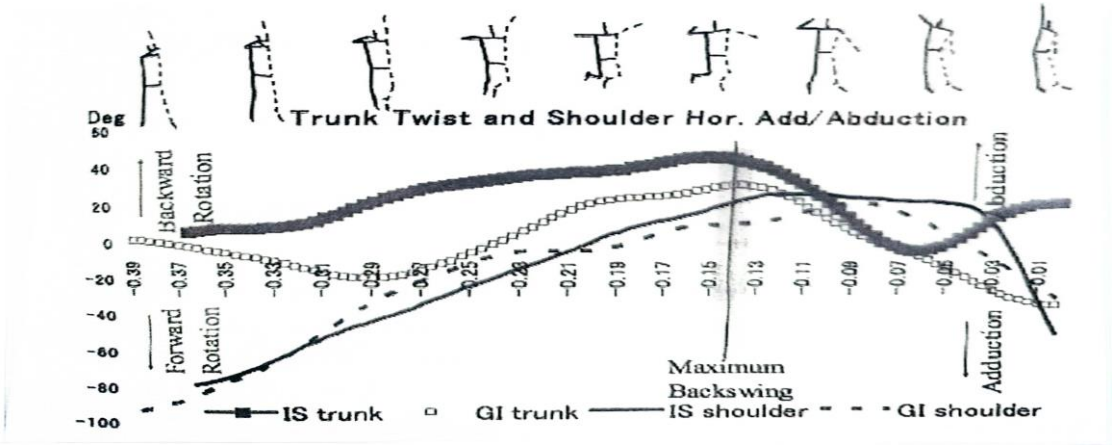
مع أهمية زيادة حجم تمرين القفز أغلب هذه التمارين يمكن أن تتم على أرض عشبية بدلا من سطح اصطناعي القفزات بالرجلين تعد أقل إرهاقاً على الجسم من الحجل.

الاستعداد لتقليل زمن الارتقاء بزيادة سرعة الوثب أو القفز بالرجلين باستخدام الصناديق ذات الارتفاعات المنخفضة.

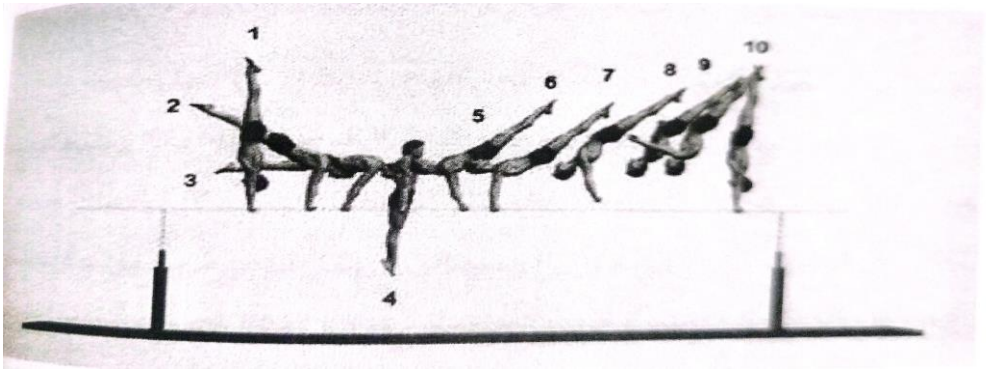
التحليل الحركي الميكانيكي لحركة الضربة الساحقة في الكرة الطائرة الوصول إلى الموديل الحركي للضربة الساحة باستخدام المعادلات والقوانين الفيزيائية وتحليل الموديل الحركي تمكن من الوصول إلى أن دفع القوة يؤثر في مقدار التغير في المسافة المتجهة للجسم بالاتجاه المحدد (الزخم) (دفع القوة = تغير الزخم) وهذا التغير في المسافة المتجهة يحصل في مرحلة الاتصال بالأرض قبل الانطلاق، سواء أكان الجسم ثابتاً أم متحركاً ، فنجده واضحاً في حركة القفز العمودي في كرة الطائرة استعداداً للضربة الساحقة ليبدأ بعد ذلك الدفع والانطلاق، والذي يتأثر بقوة جذب الأرض(وزن الجسم والذي يعني القوة المبذولة من لحظة التهيؤ وهي أوطأ نقطة إلى لحظة الدفع النهائي) وهي فعل القوة، القوة رد فعل الأرض (قوة رد فعل الأرض - وزن الجسم) = زخم الجسم في مرحلة الطيران.

إن القوتين لهما زمن ابتدائي ونهائي ويتم قياسه من خلال منحنى القوة الزمن (منصة قياس القوة الموضح في الشكل أدناه مع منحنيات مسار حركة الجذع والكتفين لحظة الاستعداد للضربة والشكل يوضح أن المرجحة إلى

الخلف قد وصلت أقصاها مع حركة الدوران بالجسم إلى الأمام حركة المسار مركز ثقل الذراع لتحقيق حصيلة القوة اللازمة للحظة الضربة الساحقة مع الكرة لتنخفض بعدها.



التحليل الحركي البيوميكانيكي لمهارة القلبة الهوائية المستقيمة من الوقوف على اليدين الى الوقوف على اليدين



تؤدى هذه المهارة على جهاز المتوازي وهي مهارة ذات مستوى عالي من صعوبة وتعد حركة الترك والمسك من المتطلبات الخاصة على جهاز المتوازي للرجال وتتضمن انتقال للذراعين ب (360 درجة) متزامن بانتقال الجسم (90 درجة)

في الربع الأخير من الحركة للوصول إلى الارتكاز مرة ثانية.

يتحدد الأداء الفني لهذه المهارة بجملة من المتغيرات البايوميكانيكية من الجانبين الوصفي والسببي حيث إن جسم اللاعب يصبح مقذوفاً في الهواء بعد ترك اليدين لعارضتي المتوازي ولمدة زمنية قصيرة هي المدة ما بين ترك اليدين للعارضتين ولحين مسكهما مرة ثانية.

إن السرعة العالية في لحظة الترك تعد عاملاً مهماً لأجل إتمام الدوران والمحافظة على مسار مركز ثقل الجسم Center of Gravityوهي التي تحدد ارتفاع اللاعب ومساره. في هذه الحركة يحدث نقل للطاقة من الرجلين

إلى الجذع مع جسم فتح زاوية الكتف وإرجاع الرأس إلى الخلف، وتتضح حاجة اللاعب إلى القوة الخاصة بعضلات الكتفين والذراعين في لحظة الترك لكي يتغلب على المقاومة الكبيرة وطول ذراعها لأن الجسم يكون في حالة مد كامل وتكون المقاومة في هذه الجذع الذي يمثل أكبر كتلة من أجزاء الجسم يكون الدفع المتولد في الحالة لحظة الترك دفعاً لا مركزياً بسبب عدم مرور خط عمل القوة بمركز ثقل الجسم هي وهذا يولد حركة دورانية للجسم وباتجاه خط عمل القوة.

وهنا تظهر الأهمية لوضع الجسم حيث تحدد العلاقة بين السرعة الزاوية (سرعة الدوران) عزم القصور الذاتي والتي هي علاقة عكسية وتتغير قيم العزمي القصور الذاتي بتغير أوضاع الجسم مما يؤدي إلى تسريع أو إبطاء الدوران في الثانية الواحدة خلال الحركة.

إن المبدأ الميكانيكي السابق يمكن تطبيقه في حالة كون جسم الإنسان جسماً متماسكاً كالعصا على سبيل المثال ولكن كون جسم الإنسان مرناً وبه مفاصل تسمح بتقريب وتبعيد أجزاء الجسم من محور الدوران فإن السرعة الزاوية يمكن زيادتها عن طريق تقريب أجزاء الجسم من المحور والعكس صحيح.

تلعب السرعة الزاوية العالية للذراعين دوراً مهماً لأجل التهيؤ لمسك العارضتين في المرحلة النهائية وأخذ وضع ارتكازي جيد لتحقيق الاستقرار على الجهاز.

التحليل الحركي البيوميكانيكي دائرة منحنى القوة -الزمن والإنجاز

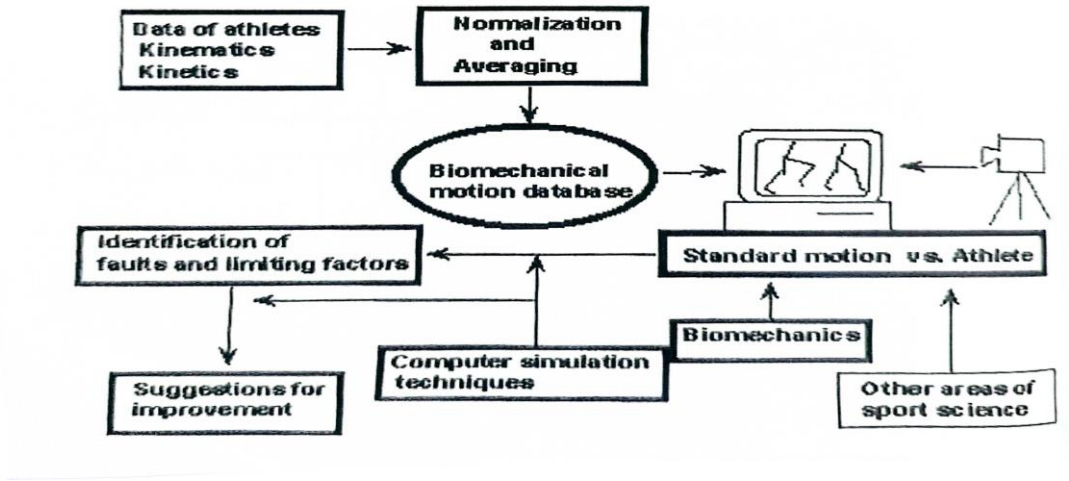
تلعب علوم التربية الرياضية المختلفة دورها المهم في التنمية الشاملة للفرد وذلك

بتوجيه الطاقات والقدرات إلى الحد الذي يحقق المشاركة الإيجابية في خدمة المجتمع

عموماً والرياضة بشكل خاص.

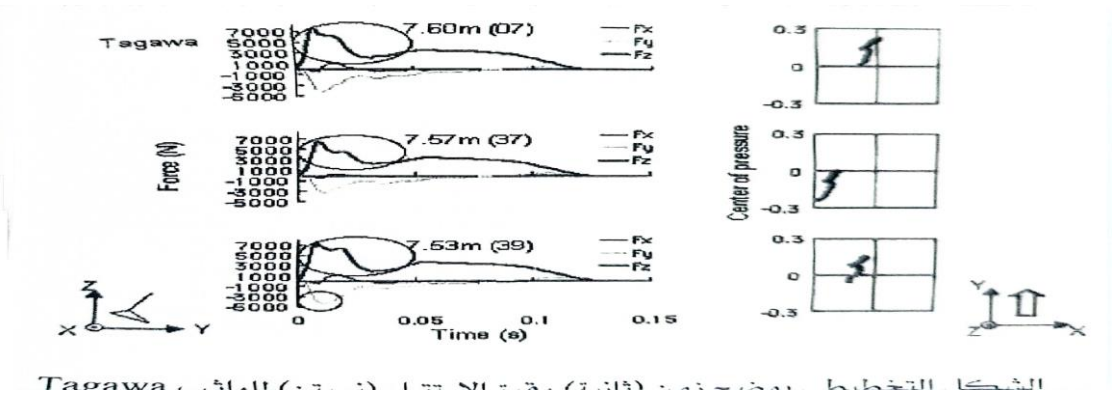
إن ما حققته الدول المتقدمة من إنجازات في مختلف المجالات العلمية والرياضية منها جاء نتيجة لأبحاث الكثيرين من المختصين في مجال التحليل الحركي لمكوناته ودقائق الأداء الفني بتطبيق القوانين والنظريات العلمية المناسبة. وذلك باستخدام البرامج التكنولوجية على الأداء الحركي ومحاولات إيجاد النموذج الحركي الأفضل في المسابقات الفردية بخاصة في مسابقات ألعاب القوى.

من الأثر المهم والإيجابي الذي ساهمت في إيجاد الإضافة النوعية الأفضل وبدقة عالية جداً بعد دراسة النواحي التشريحية والفسيولوجية المرتبطة وتحت الشروط البيولوجية قد ساهم في تسارع تحقيق الأرقام القياسية العالمية بين والآخر وبفترات قصيرة جداً فاقت التوقعات.



نموذج لدائرة التحليل الحركي في تحليل الخطوة باستخدام التكنولوجية الحديثة بعد إجراءات التصوير.

فمثلاً في كافة مسابقات ألعاب القوى يحتاج العداء أو الواثب إلى حركة الجسم أو أي جزء من أطراف الجسم خلال الأداء، معتمداً على مقدار الاستغلال الأمثل للقوة الداخلية القوة الناتجة من عضلات الجسم للتغلب على المقاومات الخارجية كجذب الأرض، الاحتكاك.... إلخ بقوة قليلة نسبياً ومعتمداً على عزم القوة الذي يختلف مقداره من وضع إلى آخر للجسم أو أجزائه. نتيجة لاختلاف خط عمل العضلة المستمر مع زاوية العمل العضلي والذي يصعب تحديده بالعين المجردة إلا من خلال استخدام الأجهزة التقنية والتكنولوجية التي تحدد كمية القوة الناتجة والمتمثلة بمنحنى القوة الذي نجده واضحاً في الأشكال التخطيطية بالوثب الطويل لثلاث محاولات تجريبية للوقوف على قيم القوة الناتجة معملياً في ثبات زمن الارتقاء للواثب (7.60م -7.57م -7.53م) (التحليل لمرحلة الارتقاء فقط).



الشكل التخطيطي يوضح زمن (ثانية) وقوة الارتقاء (نيوتن) للواثبTagawa والتي تمت من خلال برامج مختصة لقياس أنواع القوة الأفقية والعمودية ومحصلة القوة خلال المحاولات الثلاث.

من خلال الأشكال التخطيطية وجد أن نفس الواثب أظهر تناقصاً في قيم القوة وفي مسافة الإنجاز حيث نجد أن قيم القوة أقل من (3000 -+ نيوتن) محققاً مسافة إنجاز بلغت (7.53م) وذلك بسبب وجود انثناء في زاوية

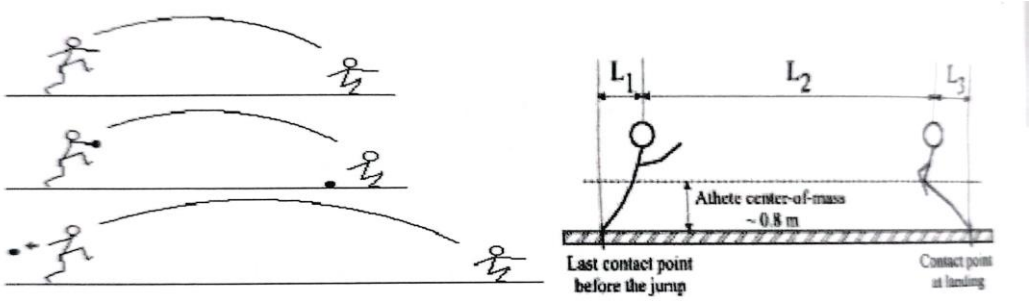
ركبة الارتقاء مقارنة بالمحاولة الأولى والثانية كما وجدت نفس الدراسة أن أقصى قوة أنتجتها العضلة عندما بلغات الزاوية بين خط عمل العضلة لرجل الارتقاء وذراع الرافعة العظمية 90 وتمدد وصل إلى 14% من طول العضلة قياساً إلى أقصى شد لها، بينما تناقصت قيم القوة عندما بلغت الزاوية أكبر أو أقل من الزاوية القائمة.

هذه النتائج لا يمكن الحصول عليها من خبرة المدرب العملية دون استخدام التقنيات التكنولوجية والبرامج العلمية الحديثة التي أضافت العديد من النجاحات المستقبلية للخطط التدريبية لأداء ولإنجاز الرياضيين (المجلة العلمية للألعاب القوى- الاتحاد القطري العدد الثالث 2008)

التحليل الحركي البيوميكانيكي لحركة القفز من الثبات ومنصة قياس القوة

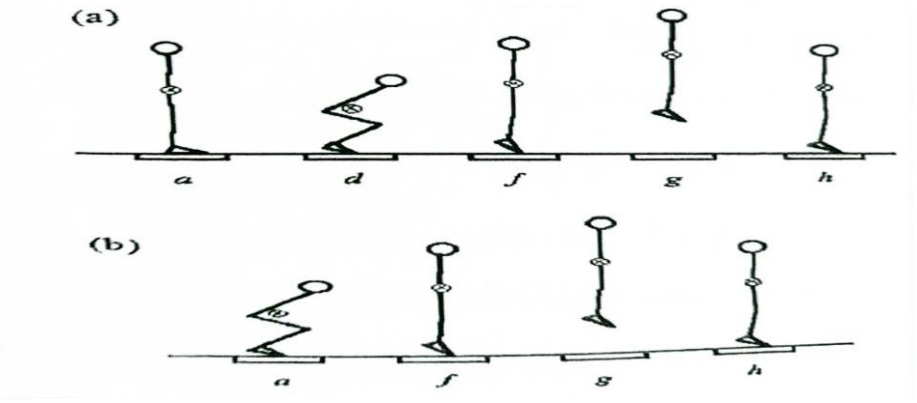
تعد منصة قياس القوة من الأجهزة الفعالة لقياس القوة وزمنها عند تطبيق مختلف الحركات الأساسية كالمشي والركض والقفز، وعادة ما يرتبط عمل هذه المنصة مع جهاز حاسوب لإظهار منحنيات السرعة والقوة والزمن والتغير الحاصل فيهما (أي يكون هناك دمج المعلومات القوة -الزمن -السرعة) كما يمكن استخدام المنحنيات الناتجة من منصة قياس القوة لحساب ارتفاع القفزة، باستخدام مؤشرات ميكانيكية لها علاقة بهذه القفزة وهي:

أن حركة القفز من الثبات هي حركة معروفة للجميع حيث يبدأ اللاعب بالقفز من خلال التحضير لها بثني الركبتين واتخاذ الوضع المناسب للجذع والذراعين ثم المد بسرعة وقوة كي يكون القفز إلى الأمام أو إلى الأعلى عمودياً ما أمكن.



وجميع حركات الإنسان مثل الركض والقفز والرمي تتطلب تقلصاً عضلياً مسبوقاً بحركة معاكسة للحركة المطلوبة، وهذا يعني أن العضلات تمتد قبل أن تتقلص بالاتجاه المطلوب، والكثير من الأبحاث أكدت أن التمدد الذي يسبق التقلص يعزز من القوة الناتجة عند أداء حركة معينة، أما في حركة الوثب العمودي يبدأ اللاعب من وضع ثني الركبتين ثم الامتداد بشكل سريع فيهما لكي يتم القفز.

خلال القفز العمودي يتغلب اللاعب على وزن جسمه (قوة جذب الأرض المسلطة على مركز ثقل جسمه) والتى لها علاقة بكتلة جسمه وتعجيل الجاذبية وعندما يتم القفز على منصة قياس القوة، فإن هذه المنصة سوف تسجل منحنيات القوة -الزمن التعجيل -الزمن، السرعة، تغير الزمن والقوة.



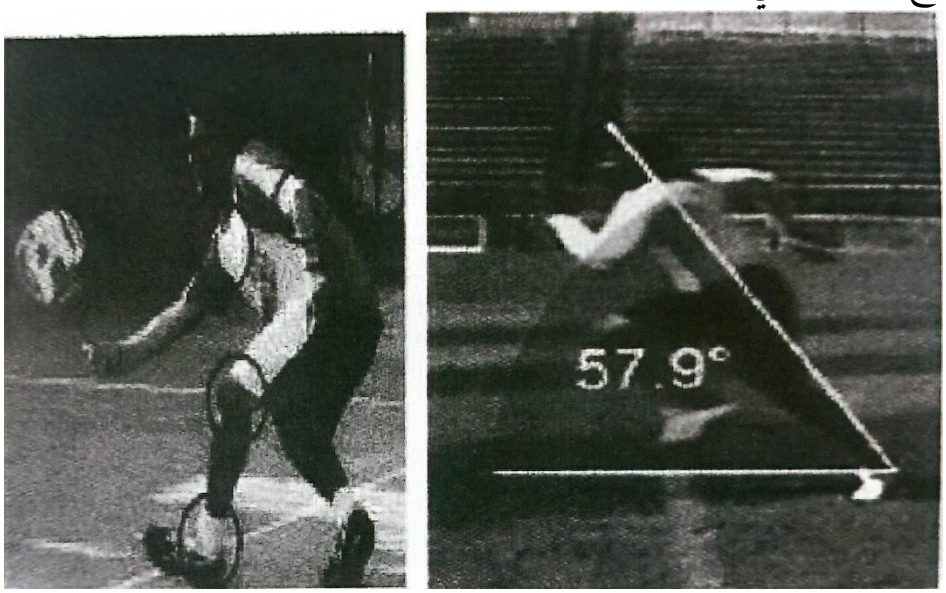
دفع القوة -هو مقياس تأثير القوة على الجسم خلال الفترة الزمنية المعطاة (وذلك في الحركات الانتقالية) وهو يعادل في الفترة الزمنية النهائية عند تكامل للدفوع الأولية (الجزئية) حيث تنحصر حدود التكامل بين لحظتي بداية ونهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة.

ففي لحظة تزامن تأثير عدة قوى فإن مجموع دفوعها يعادل دفع محصلتها خلال نفس الزمن. حيث يكون هناك دفع لأي قوة مطبقة حتى ولو لأجزاء صغيرة من الثانية.

دفع القوة بالذات يعين مقدار التغير في السرعة، أما القوة نفسها فهي مسببة

للتعجيل فقط باعتبارها معدل التغير في السرعة وهو يعني (القوة في زمن تأثيرها)

الفصل الثالث وهي تتحدد بالعلاقة (قxن) وهي لها علاقة بمقدار التغير في الزخم والذي يرتبط بكتلة الجسم وسرعته لحظة دفع القوة وكما يلي:

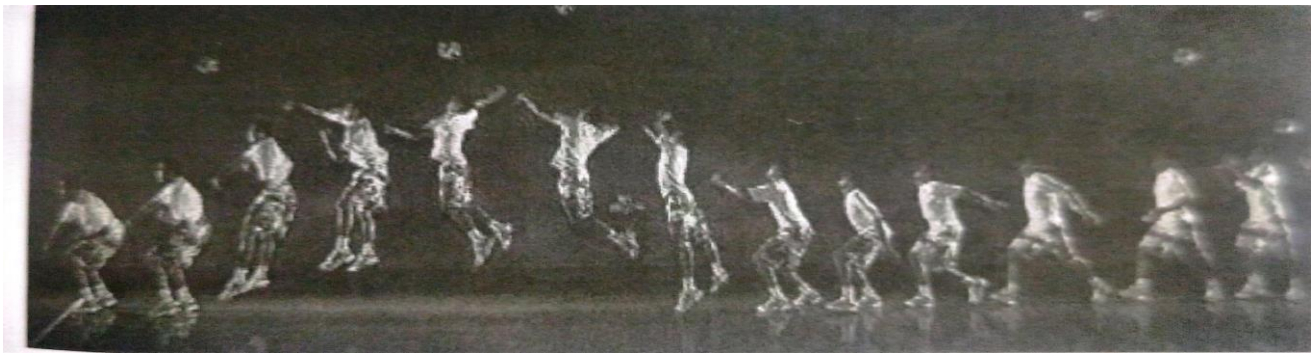


القوة × الزمن (دفع القوة) = التغير في الزخم وكلما كانت قيمة التغير في الزخم موجبة فإن ذلك يعني أن دفع القوة كبير وأن تغير الزخم كان نحو تحقيق سرعة أكبر بعد لحظة الدفع عند أداء البداية أو القفز أو عند صد الإرسال بالريشة، والعكس صحيح، وهذا يمكن أن يكون مؤشراً تدريبياً يعطي فكرة عن كمية دفع القوة الذي يحققها اللاعب أثناء الارتقاء مثلاً -في حركات التهديف في كرة السلة وبعض الألعاب أو في لحظات الارتقاء في فعاليات القفز بألعاب القوى.

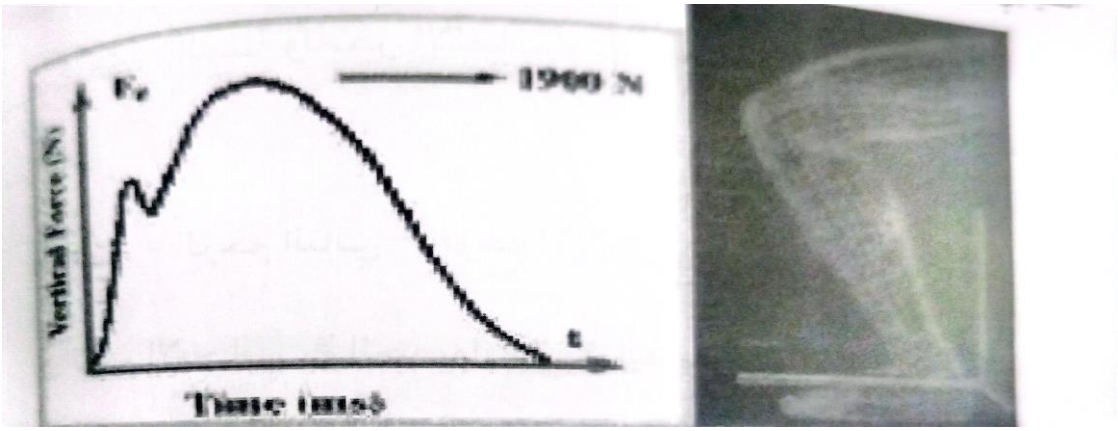
دفع القوة -الزخم الثاني- الزخم الاول

إن التأثير الإيجابي في الحصول على تزايد في السرعة بسبب بذل قوة أكبر لحظة الدفع.

إن هذا المؤشر يعطي دلالة للمدرب عن كمية دفع القوة المطلوبة والتي يجب على اللاعب أن يطبقها في حركات متعددة (مثل -حركات الدفع عند الركض السريع -أو حركة الارتقاء للتهديف بكرة اليد أو السلة أو الكبس بالطائرة والإرسال... إلخ.)

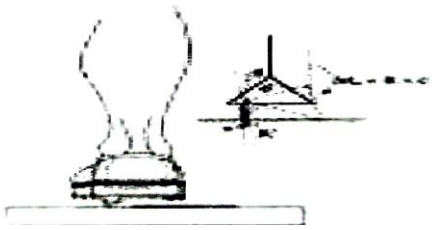


إن ما يحتسب من الفروق بين الزخم الابتدائي (الأولي) والزخم النهائي (الثاني) بين لحظتي الارتكاز الأولي ولحظة الدفع النهائي (الارتكاز الثاني) يدل على أن التغير في السرعة قليل، وهذا يعني إيجابية الدفع الذي يقوم به هذا اللاعب لحظة الارتكاز، وذلك يدل على استخدام صحيح لدفع القوة وبأقل زمن وبأداء انسيابي وصحيح.

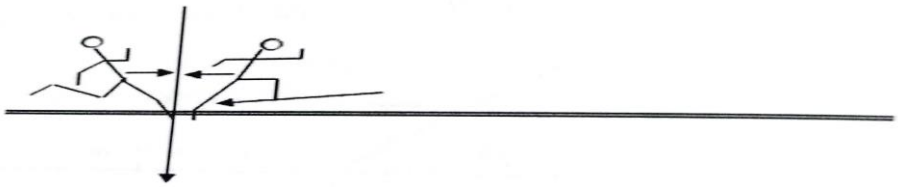


الا ان هذا لا يعطي قيمة حقيقية (رقمية) لدفع القوة ولا يعبر عن قيمة قوة الدفع التي يمكن ان نستدل منها الى مقدار قوة الدفع الحقيقية التي يبذلها الاعب لحظات الارتقاء. لذا يمكن ان نستخدم قانونا اخر لقياس مقدار قوة الدفع المبذولة في هذه اللحظات وبدرجة مقبولة علميا يعد ان وجدنا بشكل علميي فروقا عشوائية بين نتائج

هذه القوانين وما تم قياسه من قوى بوساطة منصات قياس القوة حيث ظهر انه يمكن التعرف الى مدى استخدام القوة العضلية عند لحظتي لمس الارض او المنصة

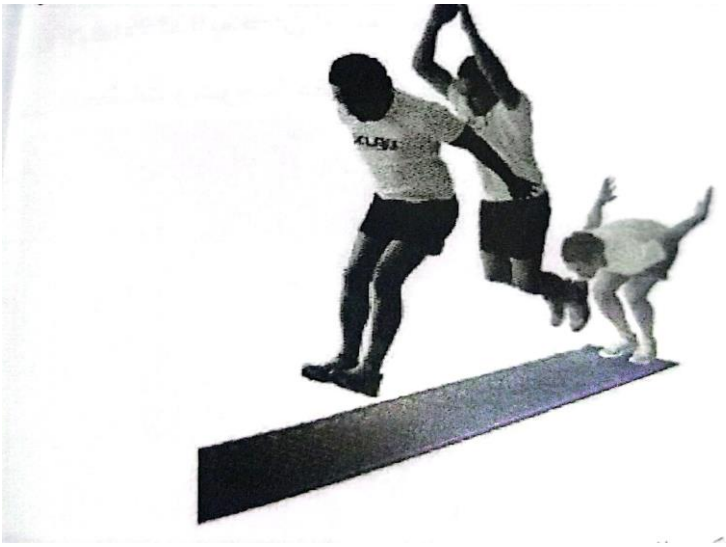


(قوة الارتطام لحظة من القدم الأرض) والحظة الدفع (القيام بحركة الدفع لترك القدم الأرض)



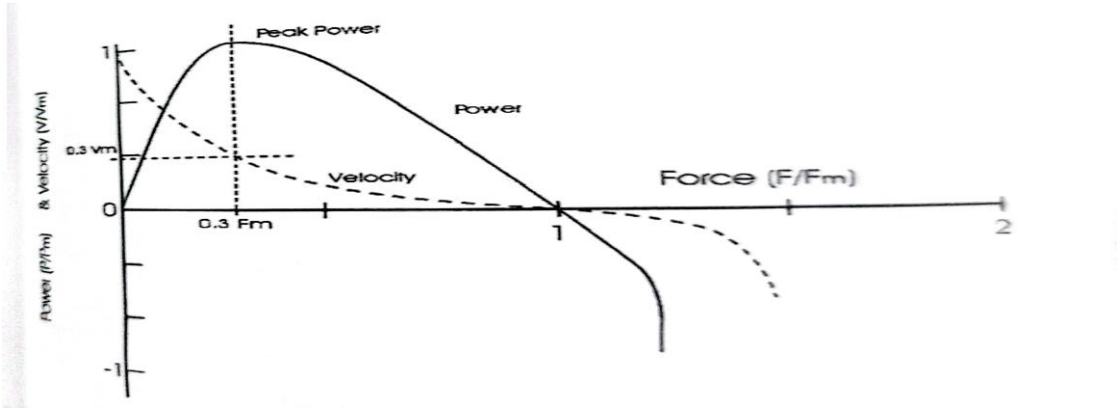
س=دفع القوة / الكتلة

وبهذا يمكن الحكم من الناحية النظرية على ان كمية حركية الجسم التي يمتلكها عند سرعة معينة تتناسب طرديا مع القوة المبذولة حسب هذا القانون وعكسيا مع الزمن كما تعتبر عن مقدار القوة التي يبذلها الاعب عند أداء الوثب الطويل من الثبات والتي من الممكن زيادتها بنقصان زمن الدفع وزيادة سرعة الجسم عند الدفع.

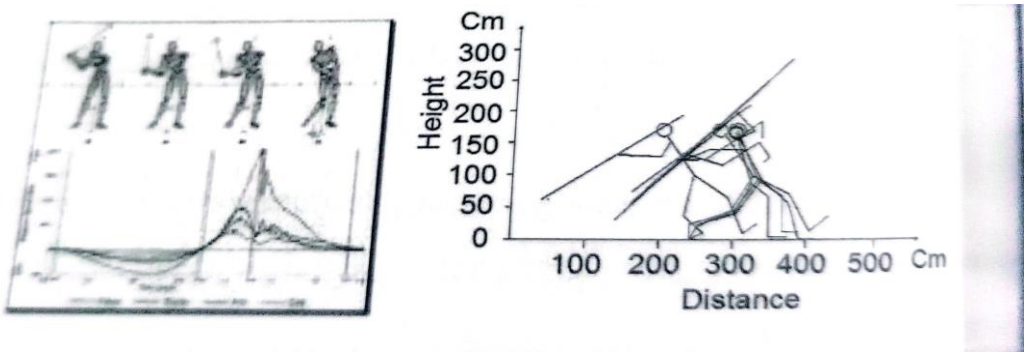


ويمكن أن تكون القوة المسبب الرئيس في انطلاق الأجسام حيث إن المسافة تتناسب طردياً مع مربع سرعة انطلاق الأداة... فإذا ضاعفنا من سرعة الانطلاق مثلاً فإن مسافة الرمي سوف تزداد إلى أربعة أضعاف وفقاً لما أشار إليه العالم هاي ...1993وزيادة سرعة الانطلاق تتزايد نتيجة للمعادلة التالية:

سرعة الانطلاق = معدل القوة * زمن الأداء / وزن الأداة



ولقد تم تحديد القانون التالي لقياس المسافة الأفقية التي يحققها المقذوف (قرص -ثقل -رمح -مطرقة -لاعب وثب طويل -ضربة الجولف) من خلال سرعة انطلاق المقذوف وقوة الجذب الأرضي وكما موضح بالعلاقة التالية:



المسافة الأفقية = 2 سرعة الانطلاق / العجلة الأرضية (9.8)

حيث يلاحظ أن قوة الجاذبية تدخل في معظم القوانين الخاصة بالمقذوفات والتي تعتبر أحد المقاييس المهمة في التأثير على المسافات التي يحققها المقذوف سواء عمودياً أو أفقياً إذا نجد أن كافة مسابقات الرمي تبدأ بإنتاج القوة من الأطراف السفلى لتتجه وبسرعة إلى الذراع الرامية للتغلب على قيم الجذب الأرضي. حيث تعد حركة الرجلين مؤثراً مهماً على سرعة انطلاق الأداة فمثلاً وجد في نهائي السيدات في(Bartoneitz and 1995) Borgstromأن الزمن المستغرق بين ثبات الرجل غير الرامية على الأرض (استعداداً لإطلاق الرمح) ولحظة انطلاق الرمح بلغ 0.12 ثانية بينما في رمي المطرقة بلغ ما بين 0.18 إلى 0.34 لكتلة الأداة واللازمة للتغلب على القوى الخارجية بإنتاج السرعة بأقل زمن ممكن.

التحليل الحركي:

التحليل الحركي علم يبحث في الأداء ويسعى إلى دراسة أجزاء الحركة ومكوناتها للوصول إلى دقائقها سعياً وراء تكنيك أفضل وهو أحد وسائل المعرفة الدقيقة للمسار الحركي يهدف إلى التطوير

بعد التحليل الحركي الهيكل الرئيس للعلوم الرياضية المختلفة، أهمية التحليل الحركي هنا كونه يساعد على:

-1) يمكننا من تفهم المسارات الحركية للإنسان وتكوين واختيار نظريات جديدة.

-2) يعمل على ترجمة الحقائق العلمية المرتبطة بالأداء إلى مواقف تعليمية يسهل استيعابها.

-3) يساعد العاملين في التربية الرياضية على اختيار الحركات الملائمة للظروف المحيطة بالإنجاز الرياضي لغرض تحقيق الإنجاز العالي.

-4) يمد جميع العاملين في المجال الرياضي في العلوم الرياضية المختلفة بحقائق علمية ثابتة تدعم قراراتهم بخصوص الأداء الحركي.

5) يعد التحليل الحركي هو الأساس في تعليم وإيصال التكنيك إلى المتعلم سواء أكان طالباً أو لاعباً كون التعليم يعتمد في أحد أساليبه العملية على تجزئة المهارة وتجزئة المهارة هي عملية تحليل حركي

-6) عملية التعلم هي تحليل حركي لمفردات المهارة المحددة وذلك من خلال العرض البطيء والصور المتسلسلة.

مفهوم التحليل الحركي:

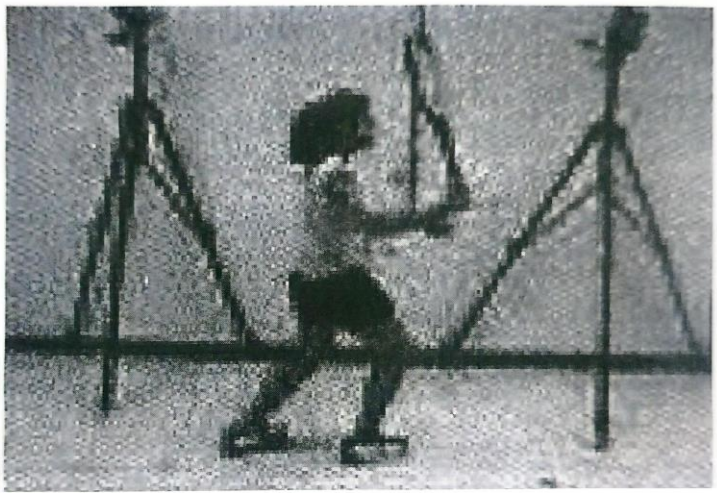
عرفه بعض الباحثين على أنه العلم الذي يقوم بتطبيق القوانين الميكانيكية على سير الحركات الرياضية تحت شروط بيولوجية. وهو أحد فروع علم البيوميكانيك الذي يهتم بتحليل حركات الإنسان تحليلاً يعتمد على الوصف الظاهري للحركة (الكينماتيك) بالإضافة إلى مسببات الحركة (الكينتك) بما يكفل الاقتصاد في الجهد.

التحليل الحركي هي الصورة المستقبلية لعالم الرياضة وأحد أهم الأسباب في تحقيق الإعجاز للمستويات العليا وعليه ولأجل الوصول إليه يجب علينا فهم هذا العلم مع مراعاة تطبيقاتنا للقوانين الميكانيكية لكي نتمكن من الحصول على أفضل أسلوب وأمثل تكنيك للمهارة المؤدات طالما أن جسم الإنسان هو الأداة الأساسية في الإنجازات الرياضية. ومن ناحية أخرى يجب أن يطابق هذا التحليل الأمثل قواعد اللعبة الرياضية المعمول بها إذ إن هناك قوانين على اللاعب التمسك بها عند الأداء ولا يخرج عنها لأنه سيتعرض إلى الخسارة إذا ما تم تغيير شكل الأداء بعكس جميع ما جاء به القانون بحجة الفائدة الميكانيكية.

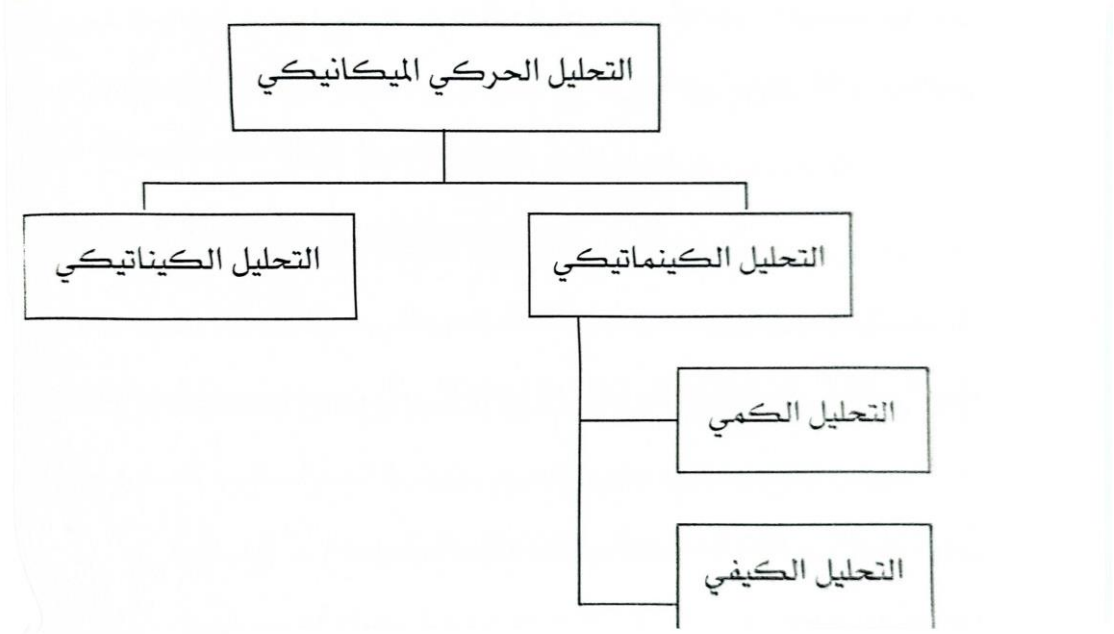
ما هو التحليل الحركي الميكانيكي:

إن التحليل الميكانيكي للحركة هو أحد طرق البحث في مجال البيوميكانيك والذي يبحث عن تأثير القوانين الداخلية والخارجية على أنظمة الحياة الإنسانية.

ويذكر **(يرهام)** أن التحليل الميكانيكي للحركة يتطلب التحليل إلى المركبات الأولية من سرعة وقوة (زمن، ومسافة، وقوة) أما (سيرين وويليامز) فيؤكدان أن هناك بعض النواحي الأساسية الواجب دراستها في التحليل الميكانيكي للحركة تتعلق بالزمن، والكتلة، والقوة والمسافة ومركز الثقل.



أما ما يخص القوى التي تسبب الحركة وإيجاد العلاقات السببية لكون الحركة أقوى أو أبطأ من الحركة الأخرى، فإننا نستخدم في مجال الحركة القياس، أو وصف أو تحليل أو تقويم.... إلخ والتي يشار من خلالها إلى طبيعة الطريقة المتبعة في الدراسة مستخدمين أجهزة قياس تمدنا بقيم عن القوة اللحظية خلال مسار الحركة. ويقسم التحليل الحركي إلى نوعين هما:



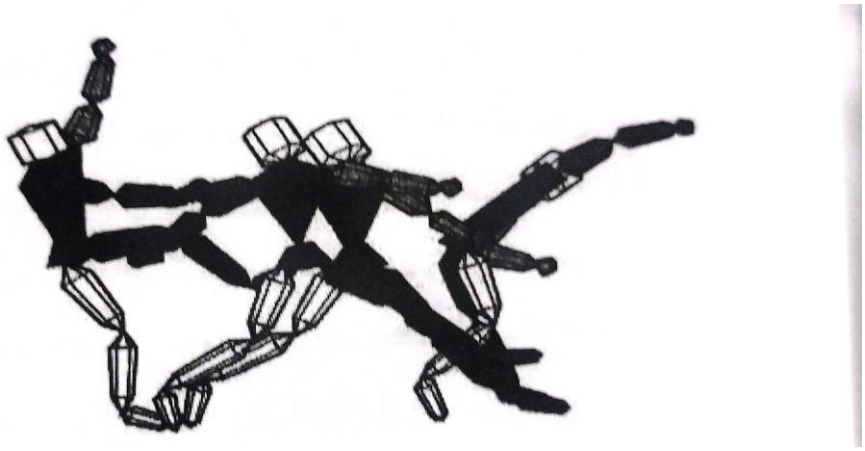
التحليل الكينماتيكي: ويختص بالملاحظة والوصف العلمي للمتغيرات الحركية وينقسم إلى نوعين هما:

أ. التحليل الكمي: يعرف التحليل الكمي الملاحظة المنظمة والحكم الاستنباطي على جودة الحركة الإنسانية من أجل تقدم أفضل المدخلات العلاجية الملائمة وذلك لتحسين الأداء.

يتعامل هذا النوع من التحليل مع قياس الكمية أو النسب المئوية للمكونات المختلفة للشيء بمعنى تعيين المقادير وتحديدها وهي التي تمثل المعلومات الموضوعة عن الخصائص الواقعية للحركة الرياضية وعن توافقها وتعاقب تغير أوضاع الجسم للتابع الزمني وتمثل المحددات الكمية للبارومترات الميكانيكية لحركة (أزمنة، وإزاحات، وسرعات، وتعجيل)

التحليل الكيفي: هي عملية تمييز الفرق وتقدير الاختلافات في استيعاب النتائج

الأساسية للتحليل الكمي وإدراكها وتأويلها وتعميقها للوصول إلى الاستنتاجات الواقعية إضافة إلى إيجاد الأسباب غير المباشرة لأخطاء الأداء مقارنة بالنموذج.



التحليل الكمي في مقابل التحليل الكيفي:

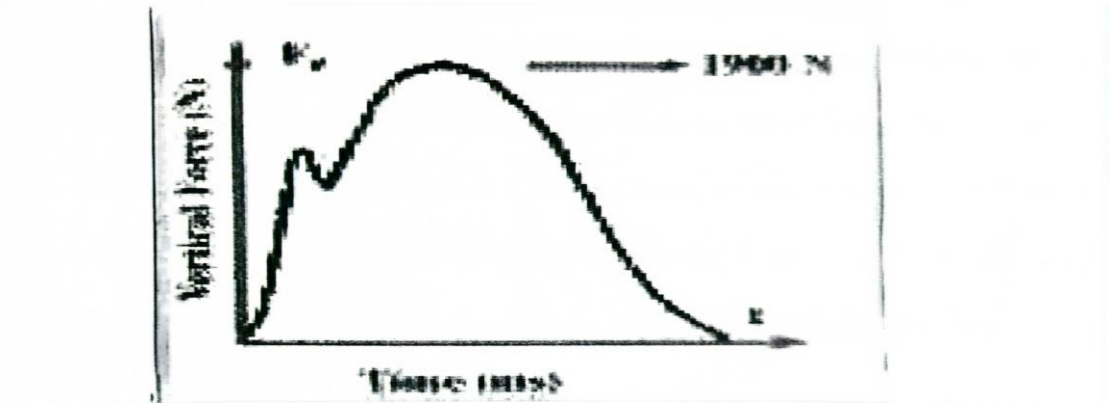
إن التحليل الكيفي عبارة عن حكم ذاتي بطبيعته وهذا لا يعني أنه غير منظم او مبهم غامض أو عشوائي وفي الحقيقة سوف نرى أن التحليل الكيفي يتطلب معلومات شاملة من العديد من النظريات والعلوم الأخرى. كما أنه يتطلب تخطيطاً وكذلك خطوات منظمة حتى يحقق أكبر الأثر وأقصى درجات الفعالية. أما التحليل الكمي فيقوم على قياس الأداء فإذا ما كان من الممكن التعبير عن الأداء في صورة أرقام أو أعداد فإن التحليل يقوم على البيانات أو معلومات كمية في تلك الحالة.

إن التقدير الكمي للبيانات (في صور ثواني وأقدام، وأمتار، والمستويات في كل ثانية) وفي التقدير الكمي أيضاً قد تكون بعض الذاتية في تحديد مكان وضع شريط القياس أو أين يتم أخذ مقياس متعدد الأغراض والتقدير الكمي لا يضمن الصدق والثبات بصورة آلية كما أن الافتقار إلى التقدير الكمي في التحليل الكيفي لا يعني أن التقييم

أقل صدقاً أو إثباتاً بصورة آلية ويستخدم معظم المعلمين والمدربين التحليل الكيفي في مواقف الممارسة في الحياة اليومية لتشخيص الأخطاء.

ويتم في الوقت الحالي استخدام أعلى مستويات التحليل الكمي العلوم الرياضية مثل الفسيولوجي بصورة أولية في مواقف البحث بالجامعة أو في مراكز التدريب الأولمبية وذلك مع صفوة الرياضيين. ويقوم متخصصو الميكانيكا الحيوية بقياس القيم الثابتة لمعدل السرعة بالنسبة للزمن أو القوة بالنسبة لأجزاء عديدة من الجسم ويقوم الفسيولوجيون بقياس استهلاك الأوكسجين، وسمنة الجسم، أو كميات الحمض اللبني في الدم وبصفة عامة نجد أن هذه القياسات الخاصة بالحركة الإنسانية غالية للغاية بصورة يتعذر استخدامها على نطاق واسع في التدريس ومواقف التدريب، وهناك موقف يكون فيه التحليل الكيفي مساعداً، مثال: أضاع لاعب من اللاعبين فرص الدفاع أثناء الممارسة مع منافس.

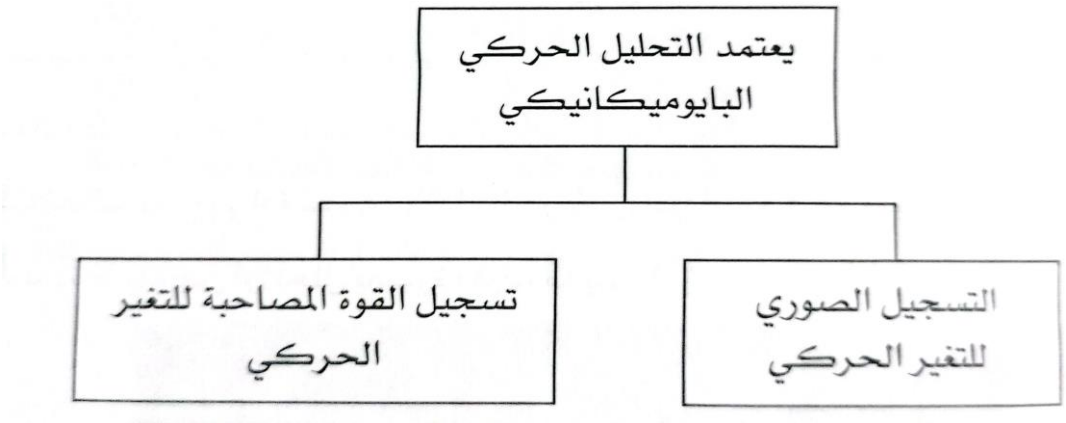
التحليل الكيناتيكي: ويختص بدراسة العوامل التي تسبب الحركة وتغيراتها إلى دراسة القوة المسببة لها.



طرق التحليل الحركي:

يقصد بلفظ تحليل في المجالات المختلفة للمعرفة الإنسانية أنه الوسيلة المنطقية التي يجري بمقتضاها تناول الظاهرة موضوع الدراسة بعد تجزئتها إلى عناصرها الأولية الأساسية المكونة لها ويساعد كل من الأسلوب الكمي والكيفي في الحصول على معلومات ذات قيمة كبيرة عن الأداء ويمثل الأسلوب الكيفي أداء لكل من المدرب والمدرس في ممارسة عمله، فهناك العديد من المواقف التدريبية والتدريسية التي يعتمد فيها التحليل على مجرد الملاحظة ثم استرجاع تفاصيل الأداء من الذاكرة عند الشرح أو تصحيح الأخطاء.

ويعتمد التحليل الحركي البايوميكانيكي على جانبين أساسيين هما:



ملخص أهمية التحليل الحركي:

*تحليل الحركات الرياضية وتوضيحها.

*بحث قوانين الحركات الرياضية وشروطها وتطويرها.

*تحسين الحركات الرياضية أو التكنيك المطلوب.

*إن التحليل يستخدم لحل المشكلات التي تتعلق بالتعلم الحركي والإنجاز الرياضي العالي.

*التحليل الحركي يجيب عن الكثير من الأسئلة التي تتعلق بالإنجاز الرياضي أو كيف يمكن تحقيق الهدف المرسوم أو كيف تتم الحركة.

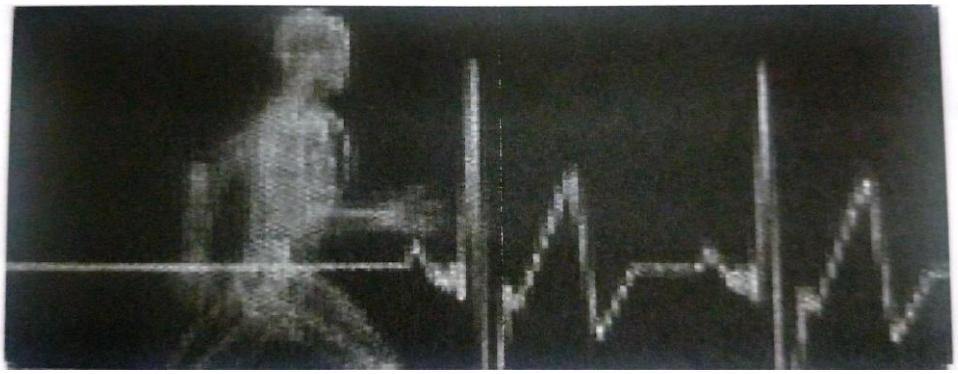
*يساعد على توجيه النصائح العلمية الدقيقة مما يساعد على سرعة التعلم والوصول إلى التكنيكات الصحيحة.

مثال عن كيفية التحليل الحركي البيوميكانيكي باستخدام التصوير:

المقدمة:

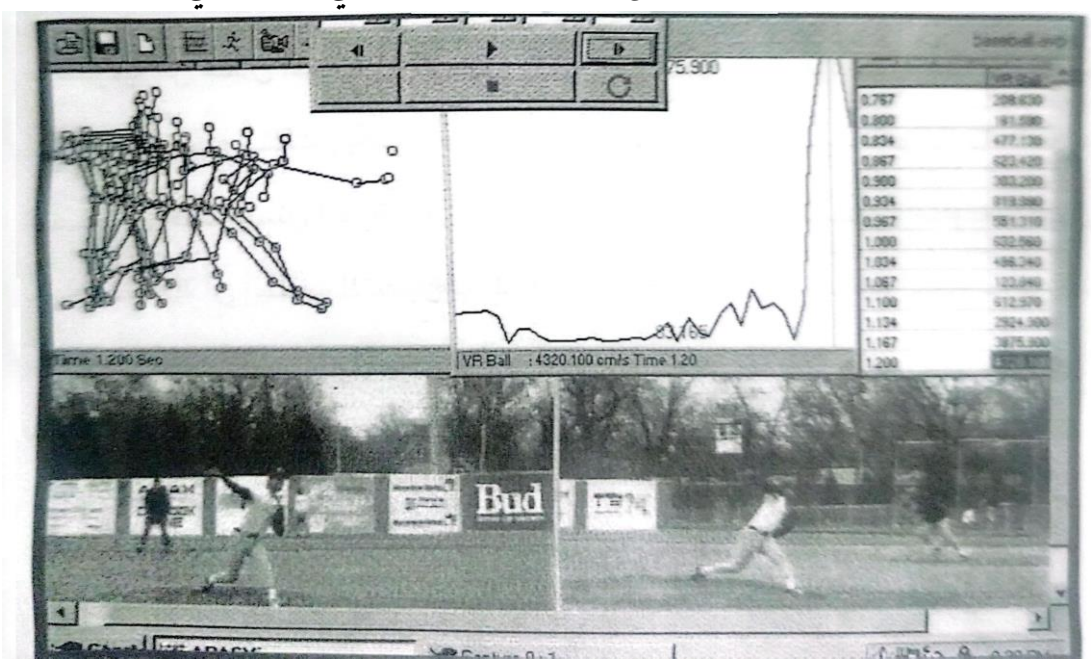
لقد أدى تقدم وتطور الأداء المهاري للفعاليات والألعاب الرياضية إلى إيجاد أساليب أخرى من التحليل البايوميكانيكي أكثر موضوعية من أسلوب التحليل بالملاحظة، حيث إن تحليل المهارات الحركية عادة ما يكون من الصعب تحقيقه بالملاحظة ومع زيادة سرعة الأداء الحركي تزداد معه صعوبة الملاحظة فالعين المجردة لا يمكن أن تحلل بصورة دقيقة ما يتم في زمن قدره (0.25 ثانية).
لذا فإن ملاحظة حركة الذراعين أو الرجلين تعتبر من الأمور الصعبة في الحركات ذات الأداء السريع ومن هذا المنطلق أوجدت عدة وسائل لتحليل أكثر موضوعية من خلال استخدام الأجهزة والأدوات العلمية ولعل من

أكثر هذه الأساليب استخداماً في دراسات وبحوث علم البايوميكانيك هو أسلوب التحليل باستخدام التصوير، حيث يتمثل الفرق بين أسلوب التحليل باستخدام التصوير وأسلوب التحليل بالملاحظة في أن أسلوب التحليل باستخدام التصوير يعطي فرصة في إعادة عرض ما يتم ملاحظته أثناء أداء المهارة أو الحركة الرياضية بالإضافة إلى أنه يمكن من معرفة دقائق الأمور من خلال استخدام أسلوب التحليل بالعرض البطيء وإيقاف الصورة أو تحريك الفيلم (صورة - صورة).



وتختلف مستويات التحليل بأسلوب التصوير بالنسبة للدارسين فقد يتم الاكتفاء باستخدام أسلوب عرض شريط الفيديو بالسرعة الاعتيادية أو بالسرعة البطيئة عند المبتدئين أما بالنسبة للمختصين بمجال البايوميكانيك فغالباً ما يتعدى الأمر عرض الصورة بالحركة البطيئة إلى دراسة وتحليل الفيلم بطريقة (صورة- صورة) والتي تستخدم فيها الأجهزة ذات التقنية العالية، وإن تحديد مستوى الدراسة) مبتدئة متخصصة تهدف إلى تحديد الإجراءات المتبعة في الدراسة أو البحث.

وبصورة عامة فإن اختلاف مستويات التحليل باستخدام التصوير من حيث صعوبتها يرتبط بالدرجة الأولى بالإمكانات المادية والبشرية إضافة إلى الهدف من الدراسة والمستوى العلمي والأكاديمي المقدمة له.



التحليل الحركي له أربعة مستويات وهي على النحو التالي:

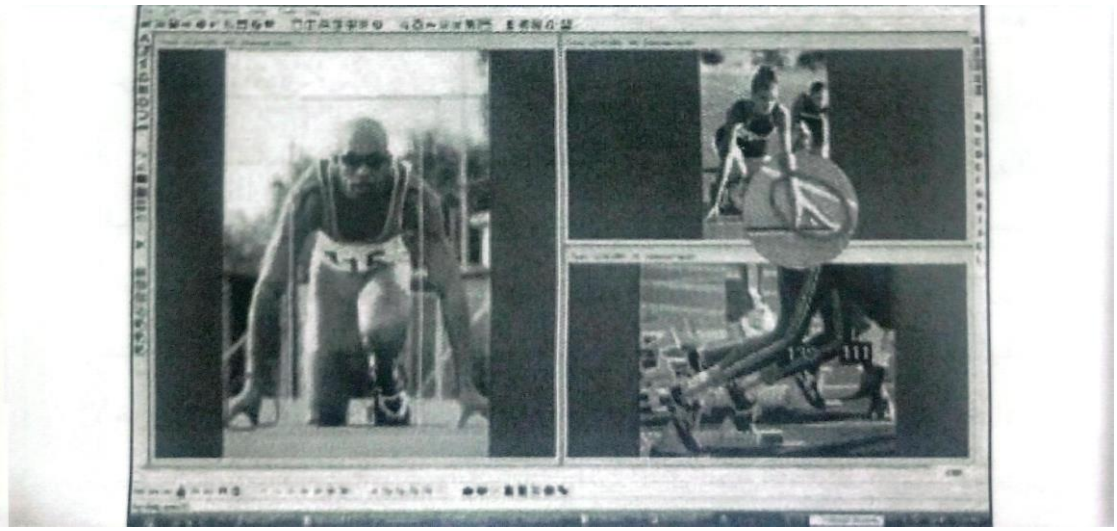
المستوى الأول: التحليل بغرض التعرف إلى الخصائص التكنيكية للمهارة

ويعتبر هذا النوع من أسهل أنواع التحليل حيث يتم دارسة المسارات الحركية للمهارة من حيث الخصائص الميكانيكية التي تميزها كأن تتم دراسة المسارات الحركية بقوانين الحركة الخطية أو الدورانية لحساب قيم المتغيرات المميزة للمسارات وتحديد أهم الخصائص مثلاً:

التحليل الحركي وفقاً لمبدأ زوايا الأداء الحركي وعلاقتها بتكامل الأداء:

يتناول الباحثون دائماً دراسة الزوايا الحاصلة في مفاصل الجسم المتعددة أثناء الأداء وكيفية ربط التغير في هذه الزوايا بالمبادئ التعليمية والتدريبية لمعظم المهارات الرياضية ومن المعروف أن أداء الحركات والمهارات الرياضية يتعلق بمبدأ الزوايا

المتحققة في مفاصل الجسم المختلفة أثناء الأداء كمفصل القدم والركبة والورك، ومفاصل الذراعين وزوايا ميلان الجذع في بعض الحالات الحركية) أو الزوايا التي يحفظها الجسم في لحظة من لحظات الأداء الكراوية النهوض والطيران والاقتراب أو الزوايا التي تحققها الأداة (كزاوية الاقتراب والاتجاه والهجوم)



ان هذه الزوايا لها علاقة بالجوانب التعليمية والتدريبية من جهة وبنا العزم المتحقق في الجسم.

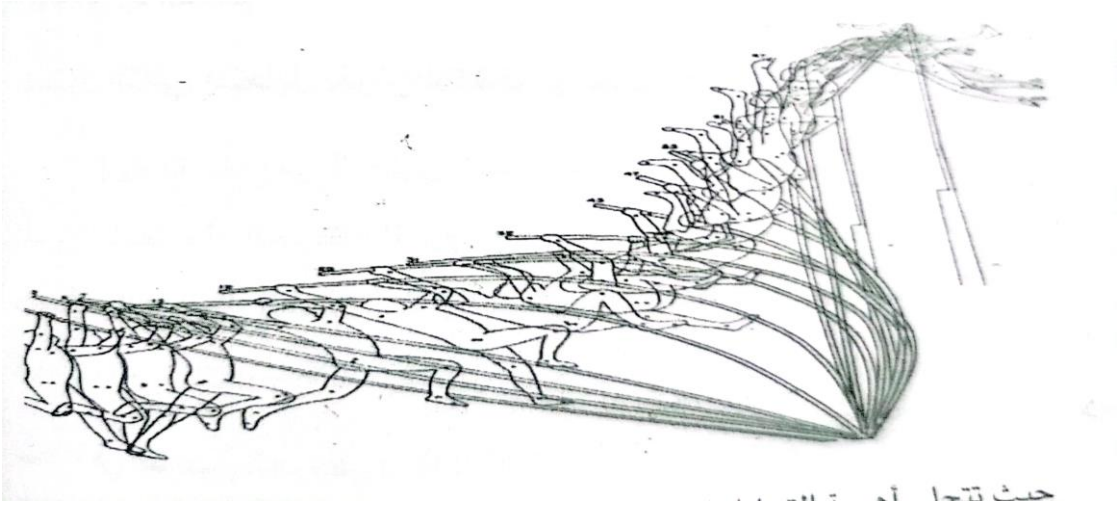
المستوى الثاني: التحليل بغرض الكشف عن عيوب الأداء

لا هذا النوع من التحليل يتميز بمعرفة مسبقة عن الخصائص الميكانيكية المميزة للمهارة أو الحركة المدروسة على أساس أن التحليل يتم بمقارنة القيم المعروفة مسبقاً والتي تمثل الحدود المثلى للمنحنيات النظرية مع القيم التي تحصل عليها من أداء المهارة أو الحركة للتعرف إلى أوجه القصور في الأداء.

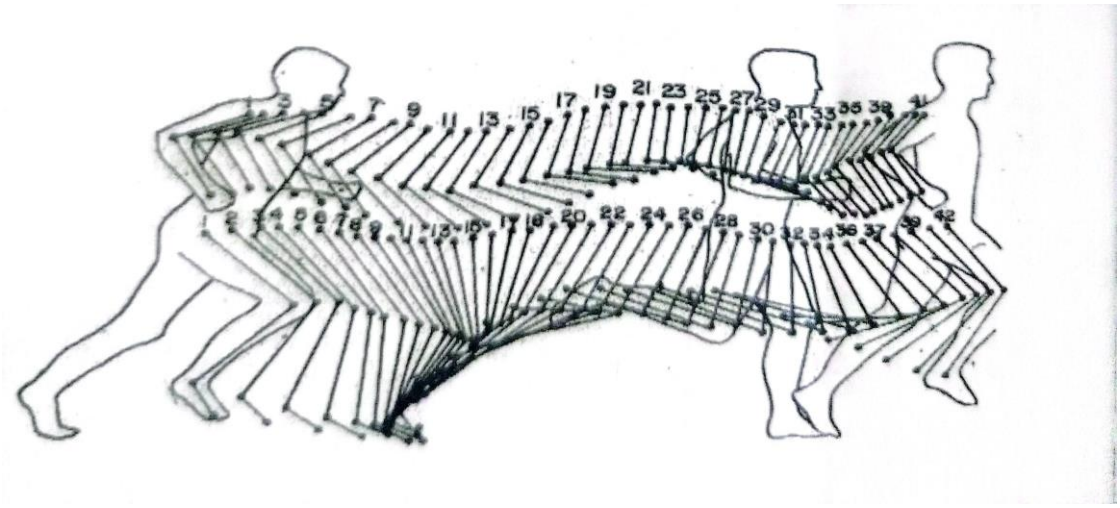
مثال: في التحليل الحركي وفقا للخصائص التكنيكية وكشف عيوب الأداء:

يتميز الأداء الناجح للرياضي بالربط الفعال بين الحركات الدائرية والانتقالية حيث يتوقف نجاح رامي القرص مثلا على أداء عدة حركات دورانية (الحركة المركبة) لتحقيق ابعد مسافة وكذلك لاعب الكرة الطائرة بالقفز عاليا وضرب الكرة بأعلى نقطة ممكنة. والقفز بكرة السلة واصابة الهدف وحركة الدورة الهوائية الامامية في الجمباز وكلها تتميز بخصائص تكنيكية هدفها تحقيق ما هو أسرع واعلى واقوى.

والخصائص التكنيكية مثلا تحتاج الى الاقتراب ثم الارتقاء والدوران والهبوط وترى في القفز بالزانة مثلا ان خصائصها تكنيكيه تشمل على مسك الزانة ثم الاقتراب ووضع الزانة في الصندوق ثم الارتقاء في الشد لتتعلق ثم الدوران وتعديه العارضة وترك الزانة ثم الهبوط حيث تختلف خصائصها عن باقي الفعاليات الاخرى الا ان اهدفها تحقيق اعلى مسافة ممكنه وكذلك في كره اليد عند اداء حركه التصويب فيحدث مرجعه الذراع الرامية للكره من الامام للخلف ثم للأمام وهي خصائص تكنيكية الهدف منها احراز هدف وهي نفسها في الهوكي ولكن مع استخدام أداة



حيث تتجلى اهمية التحليل الحركي مع ظهور الحاجة الماسة الى دراسة هذه الخصائص التكنيكية المميزة للحركات الرياضية ومحاولته للتعرف الى مميزات وعيوب الطرق المختلفة لأداء الحركات بهدف صياغه الخطوات التعليمية والتدريبات الأساسية لهذه الحركة بشكل علمي يضمن تحقيق اعلى مستويات الاداء ويعتبر التحليل الحركي بغرض التعرف الى الخصائص تكنيكية للحركة من اسهل انواع التحليل حيث يتم دراسة المسارات الحركية للأداء من حيث مجموعة الخصائص الميكانيكية التي تميزها والمتمثلة في دراسة المسارات الحركية بقوانين الحركة الخطية او الدورانية لحساب قيم المتغيرات المميزة للمسار الحركي وتحديد اهم هذه الخصائص اما علاقه التحليل بطبيعة المهارة فتتمثل بأنماط الحركية وهي سلسلة من حركات الجهاز الهيكلي ذات مواصفات خاصه ولها مفردات معروفه من حيث الحيز المكاني والشكل الذي تؤدي فيه ومنها (المشي، الركض، الوثب، الرمي)



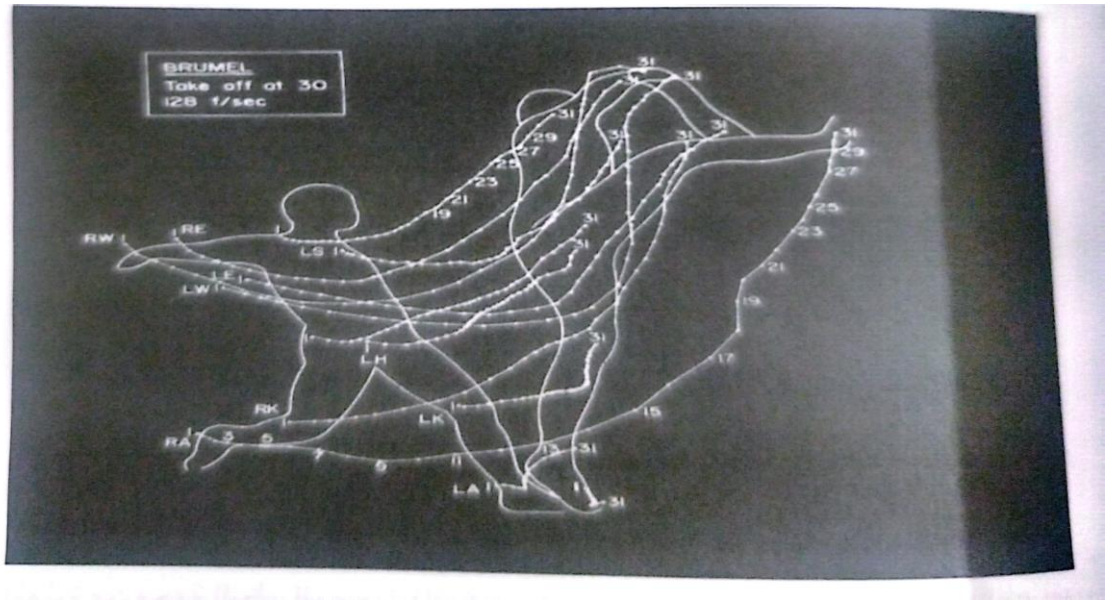
فهذه الانماط لها صفة العمومية فهي حركات بسيطة اساسية يؤديها كل انسان مهما اختلف مستواه الحركي ولكن عندما تعاد صياغة هذه الانماط في ضوء قوانين ومحددات اي رياضه فإنها ترتقي الى صفة المهارات وتحتاج الى اسلوب خاص للأداء بمعنى اصبح لها واجب حركي تحدده بعض الشروط يلجأ اللاعب لإنجازه من خلال اداء سلسلة من الحركات التي تتخذ ترتيبا زمنيا ومكانيا محددا وهذه الخصائص التي تتخذها حركات الجسم واجزائه من حيث الترتيب الزماني والمكاني هو الذي يسمى بالطريقة اما علاقه التحليل بالمحددات فمحددات الاداء كثيرة ومتنوعة فمنها ما هو مرتبط بقانون اللعبة التي ينتمي اليها هذا الاداء كما كان اجراء المسابقة، متطلبات المشاركة فيها، مواصفات الاجهزة والادوات والبيئة

المستوى الثالث: التحليل بغرض المقارنة لأداء بالمنحنيات النظرية

وتتمثل صعوبة هذا النوع من التحليل في استنتاج المنحنيات النظرية للخصائص المراد مقارنة اداء الاطفال بها ومدى ما يمكن اقتراحه من تطوير في اسلوب الاداء بهدف محاولة الوصول بقيم المتغيرات المدرسة الى حدود القصوى التي تشير اليها المنحنيات النظرية

المستوى الرابع: التحليل بغرض الدراسة النظرية لحركات النماذج

وهو اصعب انواع التحليل واكثرها تقدما حيث يتم دراسة مسارات بعض المهارات الرياضية على النماذج المصنعة بهدف دراسة امكانية ظهور احتمالات حركية جديده على هذه النماذج من ناحيه وامكانيه تطبيقها على جسم البشري من ناحيه اخرون ومن هنا تظهر اهميه البحوث في تعديل وتطوير طرق الاداء للعديد من المهارات الرياضيات كما ان لهذا النوع من التحليل اهميه كبيره فيما ظهرت تحليل الحركي هو احد المرتكزات الأساسية لتقويم المستوى الاداء والتي من خلالها يمكننا مساعده المدر او المدرب في معرفه مدى النجاح منهجهم في تحقيق المستوى المطلوب اضافة الى تحديد نقط الضعف في الاداء والعمل على تصحيحها لرفع مستوى اللاعبين لهذا فان التحليل الحركي يعد اكثر الموازنين صدقا في التقويم



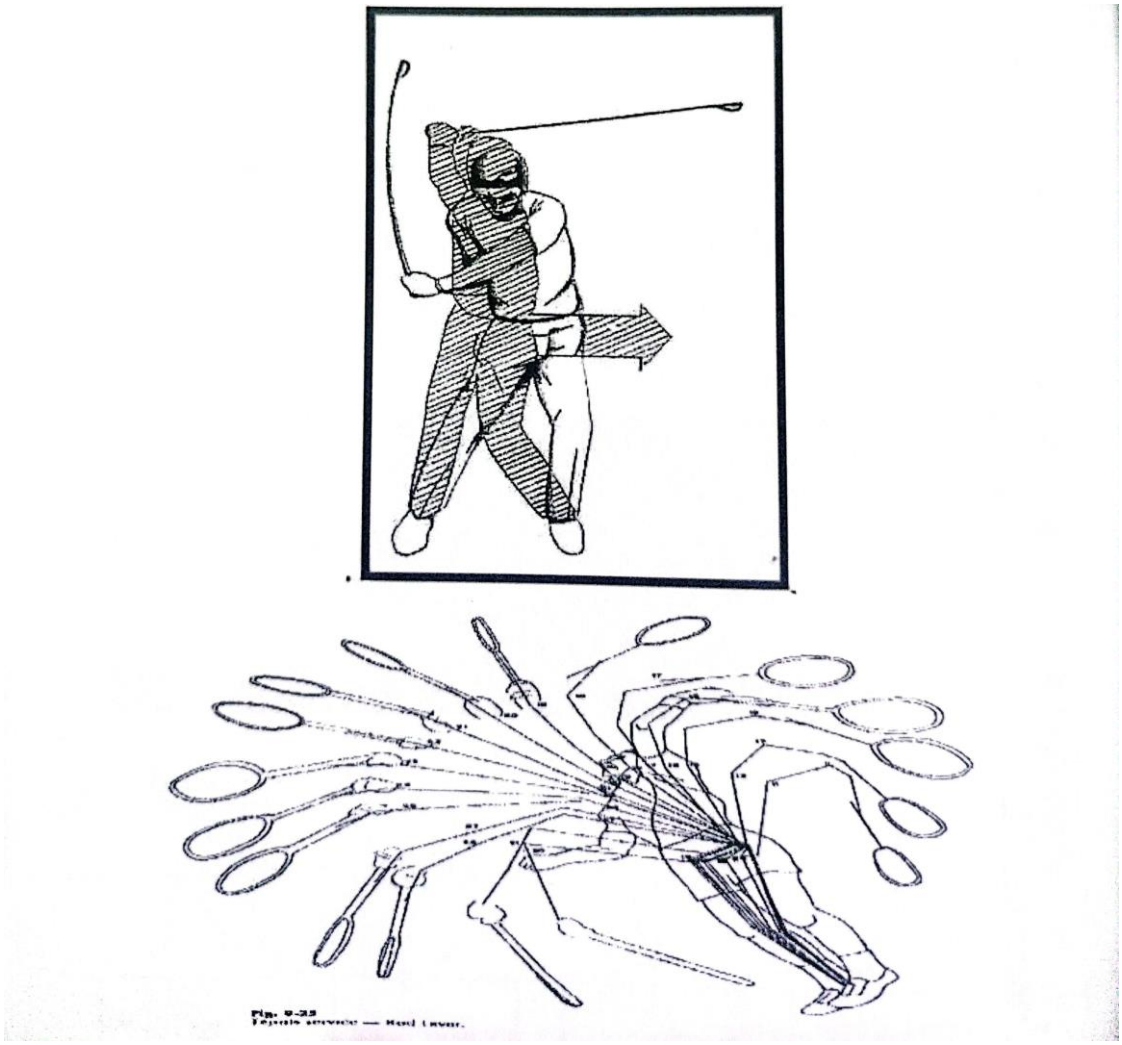
ويعمل التحليل من خلال التجريب ويقودنا للوصول الى نتائج دقيقه وصحيحه في الكشف عما يصاحب التغيير في الحركة للوصول الى نتائج تتعلق بالإنجاز اذا يتم الاستناد الى وصف الحركة وتحليل جميع العوامل (البدنية ،الميكانيكية، التشريحية)التي تحقق الاداء الحركي بشكل يضمن استخدامها في حل المشكلات التي تتعلق بالأداء وتقويمه من خلال موازنة هذه الحقائق التحليلية بمعايير معينة تسهل على المدربين اختيار التمرينات المناسبة لقيام رياضييهم بالأداء الحركي الصحيح وخلق ظروف تدريبية خاصه لتحقيق ذلك الهدف

مثال: التحليل الحركي الكيفي وفقا للمهارات المفتوحة والمغلقة

يساهم في التعرف الى متطلبات المهارات المؤداة حيث تؤدي كل المهارات الرياضية بشكل عام في بيئة ميكانيكية متعادلة على كل الرياضيين فالمهارة قدرة عالية على الانجاز سواء كانت تؤدي بشكل فردي او داخل او داخل فريق او ضد خصم أو بأداة او على الارض او من دون ذلك فالمهارة المغلقة عندما تكون ظروف

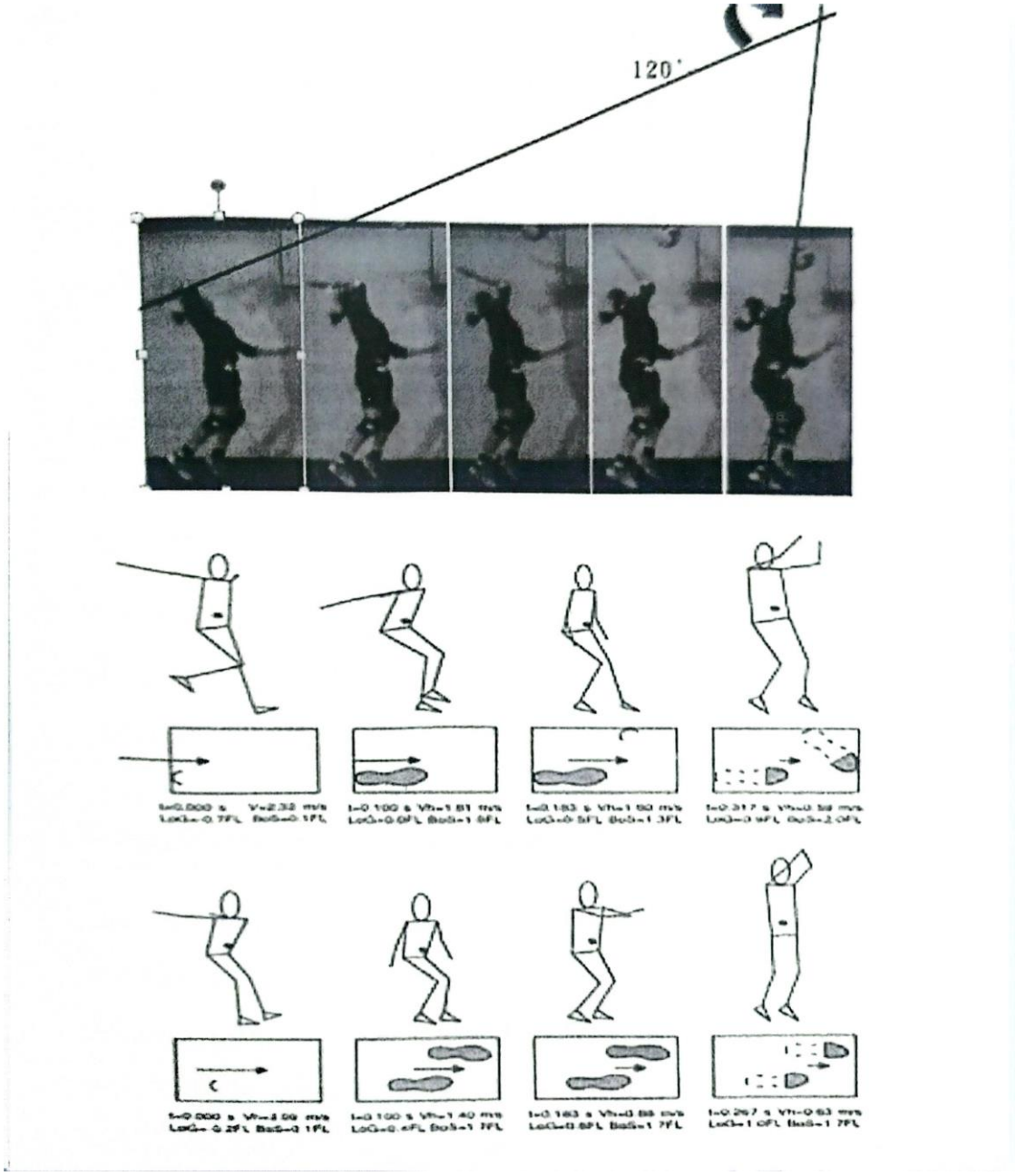
الاداء محسوبة او معروفه سلفا ولا تحتاج الى اتخاذ قرارات سريعة كاستجابة لأي متغير غير متوقع حيث تكون العضلات المسؤولة عن الاداء في ظل اداء تام بالظروف المحيطة بالأداء

اما إذا انفذت المهارة كاستجابة للعوامل والمتغيرات غير المتوقعة فتسمى بالمهارة المفتوحة من امثلتها مهارات المصارعة والملاكمة ومهارات الاستقبال اغلب الالعاب الجماعية وفي جميع المهارات يلعب الادراك والقدرة على اتخاذ القرار السريع دورا فعالا في نجاح تنفيذها بشكل قد يوفق الحد الاقصى من المتطلبات البيوميكانيكية المنفصلة والخاصة بالمهارات ذاتها لذا فان تقويم الاداء المهاري خارج نطاق المسابقة الحقيقية فيه الكثير من المحاذير وبنفس الطريقة يفضل التعرف على المهارات من واجهه النظر الوصفية الكيناماتيكية من حيث شكلها الخارجي فلكل مهاره بداية ونهايتها واضحه فالمهارات التي تتميز بهذه الخاصية تسمى المهارات المنفصلات مثل الارسال في التنس الرمية الحرة في كره السلة الوقوف على اليدين الوثب العالي اما اذا اصبح تحديد بداية ونهاية المهارة امرا صعبا فانه يطلق عليه بالمهارة المتصلة بمثليتها (الدرجات الركض التجديف الخ...)



التحليل الحركي لمهارة الضرب الساحق بالكرة الطائرة

يتحدد الهدف الميكانيكي من اداء هذه المهارة بتطبيق مراحلها بانسيابية عالية والتي تعبر عن تكامل وتداخل المراحل الحركية بشكل متناسق ومتكامل وهذا يعني (ان هذه المراحل يجب ان تخدم الهاتف الميكانيكي من هذه الأداء) وهو ضرب الكرة لكي يتحرك بأعلى سرعة ممكنة في اتجاه ملعب الخصم (معاملة الكرة وفقا لقانون المقذوفات) وعليه يجب ضرب الكرة بسرعه عالية (سرعه انطلاق الكرة) ثم الهدف الاخر وهو تحديد مكان سقوط الكرة في ملعب الخصم في (الدقة في انطلاق وسقوط الكرة)



وهنا تلعب الدقة والسرعة كمتغيرين اساسيين لتحقيق الهدف الميكانيكي من اداء مهارة الضرب الساحق لتعزيز فعالية الاداء ان الذي يحقق السرعة العالية في حركة الكرة يرجع الى عدة امور ميكانيكية تتعلق (بقيم الزوايا المتحققة في الجذع والذراع الضاربة وارتفاع م .ك. ج)وزاوية الدفع ومقادير العزوم المتحققة في جسم اللاعب الكابس) سواء اثناء التهيؤ او ضرب الكرة في اعلى نقطة اما الذي يتعلق بالدقة فهو(ابتعاد الشبكة وارتفاعها عند لحظة الضرب عن حافة الشبكة) والذي يحدد زاوية الانطلاق ومكان سقوطها في ملعب الخصم

ملخص

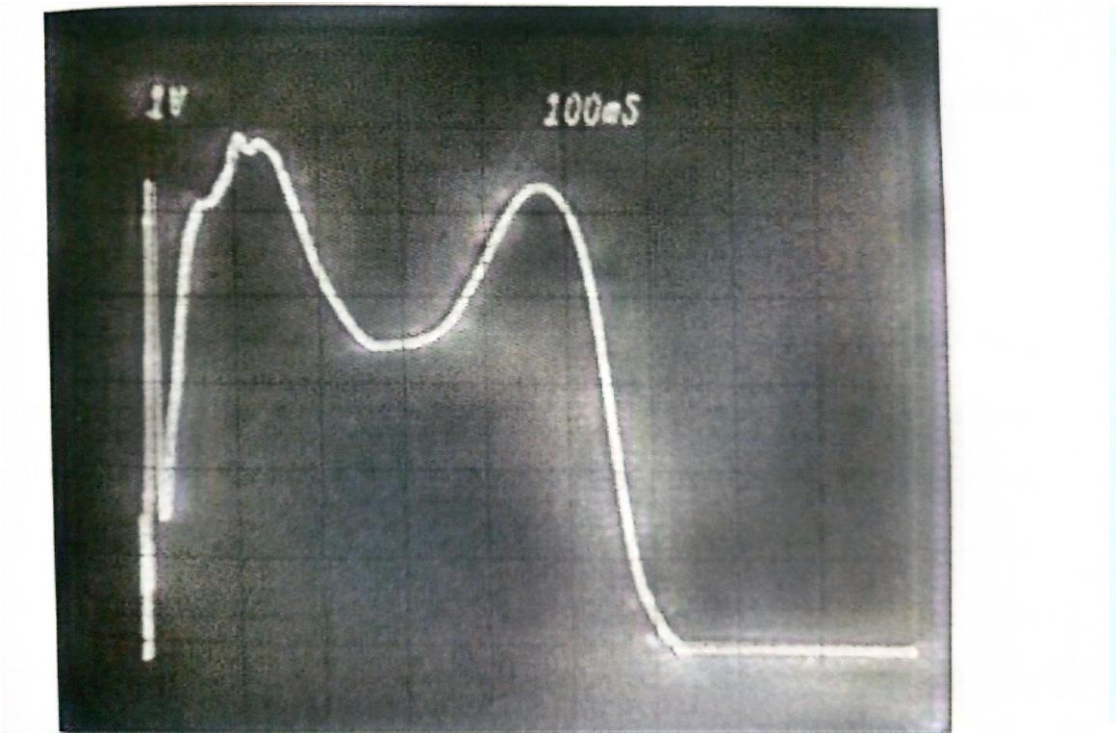
يبحث التحليل الحركي في الاداء ويسعى الى دراسة اجزاء الحركة ومكوناتها للوصول الى دقائقها سعيا وراء اداء فني أفضل فهو احدى وسائل المعرفة الدقيقة للمسار بهدف التحسين والتطوير اي ان التحليل الحركي ما هو الا وسيلة توصلنا الى المعرفة وتساعد العاملين في المجال الرياضي على اكتشاف دقائق الاخطاء والعمل بعد قياسه على تقويمها في الضوء الاعتبارات المحددة لمواصفات

اساليب دراسة الحركة

يبحث علم الميكانيكا الحيوية في الاداء الحركي للإنسان ويسعى هذا العلم في الميدان الرياضي الى دراسة منحني خصائص للمسار الحركي للمهارة الرياضية سعيا وراء تحسين التكنيك الرياضي بهدف تصحيحه وتطويره وفقا لأحدث النظريات العلمية للتدريب الرياضي وهناك اسلوبان رئيسان للدراسة حركة الجسم البشري من ناحية التفصيل الدقيقة ولكل من هذين الاسلوبين حدوده وطرقه ووسائله وافادته التي اضافت العديد من المعلومات عن الحركة وساعدت في عمق وفهم ابعادها ويساعد كل من الاسلوب الكمي والكيفي في الحصول على معلومات ذات قيمة كبيرة عن الأداء ويمثل الاسلوب الكيفي اداء لكل من المدرب والمدرس والممارسة عملك فهناك العديد من المواقف التدريبية والتدريسية التي يعتمد فيها التحليل على مجرد ملاحظة ثم استرجاع تفاصيل الاداء من الذاكرة عند شرح او تصحيح الخطأ

فن الاداء الرياضي والمنحني الخصائصي للميكانيكا الحيوية:

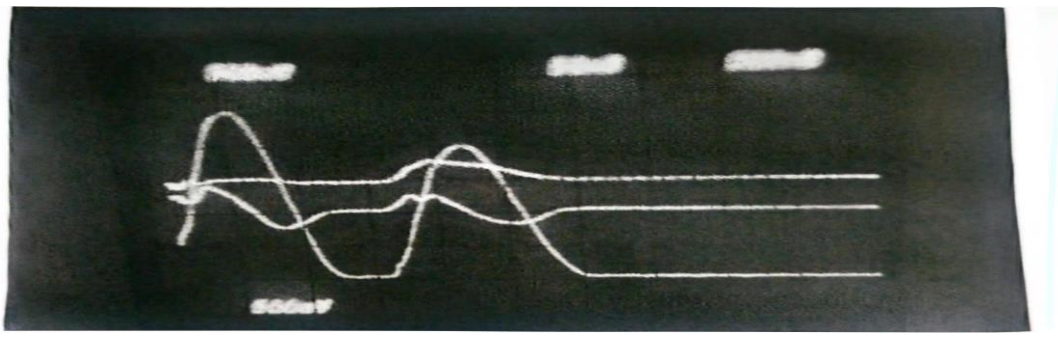
هناك علاقة وثيقة ومقننة بين كل من الفن الاداء الرياضي من ناحية وبين المنحني الخصائص للميكانيكا الحيوية التركيب الحركي من الناحية الاخرى وانما معرفة هذه العلاقة تعتبر في حد ذاتها شرطا ضروريا سواء كان ذلك من اجل اجراء الابحاث الهادفة في مجال الميكانيكا الحيوية او من اجل استخدام نتائج تلك الابحاث استخداما كاملا في مجال التدريس والتدريب



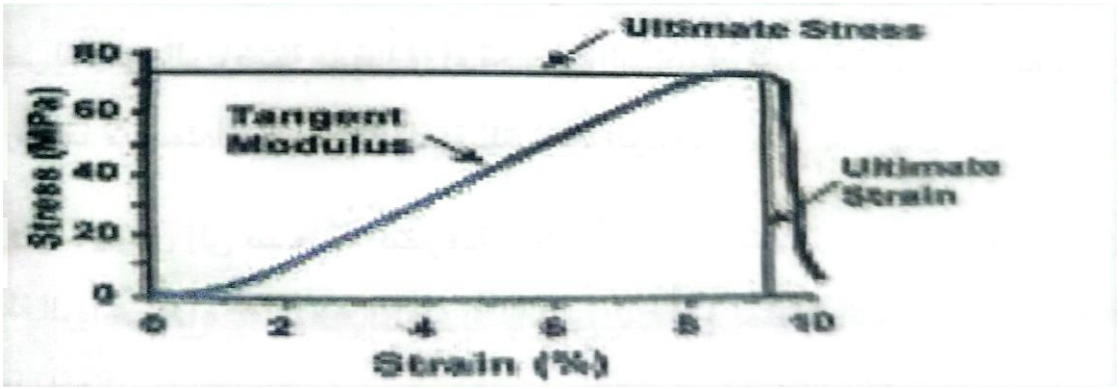
المنحنى الخصائصي للميكانيكا الحيوية

يسعى هذا العلم في الميدان الرياضي الى دراسة منحنى الخصائص للمسار الحركي للمهارة الرياضية سعيا وراء تحسين التكنيك الرياضي بهدف تصحيحه وتدويره وفقا لأحدث النظريات العلمية للتدريب الرياضي

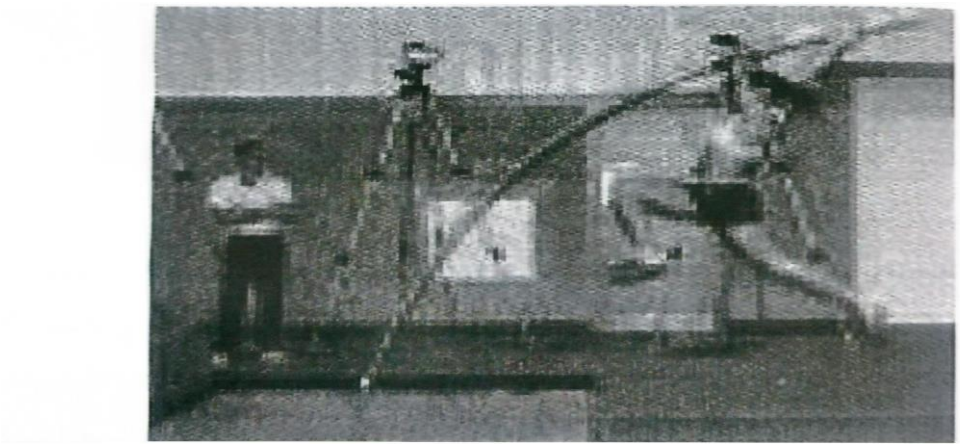
ومما يؤدي الى صعوبة التفرقة بين الاداء الحركي لنوع معين من الانواع الأنشطة الرياضية هو ان فن الاداء الرياضي يعتبر في حقيقة الامر ظاهرة واقعة دقيقة داخل اطار المسار الحركي الميكانيكي الحيوي لكل رياضة على حدة الا انه من الممكن الاستعانة بفهم المنحني الخصائصي للميكانيكا الحيوية للتعرف الى السمات المميزة سواء كان ذلك اسلوبا معينا للأداء الحركي او لفن الحركة بطريقة موضوعية مما يؤدي بدوره في النهاية الى التمكن من تحديد فنون الاداء المختلفة لنوع معين من انواع الانشطة الرياضية بطريقة موضوعية بالإضافة الى اختيار انسب الطرق في هذه الحالة



ويعكس المنحنى الخصائصي لفن الأداء الامثل لرياضة من الرياضات لاستخدام الامثلة للقوانين الميكانيكية على اساس شروط الميكانيكا الحيوية وخصائص الجهاز الحركي للإنسان والهدف الاساسي لمعظم انواع الأنشطة الرياضية هو تحقيق ما هو أسرع واعلى واقوى وهذا معناه من نظر الميكانيكا بدل شغل الميكانيكي بأكبر قدر ممكن في اتجاهات مضادة للظروف الخارجية



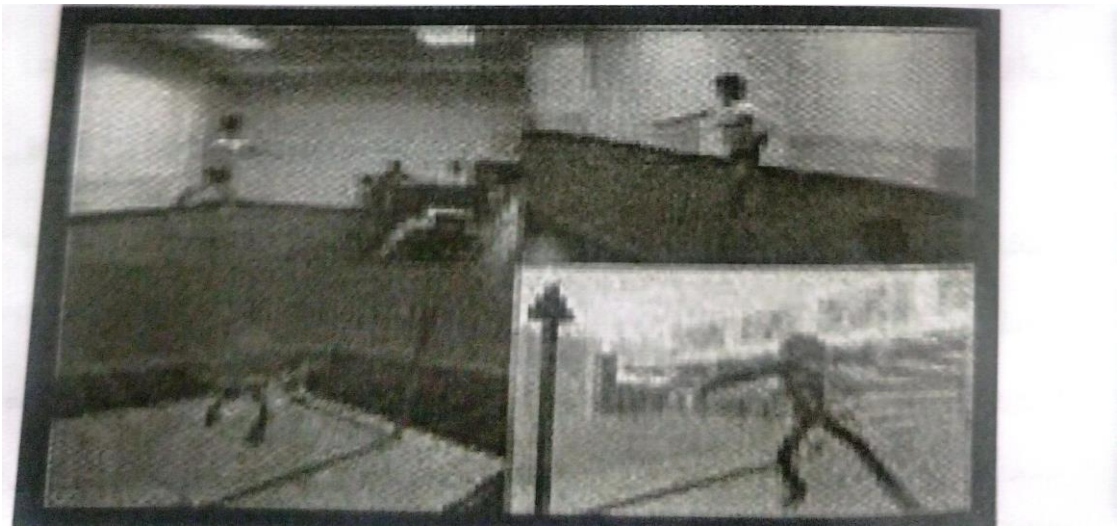
ومن هنا جاءت اهمية إلمام المدربين وخصوصا في الرياضات المستويات العليا التصوير والتحليل فكما هو معلوم ان سرعة تردد الالة التصوير الفيديو الاعتيادية هي 25 صورة على ثانية غير ان مثل هذا السرعة تكون غير كافية للتحليل الدقيق لمعظم الحركات الرياضية حيث يتطلب استخدام سرعات اعلى من ذلك حيث يتم اخذ اعداد كبيرة من الصور في وحدات زمنية صغيرة وان التحكم في سرعة الة التصوير يعتمد بالأساس على الحركة او المهارة المراد تصويرها فكلما كانت حركة سريعة وتتم في زمن قصير كلما كانت الحاجة الى استخدام الة التصوير ذات السرعات عالية فعندما نريد تصوير حركة المشي ارى حركة مثلا او الركض يكون بالإمكان استخدام سرعة اعتيادية الالة التصوير ولكن عندما يريد تحليل مرحلة النهوض في الوثب الطويل او حركة الذراع في ارسال بالتنس عندها يجب استخدام سرعات عالية وعموما فان بحثات التربية الرياضيات تتطلب الات التصوير ذات سرعة تردد تتراوح ما بين (100 ـ 32)صوره على ثانية وهذا يتوقف على طبيعة المهارة او الحركة المراد تحليلها فمثلا عندما يرجح للمرحلة النهوض في الوثب الطويل والتي وجد انها تستغرق ما بين 0.4) (0.12 ثانيه واحد عندها يفضل استخدام الة التصوير بسرعة تردد 100 صورة ثانية وذلك انسجاما مع الاسس الفنية للحركة حيث يمكن الحصول على 14ـ 12 صوره وهذا ما يجعل عملية لاحقا اكثر دقة في النتائج اما عندما يراقب طول الضربة وتكرارها لمسافة 20 متر من مسافة السباق الكلية لسباق (50 متر سباحة حرة) عندئذ يمكن الاكتفاء بسرعه 32 صوره/ ثانيه



المبادئ الاساسية للتصوير

نظرا لأهمية التصوير في مجال بحوث ودراسات البايو ميكانيك ولكي يتم الحصول على نتائج موضعية ينبغي على الباحث الالمام بأسس التصوير والاجراءات المتبعة وكذلك الامكانات الواجب توفرها عند القيام بعملية التصوير ومن ثم اجراءات التحليل وفيما يلي اهم النقاط الاساسية التي يجب اجرائها عند التصوير والتحليل

اولا: اجراءات ما قبل التصوير

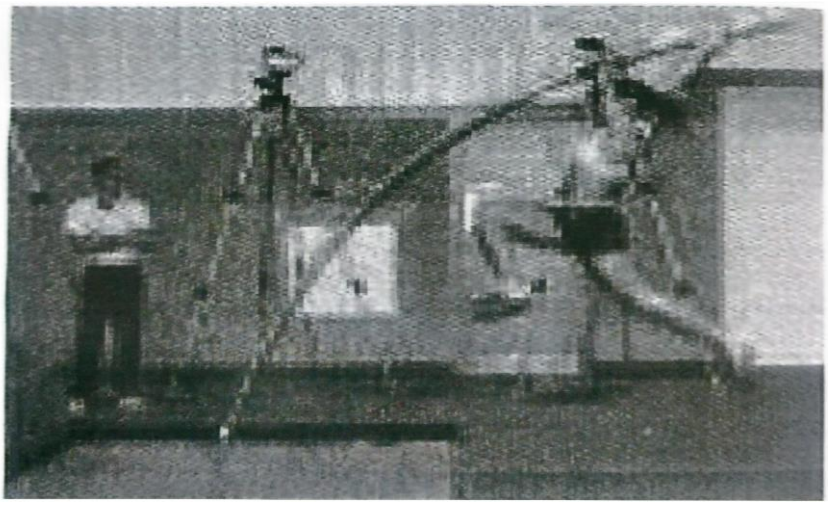


هناك مجموعة من الاجراءات الضرورية التي يجب على الباحث او الدارس تحديدها وتنفيذها قبل التصوير ومن اهم هذه الاجراءات

التحديد المسبق سوف يساعد في تحديدها مكان وضع الة التصوير بالنسبة للمستوى الفراغي التي تتم عليه الحركة او المهارة الرياضية المراد تصويرها حيث ان هذا التحديد المسبق سوف يساعد في تحديد مكان وضع الة التصوير

بالنسبة للمستوى الفراغي الذي تتم عليه الحركة وعدد الات التصوير ففي حالة كون الحركة او المهارة تؤدي على مستوى فراغي واحد مثل حركة الرجلين في مرحلة
النهوض في الوثب الطويل فانه يمكن استخدام الة تصوير واحده توضع على احد جانبين اما في حالة كون الحركة او المهارة تتم على اكثر من المستوى فراغي او واحد فانه يفضل استخدام اكثر من الة تصوير واحدة حتى تتحقق الرؤية الكاملة لتفاصيل الاداء كان توضع الة التصوير من الجانب والة اخرى من الامام او من الاعلى ولكن هذا لا يمنع استخدام اكثر من الة التصوير واحدة عندما يراد تحليل حركات او المهارات التي تؤدي الى مستوى فراغي واحد عندما يكون مطلوب دراسة هذه الحركة بدرجه عالية من الدقة
يجب على الباحث او الدرس ان يحدد العينة التي سيتم تصويرها ومن ثم تحليلها وكذلك الاسلوب الذي سيختار بموجبة هذه العينة حيث ان تحديد عينه الباحث وعددهم وعدد المحاولات المصورة لكل واحد منهم كلها امور يجب ان تكون محسومة قبل البدء بالتصوير
هناك بعض القياسات الواجب تسجيلها والتي تحتاج اليها بعض الدراسات او البحوث وان هدف التحليل هو الذي يحدد هذه القياسات مثل (العمر الوزن، طول الجسم ،اطوال اجزاء الجسم ،الخ..) حيث يتم تسجيل هذه البيانات في استمارة خاصة لكل فرد من افراد العينة
يجب تحضير لوحة ترقيم تستخدم لترقيم اللاعبين او ترقيم محاولاتهم وعادة ما يتم تصوير هذه اللوحة قبل البعد بتصوير لكل محاولة حتى يمكن معرفة رقم المحاولة اثناء تحليل الفيلم
يجب على الباحث او الدارس ان يحدد مسبقا فريق العمل الذي سيعمل معه حيث يفضل ان تتم الاستعانة بأفراد لهم خبرة في هذا المجال من خلال اهداف البحث او دراسة واجراءات المتبعة وعدد افراد العين التي سيتم تصويرها وعدد المحاولات لكل فرد من افراد العين.

ثانيا: موضع آلة التصوير

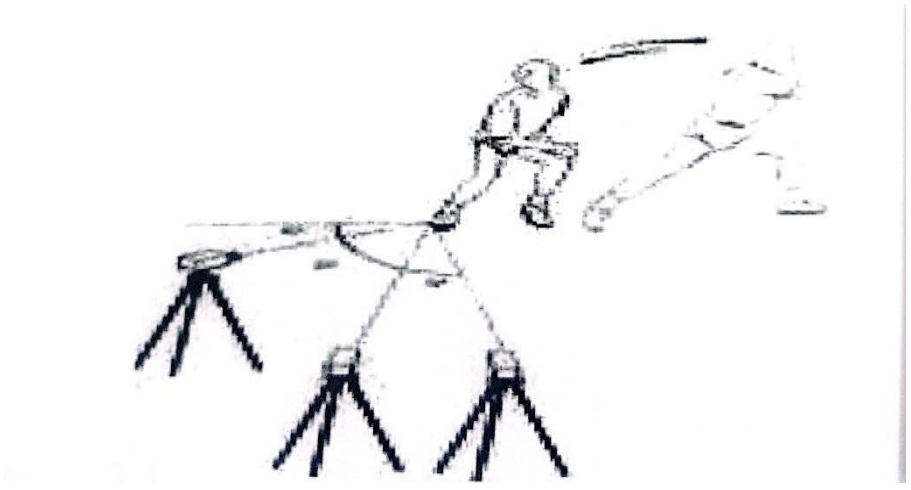


يجب ان يكون وضع الة تصوير ثابتا اثناء تصوير الحركة او المهارة الرياضية ومن الخطأ تحريك الة التصوير بأي اتجاه من الاتجاهات اثناء التصوير حيث ان تحريك الة التصوير سوف يؤدي الى اختلاف في القيم الميكانيكية المدرسة عن قيمها الحقيقية لذلك والغرض الحفاظ على ثبات الة التصوير يتم استخدام حامل ثلاثي حيث تثبت عليه الة تصوير بشكل جيد

ثالثا: تعامد الة التصوير

يجب ان يتحرك اللاعب الذي يتم تصويره بزاوية قائمة(90 درجه) مع اله التصوير البعد البؤري للعدسة وتعتبر هذه المنطقة غاية في الاهمية عندما يقوم الباحث او الدارس بقياس الدوال حيث ان القيم الحقيقية للزوايا لا يمكن الحصول عليها الا في حالة تحريك اللاعب ذوي قائمة مع الة تصوير فقط حيث ان الوضع غير العمودي لآلة التصوير يؤدي الى اختلاف في القيم الميكانيكية مثل الزوايا وان مقدار هذا الاختلاف في القيم الزوايا يكون حسب وضعية التحريك الة التصوير عن وضعها العمودي والشكل ادناه يوضح في حالة في أ عندما تكون الة التصوير عمودية على مجال الحركة ولحالة ب عندما تكون الة التصوير غير عمودية على مجال الحركة وفي الحركة الدائرية فيجب ان تثبت الة تصوير البعد البؤري بصورة عامودية على محور الدورة

رابعا: الإضاءة



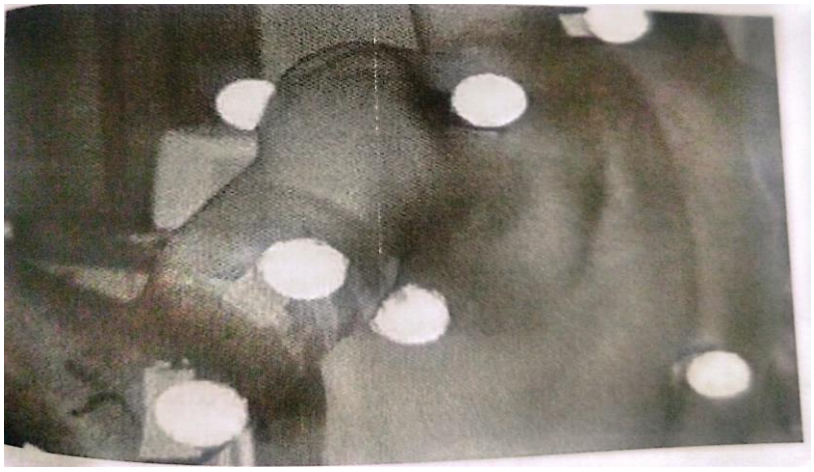
تلعب الإضاءة دورا مهما في التصوير وخصوصا ما اذا كانت التصوير يتم داخل القاعة الداخلية او المختبرات. وهناك مجموعه من العوامل تحدد الشده المطلوبة من الإضاءة وهي:

- سرعه تردد آلة التصوير فكلما كانت سرعه تردد آلة التصوير عالية كلما احتجنا الى شده اضاءه أكبر
- مكان آلة التصوير عند موضع الحركة فلكما ازدادت المسافة بين آلة التصوير ومكان اللاعب كلما كانت الحاجه اكبر للإضاءة
- طول مسافة الحركة او المهارة كلما كانت مسافة الحركة والمهارة المؤدية طويله مثل تصوير الركضة التقريبية للوثب الطويل والسباحة كلما كانت الحاجه لشده اضاءة اكبر

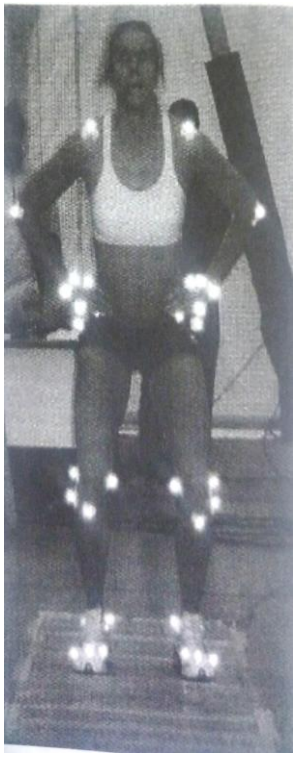
خامسا: مقياس الرسم

يجب استخدام وحده قياس مقياس الرسم لنتمكن من خلالها قياس المسافة والارتفاع اثناء اداء الحركات التي تتطلب ذلك وغالبا ما يتم استخدام وحده قياس على شكل مربعين طول ضلع كل مربع 20 سم سنتيمتر وتكون المسافة بين مركز المربعين هي 1 متر

سادسا: تحديد نقط مفاصل الجسم والأدوات

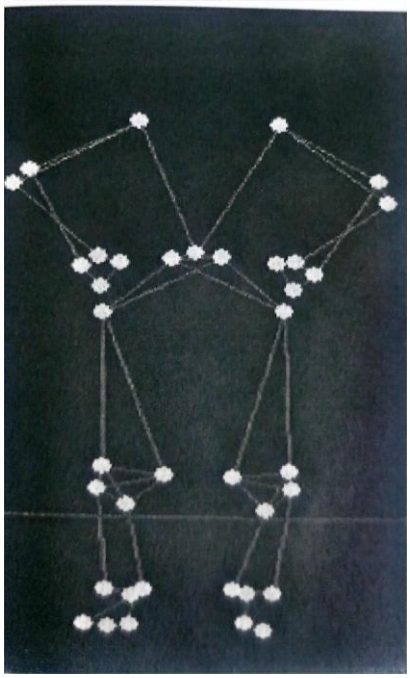


احيانا لكي يتم تحديدها جسم اللاعب او أحد اجزائه بصوره واضحة جدا تثبت على كل مفصل نقطه واحده بعلامات يكون لونها مغير للون الملابس او خلفيه الصورة وغالبا ما تكون هذه النقطة في الراس الكتف الرسغ الورك الركبة الكاحل في الحركات او المهارات التي يتم فيها استخدام الكراسة والادوات مثل فعالية الرغم الثقل القرص او القفز بالزناء او في كره الطائر الى اخره فيجب الى يجب ان يكون لون الاداء او الكره مغيره للون الجسم والملابس التي يرتديها له المجال الذي تتم فيه حركه



المتغيرات الميكانيكية التي يمكن قياسها من خلال التصوير

من خلال التصوير هناك مجموعه من المتغيرات الميكانيكية التي يمكن الحصول عليها والحصول على هذه المتغيرات يعتمد على هدف الدراسة او البحث حيث ان اختيار المتغير الميكانيكي المناسب يشمل بما يشمله من مجموعه اجراءات سوف تساعد في الكشف عن المكونات الداخلية لأي اداء حركي ويمكن استخدام او الحصول على اكثر من المتغير ميكانيكي واحد خلال التحليل الواحد ووفقا للأهداف التحليل من حركه او المهارة المؤدات

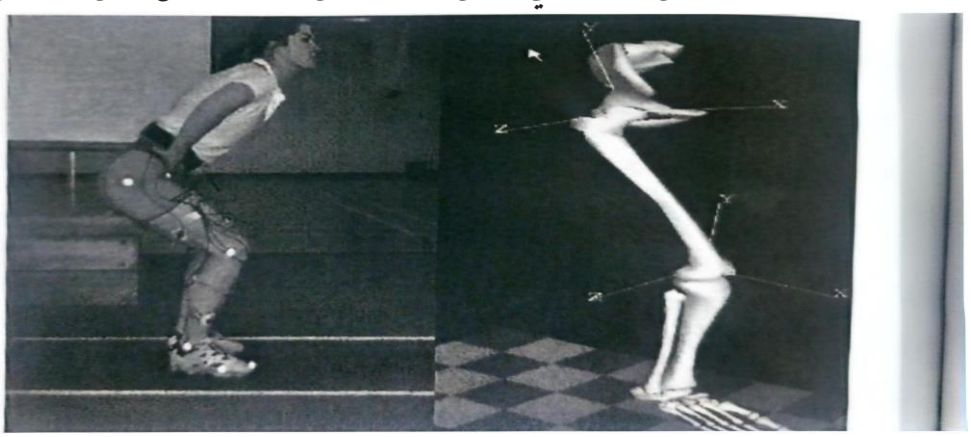


ومن هذه المتغيرات الميكانيكية

- قياس الزوايا
- قياس المسافة الأفقية لارتفاع العمودي
- قياس الزمن قياس السرعة التعجيل سرعه الانطلاق سرعه النهوض سرعه الدوران الخ
- رسم المسار الحركي تتكون الزاوية من محورين

قياس الزوايا

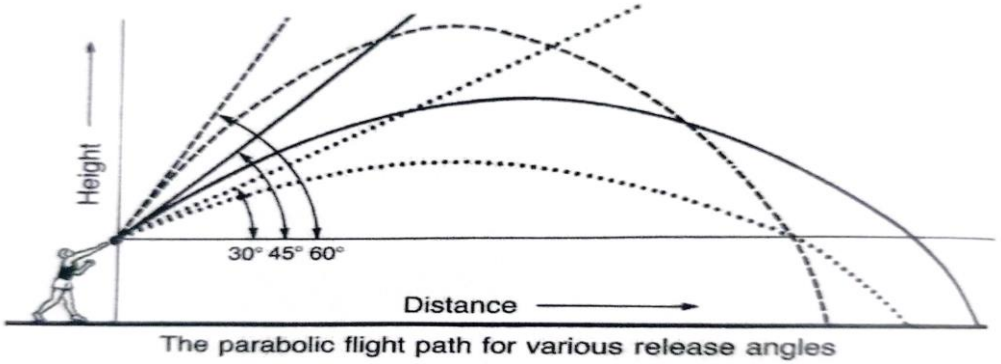
متصلين بنقطه واحده وغالبا ما يتم استخدام برامج اجهزه الحاسوب في حساب الزوايا بعد تحديد المحورين المكونة لها ومن الضروري ان نؤكد ان نؤكد هنا على حقيقه غايه في الأهمية الا وهي ان مقدار الزاوية لا يتأثر بحجم الصورة المعروضة او بمعنى اخر ان مقدار الزاوية لا تتأثر بمقدار الطول او قصر المحور ولكنها تتأثر بمقدار تقارب او تباعد المحورين وهناك مجموعه من الزوايا التي يمكن حسابها من خلال تحليل ومن هذا من هذه الزوايا



- زوايا مفاصل الجسم الورك الركبة المرفق الكتف

الرسم الكاحل

- واء الرمي او الانطلاق الادوات انطلاق الرمح او القرص او الكرات او الزاوية الارتداء الهجوم السقوط

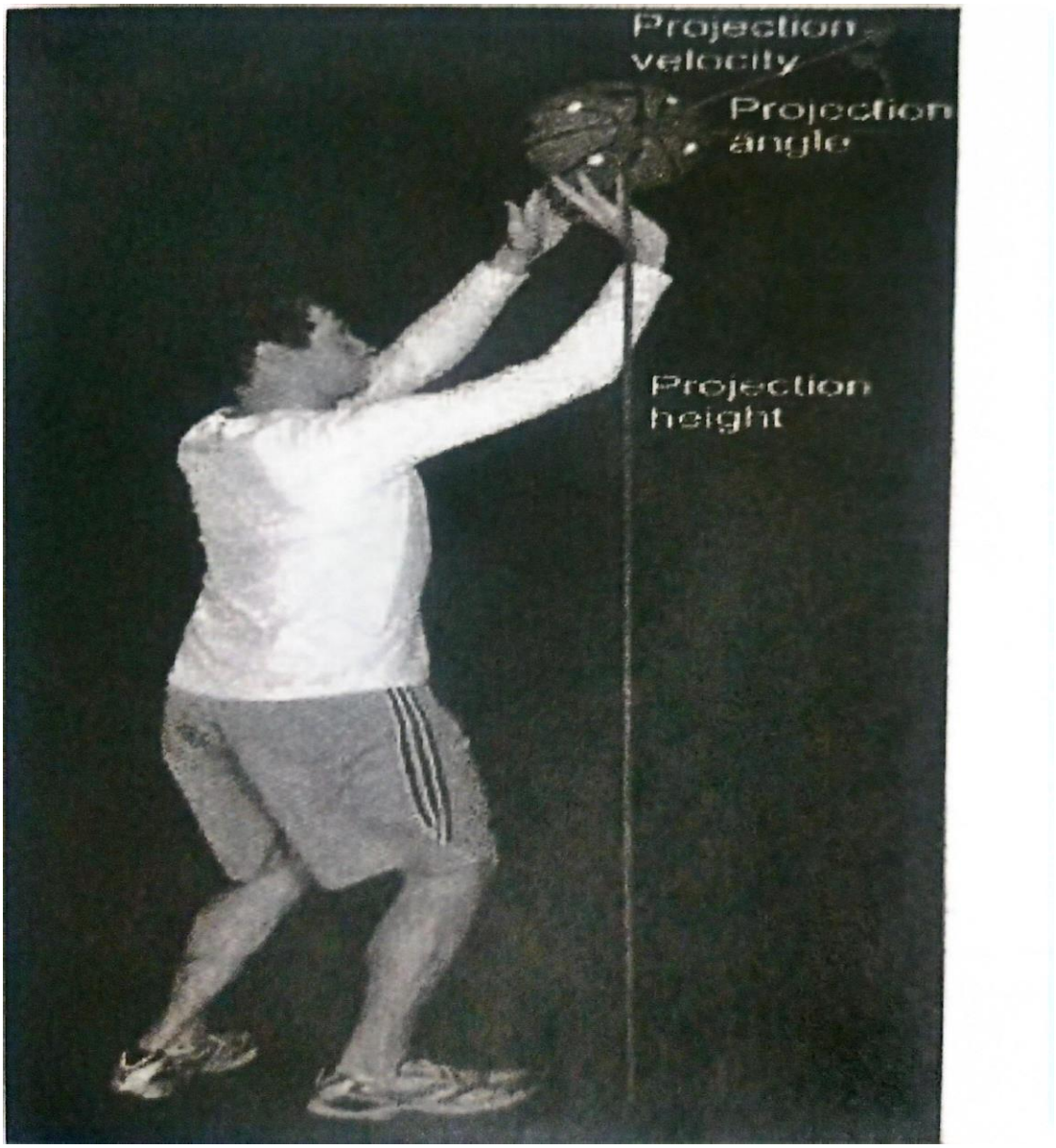


The parabolic flight path for various release angles

-

- قياس المسافة الافقية الارتفاع العمودي

يستخدم هنا لحساب المسافة الأفقية والارتفاع العمودي وحده القياس مقياس الرسم وغالبا ما يتم استخدام برامج اجهزه الحاسوب في حساب المسافات بالوقت الحاضر ذكر في الفقر الخامس من المبادئ الأساسية للتصوير قديما يتم استخدام مقياس الرسم ببعد حقيقي واحد متر وعند التصوير والتحليل يتم حساب مقدار هذا القياس في الصور في الصورة ومن ثم تمكن من حساب اي مسافه افقيه او ارتفاع عمود فمثلا اذا كانت المسافة الحقيقية لمقياس الرسم هي 1 متر 100 سم وكانت تعادل في الصورة مثلا 5 سم وان المسافة الأفقية والرفعيه العمودية التي تم قياسها في الصورة كان مثلا 15 سم فان يعادل في الحقيقة 300 سم 3 م



- قياس الزمن وقياس السرعة والتعجيل

اذا ما علمنا ان اله التصوير تتحرك بسرعه ترد الثابتا يتم اختيارها على اساس واعتبارات ثم تم ذكرها مسبقا عندها يمكن معرفه الزمن لكن صوره وذلك من خلال قسمه العدد 1 على سرعه اله التصوير فاذا كانت سرعه اله التصوير مثلا 50 صوره ثانيه فان زمن الصورة الواحد يكون 0.02 ثانيا فقدما وحديثا يتم استخدام برامج اجهزه الحاسوب في حساب الزمن وبشكل دقيق جدا الطريقة التقليدية يتم احتساب الزمن ومن خلال معرفه زمن الصورة الواحدة عندها يمكن معرفه زمن الحركة او المهارة المراد تحلله فمثلا عندما يرد تحليل مرحله فاذا كانت سرعه اله التصوير مستخدمه 50 صوره على ثانيه مثلا ويتم حساب عدد السرعة التي تستغرقها مرحله وهذا يتم من خلال التحليل الفيلم زمن مرحله النهوض تساوي عدد الصور اكس زمن الصور الواحدة وعلى نفس الطريقة يتم حساب ازمنه الحركات او المهارات وحتى اجزائيه وتعتبر هذه الطريقة من الطرق الدقيقة جدا في حساب الزمن وتسدد دقه حساب الزمن كل ما ازدادت سرعه اله التصوير المهم هنا هو تحديد الصورة التي تبدا فيها الحركة المهارة المراد حسابها حساب ثمنها والصورة التي تنتهي فيها الحركة والمهارة

يمكن قياس سرعه سواء كانت سرعه الجسم ككل او سرعه احد اجزاء الذراعين الرجلين الى سرعه انطلاق الادوات المستخدمة النقل الرمي الثقل او السرعة سرعه انطلاق الكرات التنس الطائرة والى غير ذلك من خلال حساب المسافة والارتفاع وكذلك حساب الزمن التي شرح طريقه احتسابها مسبق

- **رسم المسار الحركي**

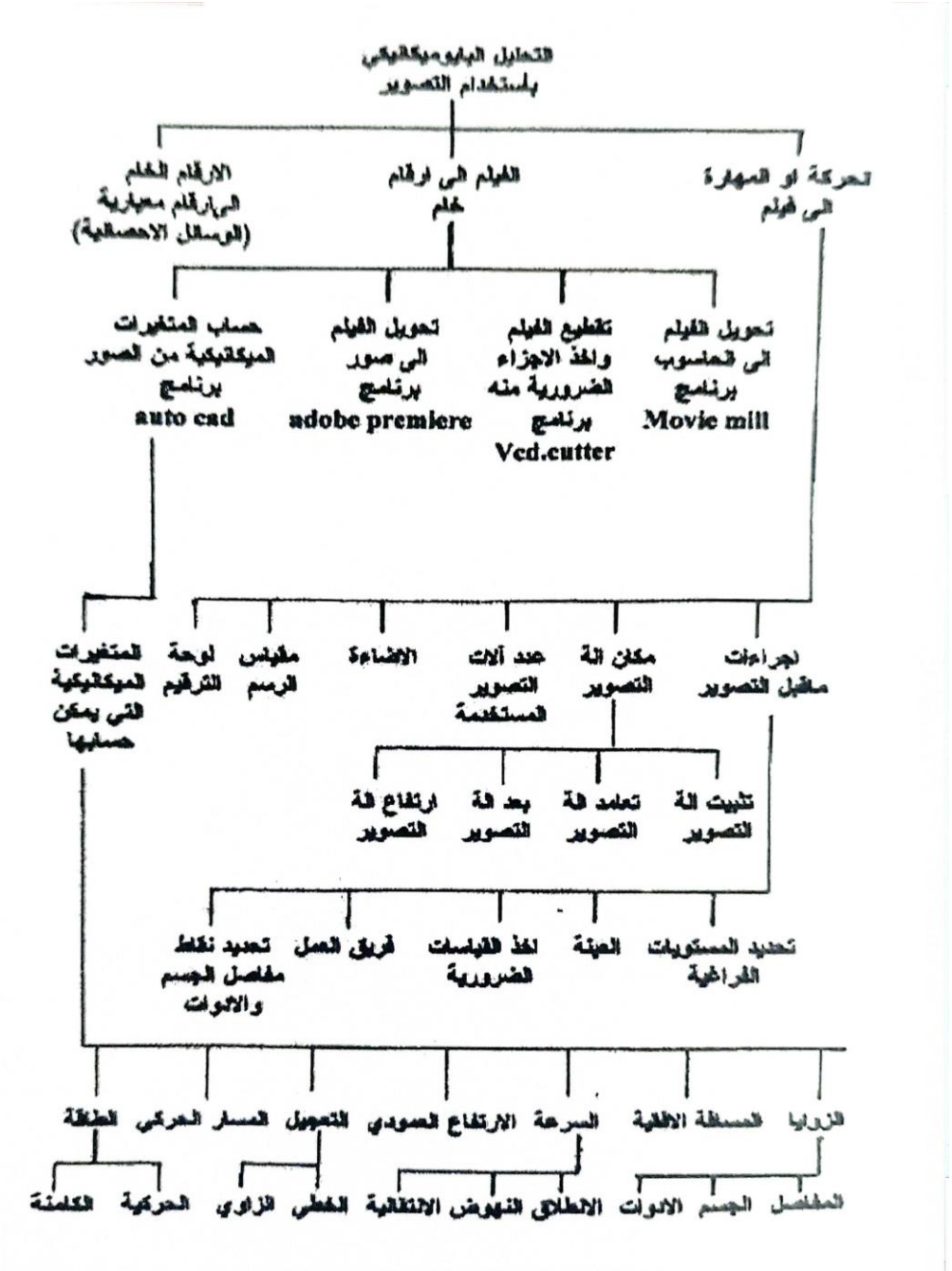
المسار الحركي هو خط يرسم المهارة الحركية من بدايتها وحتى نهايته عن طريق رسم مسارات لنقطه معلمه على الجسم او احد اجزائه واذ ما اردنا رسم المسار الحركي للجسم كاملا خلال اداء حركه ماء او مهاره معينه مثل مسار الحركي في فعالية الرامي او في حركات جمناستك بعد تعيين عدد من العلامات من العلامات الفسفورية على مفاصل الجسم لرسم المسار الحركي بعدها مثل علامه وسط الراس من الجانب علامه وسط الكتف علامه وسط المرفق وحاليا تستخدم علامه مركز الثقل الجسم للرسم المسار مع الأداة كرات ادوات مثل الثقل او القرص مستخدمين التقنيات الحديثة من البرمجيات المستخدمة في التحليل الحركي والتي لقاسها احد تامر 2010 بان اغراض استخدام البرمجيات هي واحده على الرغم من وجود اكثر من برنامج واحد يخدم عمليه تحليل الحركي

أولا: برنامج Movie mill: يستخدم هذا البرنامج لغرض نقل الفيلم من الة التصوير او جهاز التصوير او جهاز الفيديو الى الحاسوب.

ثانيا: برنامج VCD Cutter: يستخدم هذا البرنامج لغرض تقطيع الفيلم و اخذ المقاطع التي نريدها و كذلك يستخدم هذا البرنامج لغرض دمج المقاطع مع بعضها البعض بعد ان يتم تقطيعها.

ثالثا: Adobe Premiere: يستخدم هذا البرنامج لغرض تحويل الفيلم الى مجموعة من الصور و يتم اخذ 25 صورة لكل ثانية من زمن الفيلم المأخوذ.

رابعا: Dart fish: يستخدم هذا البرنامج لقياس جميع المتغيرات الميكانيكية المختلفة، كما ان هذا البرنامج يدعم خاصية المقارنة بين رياضيين اثنين بوقت متزامن وغالبا ما تستخدم هذه الخاصية عندما تكون هناك مقارنة مع نموذج عالمي.



المراجع

- كورت مانيل: K. minel علم الحركة، ترجمة عبده علي ناصف (1970). مؤسسة العامة للصحافة والطباعة، بغداد، 1970م.
- محمد إبراهيم شحادة ومحمد جابر بريقع: القياسات الجسمية واختبارات الأداء الحركي، منشأة المعارف، الإسكندرية، 1995.
- محمد حسن علاوي ومحمد نصر الدين رضوان، اختبارات الأداء الحركي، دار الفكر العربي، القاهرة، ط3، 1994.
- محمد عادل رشدي، ميكانيكية الحركة البشرية، منشورات الشركة العامة للنشر ولاتوزيع، ليبيا طرابلس، 1978.
- محمد عثمان (1990). ألعاب القوى. ط1: دار الفكر للنشر والتوزيع، الكويت.
- محمود، إيمان شاكر (1997). دراسة مدى مساهمة الجذع وإطراف الجسم من الناحية الكينماتيكية على مسار طيران الرمح. مجلة التربية الرياضية، العدد 17، جامعة بغداد.
- محمود، إيمان شاكر (2000). دراسة بعض القياسات الجسمية والمتغيرات الميكانيكية على المستوى الرقمي لرمي الرمح. حولية كلية التربية، العدد 16. جامعة قطر.
- محمود، إيمان شاكر، عبد الرحمن، علي (2007). دراسة تأثير المتغيرات الميكانيكية لمرحلة انطلاق الرمح على مسافة الإنجاز. البحرين: جامعة البحرين – مجلة العلوم التربوية والنفسية.
- مردان. حسين وشلش نجاح (2000) الوثب والقفز.