المحور الثالث: استخدامات قوانين البيوميكانيك في تقييم برامج التعلم الحركي

لما كانت الميكانيكا الحيوية تعنى بدراسة السلوك الحركي في ضوء القوانين والمبادئ الفيزيائية العامة، فهي بهذا المفهوم تعتمد على طرق البحث في الفيزياء التقليدية وما توصلت إليه من طرق ووسائل في محاولة لتطبيق ما يمكن تطبيقه على الجسم البشري.

كما أن فهم القوانين الميكانيكية يسمح أيضا بإيجاد حلول جديدة للإعداد، وكذلك فإنها تعمل على أن تكون الفترة التعليمية قصيرة، وبالتالي إيجاد مقدرة ممتازة، فمن خلال التحليل الحركي يمكن التوصل إلى حالات جديدة وملائمة لتطوير الأداء الفني، وتحقيق مبدأ الاقتصاد في الجهد.

1- التقويم:

1-1 مفهوم التقويم:

قوم الشيء أي قدر قيمته، فتقويم الشيء إي وزنه، كما أن التقويم لا يقتصر على تقدير قيمة الشيء ووزنه، وإنما يتعدى ذلك إلى إصدار أحكام على قيمة الشيء، أو الموضوعات، ويمتد مفهومه إلى التحسين والتطوير. فهو الحكم على الأفراد لإظهار محاسنهم أو عيوبهم.

أما بالنسبة للتربية الرياضية فيعني تقدير مستوى أداء الطلبة لغرض إصدار الحكم المناسب على أدائهم الحركي على ضوء معايير محددة مسبقا. كما وانه يتضمن حصيلة المستوى التي وصلت فيها حالة التدريب والمنهاج الموضوع لتطوير مستوى أداء الرياضي. كما وانه يتضمن إصدار الأحكام على المناهج التدريبية وأساليب التدريب في تحديد مدى فعاليتها في تطوير الحالة التدريبية أو عدمها فالتقويم يهدف إلى ما يلي:

- معرفة مدى فعالية البرامج التدريبية.
- معرفة مدى فعالية الوسائل التدريبية والعملية في تحقيق الأهداف.
- معرفة نقاط القوة والضعف في الأداء الحركي والبرامج التدريبية للأفراد والجماعات.
- معرفة قيمة التعليمات في التدريب الرياضي ومدى التقدم فيه.

1-2 أنواع التقويم:

1-2-1 التقويم الموضوعي:

وهو عملية إصدار أحكام على قيمة الأشياء أو الأشخاص أو الموضوعات، ويتطلب الوصول إلى أحكام موضوعية، باستخدام المستوى أو المعيار أو المحكات لتقدير هذه القيمة.

أ- المحك: هو معيار يحكم به على الاختبار، وقد تكون مجموعة من الدرجات، أو المقاييس، أو التقديرات صممت للتنبؤ بها أو الارتباط معها، كمقياس لصدقها، وهو أيضا مجموعة من المفاهيم أو الأفكار المستخدمة في الحكم على محتوى الاختبار عند تقدير مضمونه أو صدقه المنطقي.

المحكات تعد أفضل الوسائل المستخدمة في الحكم على صدق الاختبارات، أي أن يكون الاختبار صادقا فيما يقيس.

ب- المعايير: إن الدرجات الخام المستخلصة من تطبيق اختبار ما ليس لها أي مدلول إلا في حالة رجوعنا إلى معيار يحدد معنى هذه الدرجات (وهي درجات يعبر بها عن درجة كل فرد على أساس عدد وحدات الانحراف المعياري لدرجته عن المتوسط)

ج- المستويات: تتشابه المستويات مع المعايير في أنها أسس داخلية للحكم على الظاهرة التي هي موضوع التقويم، وتختلف عن المعايير في جانبين هما:

- أنها تأخذ الصورة الكيفية.
- تحدد ما يجب أن تكون عليه الظاهرة.

وفي التربية البدنية والرياضية تستخدم المستويات التي نحددها للوقوف على مدى اللياقة البدنية، أو مستويات الانجاز...

3-1 طرق ووسائل التقويم في الميكانيكا الحيوية:

الميكانيكا الحيوية هي العلم الذي يدرس عملية الأداء الحركي للإنسان أو الحيوان وفقا لقوانين ميكانيكية خاصة. كما وان هذه القوانين الميكانيكية الخاصة تتعقد بسبب تطبيقها على حركة الإنسان وتختلف في تطبيقها على حركة الجماد والسكون، ولقد زاد الاهتمام بهذا العلم نتيجة التطور الكبير الذي حدث بسبب حب الإنسان وميله الكبير إلى اكتشاف أسرار الكون والوصول إلى القمر والكواكب الأخرى، أما في مجالات الحياة الأخرى فلقد تعددت أبعاده بسبب تعدد مجالات البحوث في حركات الكائن الحي. فأصبحت له فروع تعتني بالحركات الرياضية من اجل تحديدا التكنيك المثالي لها وأخرى تعتني بحركات العمل لزيادة الإنتاج وأخرى تهتم بتربية الخواص (المعاقين) وأخرى تعني بالبحث في التكوين الديناميكي للهيكل العظمي والجهاز العضلي والتي يهتم بها بعض الأطباء وفقا لاختصاصاتهم المختلفة، وبناءا على ذلك فان علم الميكانيكا الحيوية يسعى إلى دراسة المنحنى الخاص للمسار الحركي للحركة الرياضية سعيا وراء تحسين التكنيك الرياضي وذلك من اجل تصحيحه وتطويره وفقا لأحدث نظريات علم التدريب الرياضي.

على العموم فان الطرق المستخدمة في تحليل الحركات الرياضية تعتمد في الأساس على طريقتين:

أ- الطريقة الذاتية (الوصفية): تقويم الحركات الرياضية ذاتيا وبشكل سريع وطبقا لقانون اللعبة كما في العاب الجمباز والغطس والباليه، وترتبط هذه الطريقة بطريقة المحلفين، أي اختيار مجموعة من الخبراء أو الحكام محلفين يؤخذ رأي كل منهم في مستوى الأداء الحركي للمهارة المراد تقويمها وفقا لقانون اللعبة وتجمع درجات المحكمين وتقسم على عددهم والمتوسط الناتج يعتبر تقويم مستوى الأداء الحركي للمهارة.

ب- طريقة التحليل الحركي باستخدام الأجهزة:

كما هو معلوم أن العين المجردة للشخص غير كافية للحصول على المعلومات والحقائق العلمية الدقيقة لبعض الحركات الرياضية التي تصل سرعتها إلى (24/1 من الثانية) على سبيل المثال. والحكم على صحة الحركة بالتقدير العام يعتبر حالة غير دقيقة في البحث العلمي لاستيعاب دقائق الحركة وتحديد أخطائها لهذا فان الاتجاه بدأ في الاعتماد على طريقة التحليل الحركي بأجهزة ووسائل دقيقة يمكن من خلالها تسجيل دقائق الحركة في اصغر وحدة زمنية حتى يمكن التعرف على المقادير المختلفة للقوة تبنى عليها حقيقة الأداء.

ويمكن تحليل الحركات الرياضية باستخدام الوسائل الآتية:

1 - القياس الخطي بواسطة الخلايا الضوئية	Electronic Stroboscopic
2 - جهاز ضبط الزمن	Cronograph
3 - التصوير بالأثر الضوئي	Chronophotography
4 - تصوير النبضات الضوئية	Cyclogrametery
5 - جهاز تسجيل السرعات	Speedography
6 - التصوير السينمائي	Cinematography
7 - التصوير الدائري	Chrono Cyclography
8 - منصة قياس القوة	Force platform

2- القياس:

2-1 مفهوم القياس:

يعني تقدير الأشياء والمستويات تقديرا كميا في ضوء إطار محدد من المقاييس المعروفة، أما (ثورندايك، 1979) فقال "كل ما يوجد بمقدار وكل مقدار يمكن قياسه"، إن القياس كما هو معلوم يتضمن عمليات المقارنة من خلال تجميع ملاحظات ومعلومات كمية عن موضوع القياس، والقياس يتأثر بطبيعة المتغيرات والأشياء المقاسة فبعض الأشياء والمتغيرات يمكن تحديديها بدقة كالطول والوزن، في حين يصعب التحكم في تحديد متغيرات أخرى مثل قياس بعض العمليات العقلية وسمات الشخصية وذلك بسبب تعقدها وتأثرها بالعوامل الذاتية.

أما في المجال الرياضي فان القياس كما ذكر (علاوي ورضوان، 1989) فيجيب عن السؤال كم؟ أو ما مقدار؟ أي كم طول الطالب؟ أو ما مقدار وزنه؟ أو ما مقدار سرعة أو قوة الرياضي؟

2-2 أنواع القياس:

هناك أنواع من القياس هي:

- **القياس المباشر:** كطول الطرف أو القامة.
- **القياس غير المباشر:** كزمن ركض 100متر.

- **قياس النسبة:** ويتميز بان له وحدات متساوية وله صفر مطلق، يستخدم هذا النوع بكثرة في التربية الرياضية كقياس المسافة الأفقية للواثب من الثبات أو مسافة انجاز رمي القرص...

- وصف شيء معين.

- تحديد مرتبة الشيء، أي تقديم وصف كيفي، ويطلق عليه مقاييس الرتب.

وقسم (دكولاكوف) القياسات إلى:

أ- القياسات المباشرة: وهو ذلك النوع الذي تتحدد فيه الكمية المقيسة ومقارنتها مباشرة، كقراءة مقدار القوة المسجلة على جهاز قياس القوة العضلية،وهي على ثلاثة أنواع:

أ-1 التحديد المباشر: وتحول الكمية المقيسة مباشرة إلى متغير كدرجة الحرارة، أو جهاز قياس القوة العضلية، فالقيمة المجهولة للكمية المقيسة مساوية للقيمة الناتجة من التجربة.

أ-2 الطريقة التفاضلية: ويحدد الجهاز الفرق بين الكمية المعلومة (النموذج)، والكمية المقيسة كقياس المرونة بالمسطرة.

أ-3 طريقة الانحراف الصغرى: هي موازنة القيمة المقيسة المجهولة بكمية معلومة مثل وزن اللاعب بالميزان القباني، حيث يتم تغيير الموازين حتى تتساوى مع وزن اللاعب في نقطة التعادل.

ب- القياسات غير المباشرة:

وهي تلك التي يتم فيها تحديد الكمية المقيسة على أساس نتائج القياس المباشر لكمية أخرى ترتبط بالكمية المقيسة بواسطة دالة القياس، ككثافة الجسم بعد تحديد الكتلة ومقاييس الهندسة، وقياس السعة الحيوية، أو قياس القوة الزمنية.

ج- المقاييس المؤتلفة:

وهي تلك التي تحدد فيها القيم العددية للكمية المقيسة بواسطة حل مجموعة من المعادلات الناتجة عن عدة قياسات مباشرة لكمية متغيرة واحدة وعدة كميات من النوع نفسه كقياس سمك الدهن في عدة أماكن من الجسم، وتجمع الكميات وتقسم على عددها.

3- الفرق بين القياس والتقويم:

إن التقويم كما هو معلوم اعم واشمل من القياس، وتتم عملية التقويم على أساس نتائج القياس، لذلك تتوقف دقة وسلامة التقويم على دقة المقاييس المستخدمة، فإذا كانت المقاييس غير صادقة وغير دقيقة فان التقويم يصبح غير صادق ومضلل والتقويم يبنى على أساس البيانات المتراكمة من عمليات القياس ويتضمن إصدار الحكم على ظاهرة أو سمة خاصة عن طريق تحديد مدى ما تحقق من الأغراض والأهداف موضوع القياس، ولا يقتصر التقويم في مجالنا الرياضي على جانب أحادي من جوانب شخصية الفرد المتكاملة الأبعاد، لذلك فان التقويم كما يقول (علاوي ورضوان، 1989) "ما هو إلا جرد لمحتويات الفرد"، وهو عملية تهدف إلى الوصول لدراسة الظاهرة ووضع تعميمات ومعايير تقويمية لها

وذلك من اجل استخدامها للتحقق والحكم على درجات الجوانب المقاسة والتقويم والقياس بناء على ذلك يكمل احدها الآخر ويعتمدان على بعضهما، من ذلك نستطيع القول أن التقويم اعم واشمل من القياس كونه يقترن بالأهداف الواسعة نسبيا والتي كثيرا ما تتسع حتى تشمل منهجا ونظاما كاملا أو تقويم الشخصية المتكاملة للبرنامج أو التدريس أو الطالب كاملا أو الوسائل، أما القياس فما هو إلا عبارة عن إحدى الأدوات المستخدمة في التقويم لتقدير وزن وإصدار الأحكام على الظواهر والأفراد والموضوعات والأحداث.

4- مؤشر النقل الحركي الميكانيكي:

4-1 مؤشر النقل الحركي الميكانيكي بين أجزاء الجسم الواحد: في البيوميكانيك هناك اصطلاح يناسب مفهوم النقل الحركي ويقابله وهو الزخم ، فكما هو معروف أن لكل جزء من أجزاء الجسم كتلة خاصة به وعند حركة هذا الجزء تتولد سرعة زاوية له أو خطية في نهايته البعيدة عن المفصل، ولهذا يمكن حساب الزخم الزاوي أو الخطي له من خلال:

الزخم الزاوي= عزم القصور الذاتي× السرعة الزاوية

الزخم الخطي= كتلة الجسم × سرعته

إن زيادة السرعة الزاوية أو الخطية يعنى زيادة معدل تسارع جزء الجسم أو الجسم ومن ثم يجب أن لا يكون هناك أي توقف بين حركات الأجزاء، بل يجب أن تتحرك هذه الأجزاء بحيث تكون متداخلة، أي أن الحركة الثانية لا تبدأ من الصفر، بل تبدأ من حيث ما انتهت إليه الحركة الأولى وهكذا، وكما ذكرنا سابقا أن ظاهرة النقل الحركي في البوميكانيك يمكن تسميتها ظاهرة نقل الزخم (الخطي أو الزاوي) وهناك علاقة بين الزخمين:

الزخم الزاوي= الزخم الخطي× نصف القطر

إن هذا المبدأ يمكن أن يكون مبدأ تعليمي حيث أن التحكم في أنصاف أقطار أجزاء الجسم يمكن أن يسبب الزيادة في الزخم الزاوي أو نقصانه ووفق الأداء، فمثلا إن عمل الجذع يكون جدا مهم في حركة الرمي النهائية للاعب رمي الرمح، ولما كان الجذع يشكل 50% تقريبا من كتلة الجسم كله، حسب نتائج وتجارب وبحوث بعض العلماء والباحثين، ونظرا لكبر كتلة الجذع فان كمية الحركة (الزاوية) الناتجة من حركة الجذع الزاوية تعتبر كبيرة للغاية إذا ما قورنت بكمية حركة الأجزاء الأخرى.

كمية حركة الجذع الزاوية = 50% من كتلة الجسم (كتلة الجذع) × (نصف القطر)^2 × سرعته الزاوية وان كمية الحركة الزاوية هذه يمكن أن تضاف إلى كمية الحركة الزاوية للذراع أثناء لحظة الرمي، فإذا كانت كتلة الجسم 80كغ وطول الجذع 0,7 متر وسرعته الزاوية 660د/ث، وكتلة الذراع هي 7كغ وطولها 0,9 متر وسرعتها الزاوية في نفس اللحظة هي 800د/ث فان الزخم الزاوي للذراع في حالة إشراكها فقط بالحركة يكون:

7كغ× (0,9)^{2}م× 800د/ث = 4536كغ.م^2.د/ث

أما في حالة إشراك الجذع فان كمية الحركة الزاوية للجذع تكون:

40كغ×(0,7)^{2}م×660د/ث = 12936كغ.م^2.د/ث

يمكن أن تضاف إلى كمية حركة الذراع ليكون الأداء فعالا أفضل من استخدام الذراع لوحدها

2-4 مؤشر النقل الحركي الميكانيكي بين الجسم وجسم آخر:

يعد مؤشر النقل الحركي احد المؤشرات الميكانيكية التي تعطي تفسيرا حقيقيا لنوع النقل الحركي المنجز في لحظات الارتقاء في جميع القفزات، وذلك من خلال علاقة زاوية الانطلاق (لحظة الطيران) والطاقة الميكانيكية (مجموعة الطاقة الحركية والكامنة) المنجزة لحظة الارتقاء في لحظتي الاستناد والدفع.

فمن المعروف أن كل لحظة من لحظات الارتكاز هناك مرحلتين مهمتين هما مرحلة الاستناد ومرحلة الدفع، ولكل مرحلة من المراحل يمكن أن نحسب الطاقة الميكانيكية بنوعيها (الكامنة والحركية) والتي تشكل بالنهاية الطاقة الميكانيكية الكلية، لذا يمكن أن نقسم هذه الطاقة وكما ذكرنا سابقا وفقا إلى لحظات الارتكاز عند عملية النهوض إلى:

- الطاقة الكلية لحظة الاستناد وهي تتكون من طاقة حركية وطاقة كامنة.
- والطاقة الكلية لحظة الدفع وهي تتكون من طاقة حركية وطاقة كامنة.

ويمكن أن نطلق على الطاقة الكلية في لحظة الاستناد بالطاقة الكلية الأولى وفي لحظة الدفع الطاقة الكلية الثانية:

الطاقة الكلية الأولى (الاستناد) = الطاقة الكلية لحظة الاستناد/ كتلة الجسم

الطاقة الكلية لحظة الاستناد هي عبارة عن مجموع الطاقة الحركية والكامنة لحظة أول لمس لقدم الرجل الدافعة للأرض (الطاقة الابتدائية).

الطاقة الكلية الثانية (الدفع) = الطاقة الكلية لحظة الدفع/ كتلة الجسم

وهي الطاقة الكلية النهائية قبل ترك القدم للأرض (قبل لحظة الطيران).

إن المغزى من قسمة الطاقة الكلية على كتلة الجسم هو لمعرفة مقدار هذه الطاقة بالجول لكل 1كغ من كتلة الجسم، وتحسب الطاقة الحركية في كل من لحظة الاستناد والدفع من خلال القانون الآتي:

الطاقة الحركية = ½ كتلة الجسم × (سرعته)^2

أما الطاقة الكامنة فتحسب من خلال القانون الآتي:

الطاقة الكامنة = كتلة الجسم × تسارع الجاذبية الأرضية × ارتفاع مركز ثقل الجسم عن الأرض

إذا يمكن أن نستخرج تناقص الطاقة وهي:

الطاقة الكلية الأولى – الطاقة الكلية الثانية

ونستخرج مؤشر النقل الحركي من خلال القانون التالي:

مؤشر النقل الحركي = زاوية الانطلاق/ تناقص الطاقة (د/جول/كغ)

ويمكن استخدام هذا المؤشر في الدلالات التدريبية عند تدريبات لاعبي القفز العالي والقفز بالزانة وعند تدريبات المهارات الهجومية (كالتهديف البعيد من القفز وبعض مهارات الكرة الطائرة كالكبس والإرسال الساحق) في مختلف الألعاب المنظمة فيما يجب أن يتحقق من سرعة خلال الاقتراب ومقدار ما يفقد من هذه السرعة لحظة النهوض وما يترتب على ذلك من دفع قوة مثالي ينسجم مع الأوضاع الميكانيكية للجسم أثناء هذه اللحظة ومع ما يتحقق من عزوم قوى وعزوم مقاومة أثناء هذه المرحلة والتي يجب أن تتناسب مع فقدان قليل للطاقة (الطاقة الكلية) خلال هذه المرحلة وبما يحقق أفضل نقل حركي للاعب.

مسؤول المقياس الدكتور: فؤاد بن فا ضل