

أساليب و وسائل التقييم البيوميكانيكي

الدكتور/ عدي جاسب حسن^١

الدكتور/ عصام الدين شعبان^٢

ملخص

تهدف هذه المحاضرة من إلقاء الضوء عن أساليب ووسائل التقييم البيوميكانيكي للحركات والمهارات الرياضية المختلفة من خلال أن علم البيوميكانيك علم يدرس القوانين العامة للحركة الميكانيكية على الأجسام البشرية ومعرفة التأثير الميكانيكي المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية لمحاولة فهم الأداء في الفعاليات والألعاب الرياضية وتم التطرق أيضا عن مدى مناسبة التقييم البيوميكانيكي في الألعاب الفردية والفرقية فضلاً عن اختلاف الوسائل والأساليب المتبعة بينهما.

وقد تم التوقع والاستناد إلى أن نجاح التقييم البيوميكانيكي للأداء الرياضي الذي نريد التأثير فيه هو وجود حالة متابعة أي يمكن متابعة هذا التقييم إلى حد النهاية المنطقية لها ولكن من النادر وجود هذه الحالة بينما يكون هناك شك في النجاحات المرتبطة بالتقييمات البيوميكانيكية للأداء وعدم تأكد وارتباك بخصوص ما يمكن توقعه من هذه الخدمة وما يمكن أن يكون تأثيره لأن العملية التي تقود إلى الأداء المثالي أقل تحديداً وتعريفياً في علم البيوميكانيك عما هو الحال في أمور أخرى من معرفة الأداء العلمي الرياضي، حيث نعتقد أن الأسباب لذلك هي أن أدوات القياس البيوميكانيكي متنوعة ومعقدة ومستهلكة للوقت وبصورة عامة غالية التكاليف. إضافة إلى أنه لا يتم تثبيت المتغيرات الأدائية الرئيسة ويمكن أن تتنوع من رياضة لأخرى ومن مهارة لأخرى. وإن استراتيجيات التدخل غير متطورة وتتطلب تنفيذ عدد من المهارات ومن الصعوبة معرفة مدى نجاحها بصورة موضوعية.

وهذه الأسباب مجملها تم التطرق إليها بشكل مفصل وإمكانية وضع الحلول المناسبة لذلك لتكون نافذة للباحثين والمدربين واللاعبين على حد سواء من فهم معمق لأساليب ووسائل التقييم البيوميكانيكي لما لها من أهمية على تطور الأداء فضلاً عن استعراض الكثير من البحوث والتجارب بهذا الخصوص إضافة إلى الحديث عن أهم وحدث الوسائل والأساليب المتبعة في التقييم البيوميكانيكي من أجهزة وبرامجيات تخدم التقييم البيوميكانيكي السريع والدقيق.

^١ أستاذ الميكانيكا الحيوية المساعد بقسم التربية البدنية والرياضية - كلية التربية/المكلا - جامعة حضرموت للعلوم والتكنولوجيا-اليمن.

^٢ دكتوراه القياس والتقييم في العلوم الرياضية (جامعة ليزج - ألمانيا)، مدرس بقسم المناهج وتدريب التربية الرياضية بكلية التربية الرياضية-جامعة أسيوط- مصر.

المقدمة:



أن استخدام أجهزة القياس الحديثة أصبح اليوم من وسائل التدريب في كثير من المجالات الرياضية والتي بواسطتها تساعد المدرب واللاعب في عملية التقويم بصورة مباشرة وموضوعية. فتقويم وقياس المتغيرات في أي مجال من المجالات بدقة يعد الهدف الأساسي الذي يعمل على الارتقاء بعمليات التدريب وبالتالي الإنجاز الرياضي للاعب وإن أي تقدم واكتشاف المواهب الرياضية يعتمد وبشكل كبير على مدى تقدم وسائل تقويم وقياس متغيراته ودقتها وجودتها. ويعتمد التقويم على القياس بصورة مباشرة. فبدون القياس تكون عملية التقويم غير ممكنة وبدون التقويم لا يوجد تغذية راجعة وبدون التغذية الراجعة لا يوجد معرفة عن النتائج وبدون النتائج لا يمكن أن يتحسن الأداء. لذا يستطيع العاملون في مجال البيوميكانيك أن يقدموا خدمة علمية تساعد في تحقيق

أداء مثالي للفعاليات والألعاب الرياضية، وهم قادرون على توفير أدوات قياس تهدف إلى تحقيق النوعية للمتغيرات البيوميكانيكية الرئيسة ذات العلاقة بالأداء، ويبدو أن العاملين في مجال البيوميكانيك والذين أجروا برامج بحوث تطبيقية في بعض الفعاليات والألعاب الرياضية قادرين على إظهار النجاح، حيث تم الاستنتاج بأن هؤلاء العاملون يحتاجون إلى دعم ادعائهم بأنهم قادرون على التأثير في نتائج الأداء بالتمرين المرتكز على دلائل أكثر.

إن البيوميكانيك علم يدرس القوانين العامة للحركة الميكانيكية على الأجسام البشرية ومعرفة التأثير الميكانيكي المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية لمحاولة فهم الأداء في الفعاليات والألعاب الرياضية ونتيجة ذلك يؤثر على نتائجها والتي تفهم عموماً بأنها تقليل الإصابات وتحسين الأداء لذلك سوف نضع في الاعتبار بهذه المحاضرة العملية التي بواسطتها يحاول العاملون في مجال البيوميكانيك التأثير في تحسين الأداء.

إن البيوميكانيك يكون مناسباً بصورة خاصة لتقييم المهارات الرياضية التي يتحدد نجاحها بصورة رئيسية بالتنفيذ الفني لتلك المهارات، هذا بالمقارنة مع تلك الرياضيات التي يتحدد نجاحها بصورة مهمة بالقبليات الفسجية (مثل ركض المسافات الطويلة) أو القبليات النفسية (مثل رمي السهام) أو قابليات أخرى.

بما أن العديد من الرياضيات ذات المكونات الفنية العالية هي أيضاً رياضيات فردية فإنه ينبع من ذلك أن البيوميكانيك خاصة يكون مناسباً للتطبيق في هذه الرياضيات بالرغم من أنه أيضاً قادر على توفير المعرفة في المهارات التي يُظهرها الأفراد في الألعاب الجماعية ومنها لعبة كرة القدم.

ومن النادر أن نجد مدرب أو لاعب يبحث عن خبرة وخدمة العامل في مجال البيوميكانيك والذين يحتاجون مستوى أكثر تفصيلاً من المعلومات التقنية حول الأداء لأن العامل في مجال البيوميكانيك يقوم بتقييم كمي للأداء الرياضي ويوفر معلومات فنية حولها ويساعد في تفسير البيانات وربما يكونوا أيضاً جزء من الفريق الذي يُقرر إذا كان هناك داعي لإستراتيجية التدخل ولكن من المحتمل أن يكون هو الشخص الذي ينفذ هذه الإستراتيجية .

وان من المتوقع أن نجاح التقييم البيوميكانيكي للأداء الرياضي الذي نريد التأثير فيه هو وجود حالة متابعة أي يمكن متابعتها إلى حد النهاية المنطقية لها ولكن من النادر وجود هذه الحالة بينما يكون هناك شك في النجاحات المرتبطة بالتقييمات البيوميكانيكية للأداء وعدم تأكد وارتباك بخصوص ما يمكن توقعه من هذه الخدمة وما يمكن أن يكون تأثيرها

هذا لأن العملية التي تقود إلى الأداء المثالي أقل تحديداً وتعريفياً في البيوميكانيك عما هو الحال في أمور أخرى من معرفة الأداء العلمي الرياضي ، وان الأسباب لذلك هي :

- ١- أن أدوات القياس البيوميكانيكي متنوعة ومعقدة ومستهلكة للوقت وبصورة عامة غالية التكاليف.
- ٢- عادة لا يتم تثبيت المتغيرات الأدائية الرئيسة ويمكن أن تنتوع من رياضة لأخرى ومن مهارة لأخرى.
- ٣- إن استراتيجيات التدخل غير متطورة وتتطلب تنفيذ عدد من المهارات ومن الصعوبة معرفة مدى نجاحها بصورة موضوعية.

وسنحاول في هذه المحاضرة أن نوضح العملية التي بها يمكن أن نقودنا إلى التقويم البيوميكانيكي للأداء المثالي والنظر في هذه الأسباب الثلاثة.

أولاً: أدوات القياس البيوميكانيكي:

إن تطبيق البيوميكانيك في الفعاليات والألعاب الرياضية أمر حديث نسبياً يمتد بصورة رئيسية على مدى العقود الثلاثة الأخيرة ، حيث كان التقدم سريعاً بهذا المجال ولكن يتحدد بصورة كبيرة بوجود حاسبات منضدية ومعدات تحليل وتسجيل ذات علاقة. وتم توجيه الكثير من الجهد في الميكانيكا باتجاه تثبيت أدوات قياس مناسبة وإجراءات لتحديد نوعية الحركة البشرية حيث يوجد حالياً عدة أدوات تحليل بيوميكانيكية يمكن الاعتماد عليها ومتوفرة للعاملين في هذا المجال سواء للبحث أو لتقييم الأداء وهي تشمل على تحليل الحركة وتحليل منصة قياس القوى والخط الإلكتروني ومقياس السرعة والتعجيل، هذه التقنيات تمكن على القياس المباشر للمتغيرات الميكانيكية التي تمثل الأداء والأداة المستخدمة في اللعبة أو الفعالية ، ولكن بصورة عامة أن هذه التقنيات معقدة بعض الشيء فيما يخص الحصول على المعلومات وتفسيرها، وبما أن المعلومات مطلوبة عادة فيما يخص مزايا الأداء أثناء التنافس فإن أفضل طرق التحليل هي تلك التي تسمح بالتحسس عن بُعد أو التي لا تتداخل أصلاً مع الأداء ، وهكذا فإن الأداة الأكثر شهرة المستخدمة في الفعاليات والألعاب الرياضية هي التحليل الحركي باستعمال التصوير السينمائي أو الفيديو (شكل ١)، وقد تم استعمال متحسسات عن بُعد بنجاح لقياس المتغيرات مثل السرعة في العدو السريع والقوة في مهارات القفز للألعاب والفعاليات الرياضية.

أن العاملين في مجال علم البيوميكانيك يلجئون إلى استخدام أساليب ووسائل التقييم المناسب لدراسة المهارات الأساسية التي يؤديها اللاعب مع مراعاة خصائص تلك المهارات وإمكانية تحديد الأسباب الميكانيكية والخصائص الديناميكية الحيوية للمهارات الرياضية ، لذا يرتبط أسلوب التقييم البيوميكانيكي بالطريقتين الخاصتين بالتحرف على علم البيوميكانيك وهما أسلوب البيوكينماتيكي وأسلوب البيوكينتك.

ومن أهم وسائل تحقيق الأسلوب البيوكينماتيكي منها ما يلي :-

١. القياس اللحظي بواسطة الخلايا الضوئية Electronic Stroboscopic
٢. جهاز ضبط الزمن Cronograph
٣. التصوير بالأثر الضوئي Chronophotography
٤. تصوير النبضات الضوئية Cyclogrametry
٥. جهاز تسجيل السرعة Speedography
٦. التصوير السينمائي Cinematography
٧. التصوير الدائري Chrono Cyclography
٨. التصوير الفيديوي Videography



شكل رقم (١)

يوضح إحدى وسائل الأسلوب البيوكينماتيكي.

أما أسلوب البيوكينتك فإنه يستخدم أجهزة تسجيل القوى التي تستغل الحقيقة القائلة بأن مقاومة الأرض تساوي في مقدارها كقوة لرد فعل تلك القوة العضلية المؤثرة في وضع الارتكاز فإذا كانت هذه القوة تقابل قاعدة مرنة ، فإن هذه القاعدة تحرف بما يماثل مقدار تلك القوة بشكل أو بآخر.

كما أمكن التوصل إلى استخدام إمكانية التحويل الميكانيكي للقوة إلى قيمة كهربائية عن طريق استخدام أجهزة قياس كهروضاغوية أو تأثيرية أو حثية أو غير ذلك من الأجهزة مما أدى تعدد أنواع أجهزة القوى إلا أنها تعتمد في تصميمها على أساسين هما:-

أ. الأساس الميكانيكي.

ب. الأساس الكهربائي.

وتشير بعض المصادر إلى أن أجهزة تسجيل القوى المبنية على أساس ميكانيكي يعيها ما لها من قصوراً ذاتياً كبيراً مما يؤثر على القراءات ، ويمكن الاعتماد على نتائجها في الاستفادة بها في حالات إجراء الأبحاث الأولية ويعنى بذلك بعض الأجهزة المبسطة المعروفة عن أبلاكوف Abalakowf وجندلاخ Gundlach وماير Mayer ويور Your . وبالرغم من إمكانية استخدام هذه الطرق باختلاف أنواعها في تصميم أجهزة قياس القوة في المجال الرياضي إلا أن الأجهزة التي تعتبر أكثر انتشاراً في الوقت الحالي تلك الأجهزة التي تسير على أساس التوتر التي تسمى بمنصات القوى

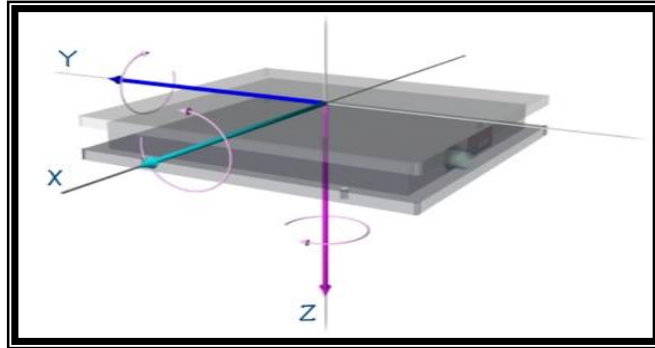
ومن أهم المنصات الشائعة الاستخدام في مجال دراسة المهارات الحركية في مجال الميكانيكا الحيوية هي:-

١. منصة القوى المستخدمة لدراسة حركة المشي.

٢. المنصة الثلاثية للقوى.

والمنصة الثلاثية للقوى هي الأكثر استخداماً في التحليل البيوديناميكي للمهارات الرياضية ويطلق عليها منصة قياس القوة Force Plate Form والتي تسجل ثلاث مركبات للقوى مركبة عمودية (Fy) ومركبتان أفقيتان متعامدتان (Fx,Fz) كما موضح بالشكل رقم (٢) إضافة إلى زمن التماس مع المنصة (t) ويرتبط بهذه المنصة جهاز حاسوب ألي

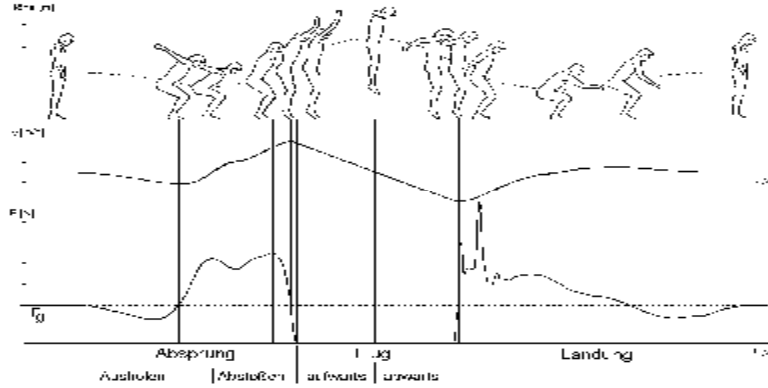
حيث يتم برمجة أجزاء الحركة وفق تسلسلها ويبدأ العمل بتسجيل الحركة للحصول على منحنيات القوة حيث يمكن إظهارها مباشرة على شاشة الحاسوب ومن ثم يتم طباعتها على ورق.



شكل رقم (٢)

يوضح إحدى منصات قياس القوى.

أن الميزة العلمية لاستخدام هذه المنصة هو أن الأشكال البيانية التي تزودنا بها تمثل أحداثين يمثل الإحداثي العمودي مؤشر القوة بينما الإحداثي الأفقي مؤشر الزمن المستغرق للأداء فضلاً عن ذلك يمكن احتساب زمن حدوث أي قيمة للقوى في أي لحظة من لحظات حدوث الحركة.



شكل رقم (٣)

يوضح منحنى القوة_الزمن خلال مراحل الاداء.

وهناك منصات صممت من قبل بعض الباحثين بأشكال متعددة مربعة ومستطيلة ولأغراض عديدة ولفعاليات رياضية متنوعة كالوثب الطويل عند أيمن شاكور محمود (١٩٩٢) والوثبة الثلاثية عند حاجم شاني عودة (١٩٩٥) وعدو مسافات قصيرة عند حسين مردان عمر (١٩٩٦) والقفز العالي عند قاسم محمد حسن (٢٠٠١) وفي رفعة الخطف عند وديع ياسين التكريتي (١٩٩٣) وفي المبارزة عند خالد محمد عطيات (١٩٩٧) وفي التنس الأرضي عند علي سلوم جواد (١٩٩٧) وفي الجمباز عند احمد توفيق (١٩٩٦) وفي فعاليات السباحة عند عارف محسن الحساوي (١٩٩٦) وولاء طارق حميد (٢٠٠٠) أما في الألعاب الجماعية فقد استخدمت من قبل عبد الجبار شنين (١٩٩٨) في كرة اليد أما في الكرة الطائرة فقد استخدمها كلاً من عامر جبار (١٩٩٨) ويعرب عبد الباقي داخ (٢٠٠٢) وفي كرة السلة عند خالد نجم عبد الله (١٩٩٧) وفي كرة القدم عند عدي جاسب حسن (٢٠٠٦).

وقد أمكن عملياً من خلال استثمار التعاون بين العاملين في مجال التحليل البيوميكانيكي والعاملين في مجال صنع الأجهزة من استخدام أجهزة تسجيل القوة الموضوعه على جزء من الجسم كوضعه في يد الملاكم أو وضعه في حذاء

القافز وغير ذلك إلى أن أنتهى الأمر إلى وضعه على رأس اللاعب أثناء أدائه الضرب بالرأس كما موضح في الشكل رقم (٤) ورغم النتائج الطيبة التي تخبرنا عنها هذه الأجهزة إلا أنها تعيق الحركة المنفذة وبالتالي قد تعطي نتائج غير دقيقة ولا تعبر عن الحالة بشكل صادق.



شكل رقم (٤)

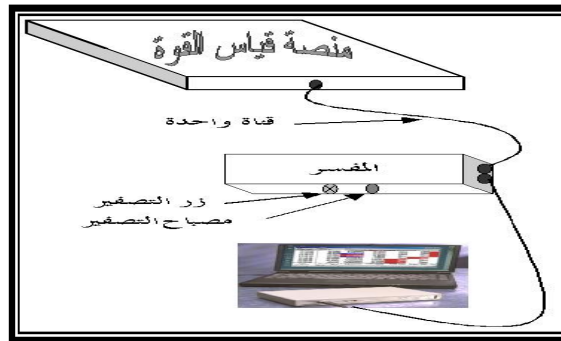
يوضح أحد الأجهزة الموضوعة على اجزاء الجسم.

أن جميع أنواع المنصات المستخدمة ترتبط بالحاسوب بواسطة جهاز مفسر سمي بجهاز التصفير وهذا الجهاز كما موضح في الشكل رقم (٥) عبارة عن صندوق يحتوي على قطع الكترونية واجبه كما يأتي :-

1. تكبير الجهد المتولد على المتحسسات بسبب تغير تسليط القوة على المنصة.
2. تحويل الجهد الكهربائي إلى قيم رقمية (١٠٠) باستخدام المحول. Analog to Digital.
3. تصفير القيم الرقمية عند عدم وجود وزن على المنصة.
4. المعايرة.

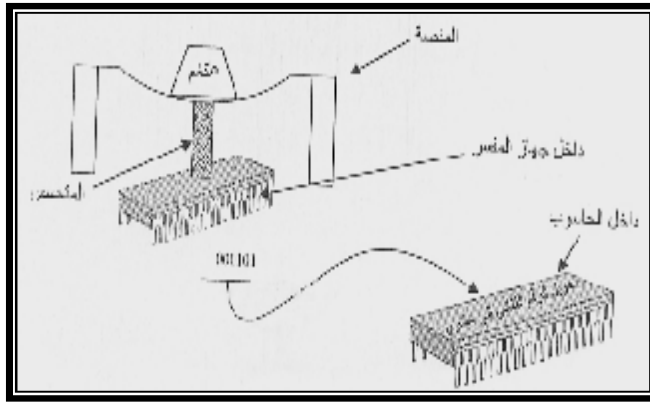
أن أهم مرحلتين في المفسر هو مرحلة التصفير والمعايرة ويتم التحكم بالتصفير خارجياً، وللإسالة تربط مع هذه المرحلة مصباح بلون احمر أو ازرق (LED) فيحاول الباحث تدوير مفتاح (زر التصفير) لحين إطفاء المصباح حيث ينير هذا المصباح عند وجود وزن على الجهاز، أما المرحلة الثانية فهي المعايرة أي "وضع القيم ضمن معيار موحد" وهذه هي المرحلة الأخيرة التي تلي تصميم شكل المعدن وربط القطع الإلكترونية وتوصيل المنصة مع المفسر والحاسوب.

شكل رقم(٥)



يوضح كيفية ربط منصة قياس القوة بالمفسر.

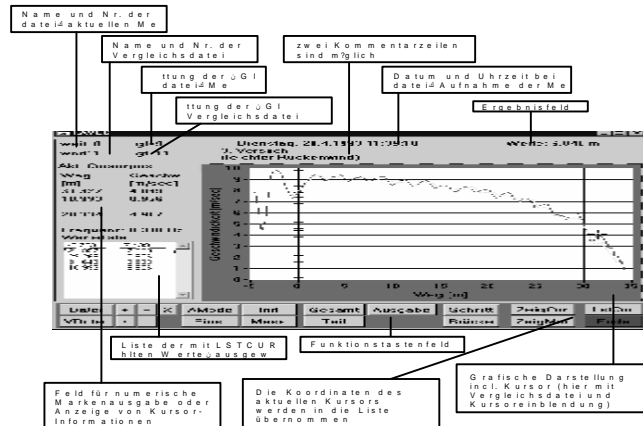
وفي مرحلة المعايرة يجري اختبار تطابق قيم الأوزان الموضوعه على المنصة مع القيم الناتجة على شاشة الحاسوب في حالتها الاستطالة (التصاعدي) وإزالة الأثر (التنازلي) ، وفي المرحلة نفسها يحدث بسبب الضوضاء الإلكتروني (Noise) أو أخطاء التصميم زيادة أو نقصان القيم الناتجة عن القيم الحقيقية الموضوعه على المنصة مما لا يمكن تفاديه إلا بافتراض رقم ثابت (Factor) كعامل تصحيح يثبت في برنامج الحاسوب إذ أن الحاسوب هو الذي سيتولى تحويل القيم الرقمية (١،٠) إلى قيم عشرية كما موضح ذلك في الشكل رقم (٦).



شكل رقم (٦)

يوضح تحويل الجهد الكهربائي إلى قيم رقمية (١،٠).

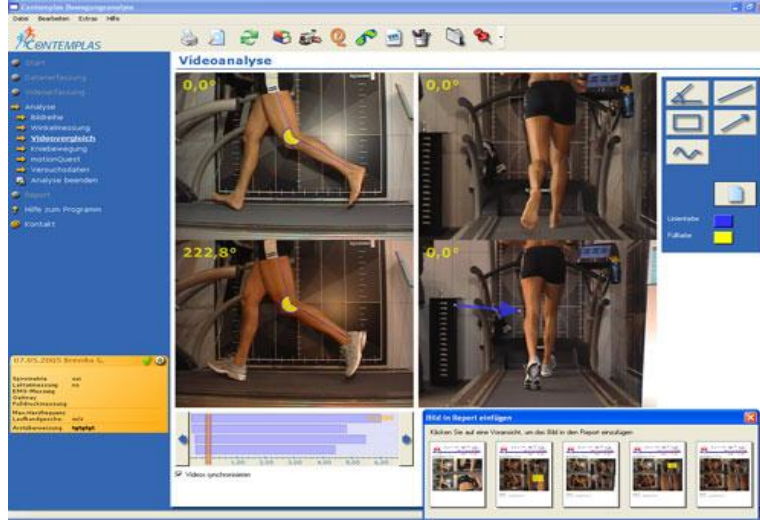
ومن خلال ذلك نلاحظ أن أدوات القياس البيوميكانيكية بصورة عامة غالية وإن العمليات الخاصة باستخراج البيانات منها تكون عادة مستهلكة للوقت ، إلا أن هناك بعض الاستثناءات مثل ركضة التقرب السريعة في ألعاب القفز المبنية على استعمال أبواب ضوئية توقيتيه ولكن التقييم البيوميكانيكي كان قديماً مبني بدرجة أساسية على التحليل الحركي الذي يعتمد على طرق يدوية أو شبه أوتوماتيكية ، ومؤخراً بدأ الاتجاه بالاستفادة قدر الإمكان من عالم الكمبيوتر والبرمجيات المستخدمة فيه وعلى الرغم من أنها معقدة ويعتمد برمجتها واستحصال البيانات من قبل مختصين في هذا المجال إلا أن نتائجها تكون أكثر دقة ومنها التحليل البيوميكانيكي باستخدام البرمجيات في الكمبيوتر (-VCD Cutter- Adobe Photoshop-Adobe Premiers-AutoCAD-Sportmotion-QuinicPlayer-MaxTRAQ-(DARTFISH-Kwon3D-LAVEG-TEMPLO



شكل رقم (٧)

LAVEG يوضح واجهة تطبيق برنامج

مكتبة الأستاذ الدكتور حسين مردان عمر

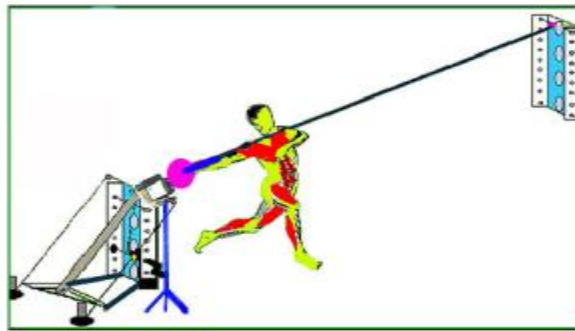


شكل رقم (٨)

يوضح واجهة تطبيق برنامج TEMPLO

وكذلك تم مؤخراً من استخدام منصة قياس القوى بالاعتماد على البرمجيات الحديثة في الكمبيوتر وليس على الحاسبات القديمة (الوركاء - أور) ، وساعد هذا على استثمار الكثير من الوقت والجهد فضلاً عن الدقة في الحصول على النتائج.

وقد تمكن عصام الدين شعبان ٢٠٠٤ من استحصال معلومات عن المتغيرات الكينماتيكية المهمة في رمي الرمح بزمن قياسي جدا بحدود (٢٥-٣٠) ثانية من خلال استخدام جهاز حديث يتم توصيل جهاز ليزر بجهاز 12V AKKUBETRIEB ووصلات اتصال ذات مواصفات خاصة للاتصال بجهاز الكمبيوتر مع برنامج Das3. والشكل الآتي يوضح مدى استخدام الجهاز في مسابقة رمي الرمح.



شكل رقم (٩)

يوضح احد اجهزة الرمح باستخدام اشعة الليزر.

حيث يتم تثبيت شكل V من الحديد على الأرض ويتم ربط شكل U من الحديد بوضع عمودي وفي الجهة المقابلة يتم تثبيت بشكل عمودي شكل U وبه ٩ فتحات للتحكم في زاوية الرمي بمدى يتراوح بين ٢٦-٤٠ درجة. ويتم شد سلك بسلك (10 mm) ويتحرك على السلك المشدود أداة قصيرة بشكل الرمح وبوزن ٨٠٠ جرام وطول ٣٠ سم وقطرها ٢.٥ سم. ويتم تثبيت في مؤخرة هذه الأداة قرص عاكس للأشعة بقطر ٢٥ سم لاستقبال وعكس شعاع الليزر بجهاز LAVEG وذلك لقياس المتغيرات الفيزيائية بصورة مباشرة وموضوعية وسريعة في زمن أقل من (١٠ ث) بواسطة جهاز كمبيوتر مع برنامج DAS3 وذلك لتحديد علاقة السرعة والمسافة والمسافة بالزمن والسرعة بالزمن مع رسم بياني لتحديد هذه العلاقة على المحور Y, X.

ثانياً: - تشخيص المتغيرات القياسية الرئيسة:

من المحتمل أن أكثر المهام صعوبة للباحث في مجال البيوميكانيك هي تشخيص متغيرات القياس الرئيسة ذات العلاقة بنتيجة الأداء، وهذه التشخيص ليست مهمة سهلة ومن الأفضل أن يُعين الباحث كيفية التعامل مع هذه الناحية وذلك باستعمال عادة واحد من ثلاثة مناهج يتم مناقشتها فيما يلي:

أ- العلاقة بين متغيرات القياس والأداء:

يُحدد العاملون في مجال البيوميكانيك عادة متغيرات القياس الخاصة ذات العلاقة بنتيجة الأداء على أساس المتغيرات المثبتة والمتوقعة على أساس تحليل ميكانيكي بسيط أو على أساس المنطق أو كما يُخصصه الرياضي أو المدرب. تنتج المتغيرات المثبتة من تحليل علمي سابق، ربما يركز على اختبار الفرضية أو على نموذج رياضي ومحاكاة الأداء، وإن الجهد في هذه المناهج لا بأس به ومحدود بتوفير ورغبة الرياضيين ذوي المستوى العالي للمشاركة في البحوث التجريبية وبالتالي توفر النموذج للفعاليات والألعاب الرياضية وبالرغم من أنها ليست مناسبة مثاليًا للبحوث التجريبية فإن البيانات المستخرجة من الدراسات المسحية تستعمل أحياناً بنجاح لأختبار الفرضيات أو للمساهمة في تعريف وتحديد نماذج الأداء.

من تلك المتغيرات التي يتوقع أن يكون لها صلة مبنية على تحليل ميكانيكي بسيط هي قياسات الموقع (مثل نقطة الانطلاق من عارضة العقلة في الجمباز أو مسار العمود الحديدي (البار) في رفعة الخطف عند رافعي الأثقال) والسرعة (كما في العدو السريع) ومعايير انطلاق الدفع (كما في الألعاب أو المهارات التي يكون بها دفع الجسم أو الأداة لتحقيق مسافة أفقية أو عمودية كما في فعاليات القفز والرمي ومهارات القفز والرمي بكرة القدم) والزاوية للجسم ككل (كما في الجمباز الذي يتطلب مرجحة ولف الجذع والغوص والترامبولين) وكما في كرة القدم عند مهارة ضرب الكرة بالرأس). وتتعلق هذه البيانات عادة بالبيانات المعيارية المتوفرة للمستوى الأدائي والرياضي مثلاً ذكور وإناث وناشئين وشباب ومتقدمين وبالرغم من أنه في عدة فعاليات وألعاب يوجد كم كبير من هذه البيانات المنشورة لتغطية كل مجالات الأداء.

بما أن المهارات الرياضية أصبحت أكثر تعقيداً فإن العاملين في مجال البيوميكانيك أستعملوا نهجاً منطقياً مبنياً على معلوماتهم حول الميكانيكية والتفاعل بين الأجهزة المعقدة والمهارة الرياضية للمساعدة في تشخيص المتغيرات الرئيسة للقياس، هذا المنهج غير أكيد ولكنه مُستعمل بصورة عامة وواسعة ويحتاج إلى معرفة جيدة حول الرياضة وهذا المنهج مستند على "مبادئ الحركة" الأكيدة وبينما هذه المبادئ غالباً ما يتم اقتباسها فإن هناك محاولات قليلة من قبل العاملين في مجال البيوميكانيك لتوضيح هذه المبادئ والاتفاق عليها ولخلق قاعدة تحليلية قوية منها لأجل التقييم البيوميكانيكي للأداء

، مثلاً أحد "مبادئ الحركة" هو ذلك الخاص بإنتاج سرعة عالية لنقطة النهاية عن طريق حركة متعددة للمكوّن (كما في رمي الرمح ومهارة الركل بكرة القدم والإرسال في التنس) حيث يُعتقد بصورة كبيرة حدوث تتابع في المسافة فهناك دليل لتأكيد حدوث مثل هذا التتابع ولكن البحوث الحديثة أظهرت بأن العملية ربما تكون أكثر تعقيداً كما يُعتقد للوهلة الأولى وخاصة بالنسبة لحركة الأطراف.

في تحليل لضربة الأرسال في التنس أفرح Springs.et.al 1994 طريقة لتحديد نوعية الدوران المحوري للذراع الضاربة (العضد والساعد) مبنياً على تحليل حركي ذو ثلاثة أبعاد تبين أن هذه المتغيرات كانت مكونات رئيسية للسرعة النهائية لمقدمة المضرب ، وهكذا فإن من الواضح بأنه دون المعلومات الحديثة والقابلية على قياس الإسهام المحوري فإن أي منهج "منطقي" ربما يستعمله العاملين في مجال البيوميكانيك لتحديد المتغيرات الرئيسية للألعاب المضرب لن يكون مضبوطاً، على أية حال هناك بعض النصائح الناجحة المأخوذة من أعمال أُتخذت هذا المنهج . وصف Hay and koh 1988 تحليلاً لمرحلة التقرب في الوثب الطويل والوثبة الثلاثية أستعملوا المنطق لتقرير المقياس الأفضل لتحديد فيما لو يستعمل الواصلون استراتيجيات سيطرة بصرية أو مبرمجة للسيطرة على ركضة التقرب حيث كانوا قادرين على تشخيص الواصلين الذين كان لهم تقرب مبرمج جيد أو رديء وأولئك الذين كانوا قادرين أو غير قادرين على تزويد هذا ودعمه بإستراتيجية سيطرة بصرية أثناء الخطوات القليلة الأخيرة ، على أساس هذا التحليل أستطاع هذان المؤلفان أن يُقدما نصائح تدريبية خاصة لأولئك الرياضيين الذين أحتاجوا إلى تطوير قابلياتهم لتقليل الأخطاء ، في النهاية فإن أفضل المتغيرات هي تلك التي أثبتت منفعتها.

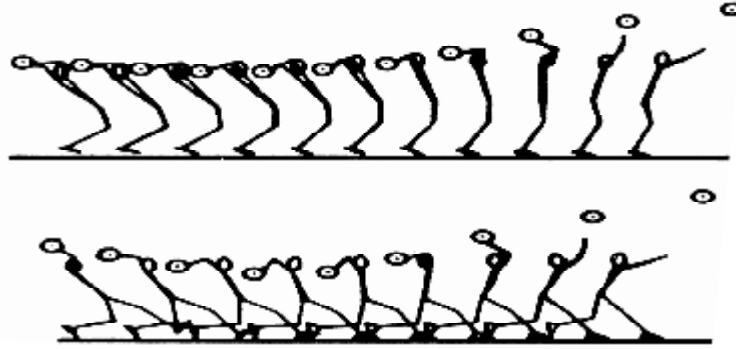
ففي إحدى الدراسات لعدي جاسب حسن (٢٠٠١) عن مهارة التهديف بكرة القدم وجد أن أهم المتغيرات المؤثرة في الأداء هي:- (زاوية مفصل القدم للرجل الراكلة وزاوية مفصل الركبة للرجل الراكلة وزاوية ميلان الجذع والسرعة الزاوية والمحيطية للرجل الراكلة وزاوية وسرعة طيران الكرة).



شكل رقم (١٠)

يوضح التسلسل الحركي لمهارة التهديف بكرة القدم
للاعب المنتخب الوطني العراقي نشأت اكرم.

أما مهارة الرمية الجانبية فقد رأى عدي جاسب حسن بإحدى دراسته ٢٠٠٥ أن من المتغيرات ذات الأولوية بالتأثير هي (السرعة الزاوية والمحيطية لمفاصل الكتف والمرفق والرسغ وارتفاع نقطة الانطلاق وزاوية وسرعة طيران الكرة إضافة إلى مسافة الرمي).



شكل رقم (١١)

يوضح التسلسل الحركي لمهارة الرمية الجانبية

وفي دراسة أخرى وجد أن من المتغيرات المهمة في مهارة التهديد بالرأس من القفز (٢٠٠٦) هي: - (السرعة الانتقالية للجسم وزاوية الهبوط والنهوض وزاوية مفصل قدم الرجل الدافعة وزاوية مفصل الركبة للرجل الدافعة وارتفاع نقطة مفصل الورك قبل لحظة ترك الأرض وأقصى انثناء لمفصل الركبة للرجل الدافعة وزاوية الجذع عند أقصى انثناء لمفصل الركبة للرجل الدافعة وزاوية طيران الجسم والسرعة المحصلة لنقطة مفصل الورك بعد النهوض وارتفاع نقطة مفصل الورك وزاوية الجذع وزاوية الرأس لحظة ضرب الكرة ومعدل السرعة الزاوية والمحيطية للجذع ومعدل السرعة الزاوية والمحيطية للرأس وزاوية وسرعة طيران الكرة بعد الضرب).

بينما يتطلب من العاملين في مجال البيوميكانيك أن يقيسوا المتغيرات التي يحددها المدرب أو اللاعب إضافة إلى الخبراء والمختصين في مجال اللعبة ومن المحتمل أن تكون هذه القياسات وصفية للفعل أو الحدث كأمر تقع مؤقتاً، لذا فإن للعاملين في مجال البيوميكانيك واجباً يؤدونه ليواصلوا بين المتغيرات الخاصة والأساس النظري المناسب ويساعد هذا في تبرير قياساتهم وربما يؤدي إلى متغيرات أخرى تم تشخيصها بأنها ذات علاقة بالأداء وأن إيجابية هذه المناهج هي أنها مباشرة مما يعني أن النتائج مفهومة من قبل اللاعب والمدرب إلا أن من مساوئها هو إمكانية تحديد متغيرات غير صحيحة أو إهمال متغيرات رئيسة مهمة في الأداء الرياضي.

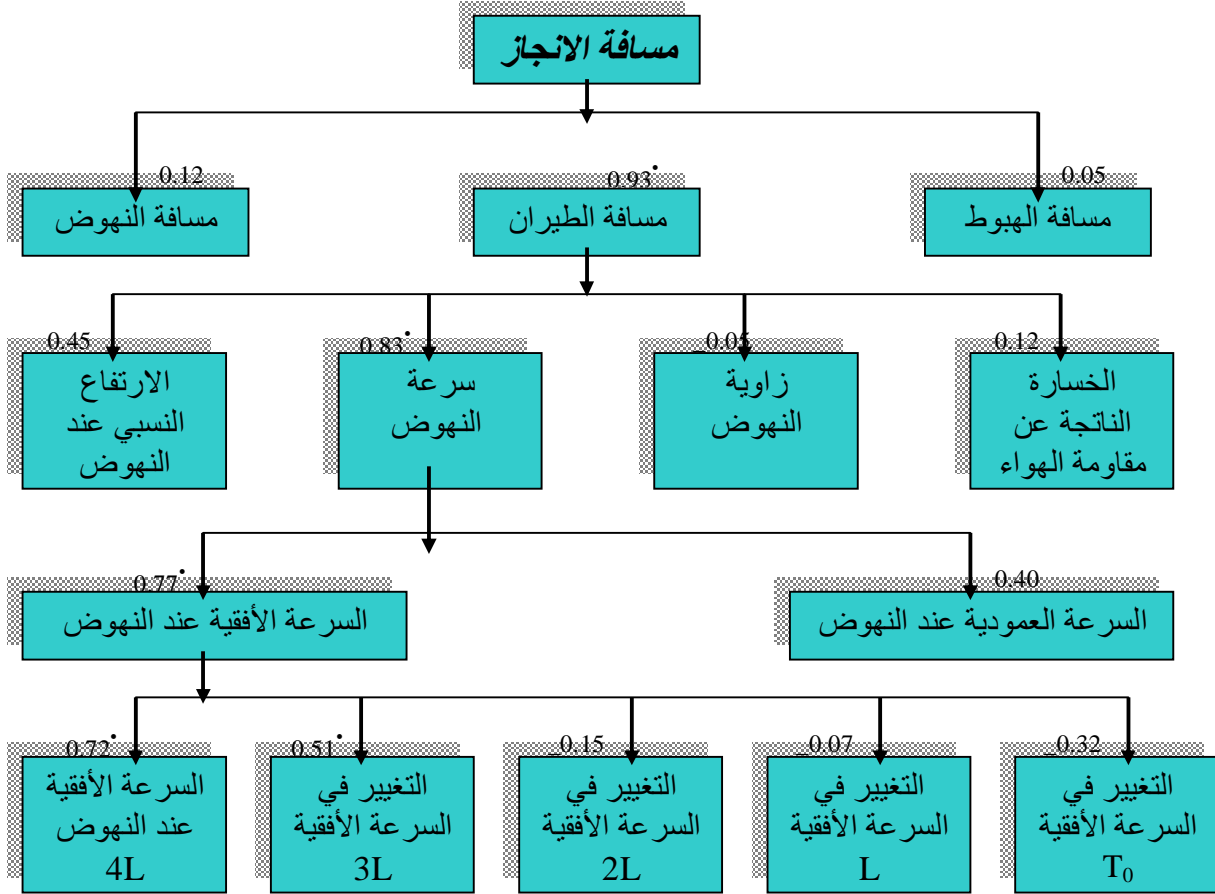
ب- العلاقة مع الأداء المبني على إطار نظري:

توجد أطر نظرية لإرشاد عملية تشخيص متغيرات القياس الرئيسية ولكن عادة لا يستعملها العاملون في مجال البيوميكانيك، أحد أشهر الأطر الموجودة هو إطار التحديد الهرمي المستند على حاصل الأداء الذي أوجده Hay et.al 1986 حيث يشخص هذا المنهج نتيجة الأداء وبعد ذلك في المستوى التالي للهرم يُحدد العوامل الميكانيكية التي تعتمد عليها نتيجة الأداء، تتكرر هذه العملية إلى أن يتم تحديد كل العوامل ذات الصلة.

مثال على ذلك أنظر إلى الوثب الطويل الموضح في الشكل رقم (١٢) حيث تُقسم مسافة الانجاز إلى مسافة النهوض ومسافة الطيران ومسافة الهبوط، ويكون الأهم من هذه المسافات هي مسافة الطيران ولذلك يتم تطويرها في المستوى التالي حيث يتم تحديد الطيران بمعايير الانطلاق الخاصة بالارتفاع وزاوية وسرعة النهوض بالإضافة إلى مقاومة الهواء، ويتقدم هذا الإطار إلى أن يمكن من خلاله تحديد كل العوامل التي تؤثر على الأداء.

إن إيجابية هذه الطريقة هي أن الطرح على شكل مخطط يسمح أن ترى كل العوامل ذات الصلة بالأداء ويلمحة واحدة، وإن العلاقة بين كل عامل تكون مستندة على مبادئ ميكانيكية ثابتة وقوية، حاول Hay and et.al 1986 أن

يثبتوا كيف أن هذا المنهج نشيط وفعال وقوي للوثب الطويل وذلك بتثبيت العلاقة بين كل من العوامل التي تم تشخيصها حيث وجدوا أنه يوجد بالحقيقة علاقات قوية بين بعض هذه العوامل ويبدل على ذلك معاملات الارتباط الموجودة إلى جانب الخطأ الذي يربط بينها وكما في الشكل رقم (١٢). وهناك انجذاب كبير إلى منهج من هذا النوع وذلك يرجع بصورة كبيرة إلى حقيقة أن أسس النموذج تستعمل مبادئ مثبتة بصورة جيدة.



تشير هذه الفقرات إلى أن الخطوات (4L,3L,2L,L) هي الخطوة الرابعة والثالثة والثانية والأولى قبل النهوض على التوالي بينما (T₀) تشير إلى النهوض.

شكل رقم (١٢)

يوضح نموذج تقييم أداء الوثب الطويل وترابطات الترتيب الصفوية بين المتغيرات المنتخبة

ج- الربط الإحصائي بين متغيرات الأداء ونتيجة الأداء .

بالنسبة للعديد من المهارات المعقدة يكون التحليل الميكانيكي البسيط غير نافع لتحديد متغيرات الأداء الرئيسية، وأن التعقيد ربما يجعل المنهج المنطقي صعباً وقد يكون مستحيلاً.

وفي هذه الظروف هناك محاولة لتشخيص متغيرات القياس الرئيسية وذلك بقياس عدد كبير من متغيرات الأداء وبتشخيص تلك المتعلقة بنتيجة الأداء باستعمال الأساليب الإحصائية. ومن الممكن غالباً أن تكون حالة الأحتواء متغيرات محددة من نتائج دراسة سابقة وأطر نظرية ومعرفة بالمهارة والجدل المنطقي ، فإذا كان تحقيق قادراً على

استعمال اثنين أو أكثر من مجاميع القابلية (مثلاً لاعبين وطنيين مقابل لاعبين دوليين) وقد نعطي الفروقات بين المتغيرات المقاسة لكل مجموعة دلالة على أي متغير هو الأكثر حساسية لنتيجة الأداء، مثال على ذلك دراسة علي جواد عبد ٢٠٠٥ حيث درس الفروقات الحاصلة بين المتغيرات الكينماتيكية المميزة لأداء لاعبي رمي الرمح بين أبطال الجامعات العراقية وأبطال العالم.

بالتبادل إذا تم إسئصاء مجموعة متجانسة صغيرة فيتم عادة استعمال أساليب ارتباط متعددة لتحديد متغيرات الأداء الرئيسية وأهميتها النسبية، يُشكل تحديد المتغيرات بهذه الصورة البحث التطبيقي وتعتبر المقالات والدراسات التي تذكر هذه البيانات مصادر ثمينة.

ذكر Takei 1991 المتغيرات ميكانيكية تخص احد لاعبي القفز بالزانة في الألعاب الأولمبية عام ١٩٨٨ حيث تم جمع (٢٩) متغير من مرحلة غرس عصا الزانا في صندوق القفز و(٤٦) متغير تم جمعها من مرحلة ما بعد الطيران، وكان مع كل من هذه المتغيرات الخمسة والسبعون بيانات مشابهة تم جمعها من بطولات وطنية في الولايات المتحدة عام ١٩٩٧ وقد تم استخراج بعض هذه المتغيرات من تحليل تحديدي بينما يبدو أن الأخرى تم اختيارها على أساس علاقتها بالفعل أي من وجهة نظر المنهج "المنطقي". واستطاع Takei 1991 من هذه أن يشخص ويُحدد بأن الرياضيين الأولمبيين أنتجوا تقوس اكبر للعصا وحققوا ارتفاع أعلى وأنتجوا أوقات طيران أكثر من اللاعبين الوطنيين. يكون مثل هكذا تحليل مُساعد على تحديد أي المتغيرات يستحق التطوير من قبل لاعب الجمناز أثناء التدريب وعلى التركيز على قياسات تلك الموجودة في التحليل التالي ربما كجزء من عملية مراقبة ذات مقطع طولي.

المثال الثاني هو من Bartett et.al 1996 الذين درسوا مقاييس الأنطلاق الكينماتيكية ذات الثلاثة أبعاد لرامي الرمح لمستويات مهارية ثلاثة مختلفة حيث أستعمل هؤلاء الباحثين (٥) مقاييس انطلاق و(٩) متغيرات حركة جسمانية أخرى ذات صلة بأسلوب الرمي وقد وجدوا أن سرعة الأنطلاق هي المحدد الرئيسي لمسافة الرمي التي كانت مرتبطة معها إحصائياً.

وبالتالي تُعزى إلى السرعة الأكبر للأقتراب وإلى مسار تعجيل الرمح وسرعة المفصل أثناء الرمي. بينما أتفقت هذه النتائج مع النموذجي المنطقي للأداء، فإنها ضرورية لتوضيح كل هذه العلاقات الموجودة قبل أستعمالها كأساس لتوفير النصح فيما يخص التدخل. والدراسة مهمة باتجاه أخر وهو أنها تعترف بالأخطاء الإحصائية المتريدة التي تظهر نتيجة للمقارنات المتعددة وتعوض عن هذه الأخطاء بإستعمال إجراءات إحصائية مناسبة.

المثال الأخر هو من عدي جاسب حسن ٢٠٠٦ الذي درس (٢٤) متغير كينماتيكي للجسم والكرة و(١٠) متغيرات كينينتيكية حيث تم إيجاد العلاقة لبعض المتغيرات البيوميكانيكية (الكينينتيكية والكينماتيكية) بعضها ببعض الأخر، إضافة إلى التعرف على طبيعة العلاقة بين قيم بعض المتغيرات الكينينتيكية ببعضها البعض وطبيعة العلاقة بين قيم بعض المتغيرات الكينماتيكية ببعضها البعض أيضاً لمهارة التهديف بالرأس من القفز لدى عينة البحث، وقد وجد عدة علاقات ارتباط منها ارتباط أقصى قوة للدفع الأول مع مساحة ما تحت المنحنى وارتباط السرعة المحيطية للجذع مع السرعة المحصلة للكرة بعد الضرب وكذلك ارتباط أدنى قوة للامتصاص مع أقصى انثناء لمفصل الركبة للرجل الدافعة.

في بعض الحالات المهمة ترتبط متغيرات القياس إحصائياً بنتيجة الأداء ولكن تفسير وظائفها بقي غير واضحاً، وفي مثل هذه الحالات لا يزال بالإمكان أن يكون متغير التنبؤ مفيداً ضمن السياق التطبيقي حتى لو كانت أسسه غير أكيدة، مثال على ذلك علاقة ارتباط نقطة مفصل الورك عند الدفع الأول مع الإزاحة الأفقية لنقطة مفصل الورك قبل وبعد الطيران والتي دلت على أنها علاقة موجبة، والمثال الأخر هو العلاقة بين سرعة الاقتراب ومسافة الانجاز في فعالية الوثب الطويل والوثبة الثلاثية التي يتبين أنها أفقية خطية على مدى واسع من سرعات التقرب، وعلى أية حال ليس

هناك سبب واضح لماذا يجب أن تكون هذه العلاقة أفقية خطية كونها نشاط قذف فإن المسافة المقطوعة يعرف عنها بأنها معتمدة على مقاييس النهوض بصورة كبيرة وبذلك تكون معتمدة على مربع سرعة الانطلاق. ليس هناك علاقة واضحة بين سرعة الاقتراب وسرعة النهوض راجعة إلى الطبيعة المعقدة للتفاعل بين اللاعب واللوحة أثناء التماس ، ربما كلما زادت سرعة الاقتراب كان هناك خسارة أكبر للسرعة راجعة إلى النزول أو أن هناك زيادة صغيرة تناسبياً في المكون العمودي للسرعة عند الانطلاق.

مهما يكن التفسير فإنه من الملفت للنظر أن هذا التفاعل المعقد يؤدي إلى علاقة أفقية خطية واضحة . إن قياسات سرعة التقرب في القفز هي موضوع لقياس منتظم في فعاليات والعباب رياضية أخرى كما في مهارة التهديف بالرأس من القفز في كرة القدم حيث وجد أيضاً أن هناك علاقة خطية أفقية بين السرعة الانتقالية للجسم وسرعة الانطلاق. إن إيجابيات هذا المنهج الإحصائي هو أنه يساعد على تطوير تفهم اللعبة أو الفعالية بشكل أوضح وأدق ويركز الاهتمام على المتغيرات التي لم تُعرف سابقاً على أنها مؤثرة، أما الأمر السلبي فيها هو أن جهداً كبيراً يكون مطلوباً لتثبيت نموذج أداء لأرشاد التحليل وإن لم يكن ذلك متوفراً فيتطلب الأمر برنامج بحث تطبيقي ساند.

ثالثاً: - استراتيجيات التداخل:

بعد أن نقوم بجمع المعلومات حول متغيرات الأداء الرئيسية فإن العامل في المجال البيوميكانيكي يكون له دور يلعبه في تفسير هذه البيانات مُشخصاً النواقص في الأداء ويُصحح بالتدخل المناسب وان استراتيجيات التدخل لتحسين الأداء باستعمال البيانات البيوميكانيكية ليست موثقة بها بصورة جيدة في الأدبيات الرياضية ولكنها بصورة عامة يمكن تحديد منهج ذو أربعة مراحل:-

المرحلة الأولى:

هي تشخيص النواقص في الأداء من تقييم البيانات التي تم جمعها ، يُشار إلى هذا أحياناً بـ"تشخيص الأخطاء" ، ربما يتحرى العامل عن النواقص ذات الطبيعة الفنية ولكنه يحتاج إلى أن يكون له دراية بأنه ربما يكون لذلك سبب بيولوجي مُتضمن مثلاً مدى الحركة أو القوة في المفصل.

هناك أمثلة لمهارات متنوعة مُعطاة في البحوث والدراسات المكتوبة عن الموضوع ذات النماذج المقابلة لذلك ، تكون هذه النماذج بصورة عامة مفصلة وتحتاج إلى معرفة ميكانيكية ورياضية ومعرفة شخصية ، ربما يعزى العاملون في المجال البيوميكانيكي بسهولة لاستعمال منهج مبسط مبني على المعرفة والخبرة.

المرحلة الثانية:

هي تشخيص أي الإجراءات التي يُراد القيام بها لتصحيح النواقص المشخصة وقد اثبت أن هذه العملية مهمة صعبة جداً للعاملين في المجال البيوميكانيكي .

ربما يكون هذا انعكاس لنقص في التدريب الذي يملكه العامل في مجال البيوميكانيك في هذه العملية بالإضافة إلى الصعوبة المتأصلة المتصلة بهذه المهمة .

أصبحت المهمة صعبة لأن العديد من المتغيرات الميكانيكية المقاسة لا يمكن إرجاعها بسهولة إلى حوافز تدريبية ذات صلة ، مثلاً إذا تم التحري في الأداء عن نقص السرعة فإن هذا يمكن تصحيحه باستعمال تدخل بسيط. إن تحسن السرعة يعتمد على التفاعل بين عوامل ميكانيكية وفلسجية وعصبية عضلية ونفسية متعددة وحالاً يزيد المهارة والمعرفة بالنسبة للعامل في مجال البيوميكانيك.

هناك حاجة واضحة لفريق متبع لمنهج من علوم متعددة للمساعدة في هذا الجزء من العملية التي تشتمل مثلاً على مهارات الاختصاصيين في السيطرة الحركية وعلم الفسلجة وبقية العلوم الأخرى.

المرحلة الثالثة:

هي تنفيذ الإجراءات التصحيحية، إذ أن العامل في مجال البيوميكانيك بصورة عامة هو ليس الشخص الذي يقوم بذلك وأن تأثيره على نتيجة العملية ككل يزول .
ينظر إليها عادة كمهمة متعددة العلوم وتكون مناسبة للمدرب أو مدرب اختصاصي آخر يعمل بصورة منتظمة مع المؤدي ويكون قادراً على توفير التغذية الراجعة المناسبة من أجل تحقيق النتيجة المرغوب بها. من الواضح أن التدخل يحتاج إلى أن تكون له الأسبقية مع مراعاة الواجبات الأخرى المترتبة على المؤدي.

المرحلة الرابعة والأخيرة:

هي لتقييم نجاح أو فشل هذه الإجراءات ولكنه قلماً يُجرب أما من قبل العامل في مجال البيوميكانيك أو أولئك المشمولين بتنفيذ الإجراءات التصحيحية. أن محاولة إيجاد صلة بين التحسين مباشرة مع التدخل هو ضعيف حتماً لأن عدة عوامل تكون مفروضة على الأداء ووضع مهمة أيّ تحسين فقط على العاملين في مجال البيوميكانيك أم نادر بصورة كبيرة.

يترك هذا سؤالاً مهماً غير مُجاب عنه حول كفاءة التدخل لتحسين الأداء بالإستناد على تقييم العامل في مجال البيوميكانيك .

لن يكون من العدل الحكم على نجاح الإسناد البيوميكانيكي بالتحسن أو بعدمه في نتيجة الأداء لأن هناك عدة عوامل تؤثر على ذلك.

كيف إذن يمكن الحكم على نجاح إسناد بيوميكانيكي؟ هذا موضوع معقد لم يُتفق على جوابه بصورة عامة لحد الآن ولكنه موضوع يحتاج للدراسة إذا ما أُريد تطوير التقييم البيوميكانيكي في عالم المنافسات الرياضية.

عند وجود مناهج إسناد علمية فإن نجاح التقييم البيوميكانيكي يحكم عليها عادة من خلال شهادة المشاركين واقتناع الأشخاص الذين يهتمون بهذا العلم، بينما يكون لهذا ايجابيات فإن له أيضاً سلبيات ليس أقلها ، هو الانحياز الناجم من ظروف معينة أو شخصيات الأفراد لذلك فمن الضروري بالنسبة للعامل في مجال البيوميكانيك أن يرى الحاجة إلى "الدليل المستند على الممارسة" في عمله كما هو المطلوب في عدة مواضيع إسناد علمية وعملية أخرى وأن يكون قادراً على توضيح منفعة خدمتهم في مرحلة واحدة أو عدة مراحل من العملية المؤدية إلى تحسين الأداء .

من كل ذلك نستطيع أن نستنتج أن التقييم البيوميكانيكي يمكن أن يساعد في تحسين الأداء ولكن هناك نقص في الدليل المباشر لإسناد هذا الادعاء . أن الأجزاء المشمولة في تحقيق تحسن الأداء غير متطورة وتتطلب شمول مختصين آخرين.

يبدو أن العاملين في مجال البيوميكانيك الماهرين في تحديد "ما هو الخطأ" في الأداء الرياضي ولكن بصورة عامة يسمح للآخرين في التعامل مع مشكلته "إصلاح هذا الخطأ" هذا يقود إلى عدم التأكد حول مدى تأثير التقييم البيوميكانيكي في النهاية .

لذا فأن العاملين في مجال البيوميكانيك يحتاجون إلى العمل بصورة أكثر قرباً مع الآخرين في تثبيت وتحديد الدليل المستند على الممارسة .

المصادر العربية والأجنبية:-

١. حسين مردان عمر واحمد توفيق الجنابي. تعبير منصات القوة بأسلوب الانحدار الخطي كمعامل تصحيح. بحث منشور في مجلة علوم التربية الرياضية، كلية التربية الرياضية _جامعة بغداد، ع٢٠٢٣، م٢٠٠٣.
٢. عدي جاسب حسن. اثر الجهد البدني على بعض المتغيرات الكينماتيكية لمهارة التهديف بكرة القدم. رسالة ماجستير، كلية التربية الرياضية، جامعة البصرة، ٢٠٠١.
٣. عدي جاسب حسن. دراسة مقارنة لبعض المتغيرات الكينماتيكية لمهارة الرمية الجانبية بكرة القدم. بحث منشور في مجلة العلوم الرياضية، كلية التربية الرياضية _جامعة القادسية، ع٢٠٠٥، تشرين الأول ٢٠٠٥.
٤. عدي جاسب حسن، دراسة خصائص منحنى القوة-الزمن وبعض المتغيرات البيوميكانيكية لمهارة التهديف بالرأس من القفز. اطروحة دكتوراه، كلية التربية الرياضية، جامعة البصرة، ٢٠٠٦.
٥. علي جواد عبد. دراسة مقارنة لبعض المتغيرات الكينماتيكية المميزة لأداء لاعبي رمي الرمح مع المستوى الدولي. بحث منشور في مجلة علوم التربية الرياضية - جامعة بابل، ع٢٠٠٥، م٢٠٠٥.
6. Bartett et.al.Three-dimensional evaluation of the kinematic release parameters for javelin throwers of different skill levels.J Appl Biomech1996;12:58-71.
7. Hassan, E. (2004): Entwicklung und Evaluation eines Schnellinformation-systems im Speerwurf, DISSERTATION, Sportwissenschaftlichen Fakultät, Universität Leipzig.
8. Hay,JG and Koh,TJ.Evaluating the approach in the horizontal jumps.Int J Sport Biomech 1988;4:372-92.
9. Hay,JG.et.al.The techniques of elite male Long Jumpers.J Biomech1986;19:855-66.
10. Spriging,E.et al.Athree dimensional Kinematic method for determining the effectiveness of arm segment rotations in producing racket-head speed.Journal Biomech 1994;27:245-54.
11. Lees, A.Biomechanical Assessment of Individual Sport for Improved Performance. In Sports Medicine.Nov: 28(5),1999,pp: 299-305.
12. Takei Y.Comparison of blocking and post-flight techniques of male gymnast performing the 1988 Olympic compulsory vault.Intj sport Biomech 1991;7:371-91.