

المحور الأول: مدخل لعلم البيوميكانيك

1- علم البيوميكانيك ومكانته في الحياة: عرف علم البيوميكانيك في البداية على انه ذلك العلم الذي يوظف القوانين والقواعد الميكانيكية في دراسة الأنظمة البيولوجية للإنسان، الحيوان وحتى النبات. لكن هذا التعريف يبقى ناقصا، كون علم البيوميكانيك الحديث يتعدى استخدام القوانين الميكانيكية في دراسة الأنظمة البيولوجية للإنسان... إلى الاستعانة بالعلوم الطبيعية، الهندسة والطب. فبعد الحرب العالمية الثانية كان هنالك تشجيع على تجميع العلوم الأساسية لخدمة الجنس البشري فظهرت الكيمياء الحيوية، الفيزياء الحيوية، الرياضيات الحيوية، وفي هذا السياق ظهرت الميكانيكا الحيوية.

2- البيوميكانيك، الرياضة والطب: تعتبر الرياضة من المجالات الخصبة لتطبيق البيوميكانيك، سواء من اجل الفهم الجيد للحركات الرياضية، تحسين النتيجة الرياضية أو تكييف الأجهزة الرياضية، وذلك بالرجوع إلى القواعد الأساسية للميكانيك، علم وظائف الأعضاء والعلوم العصبية،...

3- الرياضة والوسائل: تحتل الرياضة مكانة هامة في دراسة الحركات. يعتبر الجري النشاط الأكثر دراسة بعد المشي نظرا لاشتراكه في العديد من الرياضات على غرار القفز وبعض من رياضات الرمي، وفي أيامنا هذه يعتبر الجري النشاط الأكثر شعبية، وتحليله الكمي كان له اثر على صناعة الأحذية والألبسة الرياضية

إن تحليل حركات الإنسان عملية معقدة، على سبيل المثال عندما نريد تحليل حركة الشقلبة حول المحور الأفقي فإننا نجزي الحركة إلى أربعة مراحل هي: (1- التحضير للقيام بالشقلبة، 2- القيام بالشقلبة، 3- وصول القدمين إلى الأرض، 4- العمل الذي يلي الشقلبة.)، هذا التقسيم ضروري للقيام بعملية التحليل الحركي بطريقة صحيحة، فهو يمدنا بمعلومات دقيقة عن كل مرحلة من مراحل المهارة الحركية، والتي يمكن استخدامها في تحسين أداء المهارة الحركية ككل.

وفي الأنشطة الرياضية، نأخذ بعين الاعتبار العوامل الخارجية كالعوائق، الكرة، الخصوم، الزملاء... وبالمثل فإن المتغيرات البيوميكانيكية لها دور متفاوت في أداء الحركات الرياضية، فالدفع نحو الأعلى يختلف من رياضي إلى آخر، فبالنسبة للقافز يعتبر أقصى ارتفاع هو الهدف من الأداء الحركي بينما بالنسبة لحارس المرمى في كرة القدم تعتبر سرعة رد الفعل هي الأهم في الأداء الحركي.

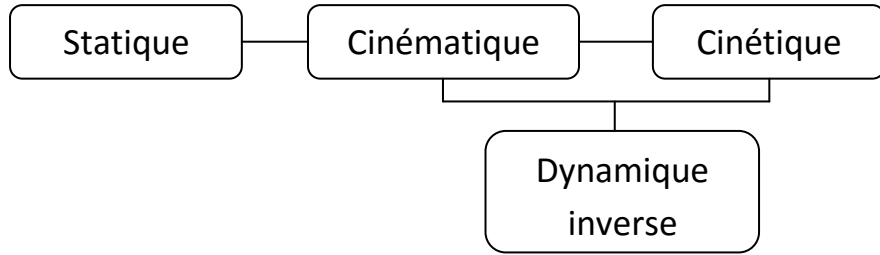
4- تحليل الحركات الطبيعية والمرضية: التحليل الحركي ليس مربوطا برياضة النخبة فقط، فالحركات الأكثر دراسة هي تلك الحركات اليومية مثل المشي والجري وقبض الساعد،... وكلها حركات تدخل كأجزاء في الأداء الحركي لمعظم المهارات الرياضية.

انطلاقاً من نتائج الأبحاث المتوصل إليها من تحليل الحركات الطبيعية يمكننا وضع إستراتيجية لتحسين وتعديل الأداء الحركي سواء للأشخاص العاديين أو المرضى.

5- البيوميكانيك البيولوجية: كل ما هو متعلق ببيوميكانيك الإنسان مطبق بدرجة واسعة على الحيوانات والنباتات والعكس صحيح، فعلى سبيل المثال، تشوهات العمود الفقري لدى بعض الأنواع من الكلاب هو مرض منتشر بكثرة، وقد عولجت مثل هذه الحالات عن طريق زراعة بعض الأجزاء (سواء من البرونز، أو مواد غير قابلة للتآكل والصدأ) على مستوى العمود الفقري من أجل إصلاح هذا المشكل العظمي، وبالمقابل أجريت العديد من الدراسات على الأجهزة العصبية للحيوانات لمعرفة كيفية عمل الجهاز العصبي للإنسان، كما في تحليل مشي وجري القطط من أجل التعرف على آلية التوازن واستئثار الألياف العضلية في مختلف الظروف التجريبية، كذلك أجرى العديد من علماء النبات اختباراتهم وتجاربهم حول تأقلم أوراق الأشجار مع الرياح باستخدام البيوميكانيك، وتوصلوا إلى أن الأوراق تلتف ألياً حول نفسها وفق مبدأ الديناميكا الهوائية من أجل ترك الهواء يمر بانسيابية دونما إحداث أضرار بها.

6- أقسام التحليل الحركي البيوميكانيكي:

يقسم التحليل الحركي البيوميكانيكي إلى أربعة جوانب كما يظهره الشكل الآتي:



شكل يبين مظاهر التحليل الحركي عن طريق البيوميكانيك

* **الشق الأول الثابت (statique):** الجسم في حالة اتزان أو راحة وفي مثل هكذا حالات نستخدم القوانين الأساسية للبيوميكانيك في التعامل المبسط مع جسم الإنسان، حيث يتم دراسة وضعية مركز الكتلة والذي له علاقة مع بعض المبادئ المرتبطة بعلم التشريح الوظيفي ومبادئ القوة والعزوم كما في نظام عمل الروافع.

* **الشق الثاني الكينيماتيكي (cinématique):** أو علم الحركة المجردة، يعتبر الجسم كنقطة مادية، وبإهمال عمل أطراف الجسم يتناول موضوع الحركات الهوائية للقفز، الغطس، وكذلك الحركات الجمبازية، هذه المقاربة تسهم في تحديد مسار الأدوات المستخدمة في الرياضة ككرة القدم، كرة القولف، التنس...، هذه المعارف يتم تطبيقها فيما بعد في تحليل الحركات لجميع الأطراف.

* **الشق الثالث الكنتيك (cinétique):** يتناول القوى الخارجية المسببة والمعيقة للحركة كالاحتكاك والقوى العضلية.

وتستخدم مبادئ الدفع، الشغل، الطاقة الميكانيكية في دراسة بعض الأنشطة كالمشي والجري.
* **الشق الرابع (dynamique inverse):** يربط ويدمج مبادئ وصف الحركة (الشق الثاني) والقوى المسببة لها (الشق الثالث). ويعتبر الشق الرابع أداة للتحليل الحركي وبالمقابل الشقين الثاني والثالث لهما صلة بالقواعد الميكانيكية.

7- مساعي البيوميكانيك:

7-1 **الملاحظة:** المساعي المشتركة بين المقاربات العلمية هي الملاحظة والتي تزودنا بمعطيات حول الظاهرة المدروسة.

7-2 **التصنيف أو الترتيب:** انطلاقاً من المعلومات المتوفرة حول الظاهرة محل الدراسة يتم ترتيبها، بمعنى تجميع الظواهر حسب الأهمية للمقارنة، هذا التجميع يمدنا بمعطيات مشتركة بين العديد من الظواهر، والذي يعتبر الخطوة الأولى في فهمها.

7-3 **التسمية:** ما يلفت نظرنا للوهلة الأولى عند ملاحظة جري عداء هو الانسيابية والترابط بين حركات الجسم والتي تظهر مختلفة عند العداء المبتدئ.

في الحركات اليومية عند الملاحظة المتأنية لبالغ أثناء المشي نعلم انه ليس بالأمر السهل تحديد جميع مراحل هذه الحركة، ولهذا تجد المدربين والرياضيين يستعملون العديد من المصطلحات التقنية من اجل التوصل إلى معلومات دقيقة.

7-4 **القياس:** في كثير من المرات يبقى الوصف محدوداً واستخدام القياس أو التقييم هو الذي يحدد مستوى فهم حركات الجسم الملاحظ، ويسمح بالكشف الجزئي عن مسببات ومحددات التحسن، في العاب القوى على سبيل المثال، نقيس سعة الخطوة وترددها. فالمستوى يتحدد بالعلاقة بين سعة الخطوة (a) وتردده (f) لان ناتج سرعة العداء (v) هي ناتج هذين القيمتين الميكانيكيتين ($v=af$).

7-5 **التحليل:** كيف يقوم العداء بالتوفيق بين تردد الخطوة وسعتها أثناء الجري من اجل الحصول على النتيجة الرياضية؟

يقوم بالتوفيق بين مختلف أطراف الجسم والتي تسمح بالتحكم في السعة والتردد ومن اجل عمل ذلك يقوم بإعادة مراجعة شريط الفيديو الذي سجل حركته أثناء الجري باهتمام، ومن اجل القيام بذلك يجب اختيار طريقة تسهل إظهار أطراف الجسم على شكل خط، وبالإستعانة بمخطط حركة الجسم (kinogramme de l'enchaînement gestuel) فالصورة تكون أكثر وضوحاً وسهولة للملاحظة المباشرة، بمعنى هي طريقة جيدة للتحليل التقني لحركة الجسم وإعادة إظهار مخطط الحركة الذي يسمح بتوضيح الرؤية. وهذا هو الهدف من استخدام أداة قياس الدوران والتردد (kinogramme).

7-6 **تحديد وضبط الإشكالية:** بالمقابل قبل الانطلاق في التحليل، يجب وضع الإشكالية بشكل دقيق ومحدد، ولهذا قبل جمع المعطيات حول الظاهرة المتعلقة بالنشاط البدني، يجب وضع مجموعة من

الأسئلة، يبحث الباحث عن إجابة لها، نأخذ على سبيل المثال حالة المتسلق، في كل تقنيات التسلق هناك العديد من الجوانب يجب وضعها في الاعتبار، يجب إعطاء عناية بالغة لرد الفعل والتحكم في توازن الجسم، والذي يعتبر من بين أهم عوامل النجاح هذا السؤال يمكن التعامل معه من عدة زوايا:

أ/ التحكم في الخوف من السقوط.

ب/ تعلم الثبات.

ج/ القيام بحركات أطراف الجسم بصفة متزنة.

كل هذه الأسئلة التي تدور حول قاعدة التوازن استلزمت استخدام التكنو لوجيا في التسلق، وتعتبر إشكالية جيدة لعلوم وتقنيات الأنشطة البدنية والرياضية.

توازن الرياضي أثناء الوقوف يكون ثابتا لان حامل شعاع قوة الثقل يكون داخل مضلع أو قاعدة الارتكاز، المفاهيم المستخدمة مثل القوة، مضلع أو قاعدة الارتكاز هي من مفاهيم الميكانيكا الكلاسيكية، المشكل في توازن الرياضي يمكن وضعه في هذا الإطار، وبالرغم من كون التوازن عاملا أساسيا في عملية التسلق إلا انه ليس المعيار الوحيد، لذا وجب الاهتمام ببقية المؤثرات التي لها دور في هذا النشاط. فإشكالية البحث في البيوميكانيك يمكن صياغتها على النحو التالي:

كيف يمكن التحكم في أطراف الجسم لكي تكون جميع القوى والعزوم حول المفاصل مساهمة في تحقيق التوازن.

نفس الإشكاليات البيوميكانيكية يمكن طرحها في رياضات أخرى في نفس الشروط، كما في رياضة الجمباز على سبيل المثال يتم معرفة الأوضاع المثلى للأطراف قبل القيام بحركات الدوران المرغوبة. هذه الأمثلة تظهر لنا أن أهم إشكاليات بيوميكانيك الحركات تأتي من محاولة التعرف على مشاكل أوضاع الجسم بالنسبة لوزنه، القوى ورد فعل العضلات، العزوم حول المفاصل، التسارع الخطي والدوراني أثناء حركة الجسم.

8- الأفاق المستقبلية لعلم الميكانيكا الحيوية: في البداية اشرنا إلى مجالات تطبيق البيوميكانيك وأهميته في دراسة الحركات الرياضية والتحليل الحركي الطبيعي والمرضي، وسوف نتطرق الآن إلى الأفاق المستقبلية لعلم البيوميكانيك المطبق في مجال الأنشطة البدنية والرياضية. وسنسلط الضوء على الجري من الناحيتين العلمية والتجارية.

في الحقيقة أن من بين اهتمامات المختصين الرياضيين هو تقييم وتحسين النتائج الرياضية. فباستخدام الكاميرا الرقمية الموصولة بجهاز الحاسب الآلي، يمكن قياس وتتبع الحركات في الفضاء، بالاستعانة بأنظمة قياس الأنشطة الكهربائية للعضلات (mesure de l'activité électrique des

(la télémétrie) muscle) باستخدام (électromyographie) وبلاستعانة بأجهزة القياس عن بعد (la télémétrie) الذي يمدنا بمعلومات على فعالية الاستثارة والتوافق العضلي.

هذه التقنية تستخدم من اجل معرفة وتقييم المعايير والآليات التي تشرح النتائج الرياضية لرياضي المستوى العالي.

نقوم بجمع هذه المعطيات والإعدادات في شكل تحليل ونقوم بوضع نموذج رياضي للحركات. هذه العملية (التمرين) في الحقيقة هي من اجل وضع نموذج يعمل على تحديد وشرح مكن القوة والضعف لرياضي الآمال (الفئات الصغرى).

ولقد تم إجراء أعمال نمذجة بيوميكانيكية في كل من القفز الطويل، الوثب الثلاثي، وفي بعض حركات الجمباز.

في حالة كانت النماذج صحيح، يمكن استعمالها فيما بعد من اجل تحسين النتيجة الرياضية. نستعمل النمذجة إذا بالاستعانة بجهاز الإعلام الآلي. نمذجة الحركات الرياضية تمدنا بمعطيات جيدة عن الحركات من الناحية الميكانيكية (الآلية)، التحكم الحركي وكذلك الفيزيولوجيا العضلية. هذه المقاربة تشجع على اكتشاف وتشخيص رياضي النخبة المستقبليين، وتحسين النتائج البدنية وإعادة التأهيل البدني للمعاقين.

النتيجة الرياضية والسلامة في الرياضة ليسا دائما متلازمان. ففي رياضة الجمباز التدريب بصفة دائمة يزيد من احتمال الوصول إلى نتيجة أفضل، ولكن أي خطأ لرياضي الجمباز يمكن أن يؤدي إلى إصابته ويقضي على مستقبله الرياضي. فللسلامة في الممارسة الرياضية نأخذ مكانة هامة.

ومع ظهور رياضات جديدة مثل رياضة (bungy) والتي يتم فيها تثبيت رجلي الرياضي بحبل مطاطي ويقوم هو بالقفز من ارتفاعات شاهقة على غرار الجسور، ورياضة التزلج على الثلج (surf des neiges) أصبحت المحافظة على سلامة الرياضي أمرا جد صعب.

إلا أن الاعتماد على علم دراسة مشاكل الصحة (l'épidémiologie) وانطلاقا من المعرفة الجيدة للحركات الرياضية من جانب القوة، السرعة في التنفيذ، الجانب الميكانيكي للجهازين العظمي والعضلي (ostéo musculaire)، الأربطة، سهل مهمة التوصل إلى تحديد الخطر ومؤثراته في غالب الأحيان. كذلك تأثير الأجهزة والوسائل الرياضية.

واهتم مصنعو الألبسة والأحذية الرياضية بمعرفة نتائج الأبحاث المتعلقة بدراسة الحركة، وكذلك الاختبارات الميكانيكية والتجريبية عند رياضي المستوى العالي.

تطوير الأجهزة الرياضية يكون دائما بالتعاون بين احد الرياضيين أو مجموعة من رياضيين المستوى العالي من جهة والمؤسسات أو الشركات المصنعة من جهة أخرى نظرا لوجود منافسة في الأسواق، وكذلك بالرجوع إلى المهندسين قبل الرفع من مستوى الإنتاج من اجل التخفيض في أسعار الإنتاج ويكون

المنتج ملائم، فعلى سبيل المثال تم صنع آلة (swinger) من اجل اختبار جودة عصا الغولف وقبلها كان هناك تحليل للحركات الرياضية لرياضي الغولف بمساعدة كاميرا تصوير بسرعة عالية (2000 صورة في الثانية)، تحليل السرعة والتسارع سمح بتحديد القوى في الأداء، وسمح للمهندسين باختراع الآلة وبعد ذلك لم يبقى إلا تصنيع الآلة. فكيف تفيد الرياضي؟

بعد الاختبار الميكانيكي، طلب من الرياضي تجريب العصا، وسمحت هذه المقاربة بالتطور سريعا وبكلفة اقل.

المنافسة في السوق تتطلب دائما استراتيجيات بحث وتطوير. بالمقابل تقوم العديد من المؤسسات والشركات المصنعة باستشارة المختصين في التحليل الحركي من اجل تحسين منتجاتها.

الدكتور: فؤاد بن فا ضل