

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل -

قسم علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

التخصص : تدريب رياضي تنافسي

المستوى : سنة ثانية ليسانس

محاضرات مقياس الميكانيكا الحيوية

إعداد الدكتور :

صويلح عزيز

Souilah.aziz@univ-tissemsilt.dz

السنة الدراسية : 2026/2025



مفهوم البيوميكانيك

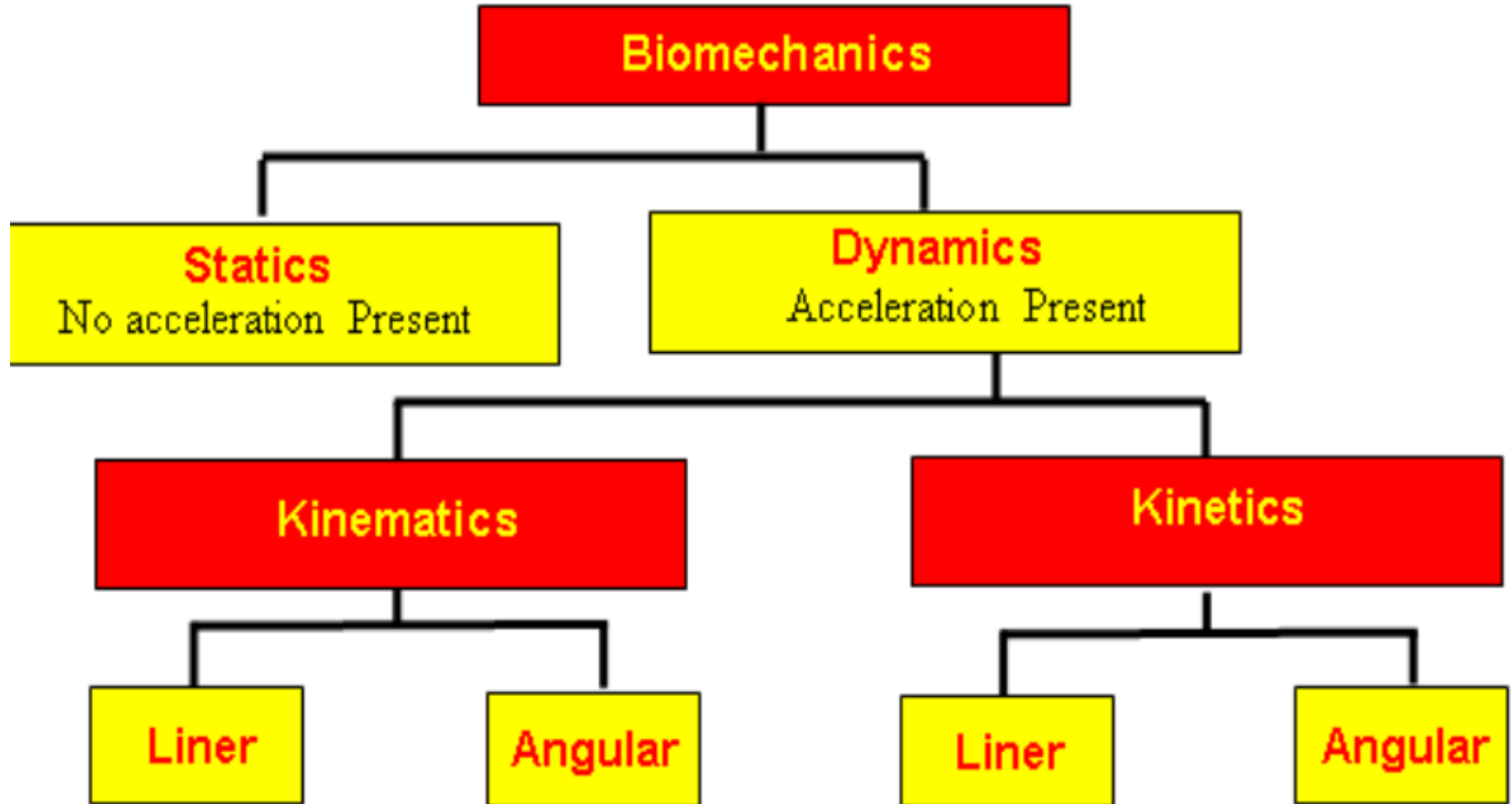
البيوميكانيك هو دراسة القوى وتأثيراتها على الأجسام الحية، وهو فيزياء الحركة البشرية، والبيوميكانيك هو فرع من العلوم يهتم بفهم العلاقة المتبادلة بين هياكل ووظائف الكائنات الحية، فيما يتعلق بديناميكيات الحركة (GETU& DESSALEW,2020) .



مفهوم البيوميكانيك (تابع)

يتضمن البيوميكانيك في الرياضة تحليلا تفصيليا للحركات الرياضية بهدف تقليل مخاطر الإصابة وتحسين الأداء الرياضي، كما يشير أيضا إلى وصف وتحليل وتقييم مفصل لحركة الرياضي أثناء الأنشطة الرياضية.

أقسام علم البيوميكانيك



الشكل 01: يوضح تقسيمات علم البيوميكانيك

الكينماتيك يصف الحركة، بما في ذلك نمط وسرعة تسلسل الحركة حسب جزء الجسم، والذي غالبا ما يترجم إلى درجة التنسيق التي يُظهرها الفرد، بينما يدرس الكينيتيك تصرفات القوى المرتبطة بالحركة.

(HALL, 2009)

هو الفرع الذي يعني دراسة الحركة دراسة وصفية من حيث زمانها ومكانها (يدرس مواضع وزوايا وسرعات وتسارعات أجزاء الجسم والمفاصل)، وقد يكون الكينماتيك انتقاليا مستقيما ويسمى بالكينماتيك الخطي، أو يكون حول محور ثابت ويسمى بالكينماتيك الدائري أو الزاوي.

الكينماتيك KINEMATICS

هو الفرع الذي يتناول دراسة القوى التي تسبب حدوث الحركة في حالات الثبات أو الحركة، وقد يكون الكينيتك خطا مستقيما ويسمى بالكينيتك الخطي، أو دائريا ويسمى بالكينيتك الدائري أو الزاوي.

الكينيتك KINETICS

النظرة البيوميكانيكية لتحليل الأداء

يتضمن البيوميكانيك في الرياضة تحليلا مفصلا للحركات الرياضية بهدف تقليل مخاطر الإصابة وتحسين الأداء الرياضي.

يشمل بيوميكانيك الرياضة والتمارين الرياضية مجال العلوم المعني بتحليل ميكانيك الحركة البشرية.

يشير أيضا إلى وصف وتحليل وتقييم مفصل لحركة الإنسان أثناء الأنشطة الرياضية.

البيوميكانيك فرع من الفيزياء يهتم بوصف الحركة وكيف تخلق القوى الحركة.

البيوميكانيك الرياضي يفسر كيف ولماذا يتحرك جسم الإنسان بالطريقة التي يتحرك بها.

في الرياضة والتمارين، غالبًا ما يتم توسيع اتجاه البيوميكانيك ليشمل أيضا التفاعل بين المؤدي ومعداته وبيئته.

هناك اعتبارات هيكلية وعضلية وعصبية يأخذها بعين الاعتبار البيوميكانيك عند وصف الحركة.



واجبات البيوميكانيك في المجال الرياضي

• 1- الواجبات العامة:

- ❖ التحليل
- ❖ التوضيح
- ❖ التعليل
- ❖ تحسين وتطوير التكنيك (المهارات الخاصة بالرياضة)

• 2- الواجبات الخاصة :

- ✓ يبحث على قوانين الحركة وشروطها.
- ✓ البحث على اختيار التقنية المجدية.
- ✓ جمع المعلومات المتعددة حول قوانين التقنيات الرياضية.
- ✓ تطوير طرق غير معقدة.



أهداف البيوميكانيك الرياضي للرياضة والتمرين:

• 1- تحسين الأداء:

❖ الهدف النهائي للميكانيكا الحيوية للرياضة والتمرين هو تحسين الأداء في التمرين أو الرياضة، بينما الهدف الثانوي هو الوقاية من الإصابات وإعادة التأهيل.

• 2- تحسين التقنية:

✓ الطريقة الأكثر شيوعاً لتحسين الأداء في العديد من الرياضات هي تحسين تقنيات (مهارات) الرياضي، ويتم تسليط الضوء على هذا هنا باعتباره أحد الدوافع لدراسة الميكانيكا الحيوية.



أهمية دراسة علم الميكانيكا الحيوية

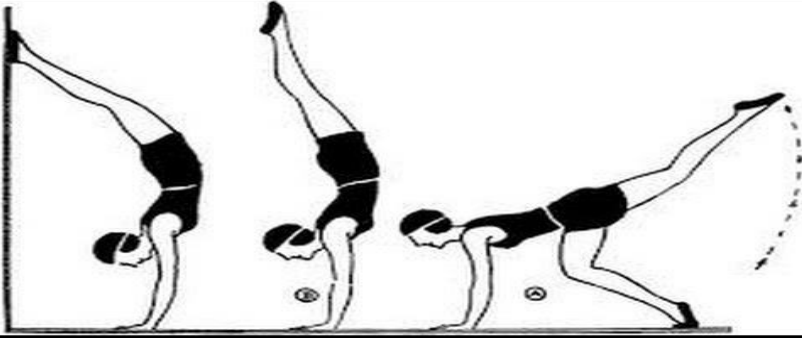




تطبيقات البيوميكانيك الرياضي لتحسين التقنيات

- قد يحدث تطبيق الميكانيكا الحيوية لتحسين التقنيات بطريقتين:
- ❖ يستخدم المعلمون أو المدربون معرفتهم بالميكانيكا لتصحيح تصرفات الرياضي من أجل تحسين تنفيذ إحدى المهارات.
- ❖ أو قد يكتشف باحث الميكانيكا الحيوية شيئاً جديداً وأكثر تقنية فعالة لأداء مهارة رياضية لتحسين وتطوير التكنيك (المهارات الخاصة بالرياضة).
- ➡ حيث في المقام الأول يستخدم المعلمون والمدربون طرق التحليل الميكانيكية الحيوية النوعية في التدريس والتدريب اليومي لإحداث تغييرات في التقنية، في حين في الحالة الثانية يستخدم باحث الميكانيكا الحيوية طرق التحليل الميكانيكية الحيوية الكمية لاكتشاف تقنيات جديدة والتي يجب بعد ذلك توصيلها إلى المعلمين والمدربين الذين سيقومون بتنفيذها.

مثال بسيط عن الحالة الأولى



❖ كمدرّب افترض أنك لاحظت أن لاعب الجُمباز الخاص بك يواجه صعوبة في إكمال تمرين الشقلبة المزدوجة في تمرين الأرضية، قد تقترح ثلاثة أشياء على لاعب الجُمباز لمساعدته على إكمال المهمة بنجاح: (1) القفز أعلى، (2) ثني أكثر إحكاماً، (3) تأرجح ذراعيه بقوة أكبر قبل الإقلاع، قد تؤدي جميع هذه الاقتراحات إلى تحسين الأداء.

➡ التفسير:

- ❖ فالقفز إلى أعلى سيمنح اللاعب مزيداً من الوقت في الهواء لإكمال الشقلبة.
- ❖ كما سوف يتسبب الشد الأكثر إحكاماً في دوران اللاعب بشكل أسرع بسبب الحفاظ على الزخم الزاوي.
- ❖ ويؤدي تأرجح الذراعين بقوة أكبر قبل الإقلاع إلى توليد المزيد من الزخم الزاوي، وبالتالي يتسبب أيضاً في دوران اللاعب بشكل أسرع.



مثال آخر عن رياضة السباحة



- ❖ المدرب يلاحظ أن السباح يعاني من عدم كفاءة في حركة الذراع أثناء السباحة الحرة، حيث أن دخول اليد إلى الماء يكون بزاوية خاطئة تؤدي إلى زيادة المقاومة المائية وتقليل الدفع.
- ❖ بناءً على معرفته بقوانين الميكانيكا الحيوية، يوجه المدرب السباح لتعديل زاوية دخول اليد بحيث تكون موازية لسطح الماء قليلاً، ويعمل على دوران الكتف وتناغم حركة الذراع مع تنفس السباح.
- ❖ هذا التوجيه المباشر يؤدي إلى تحسين الأداء وتقليل الجهد المبذول.



مثال عن الحالة الثانية

❖ فريق من الباحثين في مجال البيوميكانيك الرياضي يستخدمون تحليل حركة ثلاثي الأبعاد أثناء تنفيذ ركلات الجزاء.

❖ من خلال الدراسة المكثفة يكتشفون أن تعديل سرعة وزاوية دوران الكتف أثناء التسديد، بالإضافة إلى توقيت تحرك القدم يمكن أن يزيد من دقة التسديد ويحسن السيطرة على الكرة.



الحركة

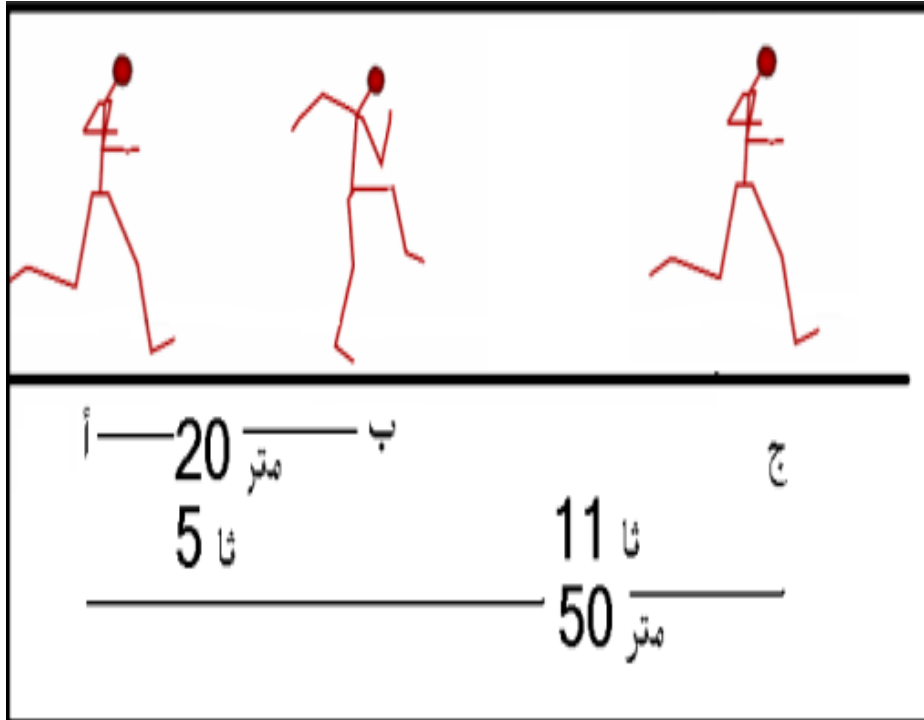
يطلق على جسم انه في حالة حركة من وجهة نظر البايوميكانيك عندما يغير مكانه خلال فترة زمنية ، ويدلل على حدوث الحركة بالمقارنة نسبة الى ثبات او حركة الاجسام في محيطه ويتم قياس اثر الحركة بالمقدار من خلال مصطلح المسافة او الزاوية او الاثنان معا في وحدات مساحية او وحدات زمنية وينتج عن هذه الوحدات او المصطلحات مقادير للسرعة والتعجيل الخطي والزاوي.

(مردان عمروع.الرحمان، 2018)

أشكال الحركات

توصف الحركة في البيوميكانيك في شكلين مهمين هما: المسار الهندسي للحركة أولا والمسار الزمني للحركة ثانيا وأذناه الحركات وأشكالها

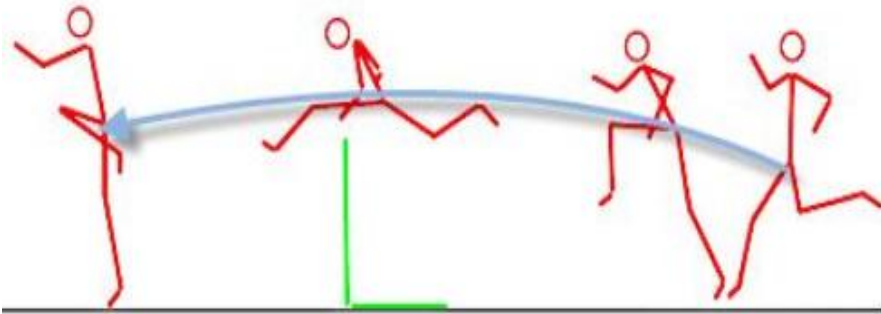
أولا: أشكال الحركة من ناحية مسارها الهندسي



أ: الحركة بالمسار الخطي

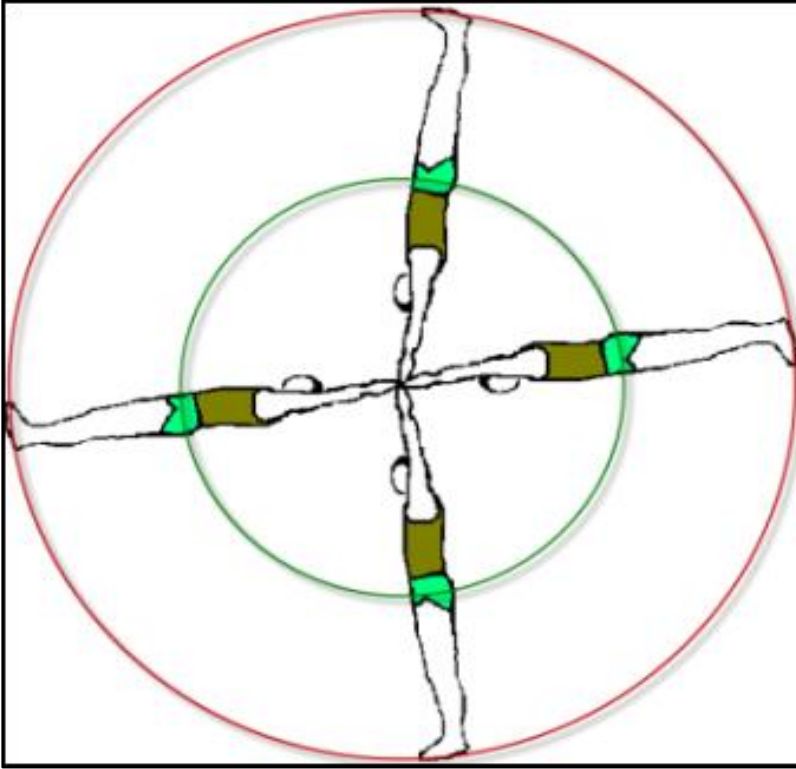
في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم أو مراكز ثقله أو أجزاءه من وضع إلى آخر، بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية خطية خلال انتقالها، وأن سرعة هذه الأجزاء تكون متساوية وتحدث في خط مستقيم بالاتجاه الأفقي أو العمودي.

ب: الحركة بالمسار المنحني



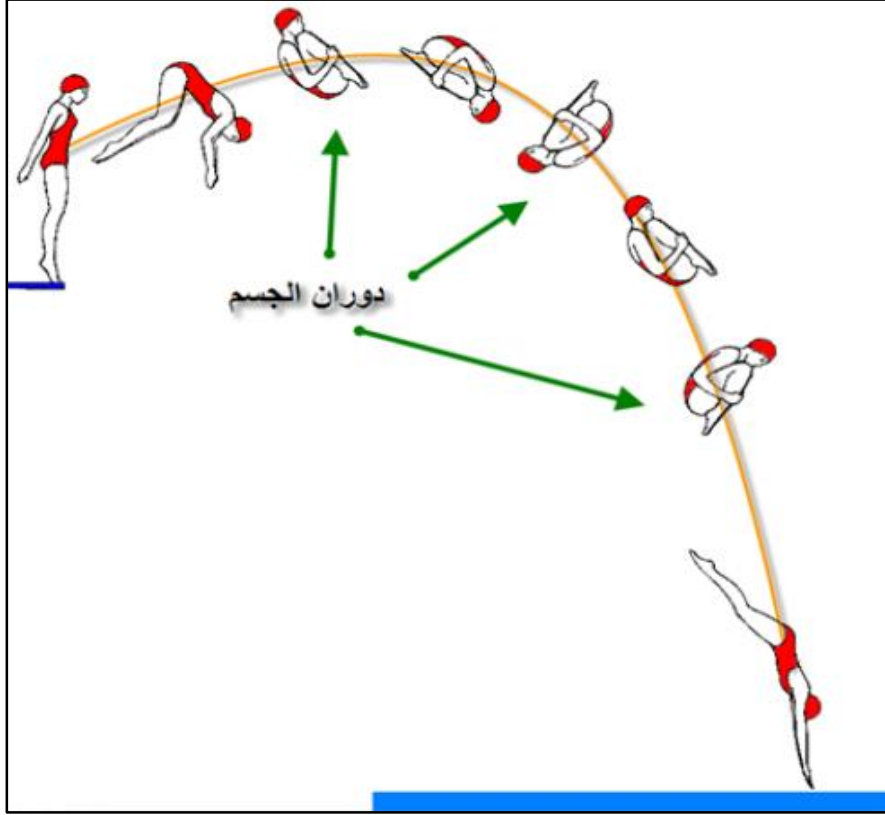
في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم أو مراكز ثقله أو أجزاءه من وضع إلى آخر، بحيث تقطع خطوطا ومسارات هندسية منحنية خلال انتقالها، وأن سرعة هذه الأجزاء تكون متساوية وتحدث في خط منحنى بالاتجاه الأفقي أو العمودي. ومن أمثلة ذلك مسار مفصل الورك أثناء القفز على الحواجز.

ج: الحركة بالمسار الدائري



في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال الجسم أو مراكز ثقله أو أجزائه من وضع إلى آخر، بحيث تقطع خطوطاً ومسارات هندسية دائرية منتظمة أو غير منتظمة، ومثال ذلك مفصل القدم في سباق الدراجات ومفصل الورك في الدائرة حول العقلة.

د: الحركة بالمسار المتعدد



في هذا النوع من الحركات يتم فيها انتقال أجزاء الجسم أو مراكز ثقله من وضع إلى آخر، بحيث تقطع خطوطاً ومسارات هندسية دائرية منتظمة أو غير منتظمة أو خطية أو منحنية، وأن سرعة هذه الأجزاء لا تكون متساوية لتعدد حركاتها. ومثال ذلك مفصل اليد ومفصل الكتف في حركات الذراعين في السباحة، بحيث أن مسار مفصل اليد دائري ومسار مفصل الكتف منحنى.

شكل يوضح فعالية الغطس وهي حركة مركبة انتقالية منحنية مع دوران الجسم حول محور داخلي.

ثانيا: أشكال الحركات من ناحية المسار الزمني



(أ) الحركة المنتظمة :

ويقطع فيها الجسم مسافات متساوية في ازمدة متساوية ، كما في مرحلة السرعة القصوى في عدو 100 متر. أي انه يتحرك بمعدل سرعة متساوي.

(ب) الحركة غير المنتظمة :

ويقطع الجسم فيها مسافات غير متساوية في ازمدة متساوية ، كما في حركة العداء الذي ينطلق من الثبات حيث تزداد سرعته تدريجيا لحين وصوله السرعة القصوى ، وفي هذه الحالة تكون حركته تزايدية.

وتقسم الحركات غير المنتظمة الى :

- حركة بتعجيل ثابت (موجبة او سالبة) .
- حركة بتعجيل متغير (موجبة او سالبة) .

أنواع التحليل البيوميكانيكي

التحليل البيوميكانيكي النوعي

غالبًا ما يقوم المدربون بإجراء تحليلات نوعية للميكانيكا الحيوية، حيث يلاحظون الرياضيين وهم يؤديون حركة أو مهارة معينة ويصفون الخصائص الميكانيكية للأداء بشكل شخصي، بحيث يمكن استخدام الواصفات المقارنة (أسرع، أبطأ، أعلى، أقل، أقصر، أطول، أكبر، أصغر، وهكذا)، ويتم الإشارة إلى هذه الخصائص من خلال حاسة البصر أو الملاحظة البصرية.

التحليل البيوميكانيكي الكمي

يتطلب التحليل الميكانيكي الكمي الشامل معدات متخصصة ومكلفة لتسجيل وقياس المتغيرات الميكانيكية الحيوية ذات الأهمية، لذلك عادةً ما يتم إجراء هذه الأنواع من التحليلات لرياضي النخبة فقط.

خطوات التحليل الميكانيكي

• تسجيل الحركة كاملة وذلك بعد تحديد الهدف

• إعادة عرضها للوقوف على نقاط الضعف

• مقارنة الأداء المسجل مع ما تم تطويره كفيًا

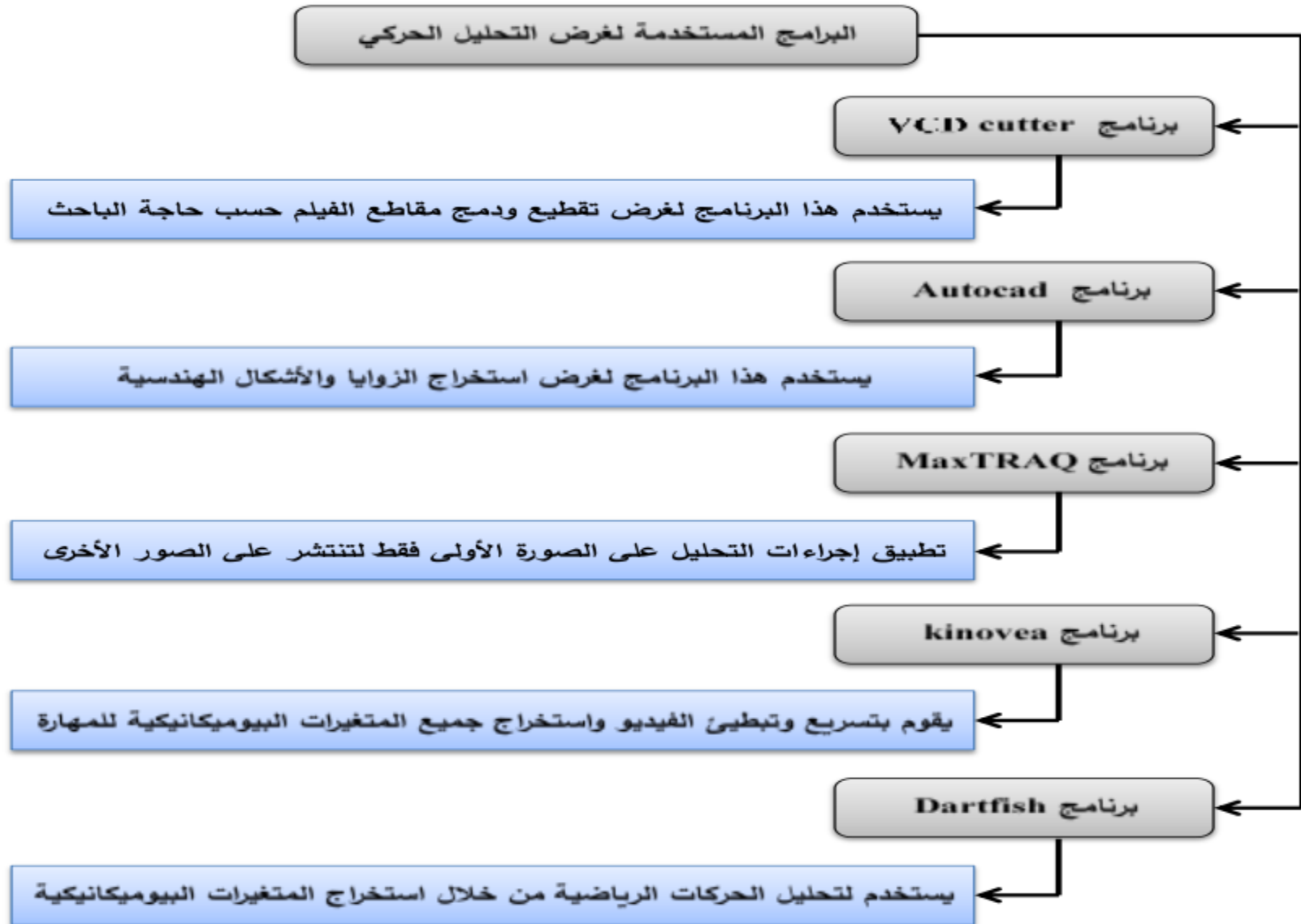
• رسم الصورة وقياس زوايا الأجزاء وسرعتها

• ربط المتغيرات المقاسة ومعالجتها إحصائياً

• إلغاء الجانب الذاتي في التقويم

• تفسير النتائج بالأدلة والبراهين

برامج التحليل الحركي البيوميكانيكي



برامج التحليل الحركي البيوميكانيكي

برنامج VCD cutter



هو أداة تستخدم في تحليل الفيديو، وقد يستفاد منها في التحليل البيوميكانيكي للأداء الحركي في المجال الرياضي، خاصة في المراحل التعليمية.

برامج التحليل الحركي البيوميكانيكي

الهدف من برنامج VCD cutter



- ❖ تقطيع (قص) ملفات الفيديو إلى مقاطع صغيرة ودقيقة يمكن تحليلها بشكل منفصل.
- ❖ تسهيل استخراج لقطات محددة من الأداء الحركي (مثل، مرحلة الانطلاق، الطيران، أو الهبوط في القفز الطويل).
- ❖ إعداد المقاطع لتستخدم لاحقا في برامج التحليل الحركي الأخرى.

برامج التحليل الحركي البيوميكانيكي

برنامج max TRAQ



هو أحد البرامج المتخصصة في التحليل البيوميكانيكي للحركة باستخدام الفيديو، يعتبر من البرامج الاحترافية في تحليل الحركات ثنائية وثلاثية الأبعاد، وهو باختصار برنامج يحول الفيديو إلى بيانات كمية يمكن تحليلها علميا.

برامج التحليل الحركي البيوميكانيكي

الهدف من برنامج max TRAQ



❖ تحليل الحركة بدقة من خلال تتبع نقاط مرجعية على الجسم.

❖ قياس المتغيرات البيوميكانيكية مثل
الزوايا، السرعات، التسارعات...

❖ دراسة الأداء الرياضي بهدف تحسين التقنية وتقليل خطر الاصابات.

برامج التحليل الحركي البيوميكانيكي



برنامج KINOVEA

هو برنامج مجاني ومفتوح المصدر صمم خصيصا لتحليل الحركات الرياضية من خلال مقاطع الفيديو، ويستخدم على نطاق واسع في التحليل البيوميكانيكي للأداء الرياضي والتغذية الراجعة التقنية للمدربين.

برامج التحليل الحركي البيوميكانيكي

الهدف من برنامج KINOVEA



- ❖ تحليل الأداء الحركي من خلال قياس الزوايا، المسافات، السرعة والتسارع للحركات الرياضية.
- ❖ تقديم تغذية راجعة فورية من خلال ابراز الأخطاء الفنية للرياضي بشكل دقيق.
- ❖ تحويل الفيديو إلى بيانات كمية من خلال استخراج قيم رقمية مثل السرعة والزوايا لتستخدم في التحليل العلمي أو الاحصائي.

برامج التحليل الحركي البيوميكانيكي

برنامج Dartfish



هو برنامج متخصص في تحليل الفيديو الرقمي للأداء الحركي والرياضي، يتيح دراسة الحركات الرياضية أو أداء الرياضيين بشكل كمي ونوعي عبر تقنيات التصوير البطيء، مع إمكانية إنشاء تغذية راجعة فورية ومرئية.

برامج التحليل الحركي البيوميكانيكي

الهدف من برنامج Dartfish



- ❖ تحليل الأداء الفني بدقة عالية باستخدام الفيديو البطيء والمقاطع المتزامنة من عدة زوايا.
- ❖ التحليل البيوميكانيكي الكمي من خلال قياس الزوايا، السرعات، المسافات...
- ❖ التغذية الراجعة الفورية من خلال عرض الأداء مباشرة بعد تنفيذه لتصحيح الأخطاء الفنية.
- ❖ تقييم الأداء والمقارنة بين الرياضيين من خلال مقارنة أدائهم بين فترات زمنية أو لاعبين مختلفين.



مثال عن التحليل البيوميكانيكي للحركة:

• عند دراسة وتحليل أحد الأرقام العالمية المحققة في جري السرعة لمسافة 100م نلاحظ أن هذا الرقم يتأثر بكميات كل من معدل السرعة والذي يرتبط بكل من المسافة والزمن المستغرق لقطعها من جهة، ومن جهة أخرى يرتبط هذا الرقم أيضا بمميزات ومكونات خطوة العداء التي ترتبط بالعديد من المميزات البدنية ذات العلاقة بتطبيق الشروط الميكانيكية لأداء هذه الخطوة، وبهذا يمكن أن يكون معدل السرعة هو إنتاج لكل من طول الخطوة وترددها، ويمكن أن تكون العلاقة التي تربطهم معا وهي:

❖ **معدل السرعة = طول الخطوة X تردد الخطوة.**

➡ **معدل السرعة بالنسبة للعداء هو قدرته على أداء حركات متكررة متتالية من نوع واحد في أقل زمن ممكن.**



- معدل السرعة = طول الخطوة X تردد الخطوة.

- $$V = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{D}{T}$$

- طول الخطوة هو مقياس كمي يقاس بالمتري ويعبر عنه بالطول الزمني، أما تردد الخطوات فهو يعني عدد الخطوات في زمن محدد ويعبر عنه بالتردد الزمني.

- زمن الخطوة له علاقة بزمن قوة الدفع (القوة X الزمن) والتي يطلق عليها باللحظة الزمنية ولها علاقة بتغير كمية الزخم (الكتلة X السرعة). $ELANT = MASSE \times VITESSE$ الزخم



• مثال: لدينا عدائين يمتلكان الأزمان في 100 م كالتالي:

الأول: 9.92 ثانية ويعمل 44 خطوة على طول مسافة السباق.

الثاني: 10.50 ثانية ويعمل 48 خطوة على طول مسافة السباق.

فإنه من خلال هاذين الزمنين يمكن التوصل إلى المتغيرات الميكانيكية الآتية والتي تعطي للمدرب الأسباب الحقيقية للضعف في الجانب البدني والذي يكون مسؤولاً عن هذه المتغيرات الميكانيكية:

❖ أولاً نستخرج معدل السرعة لكل عداء من خلال معطيات المسافة والزمن:

$$V = \frac{D}{T}$$

وبالتالي يكون معدل سرعة العداء الأول: 10.08 والثاني: 9.52

❖ ثانياً نستخرج طول خطوة الجري لكل عداء بقسمة المسافة الكلية على عدد الخطوات، فيكون معدل طول خطوة العداء الأول: 2.27 م والثاني: 2.08 م.

❖ إذا الفرق بين طول الخطوتين هو 0.19 سم أي أنه في كل خطوة يكون الفرق ثابت وهذا الفرق يكون لصالح العداء ذو الزمن الأقل .

الحركات الخطية والدورانية

أ- الحركات الخطية



هي الحركة التي ينتقل فيها الجسم
أو مركز كتلته في خط مستقيم أو
منحني باتجاه مستقيم دون أن
يدور حول محور معين.

أنواع الحركات الخطية

الحركة المستقيمة

كل أجزاء الجسم تتحرك بنفس الاتجاه والمسافة.
مثال: جري عداء 100 م في خط مستقيم

الحركة المنحنية

الجسم يتحرك في مسار منحنى ولكن دون دوران حول محور.
مثال: حركة الكرة في رمية قوسية في كرة القدم أو السلة.

العوامل المؤثرة في الحركات الخطية

القوة

السرعة

التسارع

مقاومة الهواء والاحتكاك

المعادلات الخطية للمسافة

أ- في حالة حركة مستقيمة منتظمة

$$X = Vt + X_0$$

حيث: X : هي الفاصلة النهائية

X_0 : الفاصلة الابتدائية

V : السرعة وهي مقدار ثابت $V = cte$

t : الزمن المستغرق خلال المسافة المقطوعة

$$\frac{1}{2}at^2 + V_0t + X_0$$

المعادلات الخطية للمسافة (تابع)

ب- في حالة حركة مستقيمة متغيرة بانتظام

$$x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0$$

حيث: X : الفاصلة النهائية

a : التسارع وهو مقدار ثابت $a = cte$

t : الزمن المستغرق لقطع هذه المسافة

V_0 : السرعة الابتدائية

X_0 : الفاصلة الابتدائية

ملاحظة: الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام تأخذ شكلين هما: حركة مستقيمة متسارعة بانتظام

$$V \cdot a \geq 0$$

أو حركة مستقيمة متباطئة بانتظام $V \cdot a \leq 0$.

المعادلات الخطية للسرعة

تعرف السرعة بأنها النسبة بين المسافة والفترة الزمنية اللازمة لإنجاز تلك المسافة وتقاس بالمتر على الثانية M/S والتسارع يقاس بـ: المتر على الثانية مربع M/S².
أي السرعة هي كمية تساوي النسبة بين كمية قياسية (المسافة) وكمية قياسية أخرى (الزمن).

$$\frac{Dx}{Dt} = \frac{X_2 - X}{t_2 - t_1} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \text{السرعة}$$

مثال: عندما يقطع عداء مسافة 100 م بزمان قدره 10 ثانية فإن قيمة السرعة من حيث معدلها تساوي 10 م/ثانية لقطع المسافة المذكورة.

$$V = \frac{Dx}{Dt} = \frac{100}{10} = 10 \text{ M/S}$$

المعادلات الخطية للسرعة (تابع)

أ- في حالة السرعة المنتظمة

• تعد من أبسط أنواع السرعة وتعرف بأنها السرعة ذات الاتجاه الثابت والتي يقطع فيها الجسم مسافات متساوية في أزمنة متساوية وتعطى بالمعادلة التالية:

$$X = Vt + X_0 \quad / \quad V = \text{cte} \quad / \quad a (\text{aceleration}) = 0$$

ب- في حالة السرعة المتغيرة بانتظام

أي أن سرعة الجسم غير ثابتة وتتغير بمقادير متساوية ومنتظمة وهي نوعان:

- **حركة متسارعة بانتظام:** أي أن سرعة الجسم غير ثابتة وتتغير بمقادير متساوية بانتظام موجبة
- **حركة متباطئة بانتظام:** وهي سرعة غير ثابتة وتتغير بمقادير متساوية سالبة.

$$V = a.t + V_0$$

حيث: V_0 : السرعة الابتدائية

$$a = \text{ثابت cte} \quad = \text{السرعة}, \quad a = \text{التسارع}, \quad t = \text{الزمن}$$

المعادلات الخطية للسرعة (تابع)

ج- في حالة السرعة غير المنتظمة

أي أن سرعة الجسم غير ثابتة وتتغير بمقادير غير متساوية مثل: 3م/ثانية، 5م/ثانية، 17م/ثانية، وتنطبق على أغلب الأنشطة الرياضية المختلفة، وفي هذه الحالة تحسب السرعة المتوسطة التي تعطى بالعلاقة التالية:

$$V = \frac{Dx}{Dt} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \text{السرعة}$$

مثال: إذا قطع عداء في ألعاب القوى مسافة 23 كم في 1 سا و 15 دقيقة، فما هي السرعة المتوسطة لهذه المسافة؟

$$V = \frac{Dx}{Dt} = \frac{23000}{4500} = 5.11 \text{ M/S}$$

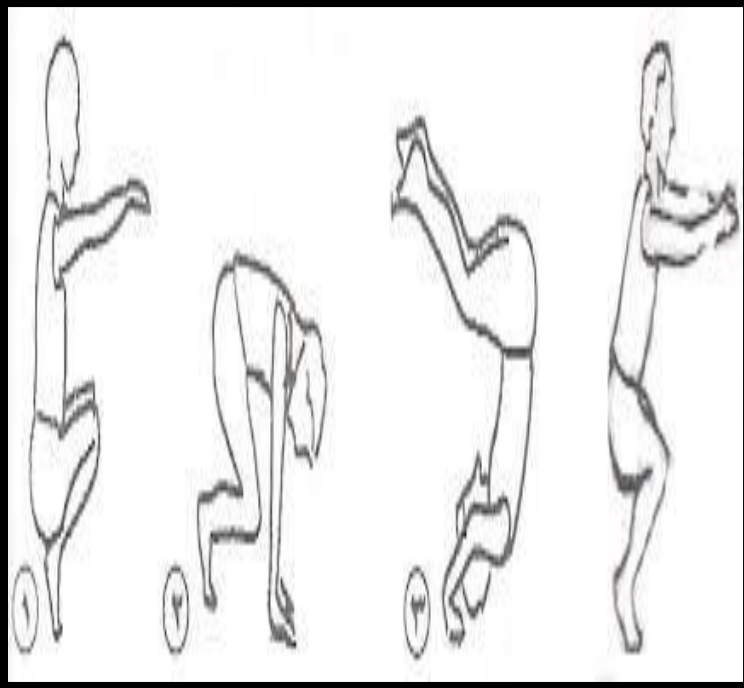
23 كم ← 23000 م = المسافة
1 سا و 15 دقيقة ← 4500 ثانية = الزمن

$$V = \frac{23 \text{ KM}}{1.25 \text{ h}} = 18.4 \text{ KM/H}$$

الحركات الخطية والدورانية

ب- الحركات الدورانية

هي الحركة التي تدور فيها أجزاء الجسم حول محور ثابت داخلي أو خارجي.



أنواع الحركات الدورانية

دوران حول محور داخلي

مثال: دوران الساعد حول مفصل المرفق أثناء الرمي

دوران حول محور خارجي

مثال: دوران الجسم كله في الهواء أثناء القفز العالي أو الجمباز.

الحركات الخطية والدورانية

العلاقة بينهما



في الغالب لا توجد حركة نقية خطية أو دورانية في الرياضة، بل مزيج بينهما. مثال: أثناء تسديد الكرة في رياضة كرة القدم، القدم تقوم بحركة دورانية حول مفصل الورك، بينما الكرة نفسها تتحرك حركة خطية نحو المرمى.

بيوميكانيك أنواع الحركات

بصفة عامة على مستوى مفاصل جسم الانسان توجد 6 حركات أساسية هي:

يقصد بالثني تقريب العظمين المتحركين من بعضهما البعض

الثني



La flexion

يقصد بالمد إبعاد العظام المتحركة عن بعضها البعض

المد



L'extension



Flexion



Extension

بيوميكانيك أنواع الحركات (تابع)

يقصد بالتباعد عملية تحريك جزء من الجسم بالاتجاه البعيد عن الخط الممثل لمنتصف الجسم

التباعد

L'abduction

يقصد بالتقريب عملية تحريك جزء من الجسم باتجاه الخط الممثل لمنتصف الجسم

التقريب

L'adduction



Adduction



Abduction

بيوميكانيك أنواع الحركات (تابع)

عندما يتم الدوران للخارج، على سبيل المثال: إذا كنت تريد تمرير كرة بقدمك أمامك، فسوف تقوم أولاً بتدوير الورك للخارج.

الدوران الخارجي

La rotation
externe

عندما يتم التدوير "للداخل"، على سبيل المثال، عندما يقترب إصبع القدم الكبير من محور الجسم عن طريق دوران الورك

الدوران الداخلي

La rotation
interne



بيوميكانيك الحركات حسب أجزاء الجسم

العمود الفقري الظهري والقطني Le rachis dorsal et lombaire

الحركات الممكنة

الدوران + المد



الدوران + الثني

على سبيل المثال: الرفع القطني
حيث نبدأ من جانب واحد
(relevé lombaire)

إذا قمنا بالتدوير + ثني المرفق
الأيمن نحو الركبة اليسرى
(crunch avec rotation)، فإن
المائلة الرئيسية اليمنى
(القبضة) هي التي تعمل والمائلة
الصغيرة اليسرى (الباسطة)

بيوميكانيك الحركات حسب أجزاء الجسم (تابع)

الحزام الكتفي (La ceinture scapulaire (épaules)

الحركات الممكنة

الدوران الخارجي

الدوران الداخلي

التباعد abduction

التقريب Adduction

بيوميكانيك الحركات حسب أجزاء الجسم (تابع)



المرفق (Le coude)

الحركات الممكنة

الدوران الخارجي

الدوران الداخلي

المد extension

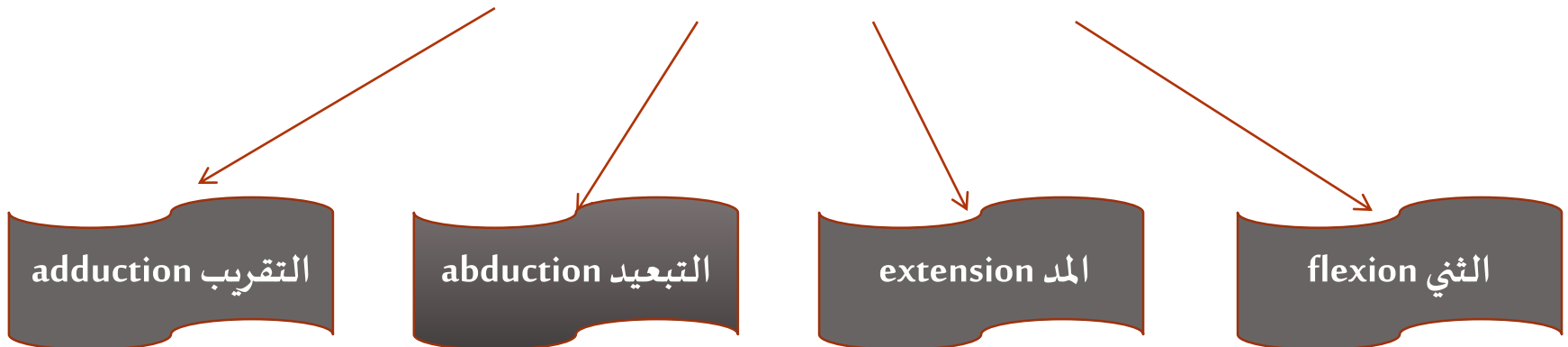
الثني flexion

بيوميكانيك الحركات حسب أجزاء الجسم (تابع)



اليد (La main)

الحركات الممكنة على مستوى مفصل اليد

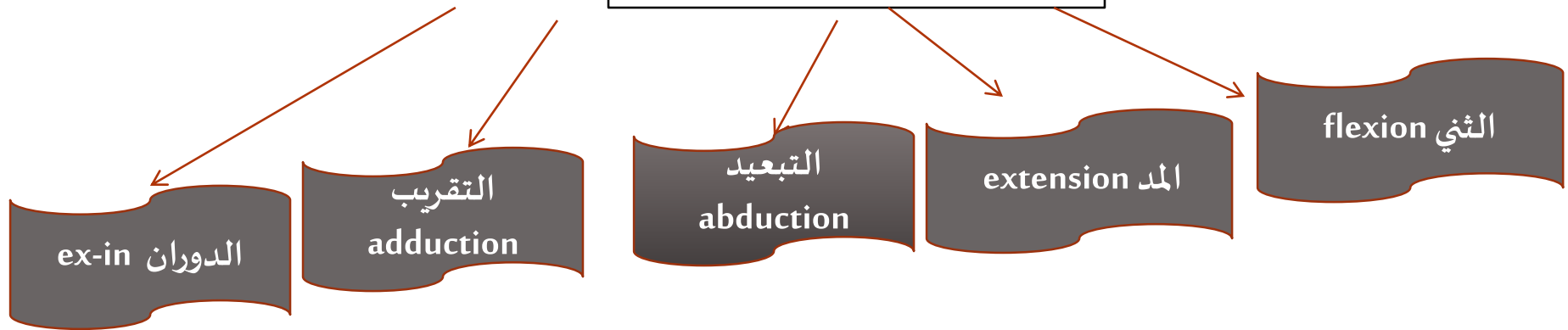


بيوميكانيك الحركات حسب أجزاء الجسم (تابع)



الأطراف السفلية (les membres inferieurs)

الحركات الممكنة



بيوميكانيك الحركات حسب أجزاء الجسم (تابع)



الركبة (Le genou)

الحركات الممكنة على مستوى مفصل الركبة

Rotation interne

rotation externe

المد extension

الثني flexion

بيوميكانيك الحركات حسب أجزاء الجسم (تابع)



الكاحل (La cheville)

الحركات الممكنة على مستوى مفصل الكاحل



المد extension



الثني flexion

القوانين الأساسية للحركة

Newton's Laws of Motion قوانين نيوتن للحركة

تفسّر قوانين نيوتن الثلاثة للحركة كيف تؤدي القوى إلى إحداث الحركة في الأنشطة الرياضية، وتُعرف عادةً بـ:

- 1- قانون القصور الذاتي Law of Inertia
- 2- قانون التسارع Law of Acceleration
- 3- قانون الفعل وردّ الفعل Law of Reaction

قوانين نيوتن للحركة

أ- قانون القصور الذاتي



مع عدم وجود قوى خارجية، لن يتحرك هذا الجسم أبدًا



مع عدم وجود قوى خارجية، لن يتوقف هذا الجسم أبدًا



ينص على أن الأجسام تقاوم التغير في حالتها الحركية؛ فالجسم المتحرك يبقى في حالة حركة والجسم الساكن يبقى ساكنًا ما لم تؤثر عليه قوة خارجية.

مثال: المتزلج على الجليد يواصل الانزلاق بسرعة واتجاه ثابتين إلى أن تؤثر عليه قوة خارجية مثل الاحتكاك أو عائق في طريقه.

العوامل المؤثرة في قانون نيوتن الأول

كتلة الجسم: كلما زادت كتلة الجسم كلما كان القصور الذاتي أكبر للتغلب على القوة التي تحاول تحريك الجسم، مثال على ذلك ركل الكرة مقارنة بركل جسم ذو وزن أكبر.

طبيعة الأرض: يملك الجسم قصورا كبيرا على الأراضي الخشنة، أي يصعب تحريكه بسهولة، في حين يمتلك قصورا أقل في الأراضي الزلقة أو الجليدية.

الارتكاز: عندما يراد تحريك جسم ذو كتلة معينة وله قاعدة ارتكاز كبيرة فإن ذلك يتطلب قوة كبيرة للتغلب عليه، على سبيل المثال في رياضة المصارعة يحاول دائما المصارع توسيع قاعدة الارتكاز بتوسيع المسافة بين القدمين للتقليل من تأثير القوة التي يستخدمها الخصم ضده، ففي هذه الحالة يحتاج إلى قوة أكبر لإسقاطه.

قوانين نيوتن للحركة

ب- قانون التسارع

يشرح مقدار الحركة التي تولدها القوة، وينص على أن تسارع الجسم يتناسب طرديًا مع مقدار القوة المؤثرة عليه، وعكسيًا مع كتلته $F = m.a$

مثال: عندما تُركل كرة أو تُضرب بمضرب، تتحرك في اتجاه خط تأثير القوة. كلما زادت القوة المطبقة، زادت سرعة الكرة الناتجة.

وإذا حسّن اللاعب قوة عضلات الساقين مع بقاء كتلته ثابتة، فسيتحسن تسارعه وسرعته أثناء الجري أو تغيير الاتجاه.

في تغيير الاتجاه أو التسارع المفاجئ إذا كانت الكتلة كبيرة أو التسارع المطلوب كبير فلا بد من توليد قوة أكبر.

إذا نريد تسارع أكبر (مثلاً إنطلاق أسرع) نحتاج قوة أكبر (تدريب قوة، تقنية أفضل) أو تقليل الكتلة (تقليل الأوزان غير الضرورية).

قوانين نيوتن للحركة

ج- قانون الفعل ورد الفعل

لكل فعل قوة هناك ردّ فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه.

مثال: عندما يضغط اللاعب بساقيه على الأرض أثناء الجري، تدفع الأرض اللاعب بقوة مساوية ومعاكسة تُسمى قوة ردّ الفعل الأرضي ((Ground Reaction Force، وهي ما يسمح له بالتقدم إلى الأمام.

لاعب قفز في كرة السلة عندما يدفع الأرض بقدمه، فإن الأرض ترد عليه بقوة تدفعه نحو الأعلى.

سباح يدفع الماء إلى الخلف فيرد عنه الماء بدفع يقدمه للأمام.

اللاعب الذي يقفز في الكرة الطائرة ينتج دفعا للأسفل على الأرض فتنتج قوة رد فعل للأعلى تساعد على القفز.

علاقة القوانين الثلاثة بالأداء الرياضي والتدريب

باستخدام القانون الثاني يمكن للمدربين والرياضيين تحليل كم القوة التي ينبغي أن ينتجها الرياضي لتسريع الجسم أو جزء منه إلى سرعة معينة أو تغييره في الاتجاه.

فهم القانون الثالث يساعد على تحسين تقنية الدفع، على سبيل المثال عداؤ والمضماريتدربون على الزاوية التي يدفعون بها الأرض لتوليد أكبر قوة رد فعل ممكنة، ما يحسن التسارع والانطلاق.

القانون الاول ينبه إلى أن الرياضي إذا أراد تغيير حالته (بدء، تغيير اتجاه، توقف) فلا بد من وجود قوة صافية، وهذا مهم للتدريبات التي تركز على الانطلاق أو التوقف أو تغيير الاتجاه.

علاقة القوانين الثلاثة بالأداء الرياضي والتدريب (تابع)

القانون الأول يذكر بأنه لا يوجد تغيير للحركة ما لم تطبق عليه قوة خارجية واضحة (مهم للانطلاق، التوقف، تغيير الاتجاه)

القانون الثاني يعطي العلاقة الكمية بين القوة والكتلة والتسارع (مفتاح لتحليل وتسريع وتحسين الاداء الرياضي)

القانون الثالث يشرح التفاعل بين الرياضي والبيئة (مهم لتقنيات الدفع، القفز، التصادم وإعادة الدفع)

في التدريب الرياضي والبيوميكانيك هذه القوانين ليست مجرد نظرية فيزيائية بل أدوات عملية لتحليل الأداء، تصحيح التقنية، تحسين المعدات، تقليل الإصابات.

تحليل الحركات الرياضية

التحليل البيوميكانيكي للحركة خلال مباريات كرة القدم



حركة لاعب كرة القدم تتسم بكونها غير منتظمة، ومتغيرة الاتجاه والزمن، وهذا يفرض نمطاً خاصاً من التحليل البيوميكانيكي المبني على:

- تغير الاتجاه
- تسارعات
- قفزات
- التوقف المفاجئ
- الدوران حول محاور متعددة
- اصطدامات جسدية
- انتقال مستمرين حركات خطية ودورانية

تحليل الحركات الرياضية

الخصائص البيوميكانيكية للحركة أثناء المباراة



تشير الدراسات الحديثة (Di Salvo V. , et al., 2007) أن اللاعب يقوم بـ:

❖ من 900 إلى 1400 تغيير في الاتجاه

❖ من 50 إلى 80 Sprint

❖ من 600 إلى 1200 خطوة جانبية أو خلفية.

مثال ميداني:

في كأس العالم 2022، جناح المنتخب المغربي

"حكيم زياش" قام بـ 12 تغيير اتجاه في 20 ثانية

خلال لقطة دفاعية أمام البرتغال. هذا التنوع في

الحركة نموذج بيوميكانيكي واضح.

متطلبات التحليل البيوميكانيكي للحركات في مباريات كرة القدم

تحديد موقع مركز الثقل

قياس زوايا الحوض والركبة أثناء المهارات

تحليل القوى الأرضية GRF خلال التسارع والتباطؤ

تحديد العزوم المفصلية Torques

تحليل الحركات الرياضية

أمثلة ميدانية من المباريات



- مثال 1: هجوم مرتد لنادي مانشستر سيتي
- ❖ اللاعب يقوم بتسارع أولي بزاوية ميل 30° .
 - ❖ بعد 3 خطوات يرفع زاوية الجذع نحو 70° .
 - ❖ في لحظة تمرير الكرة يقوم بخفض مركز الثقل 5 سم لتغيير الاتجاه.
- هذا التغيير الدقيق يسمح له بتغيير الاتجاه دون فقدان التوازن.

التحليل البيوميكانيكي للتسارع والتباطئ في
كرة القدم

الميكانيك الحيوي للتسارع

زاوية الميل الأمامي 35° - 45°

قوة الدفع الخلفية

مدة الاتصال بالأرض

قوة الأمشاط في الدفع

التباطؤ في كرة القدم

متطلبات التباطؤ

رفع الجذع تدريجيا

خفض مركز الثقل

زيادة زاوية الركبة بين 80° - 100°

تفعيل عضلات الـ hamstrings بنمط eccentric

أمثلة ميدانية من المباريات



مثال 1: محمد صلاح في هجمة مرتدة
✓ في أول 5 أمتار: يعتمد على معدل خطوات 4.5 خطوة/ث
✓ في الخطوات التالية يزداد طول الخطوة
✓ عند الاقتراب من المدافع يقوم بـ Deceleration في 0.40 ثانية
→ هذا التباطؤ السريع يسمح له بتغيير الاتجاه وضرب المدافع.

أمثلة ميدانية من المباريات



مثال 2: رياض محرز عند الاستلام والانعطاف

❖ قبل استلام الكرة يقلل سرعته بنسبة 40%

❖ يضع قدم الارتكاز بزاوية 45°

❖ يخفض مركز الثقل لإعداد دوران 180°

التحليل البيوميكانيكي للتسديد في كرة القدم

ميكانيكية التسديد



مراحل التسديد:

- ❖ الخطوة التمهيدية
- ❖ مرحلة سحب الساق (Backswing)
- ❖ مرحلة التسديد (Impact)
- ❖ المتابعة (Follow-through)

أهم المتغيرات البيوميكانيكية للتسديد



- زاوية الركبة في لحظة الضرب 30–40°
- سرعة الساق تتجاوز 1500/sec°
- زاوية القدم تحدد خط مسار الكرة
- قوة الاحتكاك بين القدم والكرة تحدد
نسبة الدوران Spin

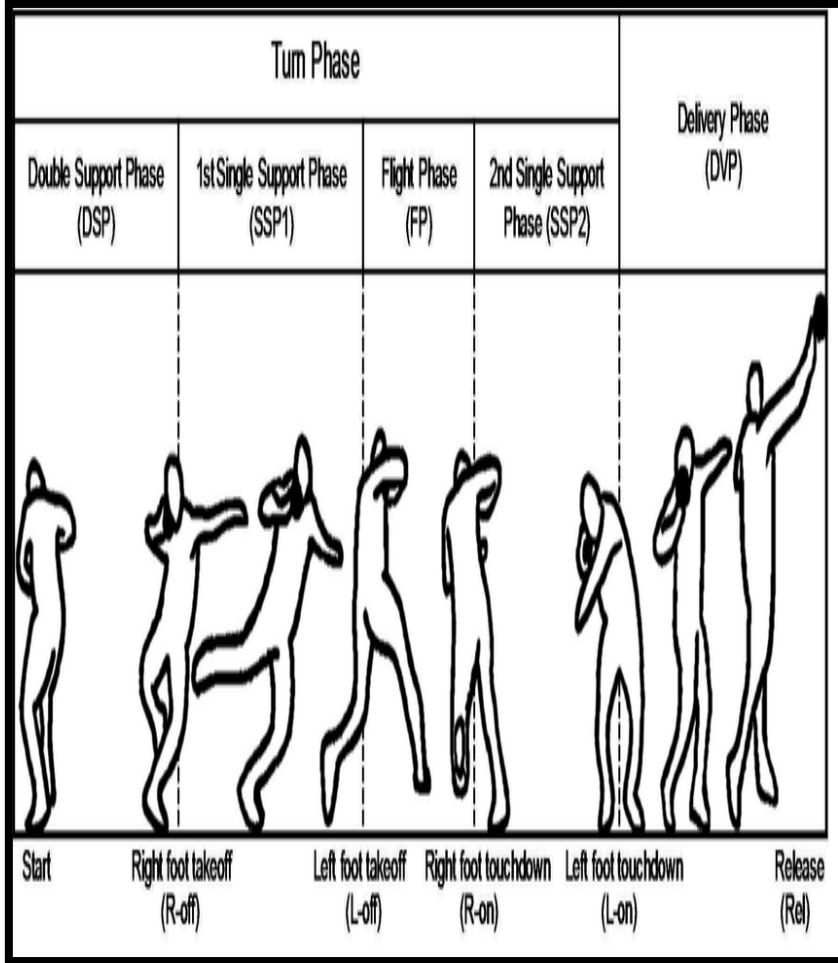
أمثلة ميدانية



مثال 1: ضربة "أشرف حكيمي" ضد إسبانيا في كأس العالم
❖ جسمه مائل 15° نحو اليسار
❖ قدم الارتكاز قريبة من الكرة بـ 10-12 سم
❖ زاوية الحوض 20° للأمام
→ كل هذه المتغيرات سمحت له بتوجيه الكرة بدقة عالية.

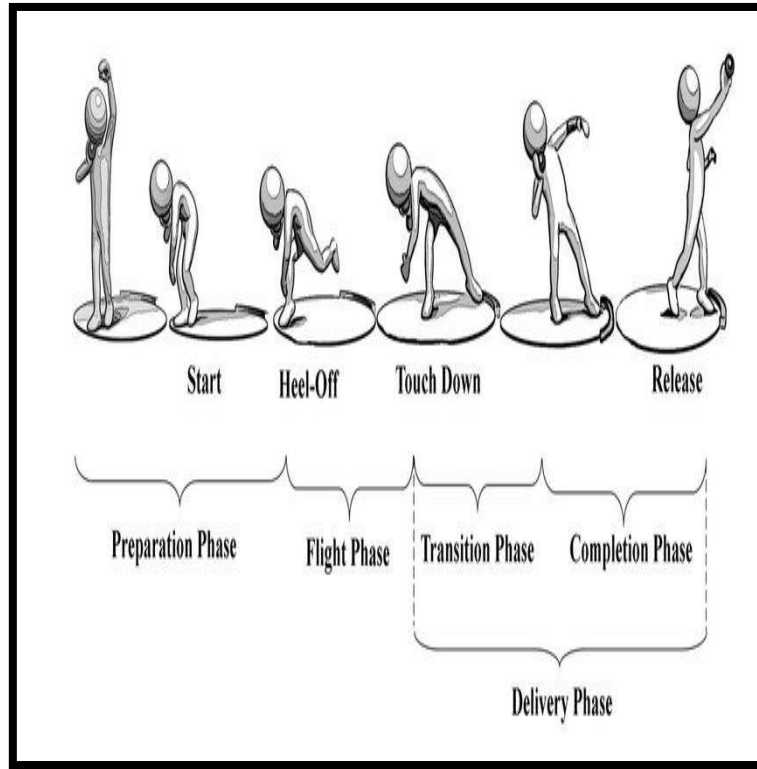
التحليل البيوميكانيكي لرياضة دفع الكرة

لمحة مختصرة عن رياضة دفع الكرة



هي رياضة فردية تندرج ضمن مسابقات ألعاب القوى، بحيث تنفذ فعالية دفع الكرة الحديدية من دائرة يبلغ قطرها: 2.135م، تثبت أمامها لوحة إيقاف باللون الأبيض يبلغ طولها: 122سم وعرضها: 10سم، ويبلغ ارتفاعها فوق الحافة الأمامية للدائرة في حدود 10سم، أما الأرض المخصصة لسقوط الأداة فتكون من الحشيش أو التراب حتى تترك عليها أثرا عند السقوط. يبلغ وزن الأداة: 7.26 كغ عند الذكور و4 كغ عند الإناث لدى النخبة.

المتطلبات البيوميكانيكية لرياضة دفع الجملة

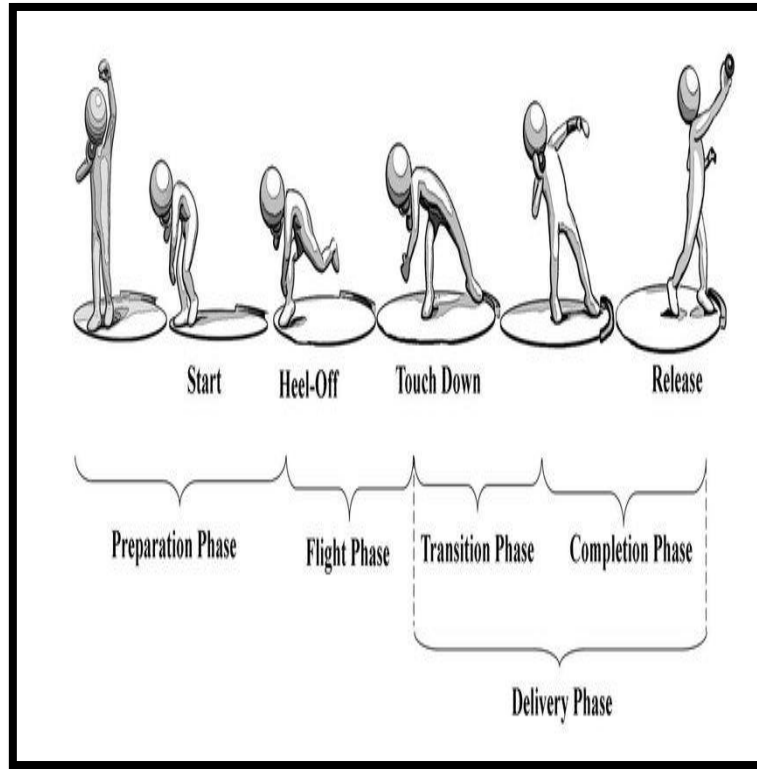


القوة العضلية: la force musculaire

❖ قوة عضلية قصوى في عضلات الأرجل، الجذع والكتفين.

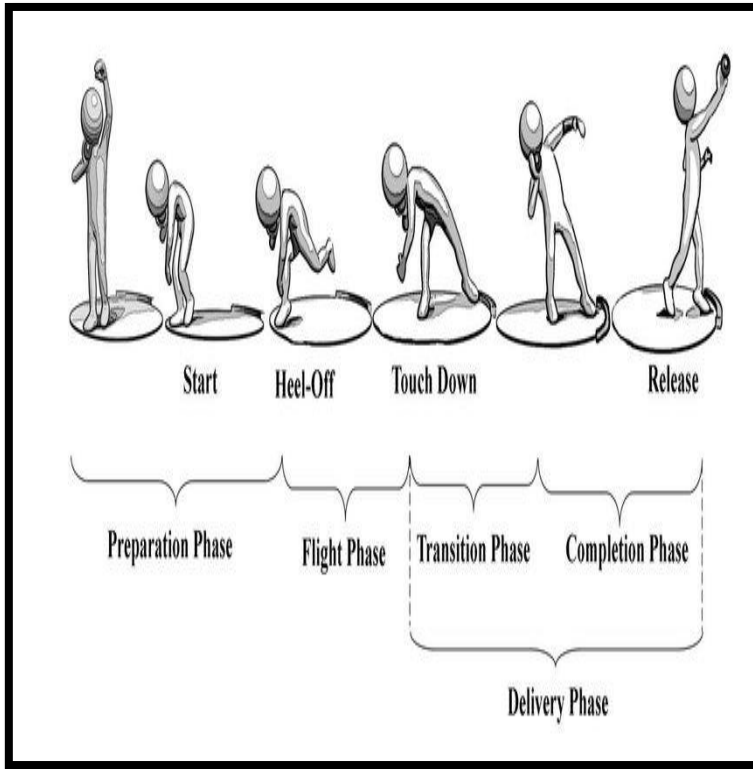
❖ القوة الانفجارية أساس الأداء لأنها تحول إلى سرعة إطلاق عالية.

المتطلبات البيوميكانيكية لرياضة دفع الكرة



التوازن والثبات: stability
❖ يجب المحافظة على التوازن أثناء الانتقال من وضع الاستعداد إلى الاطلاق دون تجاوز الدائرة.
❖ التحكم في مركز الثقل مهم لتوليد قوة خطية ودورانية.

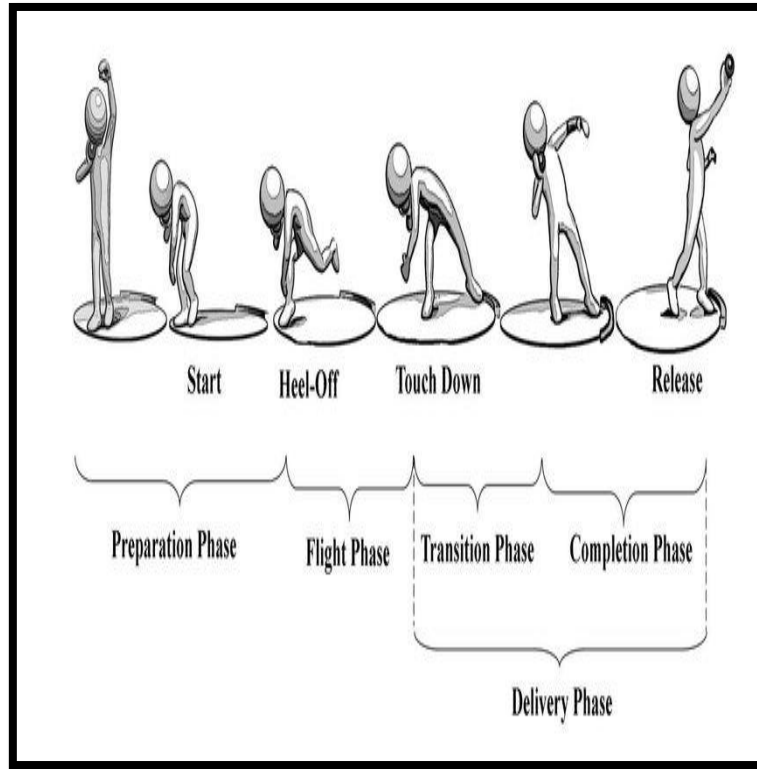
المتطلبات البيوميكانيكية لرياضة دفع الجلة



la vitesse de : سرعة الحركة:  movement

❖ سرعة الاندفاع الامامي أو الدوراني تؤثر مباشرة في سرعة الطيران الأولي للجلة.
❖ كلما زادت سرعة مرحلة الاقتراب الحركي زادت المسافة.

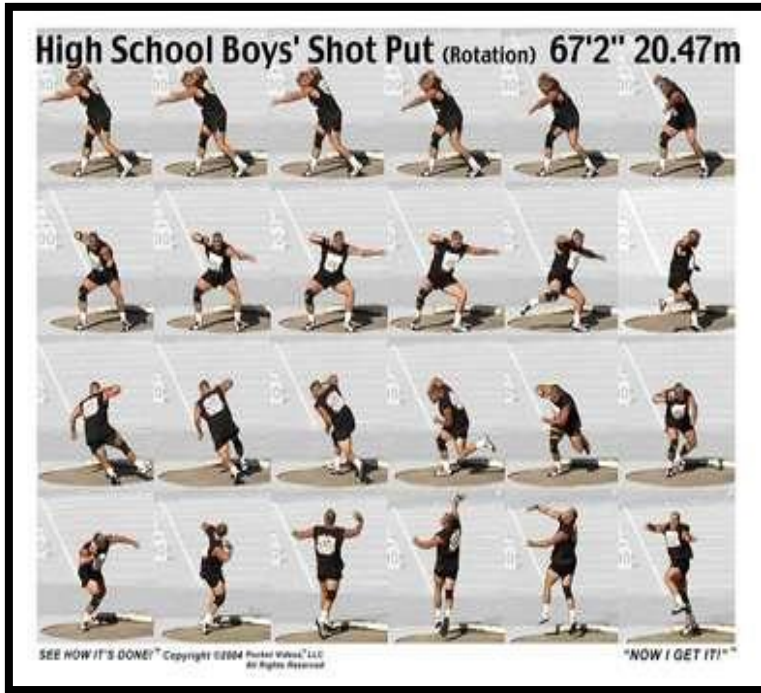
المتطلبات البيوميكانيكية لرياضة دفع الجملة



- التوافق الحركي والمرونة: la coordination et souplesse
- ❖ تتأغم عمل الأطراف السفلية مع الجذع والذراع الرامي.
 - ❖ التتابع الحركي الصحيح (الأرجل – الجذع – الكتف – الذراع – الرسغ).
 - ❖ مرونة الظهر والكتفين تؤثر في مدى دوران الجذع والوصول إلى زاوية دفع مثلى.

الزوايا البيوميكانيكية حسب نوع الدفع

أولا: زاوية الاطلاق (release angle)



في طريقة الوقوف: **standing throw**

✓ الزاوية المثلى: 35° - 40° تقريبا

في طريقة الانزلاق: **glide tec**

✓ الزاوية المثلى: 36° - 38°

✓ الانزلاق يعطي سرعة أفقية أكبر، لدى تكون الزاوية أقل قليلا.

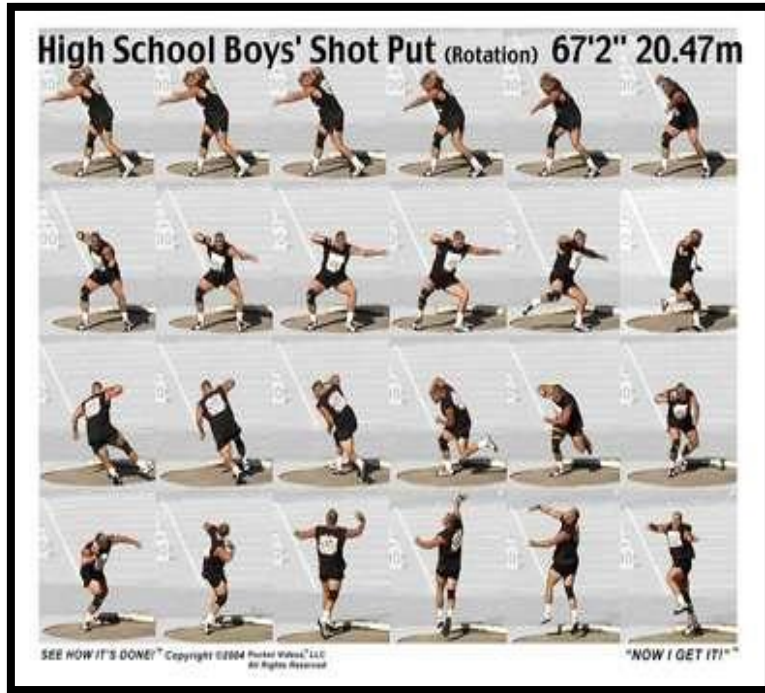
في طريقة الدوران: **rotational tec**

✓ الزاوية المثلى: 34° - 37°

✓ الدوران يوفر سرعة أكبر لذا يجب خفض زاوية الاطلاق حتى لا يرتفع مسار الكرة أكثر من اللازم.

الزوايا البيوميكانيكية حسب نوع الدفع

ثانيا: زوايا الجسم أثناء الأداء



زاوية الجذع: trunk angle

- ✓ قبيل الاطلاق: ميل خفيف للخلف 10° - 20° لزيادة شد العضلات.
- ✓ أثناء الاطلاق: دوران سريع للجذع 90° - 110° باتجاه الرمية.

زاوية الركبتين: knee angle

- ✓ في وضع الاستعداد: مثنية 120° - 140° لخلق طاقة انقباضية.
- ✓ أثناء الدفع: الامتداد الكامل للساقين للحصول على قوة انفجارية.

زاوية الذراع أثناء الاطلاق:

- ✓ الذراع الرامية ترتفع إلى زاوية 120° مع الكتف.
- ✓ زاوية المرفق تتراوح بين 160° - 170° بحيث تكون شبه مستقيمة.

زاوية القدمين والحوض:

- ✓ القدم الخلفية: باتجاه الرمي 20° - 40° .
- ✓ القدم الأمامية: ثابتة بزاوية 70° - 90° للحفاظ على الثبات.
- ✓ الحوض يدور 80° - 100° قبل انطلاق الذراع.

العوامل التي تؤثر في الزاوية المثلى للدفع

سرعة الاطلاق: كلما زادت السرعة قلت زاوية الاطلاق

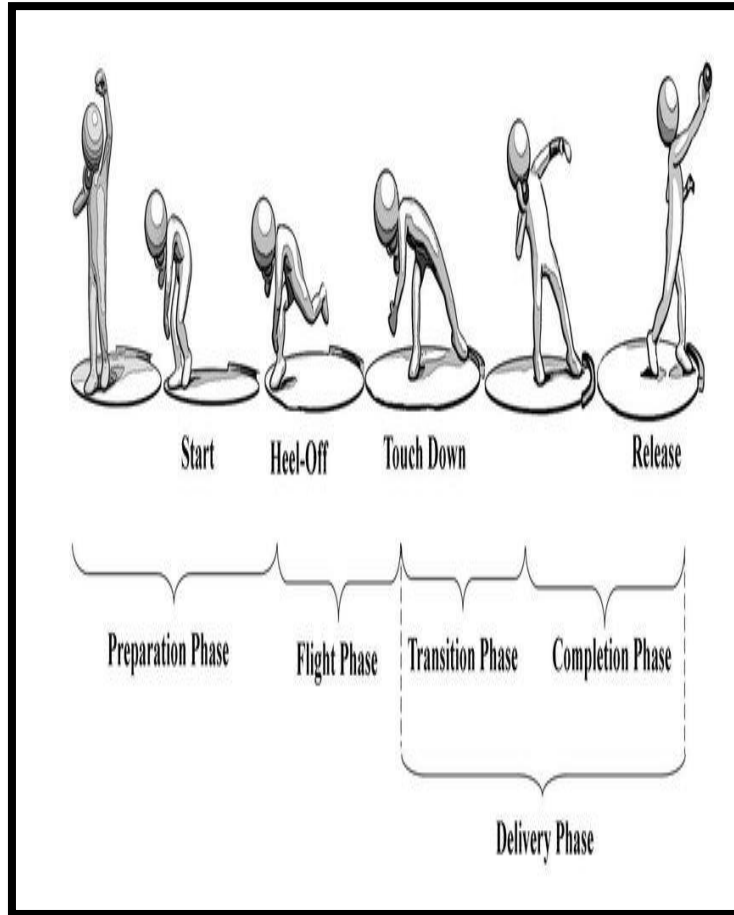
طول الرامي وارتفاع نقطة الاطلاق: الرياضيون الاطول يحتاجون زوايا أقل

قوة اللاعب: الأقوى يمكنه الاطلاق بزوايا أقرب إلى 34° - 36°

ظروف الطقس: الرياح قد ترفع أو تخفض الزاوية المثلى

التحليل البيوميكانيكي لتحسين الاداء في دفع الجلة

يركز هذا التحليل على كيفية استخدام المبادئ البيوميكانيكية لتطوير الأداء وزيادة مسافة الدفع عبر تحسين الحركة وزيادة الكفاءة الميكانيكية وتحسين نقل القوة



المتغير الأهم: سرعة اطلاق الجلة

✓ هي المتغير الأكثر تأثيرا على المسافة، حيث تمثل 70-80% من الفروق في النتائج بين الرياضيين.

كيف نحسنها بيوميكانيكيا؟

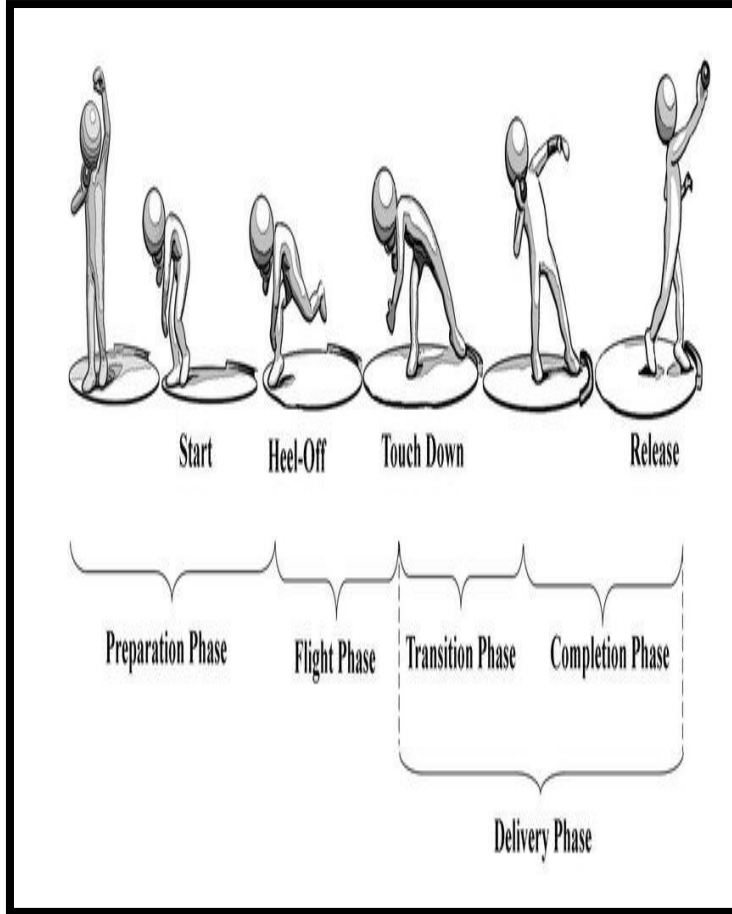
✓ تعزيز نقل الزخم من الارض إلى الجلة عبر سلسلة حركية فعالة.

✓ رفع قدرة اللاعب على إنتاج قوة سريعة (explosive power) خصوصا الساق، الجذع والكتف.

✓ تحسين التسلسل الحركي: الساق - الورك - الجذع - الكتف - المرفق - اليد.

بحيث تنتقل الطاقة تدريجيا وتتصاعد حتى تصل للجلة في لحظة الاطلاق.

التحليل البيوميكانيكي لتحسين الاداء في دفع الجلة



السلسلة الحركية: حجر الأساس في الأداء

لأنها تحدد:

- ❖ كمية الطاقة المنتقلة إلى الجلة.
- ❖ توقيت الانفجار الحركي (motor timing)

كيف نحسنها بيوميكانيكيا؟

- ✓ الارتكاز القوي على القدم الخلفية في لحظات ما قبل الاطلاق.
- ✓ دوران حوض قوي وسريع قبل دوران الكتفين.
- ✓ حفاظ الجذع على توتر عضلي مناسب للقيام بعملية تحميل ثم تحرير الطاقة.
- ✓ تسارع الذراع النهائي بحيث تكون اليد آخر جزء يتحرر.

تحليل المراحل الحركية لدفع الكرة من منظور تحسين الاداء



مرحلة الاعداد

✓ الهدف: تخزين طاقة أولية وتحسين وضعية الجسم.

كيف نحسنها؟

✓ ثبات القدمين.

✓ إبقاء الكرة قريبة من الرقبة.

✓ ميل الجذع للخلف لزيادة نطاق الحركة لاحقا.

✓ ضبط مركز الثقل بحيث يتيح تسارعا لاحقا دون فقدان التوازن.

تحليل المراحل الحركية لدفع الكرة من منظور تحسين الاداء



مرحلة الانتقال

✓ الهدف: تكوين زخم أفقي + ضبط موضع الجسم قبل الدفع النهائي.

لتحسين الأداء:

في تقنية الدوران:

✓ زيادة الزخم الزاوي بدون فقدان المحور.

✓ تسلسل جيد بين دوران القدم ثم الحوض.

في تقنية الزحقة (الزحف):

✓ الانزلاق السريع مع الحفاظ على انخفاض مركز الثقل.

✓ عدم فقدان الاتصال بالأرض.

تحليل المراحل الحركية لدفع الجلة من منظور تحسين الاداء



مرحلة الدعم المزدوج

✓ وهي أهم مرحلة بيوميكانيكيا.

عوامل تحسينها:

✓ القدم الأمامية يجب أن تهبط بزاوية انفتاح 45°

تقريبا لتحسين دوران الحوض.

✓ الحوض يجب أن يبدأ الدوران قبل الكتف.

✓ مركز الثقل يتحرك للأمام بشكل سلس دون

سقوط مبكر.

تحليل المراحل الحركية لدفع الكرة من منظور تحسين الاداء



مرحلة التسارع النهائي

✓ هي مرحلة تجميع القوة و ايصالها للكرة.

لتحسين الأداء:

✓ تمدد كامل للساق الخلفية يخلق دفعا عموديا و أفقيا
في نفس الوقت.

✓ الجذع يدور بقوة وسرعة.

✓ الكتف والادرع تتحرك في خط مائل وليس أفقيا فقط.

✓ اليد تتسارع بسرعة عالية مع دفع معصبي نهائي.

تحليل المراحل الحركية لدفع الجلة من منظور تحسين الاداء



مرحلة الاطلاق

✓ لحظة حرجة تحدد جودة العمل السابق كله.

لتحسين الأداء:

✓ أقصى سرعة للاطلاق مع الحفاظ على الزاوية المثالية.

✓ الارتفاع الأمثل عبرتمدد كامل للذراع.

✓ عدم خروج الجلة من القبضة في وقت مبكر.

تحليل المراحل الحركية لدفع الكرة من منظور تحسين الاداء



مرحلة المتابعة

✓ مهمة للسلامة وثبتت التوازن بعد دفع الكرة.

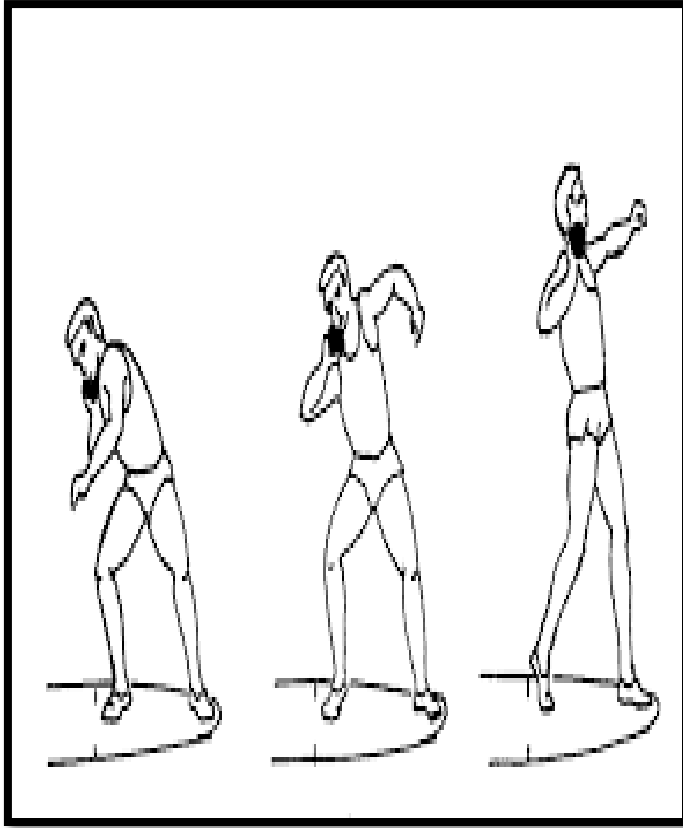
لتحسين الأداء:

✓ الحفاظ على توازن الجذع عند الهبوط.

✓ عدم التوقف المفاجئ بعد الاطلاق.

✓ توزيع القوة على الطرفين.

العوامل الكينيتيكية: القوى والعزوم وتوجيهها



لتحسين أداء الرياضي في نشاط دفع الجلة:

✓ زيادة القوة القصوى (max strength) للساقين والورك.

✓ تحسين القدرة الانفجارية (power) عبر تدريبات:

■ Plyometrics

■ Olympic lifting (الخطف، النتر)

■ Medicine ball throws

✓ تعزيز قوة القبضة والكتف لضمان نقل طاقة جيدة في المرحلة النهائية.

✓ تدريب الثبات الحركي حول مفاصل الحوض والكتف.

أخطاء بيوميكانكية شائعة تقلل من الاداء في نشاط دفع الجلة



- ✓ دوران الكتفين قبل الحوض.
- ✓ رفع القدمين مبكرا أثناء الدوران (فقدان الزخم).
- ✓ عدم اكتمال تمديد الساق الخلفية.
- ✓ ميل الجذع للامام مبكرا.
- ✓ الاطلاق بزاوية كبيرة مما يقلل السرعة.
- ✓ دفع الجلة بواسطة الذراع فقط دون مشاركة الجسم كاملا.



شكرا على حسن الإصغاء والانتباه