

# Introduction to Biomechanics in Sports

Prepared by:

**Prof. Ahmed Waleed Abdulrahman**

**Postgraduate Studies (M.A) 2021 – 2022**



# علم البايوميكانيك (Biomechanics Science)



- يعد علم البايوميكانيك من العلوم الحديثة في مصطلحه وفقاً للتطور الذي رافق الحياة البشرية، حيث أن التطور التكنولوجي أصبح يشكل جزءاً كبيراً من حياة الأفراد ومن جانب آخر فهو موجود قديماً، فقد عرفه العلماء في التاريخ القديم عند دراستهم لحركة الانسان وطبيعة هذه الحركة.
- يعنى علم البايوميكانيك بدراسة الكائن الحي وتطبيقات القوانين الميكانيكية التي تؤثر في هذه الحركة، وهو علم له علاقة بعلوم الطب والهندسة والفيزياء وهو علم تشخيصي تقويمي يبحث في تطبيقات قوانين الحركة على حركة الكائن الحي.
- إن المصطلح اللاتيني يتكون من مقطعين وكما هو مذكور في كل المصادر، حيث إن المقطع الاول (Bio) يعنى حيوي، والمقطع الثاني (Mechanics) ويعنى الميكانيك أو الآلة.
- البايوميكانيك هو أحد أشكال الميكانيك الأساسية، إذ يأتي من علم ميكانيك الاجسام اللينة باعتبار أن جسم الانسان يخضع الى هذا النوع من الميكانيك والتي هي أصلاً نوعين هما: الميكانيكا الثابتة والميكانيكا المتحركة وتضم الميكانيكا المتحركة كينماتيك وكينتيك الانسان الحيوي والتي تدخل فيها العديد من العوامل الانثروبومترية والبدنية كالحجم والشكل والوزن والقوة... الخ كعوامل مساعدة في مثل هذا التوصيف

• البايوميكانيك الرياضى (Biomechanics Sports): يعتبر الحجر الاساس لتقدم الرياضيين في أدائهم الحركي الفني، حيث إنه العلم الذي يهتم بدراسة وتحليل الحركة من جانبين أساسين على اختلاف تقسيمات الحركة الهندسية والزمانية.. تحليلاً يعتمد على الوصف الفيزيائي (الكينماتيكي) (Kinematic) بالإضافة الى التعرف على مسببات الحركة الرياضية (الكينتيك) (Kinetic) بما يكفل اقتصاد وفعالية بالجهد وصولاً الى التكنيك الامثل.

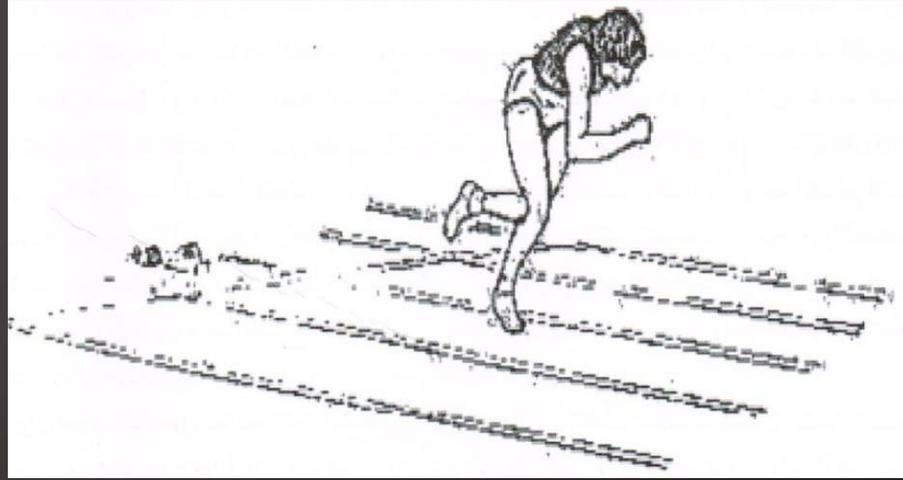
• المفهوم العام لمطلح البايوميكانيك يعني علم دراسة حركة الانسان بشكل عام وفي مفاهيم علوم الرياضة يعني علم دراسة الحركة الرياضية وكيفية الوصول الى تحقيق الانجاز العالي ودراسة التأثير المتبادل بين القوى الداخلية (قوى العضلات) والقوى الخارجية مثل الجاذبية الارضية والاحتكاك ومقاومة المحيط (الهواء والماء).

### • وظائف البايوميكانيك (The Functions Of Biomechanics):

• تحديد القوى الداخلية والخارجية الفاعلة على جسم الانسان وكيفية تحرك اطراف ذلك الجسم خلال اداء مهارة حركية.

• الكشف عن مصدر او اصل الخطأ في الاداء كما في الشكل.





وجود خطأ في التكنيك (كل من الذراع اليمين والرجل اليمين الى الامام)

يوفر اساسا منطقيا ومقبولا لتقويم مختلف اساليب الاداء و تقويم التعلم كميا ونوعيا على وفق اسس موضوعية وربط مظاهر الاداء بمسبباته الضمنية. محاولة تحسين الاداء عن طريق تطوير اساليب اداء جديدة.

بناء النماذج الحركية النظرية والتطبيقية للفعاليات الرياضية.

تزويد المعلمين أو المدرسين بالمعرفة اللازمة لاصدار احكام مقبولة ومنطقية فيما يتعلق بطرائق التدريس, المدة, التكرار, وطبيعة التطبيق. اختيار الاسلوب المناسب للأداء.

ما اهمية معرفة البايوميكانيك؟

(How Important is a knowledge of Biomechanics?)



المعلم: ان النجاح الذي يحققه معلمو التربية البدنية والرياضة مرتبط بمعرفتهم بالمبادئ الاساسية بأسلوب الاداء والتعليم وطرائق التدريب ذات العلاقة والعلوم التي بنيت عليها ومن اهمها البايوميكانيك والتعلم الحركي وفسولوجيا الجهد البدني كي لا يستخدم التخمين في الاحكام النقدية وتعليم المبتدئين مبادئ الميكانيكا الحيوية.

المدرّب: يعمل على مستويات متقدمة اكثر ولهذا لا يتوقف اهتمامه على المبادئ الاساسية بل يتعداها الى المعرفة التفصيلية.

اللاعب: مع ارتقاء المتعلم او زيادة عمره وتحسن خبرته يمكن للإشارات اللفظية وتحليل الحركة المساعدة اكثر في زيادة فهم هدف ومعنى المهارة وإعطاء ابعاد جديدة لها.

# المستويات والمحاور وتطبيقاتها في المجال الرياضي (Planes and Axes in Sports)

- قبل الخوض في التعرف على مستويات (مسطحات) ومحاور المصدر التشريحي يجب أن نفهم ماهية الحركة.
- سواء كانت الحركة لكائن حي أو لجسم مادي فالحركة بشكل عام تعني إنتقال جزء من الجسم أو الجسم بأكمله ضمن مجال ما.. وحركات الجسم البشري تعد ناتجاً ملموساً للعمليات العقلية التي يقوم بها الدماغ، وهذا يختلف من شخص الى آخر وبحسب درجة المهارة لديه، فالقفزة التي تؤديها المتزحلقة على الجليد تعبر عن جانب جمالي في نظر من يفهم هذا النوع من الرياضة وهكذا المفهوم بالنسبة للاعب الجمناستك أو عداء ألعاب القوى وغيرها من الفعاليات الرياضية.
- ان جميع حركات الاجسام المادية الجامدة والحية ومنها جسم الانسان تخضع دون إستثناء الى قوانين الميكانيكا الاساسية وذلك لأن كل حركة تعد ناتجاً ميكانيكياً ينتج عن تغير المكان الخاص بأجزاء الكتلة (Mass) في حيز من المكان والزمان معاً.
- والان.. لماذا تم استخدام المستويات (المسطحات) والمحاور في البايوميكانيك؟
- إن إستخدام المستويات والمحاور هو لاجل التصنيف، حيث أن نقطة التقاء هذه المحاور والمستويات تمثل نقطة مركز ثقل الجسم (Center of Gravity) وهذا التصنيف يساعد في فهم الحركة التي ينتجها الجهاز الحركي للانسان والذي هو جهاز معقد في تركيبه ومن الصعوبة فهمه الا من خلال وضع نظام تصنيفي للحركات لاسيما الرياضية منها والتي تتميز بمساراتها المتغيرة والمتعددة، مع العلم ان تصنيف جسم الانسان وفقاً للمستويات والمحاور قد وضع أصلاً لأغراض طبية ومن ثم قام المختصون في علوم الرياضة بإستخدامه لأغراض دراسة المهارة الرياضية وتحليلها.



# مستويات المصدر التشريحي (Anatomical Reference Planes)



حركة راكب الدراجة تقع ضمن المستوى  
الجانبى أو السهمى

- 1. المستوى الامامى (Frontal Plane): يقسم هذا المستوى جسم الانسان الى نصفين امامى وخلفى ويكون المحور العميق عمودياً عليه ومثاله حركة ثني الجذع الى الجانبين من وضع الوقوف.
- 2. المستوى الجانبى أو السهمى (Sagittal Plane): يقسم هذا المستوى جسم الانسان الى نصفين متساويين أيمن وأيسر ويكون المحور العرضى عمودياً عليه ومثاله الدحرجة الامامية في الجمناستك وحركة راكب الدراجة وكما في الشكل.
- 3. المستوى الافقى او المستعرض
- (Transverse Plane): يقسم هذا المستوى جسم الانسان الى نصفين متساويين علوي وسفلي ويكون المحور الطولى عمودياً عليه ومثاله حركة دوران الجسم حول نفسه.. والشكل الاتى يوضح مستويات المصدر التشريحي الثلاث.



# محاور المصدر التشريحي (Anatomical Reference)

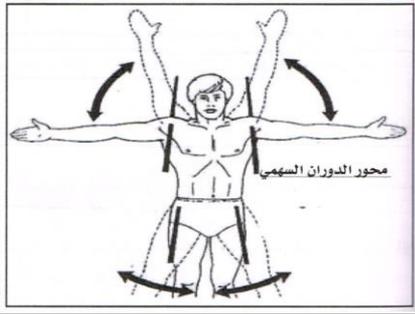


المحور الطولي وهو عبارة عن خط وهمي (Vertical Axis) يخترق جسم الانسان من قمة الرأس الى أسفل الجسم ومثال على الحركة التي تتم حول هذا المحور هي كل مهارات الجمناستك التي يدور فيها الجسم حول نفسه بشكل طولي كما في الشكل.

المحور العرضي (Transverse Axis) المحور العرضي يخترق هذا المحور جسم الانسان من جانب الى آخر والحركة التي تتم حول هذا المحور هي مهارات الدحرجات والقلبات الهوائية في الجمناستك والغطس وغيرها من الفعاليات الرياضية الاخرى.

الدوران في المستوى المستعرض حول المحور الطولي

عند الركض فإن المحور الرئيسي للدوران هو المحور العرضي من خلال الاكتاف والورك



يخترق هذا المحور جسم الانسان من الامام الى المحور العميق (Anteroposterior Axis) المحور العميق الخلف والحركة التي تتم على هذا المحور حركة العجلة البشرية في الجمناستك

من هنا نستنتج إن كل ما تقدم حول التصنيفات الخاصة بالمستويات يساعد العاملين على تصنيف المهارات الحركية فضلاً عن وضع الاسس والمعايير الدقيقة التي تسهم في تحليل الحركات والفعاليات الرياضية وصولاً الى تطويرها لتحقيق الانجاز العالي حيث يجب على القائم بالتحليل أن يأخذ بنظر الاعتبار هذه الخصائص عند القيام بالتحليل أو عند دراسة المسارات الحركية وبما يتناسب مع نوعية المهارات، ونلاحظ أن كل المحاور والمستويات تلتقي في نقطة واحدة تمثل 55% من الطول الكلي لجسم الانسان البالغ المكتمل النمو (منطقة منتصف البطن) والتي يعبر عنها بمركز ثقل الجسم (Center of Gravity)، ومن جانب آخر فأن المحاور تكون متعامدة على المستويات.

إن الاساس في هذه التصنيفات هو إننا نقول أن المهارة تحدث في بداياتها في المحور الطولي عمودياً على المستوى العرضي وأن القسم الرئيسي منها يحدث وينتهي في المستوى العميق وهكذا، فمن المعروف ان مجموع المهارات يكون لنا مجمل الاداء الفني (التكنيك) والذي يعد أفضل طريقة من حيث الاقتصاد بالقوة الموضوعه لتحقيق أفضل إنجاز وهذا هو جوهر الانجاز العالي في الفعاليات الرياضية.

يبين المحور الرئيسي للدوران هو المحور العميق ماراً خلال الاكتاف والورك

# تصنيفات الحركة (motion rating)



هناك تصنيفات متعددة للحركات ولقد حددت هذه التصنيفات وفقاً للموقع الذي تتم فيه الحركة والاتجاهات التي يسلكها الجسم وعلاقة المفاصل ووصلاتها ببعضها البعض ويمكن أن تصنف وفقاً لما يأتي:-

- تصنيف الحركة وفقاً الى شكلها الفراغي (مجال الحركة).
- تصنيف الحركة وفقاً لمسارها (التقسيم الهندسي).
- تصنيف الحركة وفقاً للعلاقة بين المسافة والزمن.
- تصنيف الحركة وفقاً للجانب الفسيولوجي.
- تصنيف الحركة وفقاً للجانب التشريحي (الحركات الاساسية).

## أولاً. تصنيف الحركة وفقاً الى الشكل الفراغي (Vacuum Form):



عندما ننظر الى المهارة بالعين المجردة فإننا ندرك ابعاداً ثلاثة للمهارة وهذه الابعاد هي: البعد الافقي (X) والبعد العمودي (Y) والبعد العميق (Z) وإن العين البشرية ترى جميع هذه الابعاد ولكن المشكلة تكمن في بعض الاجزاء التي تختفي، حيث إننا نستطيع أن نرى لاعب الكرة الطائرة عند الكبس أو لاعب الغطس عند قفزه في الماء، حيث نلاحظ جميع الاجزاء التي ضمن مدى الرؤية وندرك العلاقة بينها ولكن يتعذر علينا رؤية الجهة المعاكسة للاعب، ولكن في حالة لاعب الجمناستك الذي يؤدي حركة دوران الجسم على المحور الطولي نرى جميعه الاجزاء بالتعاقب.

إن الحركة وفقاً لشكلها الفراغي يمكن أن تقسم الى نوعين:

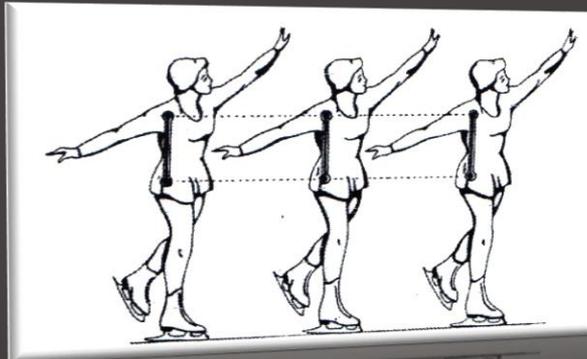
1. الحركة ذات البعدين (المستوية) وهي الحركة التي يمكن تحديدها وتحليلها وفقاً لبعدين أو محورين وهو ما نلاحظه من خلال آلة التصوير واحدة أو اثنتين.
  2. الحركات ذات الابعاد الثلاثة وهي الحركة التي يمكن تحليلها من خلال أبعاد ثلاثة سيما الحركات التي تتم على أكثر من محور في وقت واحد.
- ولابد من الإشارة الى ان هناك حركات مستوية وذات أبعاد متماثلة وغير متماثلة وهذا يتعلق بالوصف الدقيق للحركة، فحركة دوران الجسم حول نفسه مثل الجمناستك متماثلة، في حين أن حركة الوثب العريض غير متماثلة عندما يترك لوحة الارتقاء وتكون قدم للامام والاخري الى الخلف وذراع الى الاسفل والاخري الى الاعلى.

# ثانياً. التقسيم الهندسي (Division of Engineering):

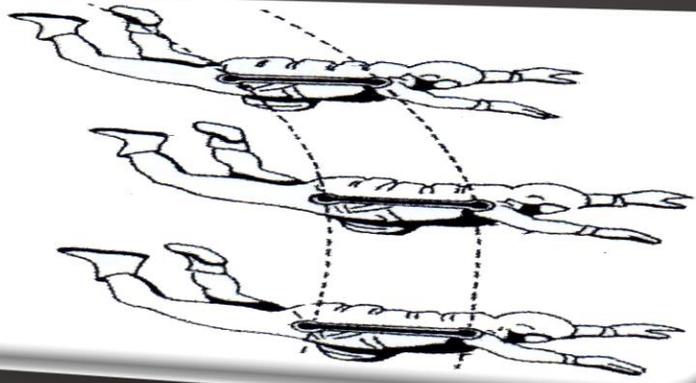


الحركة الإنتقالية وتسمى في بعض (Transitional Motion) المصادر بالحركة الخطية ويحدث الانتقال في هذا النوع من الحركات عندما يتحرك جسم ما بشكل تكون فيه المسافات المقطوعة لكل نقطة من نقاط الجسم يوازي بعضها البعض الاخر ويطابق كل منها تمام المطابقة ومن أبسط صورها حركة جسم متماسك بخط مستقيم دون أن يكون له دوران ذاتي حول المحور وكما مبين في الشكل.

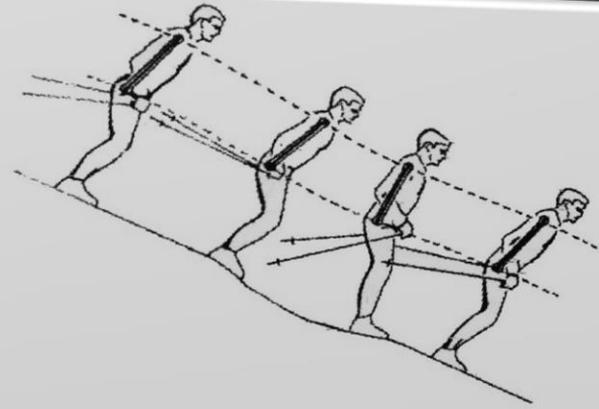
نلاحظ من الشكل السابق أن نقاط مفاصل الجسم فضلاً عن نقطة مركز ترسم مسارات متوازية متطابقة فيما بينها وهذا (C.G) ثقل الجسم التتابع من الصعب الحصول عليه في الفعاليات الرياضية وحتى في المهارات الحياتية اليومية إلا في حالات قليلة مثل التزحلق الفني على الجليد.. من الممكن أن تحدث الحركة الإنتقالية على محيط الدائرة وتسمى حركة منحنية أو إنتقالية على محيط الدائرة وكما يظهر في الشكل.



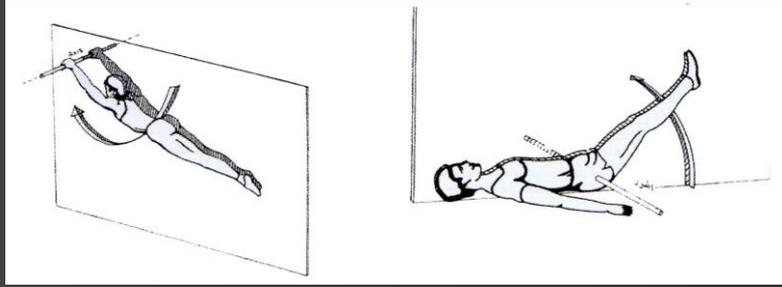
التزحلق على الجليد (نقاط الجسم ترسم مسارات متوازية)



الانتقال في شكل منحنى أو خط منحنى

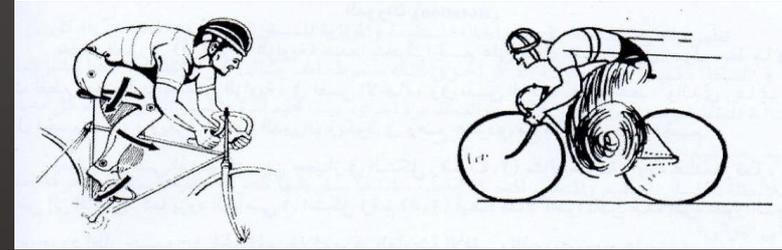


حركة غير خطية



حول محور خارجي  
(خارج الجسم)

حول محور داخلي  
(داخل الجسم)



حركة عامة معقدة

حركة عامة أو متداخلة

2. الحركة الدورانية (Rotation Motion): بالنسبة للحركة الدورانية فإنه يوجد نقطة داخل أو خارج الجسم تسمى محور الدوران ويكون في وضع عمودي مع مستوى حركة الجسم والذي لا يتغير من حيث الوضع باختلاف نقطة الملاحظة، أما بالنسبة لباقي أجزاء الجسم فإنها ترسم دوائر متداخلة حول هذا المحور وكما في الشكل.

الحركة المركبة (General Motion) الحركة المركبة كثيرا ما يتحرك الجسم حركة انتقالية واخرى دورانية في آن واحد ومثال ذلك راكب الدرجة، حيث يتحرك الجزء العلوي من جسمه حركة انتقالية في حين يتحرك الجزء السفلي حركة دورانية حول المحور الذي يمر من مفصلي القرك والمفاصل الاخرى للساقين وكما في الشكل.

# ثالثاً. التقسيم الزمني (Division of Time):



تقسم الحركات وفقاً للعلاقة بين المسافة المقطوعة ووحدة الزمن إلى نوعين:-

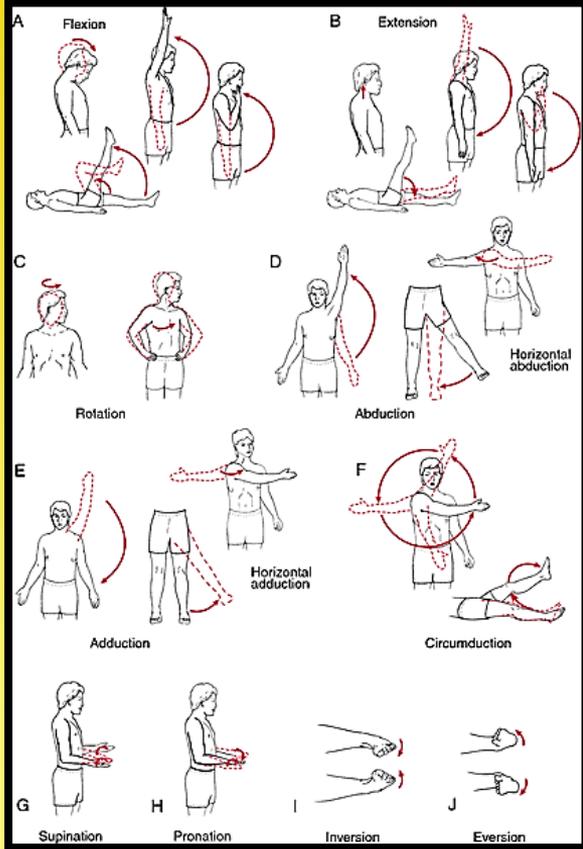
1. الحركات المنتظمة: وتعني أن الجسم يقطع مسافات متساوية في أزمنة متساوية مثل عداء يقطع كل 10 م في 1 ثانية لكل مسافة في السباق أي أن حركته منتظمة.

2. الحركة غير المنتظمة: يقطع الجسم مسافات غير متساوية في أزمنة متساوية، فقد يقطع العداء مسافة 10 أمتار في الثانية الأولى و 12 متر في الثانية التي تليها و 8 أمتار في الثالثة، من هنا فإن حركة العداء غير منتظمة نظراً لاختلاف سرعته و هنا يعرف ذلك بالتعجيل، و هي إما تكون متزايدة بتعجيل موجب أو تناقصي بتعجيل سالب أو متذبذبة بين الزيادة و النقصان و بحسب طبيعة الواجب الحركي.



مخطط يوضح تقسيم الحركات من الناحية الهندسية والزمانية

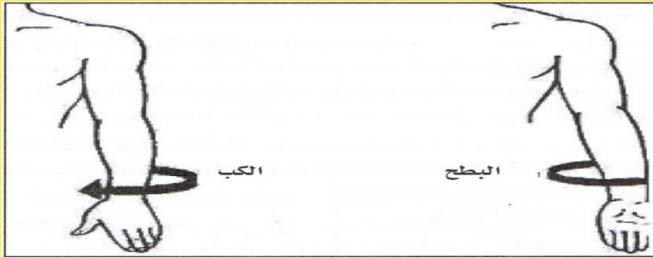
# الحركات الاساسية في جسم الانسان:



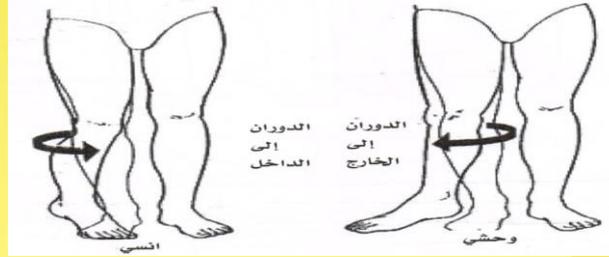
- 1. الثني (Flexion): يقصد به تقليل الزاوية بين أجزاء الجسم المتحركة كما في حركة تقريب الساعد من العضد أو ثني الجذع الى الامام أو الى الجانبين.
- 2. المد (Extension): هي عكس عملية الثني أي إبعاد الاجزاء المتحركة عن بعضها أو الرجوع الى وضع الحركة الطبيعي.
- 3. التباعد (Abduction): هي عملية إبعاد جزء الجسم المتحرك عن الخط الممثل لمنتصف الجسم.
- 4. التقريب (Adduction): هي عكس عملية التباعد أي تحريك الجزء المبعد الى خط منتصف الجسم.



- 5. الرفع (Elevation): هي عملية رفع جزء أو أجزاء من الجسم من وضع الوقوف التشريحي الى الاعلى.
- 6. الخفض (Depression): هي عكس عملية الرفع أي إعادة الجزء أو الاجزاء المتحركة الى وضع الوقوف التشريحي.
- 7. الكب (Pronation): تدور اليد أو اليد والساعد من مفصل المرفق الى الداخل وتتم الحركة حول المحور الطولي ببسعد بحيث تواجه ظهر اليد الى الاعلى.
- 8. البطح (Supination): هي عكس عملية الكب تماماً أي تدوير اليد أو اليد والساعد من مفصل المرفق الى الخارج بحيث تواجه باطن اليد الى الاعلى.
- حركة الكب والبطح
- 9. التدوير (Rotation): هي عملية تدوير الجسم او الجزء المتحرك حول المحور الطولي للعظم.
- 10. الدوران (Circum Duction): وهي أوسع الحركات التي يقوم بها الجسم أي تشكيل دوائر أثناء الحركة وتشمل هذه الحركة كالثني والمد والتقريب والتباعد والرفع والخفض.



حركة التدوير



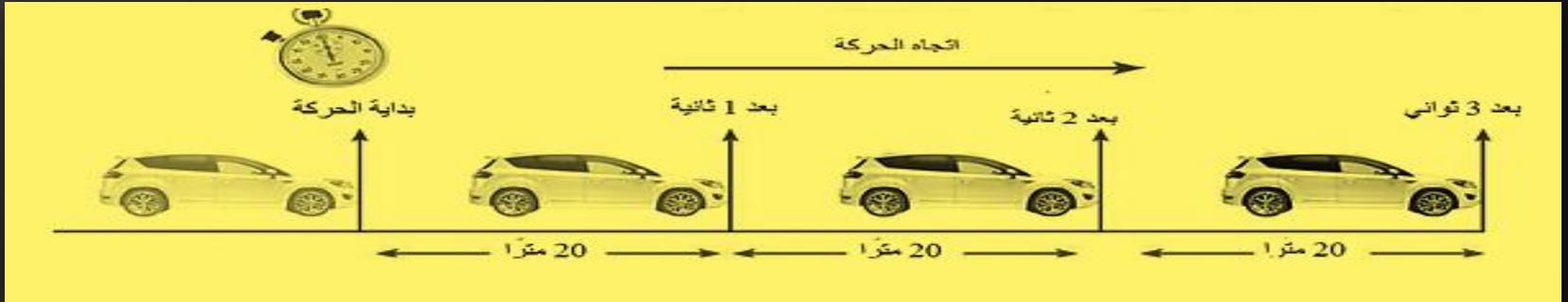
حركة الكب والبطح



# نسبية الحركة:



- إن المفهوم العام للحركة يتلخص في أن الجسم أو جزءاً منه ينتقل من مكان إلى آخر في فترة زمنية محددة، حيث يكون من الواضح أننا لا نستطيع أن نتأكد من أن الجسم في حالة حركة فعلاً إلا إذا تمت مقارنة موضعه بنقطة ثابتة (نظام نسبي ثابت).
- نسبية الحركة تعني أننا لا نستطيع أن نشعر بحركة أي جسم ما لم يتم مقارنة موضعه بنقطة ثابتة أو موضع جسم آخر.
- يختلف الإحساس بالحركة بين الأجسام المتحركة ويعتمد ذلك على الاتجاه الذي يسير به الجسم المتحرك وكذلك على السرعة التي يتحرك بها وكما في الشكل.



# ما هي التطبيقات لهذا المبدأ في الفعاليات الرياضية؟



**الجانب التطبيقي الاول:** تدريبي وخاصة في فعاليات الاركاض في الساحة والميدان، حيث أن المقارنة بين عداء وآخر يركض بجانبه يساويه بالمستوى أو يفوقه بالسرعة، فأن العداء الاول يمكنه الاحساس بسرعته ويحاول أن يزيد بها كي يحقق نتيجة أفضل..

**أما الجانب التطبيقي الثاني:** فهو جانب تحليلي، حيث أن الباحث يجب أن يقوم بتحديد نقطة ثابتة أثناء التصوير لكي يستطع من خلالها تحديد سرعة الجسم أو اللاعب الذي يقوم بتصويره وكذلك الاعتماد عليها في تحديد الكثير من القياسات، وهذه النقطة ممكن أن تكون مقياس الرسم.

# المصادر (References)

1. سمير مسلط الهاشمي؛ البايوميكانيك الرياضي، ط3: (بغداد، النبراس للطباعة والتصميم، 2010).
2. صريح عبدالكريم الفضلي؛ تطبيقات البيوميكانيك في التدريب الرياضي والاداء الحركي، ط2: (بغداد، جامعة بغداد، 2010).
3. صريح عبدالكريم الفضلي ووهبي علوان البياتي؛ موسوعة التحليل الحركي، ج1: (بغداد، مطبعة دي العكيلي، 2007).
4. طلحة حسام الدين؛ مبادئ التشخيص العلمي للحركة: (القاهرة، دار الفكر العربي، 1994).
5. محمد جاسم محمد الخالدي؛ البايوميكانيك في التربية البدنية والرياضة: (بغداد، جامعة الكوفة، 2012).
6. ياسر نجاح حسين واحمد ثامر محسن؛ التحليل الحركي الرياضي: (النجف الاشرف، دار الضياء للطباعة، 2015).
7. د. حسين مردان؛ محاضرات في البيوميكانيك: (كلية التربية الرياضية، جامعة القادسية).

8. James G. Hay; The Biomechanics of Sports Techniques, 3rd edition: (New Jersey, prentice – Hall, 1985).

9. Susan J. Hall; Basic Biomechanics, sixth edition: (New York, McGraw – Hill, 2012).



شكرا لطيب

الاستماع