جامعة المستقبل

كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة

# البايوميكانيك الرياضي

م.م. جعفر حمزة كاظم

٢٠٢٣

# مدخل الى علم البايوميكانيك (Biomechanics science)

البايوميكانيك علم من اقدم العلوم نشأ وتطور لتلبية المتطلبات العملية في البناء والصناعة وقد ترك الاشوريون والبابليون والمصريون القدماء اثارا على ذلك حيث ان الحضارات القديمة كانت على الالمام بأسس البايوميكانيك

في بداية القرن التاسع عشر تطور علم البايوميكانيك عما كان عليه في السابق واصبح له اتجاهات مختلفة وواسعة حيث بدأت دراسته تتم من الناحيتين العامة والخاصة

العامة تعني اهتمامه بدراسة القوانين العامة لأنظمة جسم الانسان وحركاته في ميادين الحياة كحركة العامل واوضاع الجلوس الصحيحة , طريقة حمل الحقائب او الاحمال الثقيلة , حركة الطبيب وجلوسه اثناء العمليات حركة رجال القضاء او ميكانيكية الرقص لحركات الباليه وغيرها من الحركات

اما الخاصة فتعني حركة الانسان اثناء الفعل الحركي الرياضي للحصول على الهدف المعني بأسس عملية للوصول الى النموذج المثالي في الحركة للوصول والمستوى العالمي ولو تتبعنا الارقام القياسية المسجلة في الوقت الحاضر ، فأننا نجد تطورا ملموسا في كافة في كافة المستويات وهذا التطور جاء نتيجة للأبحاث المستمرة للحركة وظهور الآلات التقنية ودراسة الحركة دراسة وافية من حيث زمانها اضافة الى القوى المسببة في حدوث هذه الحركة مما سبق نجد ان علم البايوميكانيك قديم قدم الحركة منذ ان كانت الحركة غير مقننة

علم البايوميكانيك علم يبحث في حركات جسم الانسان والحيوان والجماد بصورة علمية او بعض اجزائه بطريقة موضوعية ملموسة سواء على سطح الارض ' الماء ، الفضاء، لهدف تحديد التكنيك المثالي لتلك الحركة ,اي انه يعني بدراسة حركة الكائن الحي وتطبيقات القوانين الميكانيكية التي تؤثر في هذه الحركة وهو علم له علاقة بمختلف العلوم الاخرى مثل الطب والهندسة والفيزياء وغيرها من العلوم حيث انه علم تشخيصي تقويمي يبحث في تطبيقات قوانين الحركة على حركة الكائن الحي

ان مصطلح البايوميكانيك هو مصطلح لاتيني يتكون من مقطعين حيث ان المقطع الاول (Bio ) يعني الحيوي والمقطع الثاني (Mechanics ) تعني الاله او الميكانيك وبذلك عن جمع المقطعين معا يتكون لنا تسمية الميكانيكيا الحيوية وهذا ما اشارت الية الكثير من المصادر والمراجع العلمية

ولقد مر هذا العلم بعدة مراحل تطور فيا اسمه جنبا الى جنب مع تطور المادة العلمية نفسا فعندما بدأت الانشطة في التربية البدنية التي تخضع للتحليل المركب من زاوية الميكانيكا البحتة كان الاسم الشائع (التحليل الميكانيكي ) ثم تطورت المعالجة للتحليل الحركي اطلق علي اسم علم الحركة وكان هذا العلم يصنف المحتوى العلمي المتعلق بتكوين وظيفة الجهاز العضلي – العظمي للإنسان وبعد ذلك انتشرت دراسة الاسس الميكانيكية وتطبيقها على حركة الانسان ضمن نطاق علم الحركة ولذلك بدأت الحاجة الى اختيار اسم جديد يطلق على هذا العلم الجديد ليعبر عن اهدافه ومحتواه وفعلا تم ذلك عام ١٩٦٠ في اول مؤتمر دولي في المانيا الديمقراطية للمهتمين والعاملين والبايوميكانيك حيث تم تحديد مصطلح البايوميكانيك في هذا المؤتمر بتوصيات عديدة عامة وخاصة ولقد تم استخدام هذا العلم بصورة شائعة منذ بداية السبعينات وحتى يومنا هذا ولقد ظهرت تعاريف مختلفة عن ماهية البايوميكانيك منذ ذلك الوقت نذكر بعض منها

- هو علم تطبيق الوانين والمبادئ الميكانيكية على سير الحركات الرياضية تحت شروط بيولوجية نفسية تشريحية لأجهزة جسم الانسان
- هو العلم الذي يهدف الى تفهم ودراسة حركات الانسان وتحليلها تحليلا كميا
- هو العلم الذي يبحث تأثير القوى الداخلية والخارجية على الاجسام البايوميكانيكية الحية .
- هو العلم الذي يبحث حركة ومكون الاجسام المختلفة والاحجام والخصائص مستقصيا مقوماتها وكافة صورها .
- هو العلم الذي يهتم بدراسة الحركة وتحليلها تحليلا نوعيا وكميا وفق اسس علمية وصولا الى الاداء الافضل من خلال ايجاد المسار الحركي الذي يحقق هدف الحركة

ان طرق وقوانين البايوميكانيك الرياضي تستعمل اليوم لتطوير نظريات التربية البدنية وطرقها وكذلك كأسس للتقويم والقياس في التربية البدنية لجميع الحركات في الميدان الرياضي

## البايوميكانيك الرياضي (biomechanics sports)

يعتبر الحجر الاساس لتقدم الرياضيين في ادائهم الحركي الفني حيث انه العلم الذي يهتم بدراسة وتحليل الحركة من جانبين اساسين على اختلاف تقسيمات الحركة الهندسية والزمانية تحليلا يعتمد على الوصف الفيزيائي (الكينماتيكي kinematic)

بالإضافة الى التعرف على مسببات الحركة الرياضية (الكينتك kinetic) بما يكفل اقتصاد وفعالية بالجهد وصولا الى التكنيك الامثل .

المفهوم العام لمصطلح 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) .

## اغراض البايوميكانيك

في المجال الرياضي نستفاد من علم البايوميكانيك في :

١. ايجاد الحلول البايوميكانيكية المناسبة لتحقيق الهدف من الحركة .
٢. التشخيص البيوميكانيكي للاختبارات والقياسات لغرض ايجاد التمارين الرياضية المناسبة في تطوير البناء البدني والمهاري .
٣. وضع القوانين الميكانيكية المناسبة لتقنين بعض مكونات الحمل في علم التدريب الرياضي كالشدة والحجم .
٤. توفير المعلومات العلمية باستخدام التقنيات الحديثة من نتائج المقارنات بين المواصفات الجسمية المختلفة ونتائج اختلاف الجنس .
٥. تشخيص العلاقة الميكانيكية بين الاداة والرياضي .
٦. وضع النماذج الميكانيكية المناسبة لغرض التعلم والتدريب .
٧. توفر للرياضي المعلومات المناسبة لتطبيق مبادئ التشريح وقوانين الميكانيك على الحركات المطلوبة مع استمرار التدريب المناسب فيها .
٨. توفر للمدرب اساس علمي سليم لتحليل الحركات والمهارات وتدربه على اكتشاف نقاط الضعف والعمل على اصلاحها .

## اهمية البايوميكانيك

يمكن تلخيص اهمية دراسة الميكانيكا الحيوية في المجال الرياضي على النحو التالي:

١. التعرف على تفاصيل الاداء المهاري ووضع الاسس التعليمية والتدريبية له.
٢. التعرف على الخصائص الفنية المميزة لأداء الحركات الاساسية ودراسة تطورها باستمرار .

٣. التعرف على منابع الاخطاء في الاداء الحركي والعمل على تلافيها وعلاجها.
٤. اختيار طريق التدريب المناسبة لنوعية النشاط الممارس .
٥. تطوير الاداء وابتكار الطرق المناسبة لتحقيق افضل النتائج .

## ما اهمية معرفة البايوميكانيك ؟

## ( how important is 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 اهماها البايوميكانيك والتعلم الحركي وفسيولوجيا الجهد البدني كي لا يستخدم التخمين في الاحكام النقدية وتعليم المبتدئين مبادئ الميكانيكا الحيوية .
- المدرب : 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 واعطاء ابعاد جديدة لها .

## ميكانيكية الاجسام غير المنتظمة (اللينة)

ان اهم ما تحتاجه من العاملين في مجال التربية البدنية هو دراسة حركات الرياضين وتحليلها لمعرفة الدقائق وفهم النواحي البيوكينتيكية في ادائها اي معرفة القوة المسببة للحركة من حيث مكوناتها ومقدارها واتجاهها وصولا الى التكنيك المثالي وكذلك النواحي البايوكينماتيكية في دراسة المسار الحركي الهندسي البيوميكانيكي اي معرفة القوة المسببة لتوازن الجسم الانسان وكذلك نحتاج الى معرفة الاخطاء الحركية والاسباب الرئيسية للتغلب على القصور الذاتي عن طريق القياس والتحليل ولقد تم تقسيم علم البايوميكانيك الى فرعين رئيسين هما :-

١- السكون statics
٢- المتحرك dynamics

**السكون او الاستاتيك**

هو العلم الذي يغطي الحالات التي كون فيها جميع القوى المؤثرة في الجسم متوازنة والجسم في حالة سكون او ثبات ويتناول هذا الفرع جوانب مهمة في حياتنا اليومية كالعضلات ومركز ثقل الجسم .

**المتحرك الديناميك**

هو العلم الذي يهتم بدراسة الاجسام المتحركة بتعجيل تزايدي او تناقصي او الاثنين معا ويقسم هذا الفرع الى قسمين مهمين هما :

- **الكينماتيك kinematics**

هو العلم الذي يهم بدراسة الحركة ويصفها وصفا مجردا دون البحث في مسبباتها اذ يصف حركة الاجسام من حيث الازاحة الزمن التعجيل الانطلاق وقد يكون انتقاليا مستقيما ويسمى الكينماتيك الخطي او يكون حول محور ثابت ويسمى الكينماتيك الدائري .

- **الكينتيك kinetics**

وهو العلم الذي يدرس القوى التي تنج او تغير الحركة حيث انه يصف الاجسام من حيث الوزن والكتلة والزخم والقوة والثقل والطاقة ويكون ايضا خطا مستقيما ويسمى (الكينتيك الخطي ) او دائريا يسمى (الكينتيك الدائري)

## الكميات الميكانيكية للحركة واشكالها

يعد موضوع الحركة من المواضيع الاساسية للعاملين في المجال الرياضي لطبيعة عملهم الذي هو بالأساس مبني على الحركة الهادفة وان الحركة من وجهة نظر البايوميكانيك تتم عندما يغير الجسم مكانه خلال فترة زمنية فالحركة تعني محاولة التغلب على القصور الذاتي من خلال قوة ذاتية وقوة خارجية لينقل الجسم من مكان الى اخر بسرعة معينة وان شرح ووصف هذا التغيير في المكان والزمان يتم بقياس المسافة والزمن بدلالة السرعة والتعجيل ويمكن

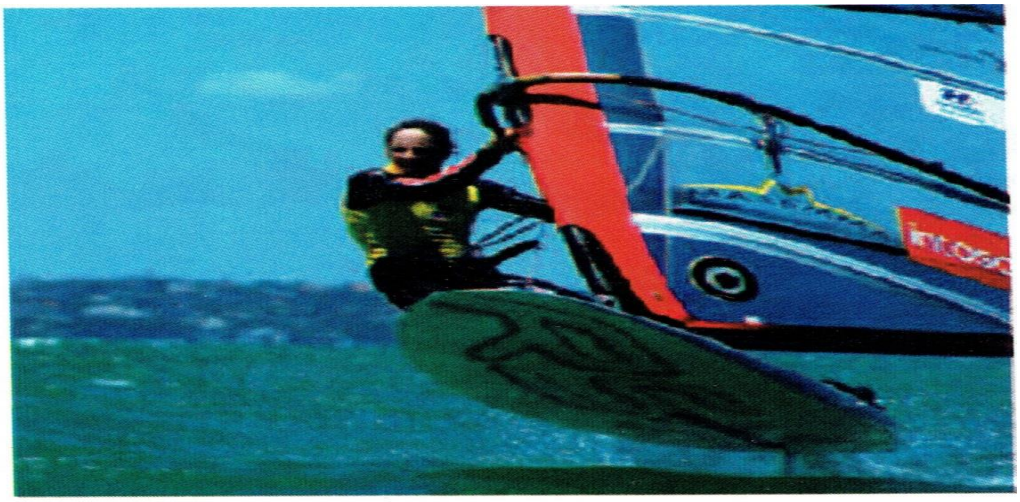
دراسة حركة الاجسام وفق نظام حسابي محدد تستطيع من خلاله معرفة ثلاث كميات ميكانيكية يمكن قياسها وهي كالاتي :-

١. **الزمن** : وهو الفترة التي يستغرقها الجسم في حركته وهي كمية قياسية قابلة للقياس .
٢. **الفراغ** : وهي المساحة او الحجم المشغول من قبل الجسم والمسافة او الزاوية التي يقطعها الجسم خلال حركته .
٣. **المادة** : وهو كل شيء له كتلة ويشغل حيز في الفراغ .

وبذلك فعندما نصف حركة بدلالة متغيرات المكان والزمان ونهمل المؤثر الذي سبب الحركة فان هذا النوع من الميكانيكا نسميه الكينماتيك اما عندما نوصف الحركة بدلالة القوى المسببة لها فان هذا النوع من الميكانيكا يسمى الكينتيك وفي الحركات الرياضية يمكن ان تميز ثلاثة انواع من الحركة هي حركة انتقالية خطية حركة دورانية حركة مركبة وفي البيوميكانيك يمكن تقسيم انواع الحركات وفقا للمجالات المكانية والزمانية وكما يلي :

١. **المسار الهندسي** : ويقسم هذا النوع من الحركات الى عدة انواع استنادا على الاتي :-

أ. **حركات انتقالية مستقيمة** : يحدث هذا النوع من الحركة عندما ينتقل الجسم من مكان الى اخر بكامل اجزاءه حيث ترسم الاجزاء المكونة لذلك الجسم مسارات متوازية مع بعضها في اي لحظة من لحظات حدوث الحركة وتقطع مسافات متساوية اثناء حدوثها وقد تكون هذه المسارات متوازية مع بعضها بشكل افقي كما حركات التزحلق على الجليد او حركة سيارة السباق .

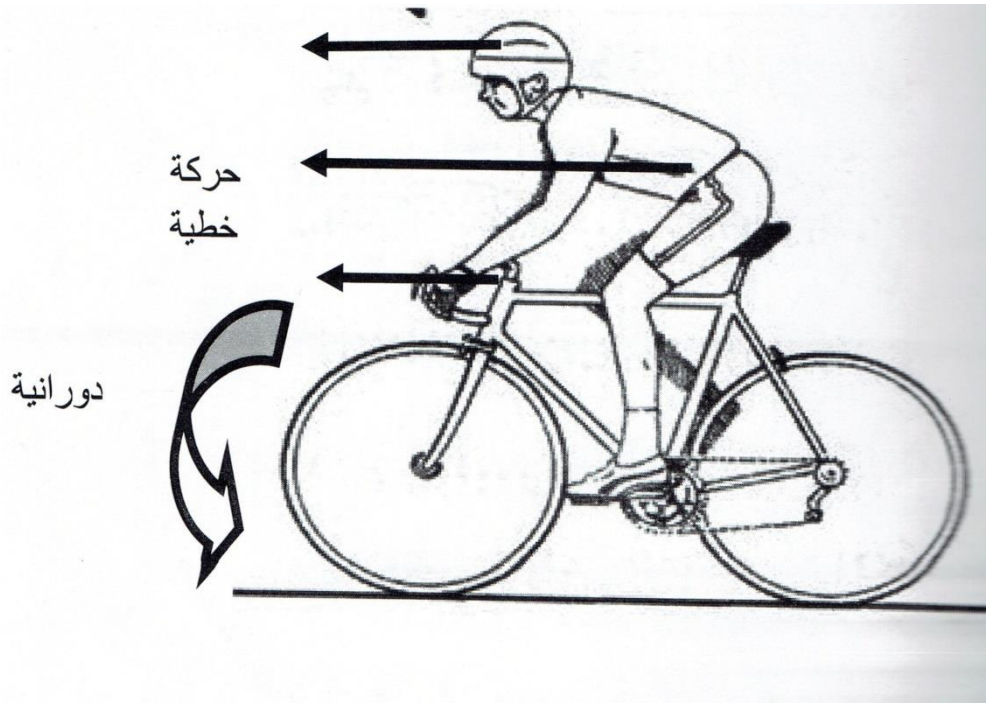


الزوارق حركة انتقالية خطية مستقيمة

ب. **حركات انتقالية دورانية** : تحدث هذه الحركات في معظم الفعاليات الرياضية ويشترط ان يكون هناك محور يدور حوله الجسم الدائر سواء كانت هذه الحركة جزء من الجسم او الجسم بكامله وتكون مسارات حركة اجزاء الجسم عبارة عن دوائر تبعد بمقدار ثابت عن محور الدوران سواء كان المحور داخل الجسم او خارجه مثل حركة جزء من الجسم حركة دورانية كما في حركة التهديف بكرة السلة والتي يدور فيها الساعد حول مفصل المرفق او في حالة حركة الجسم بكامله حركة دائرية كما في الدحرجة الامامية اذ يدور الجسم حول محور داخلي وهمي افقي اما الدوران حول محور خارجي مثل دوران لاعب الجمناستك حول العقلة والعقلة تمثل محور خارجي .

**حركة انتقالية دورانية**

ج. **الحركات المركبة** : تتكون هذه الحركة من مزيج من الحركتين الانتقالية والحركة الدورانية في نفس الوقت فقد يدور الجسم بكامله حركة دورانية حول نفسه وفي نفس الوقت ينتقل حركة انتقالية كما في حركة القفز والغطس الى الماء وقد تحدث هذه الحركة عندما يتحرك جزء من الجسم حركة دائرية الامر الذي يؤدي بانتقاله حركة انتقالية كما في حركة الركض او ركوب الدراجة الهوائية او حركة رامي المطرقة عند دورانه حول نفسه وفي نفس الوقت ينتقل الى حافة الدائرة .

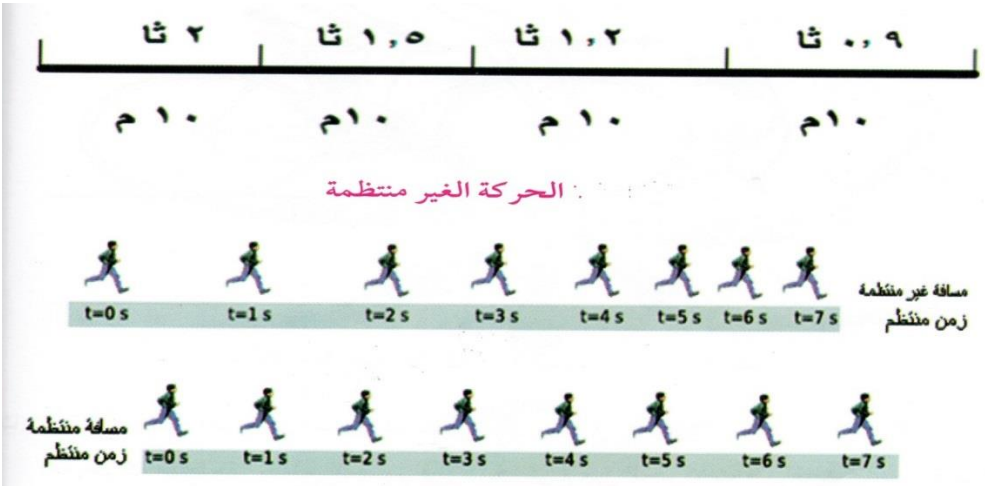



**حركة انتقالية مركبة**

**٢.المسار الزمني :**

أ. حركة منتظمة : يقطع الجسم في هذا النوع من الحركات مسافات متساوية في ازمنة متساوية .

ب. حركة غير منتظمة : وفيها يقطع الجسم مسافات متساوية في ازمان غير متساوية فقد يقطع عداء مسافة ١٠ م بزمن ٢ ث وفي ٢٠ م الثانية بزمن ١,٥ ث وفي الثالثة بزمن ١,٢ ث وفي الرابعة بزمن ٠,٩ ث ونظرا لهذا الاختلاف في السرعة ظهر ما يسمى بالتعجيل .



بهذا يتضح لنا ان علم البيوميكانيك يؤكد على تقسيم الحركات ووفقا لمنظور علم الميكانيكا الى :

- حركة منتظمة (سواء خطية او دورانية او مركبة)
- حركة متغيرة

وسواء كانت الحركة منتظمة او متغيرة فأن نقاط مراكز ثقل الجسم ومراكز ثقل اجزاء الجسم تنقل على شكل مسارات حركية والتي تمثل المحصلة النهائية للمقادير الافقية والعمودية للحركة للجسم او لجزء الجسم (سواء اكانت سرعة او قوة)

فالحركة المنتظمة يكون فيها انتقال الجسم بخط مستقيم وبسرعة ثابتة لذا يمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية :

تحتسب كل حركة المنتظمة وفقا الى المسافة المقطوعة وزمنها وتقارن بالمسافة الاخرى وزمنها فاذا كانت النتائج متساوية فهذا يعني ان الحركة منتظمة

س= مسافة ÷ زمنها (وحدة القياس م/ث)

مثال / انتقال عداء ١٠٠ متر في المرحلة الوسطية من المسافة بزمن ثابت وليكون المسافة من نهاية ٣٠ متر الاولى الى نهاية ٦٠ متر من بداية المسافة الكلية ويكون قطعها بزمن ٣ ثانية فيكون معدل الحركة (السرعة) هنا ١٠ م/ث

وبذا فالسرعة يمكن اعتبارها كمية ميكانيكية بجانب انها قدرة بدنية اما الحركة المتغيرة فيقصد بها انتقال الجسم بسرعة متغيرة (تزايدية او تناقصية) وتحتسب كل سرعة لكل مسافة على حدة من اجل التعرف على مقدار التغير بالسرعة ويمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية :

الحركة المتغيرة (التغير بالسرعة) = السرعة النهائية – السرعة الابتدائية

مثال ذلك , الحركة التي تنتقل بها الاداة عند قذفها عاليا بزاوية معينة هي حركة متغيرة اذ تتناقص حركة الاداة عند الصعود بتاثير الجاذبية وعند النزول يكون العكس والحركة الدورانية ايضا قد تكون حركة منتظمة او متغيرة وهي ايضا في ذلك تخضع لنفس المواصفات التي ذكرناها في الحركات الخطية مع الاشارة الى ان العلاقات التي تربطها وهي :

الحركة الدورانية المنتظمة = المسافة الزاوية ÷ الزمن (وحدة القياس د/ث)

اما الحركة الدورانية المتغيرة =السرعة الزاوية النهائية – السرعة الزاوية الابتدائية

## الحركات الاساسية في جسم الانسان

جسم الانسان نظام ديناميكي معقد يحكم تكوين وتركيبه من الناحية التشريحية الجهاز الحركي (الجهازين العظمي والعضلي) وهو المعني بشؤون الحركة اي حركة اجزاء الجسم يسمح بحركات خاصة تتفق وطبيعة المفصل الذي تتم في الحركة ضمن الحركات الاساسية وعموما يمكن تحديد الحركات الاساسية التي يقوم بها جسم الانسان وهي :-

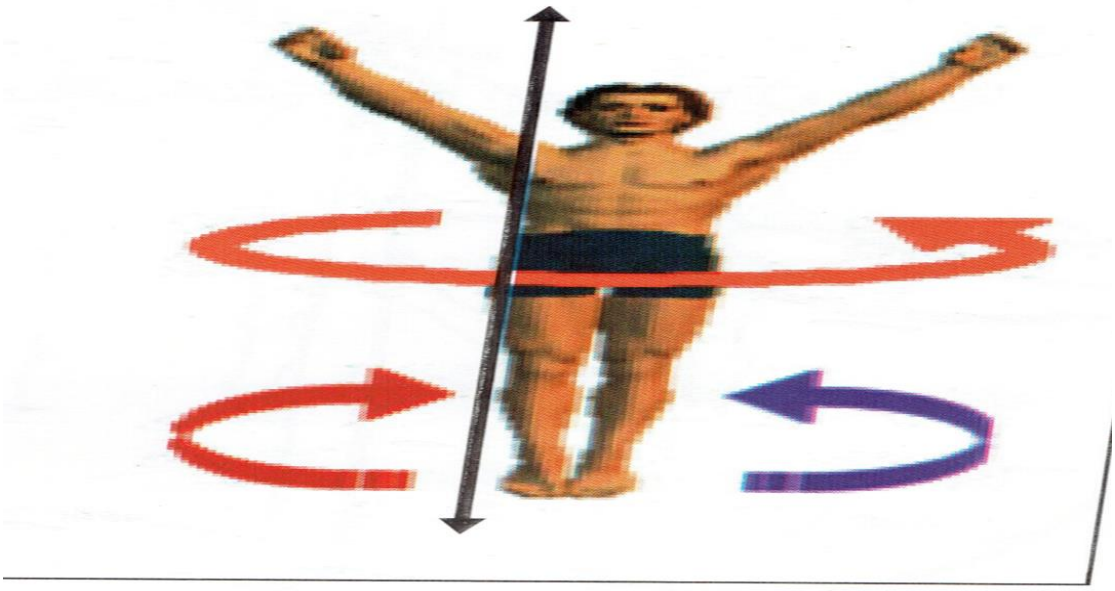
أ- الثني : تقريب العظمين المتمفصلين الى بعضهما بحيث تصغر الزاوية بينهما
ب- المد : ابعاد العظمين المتمفصلين عن بعضهما بحيث تكبر الزاوية بينهما.
ت- التقريب : تقريب اجزاء الجسم باتجاه المحور الشاقولي له .
ث- التبعيد : ابعاد اجزاء الجسم بالاتجاه البعيد عن محوره الشاقولي .
ج- الرفع : وهو رفع اجزاء الجسم الى الاعلى .
ح- الخفض : وهو خفض اجزاء الجسم الى الاسفل .
خ- التدوير : تتم الحركة حول المحور الطولي للعظم .
د- الكب : ويقصد بها تدوير اليد والساعد من مفصل المرفق الى الداخل وحول المحور الطولي للساعد بحيث تواجه باطن اليد الارض .
ذ- البطح : ويقصد بها تدوير اليد والساعد من مفصل المرفق الى الخارج بحيث يواجه ظهر اليد الارض .
ر- الدوران: ويقصد بها ان الجزء المتحرك يرسم اثناء حركته دائرة وتشغل هذه الحركة مجموعة حركات الثني , التبعيد , المد والتقريب , الرفع والخفض.

## علاقة الحركة بالمحاور والمستويات

ان الحركات التي يقوم بها الانسان لا بد وان تتم حول محور ما وتقع على مستوى وان هذه المحاور والمستويات وهمية وتعتبر مسالة دراستها والتعرف عليها ضرورية في وصف الحركة وتحليلها موضوعيا

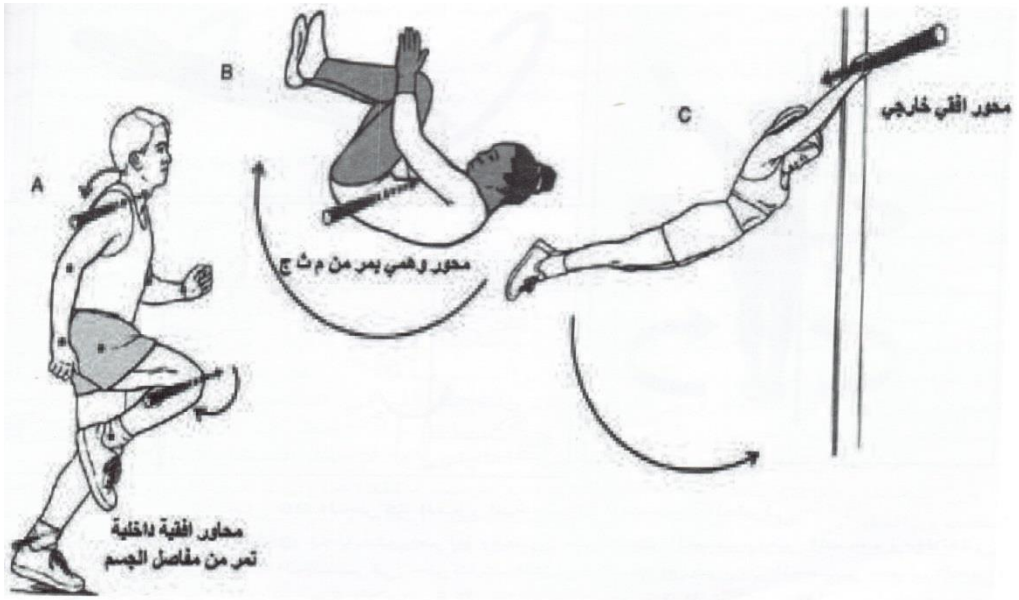
١- المحاور وتقسم الى :محاور خارج الجسم وتكون على نوعين :
ا- ثابتة
ب- شبه ثابتة
محاور داخل الجسم وتقسم الى :-
أ- **المحور الطولي او الراسي (vertical axis)** : هو المحور الذي يكون عموديا على الارض حيث يخترق هذا المحور جسم الانسان من

قمة الراس الى اسفل القدمين على الأرض والحركات التي تتم في هذا المحور هي حركات التدوير وفتل الجسم.

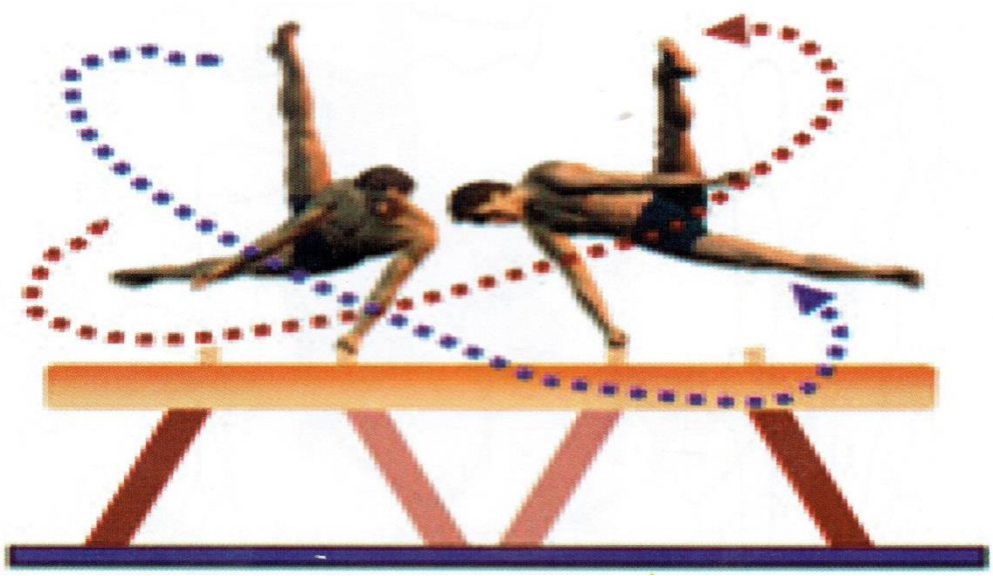


ـل المحور الطولي

ب-**المحور العرضي او الافقي ( transverse axis)** : هو الخط المار من الجانب الايمن الى الجانب الايسر من الجسم ،وجميع الحركات التي تحدث في هذا المحور هي حركات الثني والمد مثل دوران الجسم حول العقلة او دوران الجسم في الدحرجة الأمامية المكورة او حركة الجسم والذراعين كما في الرمية الجانبية بكرة القدم وهذا المحور وهمي يدخل من احد جانبي الجسم ويخرج من الجانب الاخر .



ت-**المحور العميق (Anteropsterior axis )** : وهو الخط الوهمي الذي يمر من امام الجسم ويخرج من الخلف فتحدث حوله جميع الحركات الجانبية التي يؤديها الجسم كالعجلة البشرية او حركة لاعب حصان المقابض عند اداءه حركات المرجحة الجانبية وهكذا ... الخ.



اما بالنسبة للمستويات والتي تعزى اليها حركة الجسم فهناك ثلاثة مستويات تقسم الجسم الى قسمين متساويين وعلى الشكل الاتي :

١. **المستوى الامامي (frontal plane)** : يخترق هذا المستوى الجسم من جانب لأخر ويقسم الجسم الى قسمين امامي وخلفي وعند اعزاء الحركة للمستوى يقال انها حصلت في المستوى اما بالنسبة الى المحور فان الحركة تتم حوله ومن الحركات التي تحدث في المستوى الامامي هي حني الجذع الى الجانبين في الوقت الذي تتم فيه هذه الحركة يتعامد كل من حول المحور العميق والمستوى الامامي .

٢. **المستوى الجانبي (sagittal plane)** : يقسم هذا المستوى جسم الانسان الى قسمين ايمن وايسر لأنه يخترق الجسم من الامام الى الخلف ومن الحركات التي تحدث في هذا المستوى حركة ثني الجذع اماما وفي هذه الحركة تتم حول المحور العرضي والمستوى الجانبي متعامدان .

٣. **المستوى الافقي (transverse plane)** : يقسم جسم الانسان الى قسمين علوي وسفلي ويتعامد هذا المستوى مع المحور الطولي لان الحركة التي تتم في هذا المستوى تحدث حول المحور الطولي مثل فتل الرقبة الى الجانبين .

من كل ما سبق نجد ان حركة اجزاء الجسم تتم على اكثر من محور وفي اكثر من مسطح ومن الطبيعي ان هناك علاقة بين المحاور والمستويات حيث ان كل محور يتعامد مع مستوى حيث تمثل نقطة التقاء المحاور والمستويات نقطة مركز الثقل الاجسام .