

## المحور الثاني: مفاهيم البيوميكانيك الرياضية

### 1- الحركة وخصائصها:

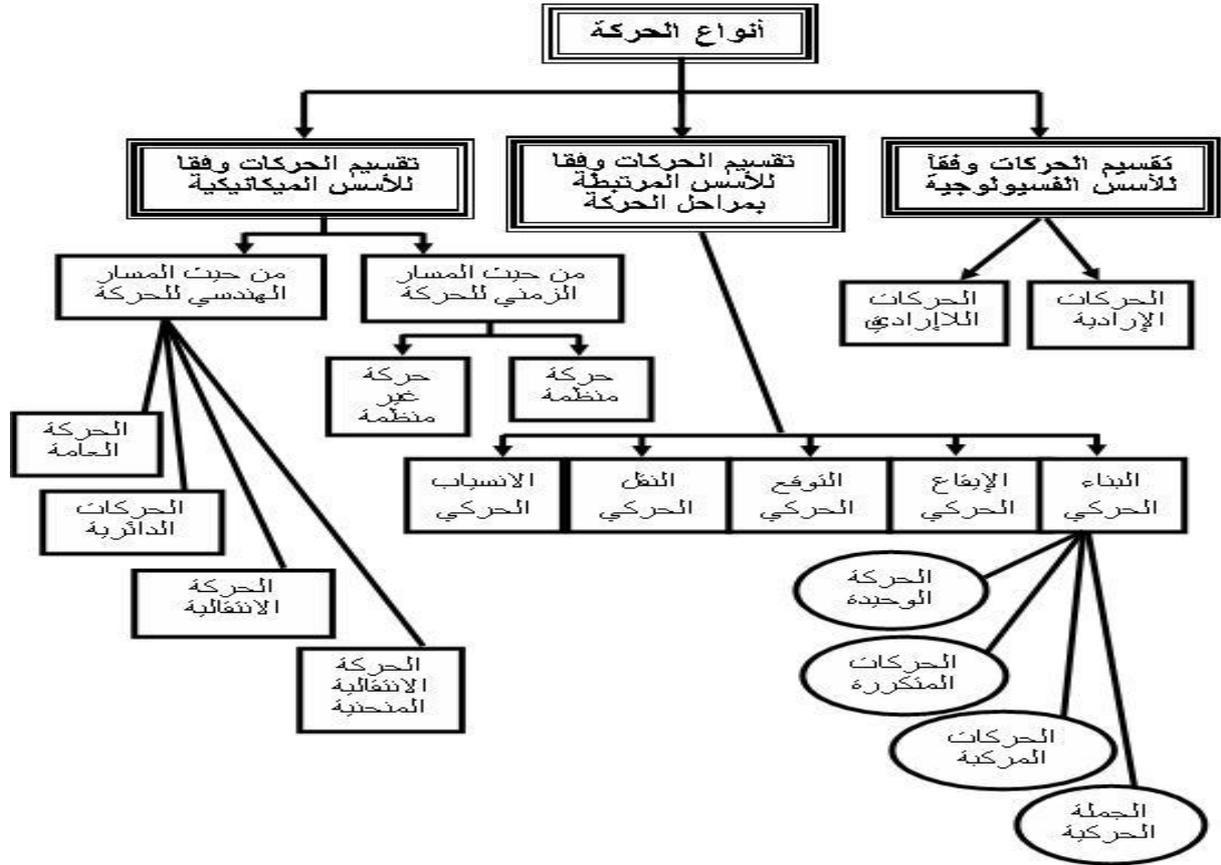
عرف جينسون وشولتز Jenson & Schultz الحركة بأنها انتقال أو دوران الجسم كله أو احد أجزائه في اتجاه معين وبسرعة معينة في زمن معين سواء كان ذلك باستخدام أداة أو بدونها، وغالبا يكون نتيجة انقباض العضلات التي تتوقف عليها قوة هذه الحركات، فمن المستحيل أن تحدث حركة بدون إخراج قوة، وبدراسة الحركة الجسمانية والتي تتناول معرفة حركة المفاصل والعضلات العاملة أثناء الأداء الحركي والتغيرات في مركز ثقل الجسم، هذا إلى جانب التعرف على مصادر القوى التي تمكن الجسم من أداء الحركات، ومن هنا تظهر أهمية اثر القوة الميكانيكية على الوظائف الجسمانية الحيوية كالدورة الدموية والتنفس وغيرها.

### - الحركة الرياضية:

هي نوع من الحركة المقننة تهدف إلى تحقيق واجب حركي محدد، قد يكون هذا الواجب دقة ومدى الأداء كما هو الحال في الجمباز، والتوافق الأمثل بين القوى الداخلية والخارجية بهدف أن يكون الأداء اقتصاديا.

### 2- تقسيم الحركات:

اعتبر كثير من العلماء أن تقسيم الحركات مهم جدا وذلك لتسهيل دراستها وبحثها بشكل مستفيض وحسب وجهات نظر مختلفة لان حركات الإنسان متعددة الأشكال والأهداف مختلفة الاتجاهات، فالحركة يمكن تناولها من وجهات نظر مختلفة تبعا لمصدرها أو شكلها أو هدفها لغرض الاقتصاد بالجهد والقوة المسببة لها ولمعرفة القوانين والعوامل التي تتحكم فيها، والشكل الآتي يلخص أهم التقسيمات الحركية



شكل يظهر وجهات النظر المختلفة في تقسيم الحركات

إذا قسمت الحركات بشكل عام تبعاً للأسس الآتية:

- التقسيم وفقاً للأسس الفيزيولوجية.
- التقسيم وفقاً للأسس المرتبطة بمراحل الحركة.
- التقسيم وفقاً للأسس الميكانيكية.

## 1-2 التقسيم وفقاً للأسس الفيزيولوجية:

يرتبط هذا التقسيم بالوظائف الخاصة بالحركات في جسم الإنسان ويحتوي تركيب جسم الإنسان على

التقسيم الفيزيولوجي الآتي:

**1-1-2 الحركات الإرادية:** وهي الحركات التي يقوم بها الإنسان وفقاً لإرادته الشخصية ويمكن التحكم في

هذه الحركات ومن أمثلتها جميع الأنشطة الرياضية الفردية والجماعية.

**2-1-2 الحركات اللاإرادية:** وهي التي يقوم بها الفرد نتيجة لمؤثرات لا تخضع لإرادته مثل حركة المعدة

والأمعاء في عمليتي الهضم والامتصاص وضربات القلب.

**2-2 التقسيم وفقاً للأسس المرتبطة بمراحل الحركة (الشكلية):** وفيها:

**1-2-2 الحركة الوحيدة:** هي حركة لها بداية ونهاية وتؤدي لمرة واحدة، وتعتبر حركة متكاملة ويتميز

هذا النوع بان له ثلاثة مراحل:

- المرحلة التمهيديّة

- المرحلة الأساسيّة

- المرحلة النهائيّة

ومن أمثلتها الغطس، رمي الرمح، رمي القرص،...

**2-2-2 الحركة المتكررة:** وهي التي تكرر نفسها بنفس الأسلوب وتسمى أيضا الحركة ثنائية المراحل

وتتكون من مرحلتين هما:

- أساسية: وهي التي يتم فيها انجاز الهدف الأساسي كما في الحركة الوحيدة.

- مزدوجة: وهي التي تتدخل فيها المرحلة الختامية مع التحضيرية بمعنى أن تكون نهاية المرحلة الختامية

للمهارة الأولى هي الجزء التمهيدي للمهارة الثانية.

ومن أمثلتها: السباحة، المشي، الجري،...

**3-2-2 الحركة المركبة:** وهي التي تجمع بين الحركة المتكررة والوحيدة، وقد تسمى بالجملة الحركية كما

في الحركات الرياضية في الجمباز، الحركات المركبة تؤدي من حركتين فأكثر ويحدث أحيانا اختزال

الجزء النهائي للمهارة الأولى ويدخل محله الجزء التمهيدي للمهارة الثانية.

**3-2 التقسيم وفقا للأسس الميكانيكية:**

**1-3-2 طبقا للمسار الهندسي:** وفيها

**أ- الحركة الخطية:** عند بحث نظامها فهي تشتمل على الحركة الوحيدة، التي فيها جميع أجزاء النظام

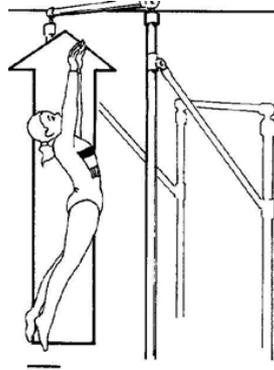
تتحرك في نفس الاتجاه وبنفس السرعة، الحركة الخطية أيضا تعتبر كحركة انتقالية عندما ينتقل الجسم

تجريبيا فهو يتحرك كوحدة واحدة.

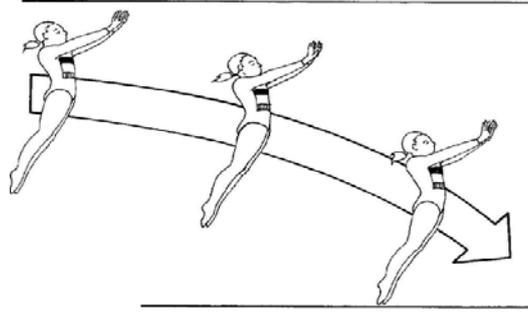
إذا كان خط السير مستقيما كانت الحركة خطية مباشرة، أما إذا كان خط السير منحنيا كانت الحركة

منحنية، ومن أمثلة الحركة الانتقالية في خط مستقيم حركة لاعبة الجمباز أثناء قفزها إلى العقلة كما في

الشكل الآتي:



ومن أمثلة الحركات الانتقالية المنحنية حركة رياضي الجمباز كما في الشكل الآتي:



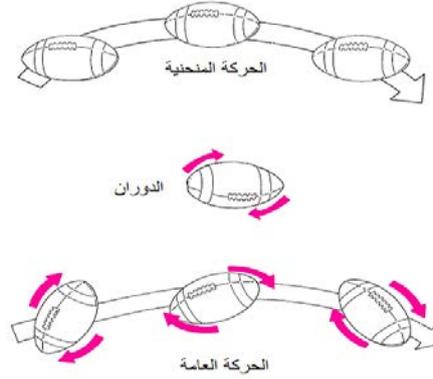
ب- الحركة الزاوية: هذا النوع من الحركات وارد بكثرة في مجال الأنشطة الرياضية، وفيه ترسم أي نقطة من الجسم قوس أو دائرة حول محور دوران قد يكون داخل الجسم أو خارجه، ويسمى محور الدوران ثابت في حالة لو كان الجسم في وضع دائري واحد كما في المرجحة على المتوازيين أو العقلة، كما في الشكل الآتي:



أما في حالة أداء تلك الحركات التي تتطلب تحريك مختلف أجزاء الجسم حول محاور وهمية فلا تكون أبعاد الجسم ثابتة مثل رمي الرمح، تطويح المطرقة، ودفع الجلة. وقد تتم الحركة حول محور داخل الجسم كما في رفع الرجل أو الذراع لأعلى، وهناك من المحاور التي تؤدي عليها مختلف ألوان المهارات الحركية الرياضية. كما تعتبر مختلف حركات المفاصل في جسم الإنسان حركات في أقواس أو في دوائر وفقا للحركات التشريحية التي يمكن للمفصل أن يؤديها. السواد الأعظم من الحركات التي يؤديها جسم الإنسان تعتبر حركات دائرية فيما عدا حركة الجذع، حيث تعتبر حركة مستقيمة منحنية وخصوصا في مجال النشاط الرياضي، فحركة الجذع أماما وخلفا تعتبر حركة دائرية أو في شكل قوس، وكذلك حركة مفصلي الفخذين في المشي أو الجري أو في مرجحة الرجل أماما وخلفا. وفي مجال الأداء المهاري قد تؤدي مجموعة مفاصل الجسم عدة حركات دائرية مختلفة المراكز مثل مهارة رمي القرص.

### ج- الحركة العامة:

عندما تتركب الحركة الانتقالية والحركة الدورانية تكون الحركة الناتجة حركة عامة، في نهاية ركل كرة القدم الأمريكية تنتقل الكرة في حركة انتقالية وفي نفس الوقت تدور الكرة حول المحور الأفقي المار بمركز ثقلها خارج طيرانها في الهواء كما في الشكل الآتي:



### 2-3-2 طبقا للمسار الزمني: وفيها:

أ- **الحركة المنتظمة الشكل** : وهي الحركة التي يقطع فيها الجسم مسافات متساوية في وحدات زمنية متساوية.

ب- **الحركة غير المنتظمة الشكل** : وهي الحركة التي يقطع فيها الجسم وحدات مسافية غير متساوية في وحدات زمنية متساوية.

والحركة غير المنتظمة تنقسم داخليا إلى:

ب-1 تزايد منتظم أي حركة تسارع (تعجيل) ثابت سالبا كان أم موجبا.

ب-2 تزايد غير منتظم أي حركة تسارع (تعجيل) متغير موجبا كان أم سالبا.

ويتمثل الفرق بين النوعين في: المسافة في وحدات الزمن المتساوية تزيد أو تنقص بنفس المقدار وهذا في حالة الحركة ذات التزايد المنتظم أو التناقص المنتظم، وتكون المسافة في وحدات الزمن المتساوية ذات مقادير مختلفة بالزيادة أو النقصان، وذلك في حالة التزايد غير المنتظم أو التناقص غير المنتظم، وينطبق تقسيم الأنواع المختلفة للحركة وفقا لمسارها الزمني في الانتقال والدوران حيث توجد حركة الانتقال بتزايد منتظم في نفس الوقت الذي توجد فيه أيضا حركة الدوران بتزايد منتظم.

### 3- المحاور والمستويات التشريرية:

إن المعلومات المحددة عن حركة الإنسان تتطلب تعابير فنية خاصة تشخص بإيجاز موقع الجسم والاتجاهات.

كموقع الإشارة التشريحي والذي نقصد به موقع الوقوف القائم بأقدام مفصولة قليلا والأذع متدلّية بارتخاء إلى الجانب براحتي يد متجهة أماما وهذا ليس موضع وقوف طبيعي ولكنه عبارة عن توجيه الجسم واصطلاحيا يستخدم كموقع إشارة أو كنقطة بداية عند تفريق مصطلحات الحركة.

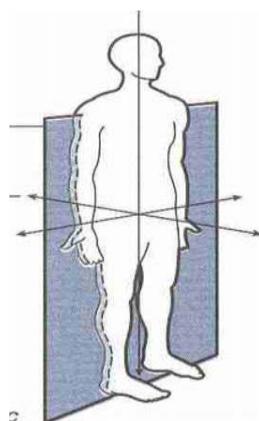


رسم يوضح وضع وقوف تشريحي

### 1-3 مستويات الإشارة التشريحية:

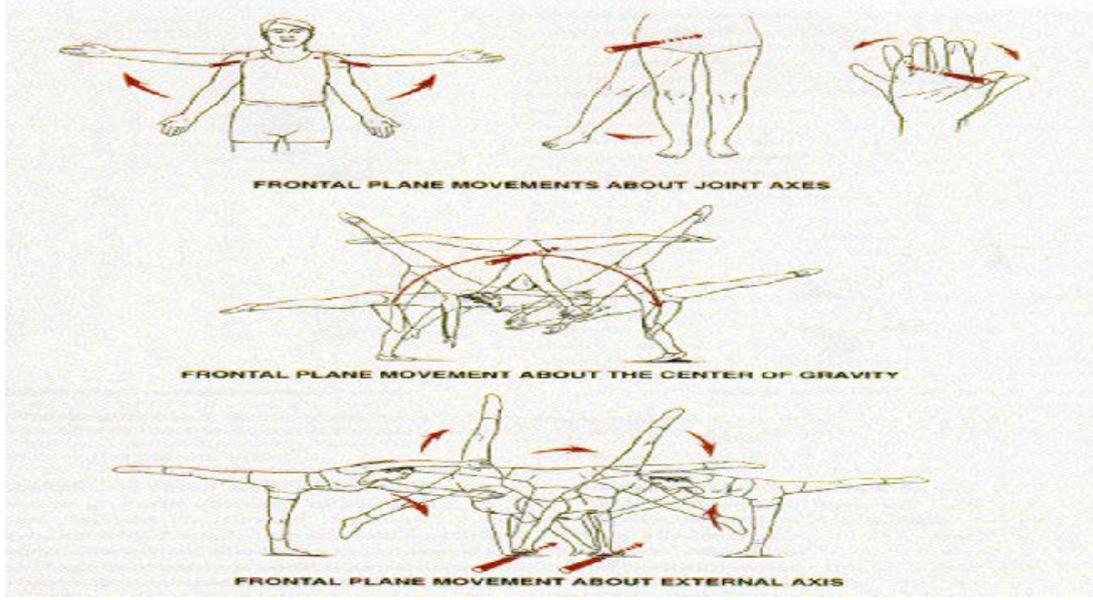
تقسم الخطوط الوهمية الرئيسية الثلاث الجسم إلى ثلاثة أبعاد

المستوى أو المسطح هو عبارة عن سطح ذو بعدين يعرف بواسطة احداثيين جزئيين من ثلاث نقاط منفصلة لا تجمع في نقطة واحدة، ربما يكون عبارة عن فكرة سطح مستوي وهمي وتمثل هذه الأجزاء. **أ- المستوى الأمامي Coronal Plane**: يقسم الجسم إلى قسمين احدهما أمامي والآخر خلفي كما في الرسم الآتي:

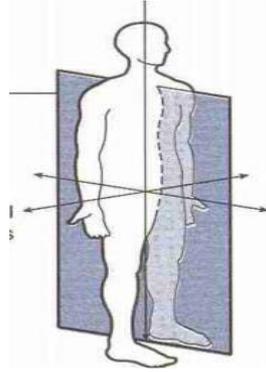


رسم يظهر المستوى الأمام

أ-1 أمثلة عن بعض الحركات التي تتم في المستوى الأمامي:

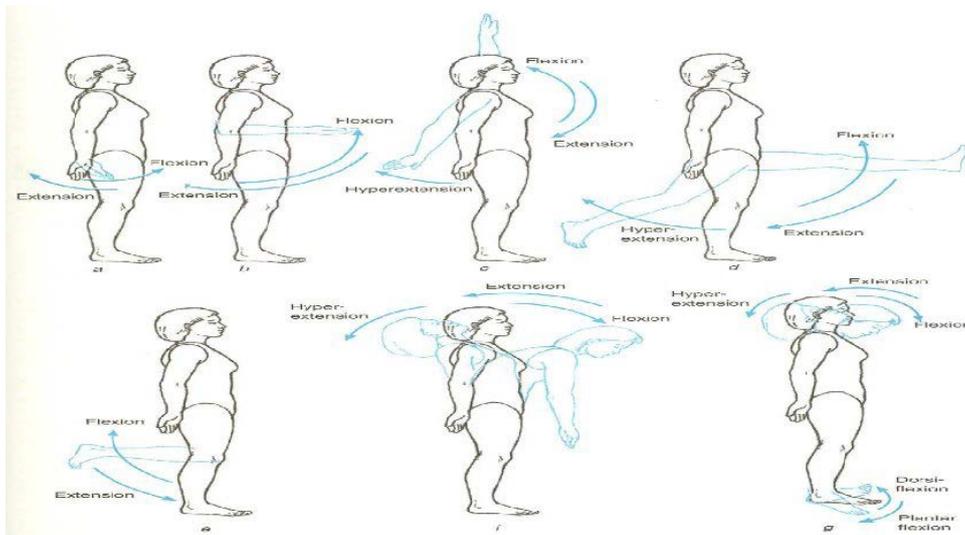


ب- المستوى الجانبي **Portait Plane**: يقسم الجسم إلى نصفين متساويين أحدهما جهة اليمين والآخر جهة اليسار كما في الرسم الآتي:

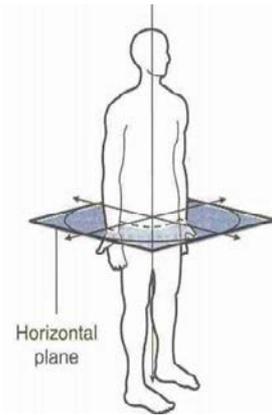


رسم يظهر المستوى الجانبي

ب-1 أمثلة عن بعض الحركات التي تتم في المستوى الجانبي:

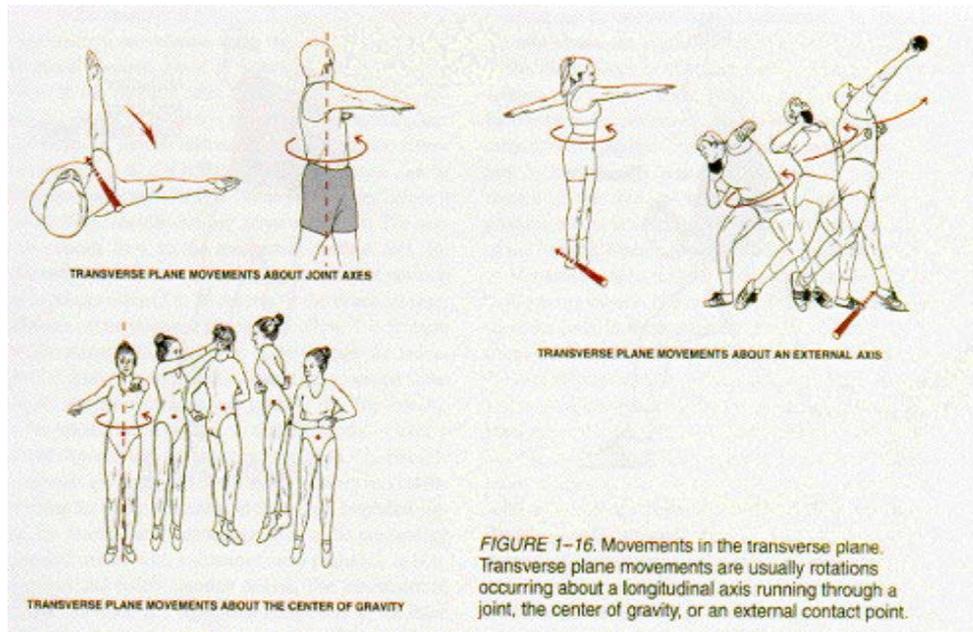


ج- المستوى الأفقي **Transverse Plane**: يقسم الجسم إلى قسمين علوي وسفلي كما في الرسم الآتي:



رسم يظهر المستوى الأفقي

ج-1 أمثلة عن بعض الحركات التي تتم في المستوى الأفقي:



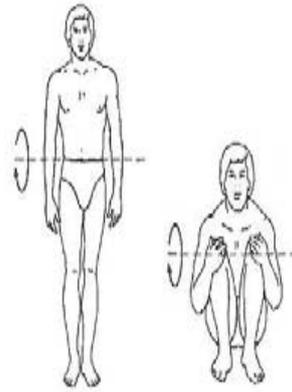
### 2-3 محاور الإشارة التشريحية:

أ- المحور العمودي (الراسي) **vertical Axes**: وهو خط وهمي يمر من الرأس للقدمين عمودي على المستوى الأفقي، يخترق الجسم من الأعلى إلى الأسفل فيدور حوله الجسم كما في الدوران حول الجسم في التزحلق على الجليد.



رسم يظهر الدوران حول المحور العمودي

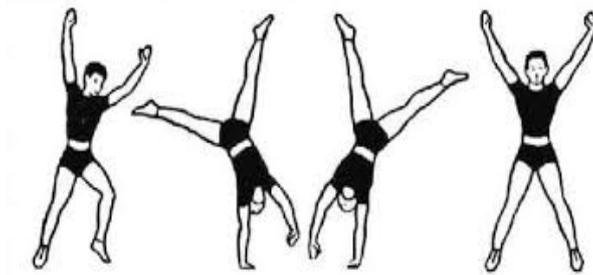
ب- المحور الجانبي (العرضي) **Transverse Axes**: وهو خط وهمي يخترق الجسم من الجانب إلى الجانب عمودي على المستوى الجانبي وهو موازي لسطح الأرض كما في الركض، المشي في عبور العارضة، في الوثب العالي، الدرجة الأمامية،..



(1) Transverse (1) Transverse

رسم يظهر حركة دوران حول المحور العرضي

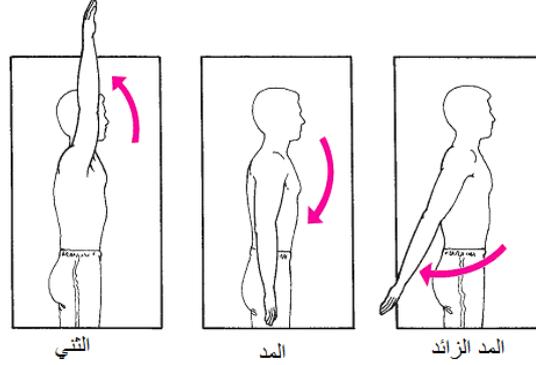
ج- المحور السهمي (العميق) **Sagittal Axes**: يخترق الجسم خط وهمي من الأمام إلى الخلف، عمودي على المستوى الأمامي ويكون موازيا للأرض، من أمثلة الحركات حول هذا المحور العجلة البشرية حيث يدور الجسم يمينا ويسارا



رسم يظهر الدوران حول المحور السهمي

#### 4- اصطلاحات حركة المفاصل:

تعتبر حركات القبض flexion والبسط extension، والمد الزائد hyperextension هي الحركات الثلاثة الأولية في المستوى السهمي بشكل:



#### صورة تظهر حركتي القبض والبسط

يشمل القبض على التقريب المباشر لدورانات في المستوى السهمي نحو مقدمة الجسم للرأس، والجذع، والعضد، والساعد، واليد، والفخذ، والتباعد المباشر لدوران أسفل الرجل.

يعرف المد بأنه الحركة التي تعيد أجزاء الجسم إلى الوضع التشريحي من وضع القبض، والمد الزائد هو الدوران خلف الوضع التشريحي في اتجاه عكس اتجاه القبض. إذا دارت الذراعان أو الرجلان للتقريب أو التباعد من الوضع التشريحي القبض والبسط والمد الزائد (المد الزائد) عند الركبة والمرفق ربما يؤدي في مستوى آخر غير المستوى السهمي.

يؤدي كلا دوراني رسغ القدم في المستوى السهمي عندما تتحرك القدم بالنسبة لأسفل الرجل (الساق) وعندما يتحرك الساق بالنسبة للقدم. حركة مقدمة القدم نحو الساق تعرف بالقبض الخلفي Dorsiflexion، والحركة العكسية التي يمكن رؤية القدم مستوية اصطلاح على أنها القبض الأمامي (الأمامي) Plantar

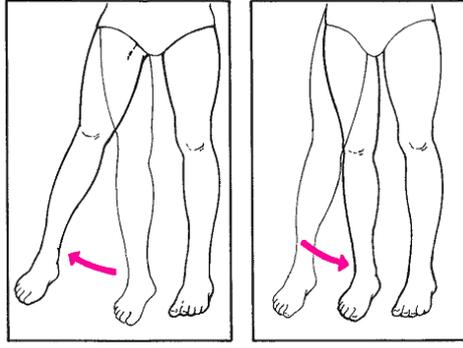
#### Flexion



رسم قدم يوضح القبض الأمامي والقبض الخلفي على الترتيب

#### - حركات المستوى الجبهي:

حركات الدوران الأساسية في المستوى الجبهي هي التباعد Abduction والتقريب Adduction. التباعد هي تحرك أجزاء الجسم بعيدا عن خط الوسط المنصف للجسم وحركات التباعد هي تقريب أعضاء الجسم من خط الوسط كما يظهره الرسم الآتي:



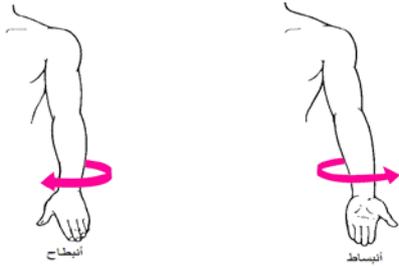
رسم يظهر رجل في حركتي التقريب والتباعد على التوالي

حركات القدم التي تؤدي بكثرة في المستوى الجبهي هي القلب للداخل Eversion، والقلب العكسي للخارج Inversion، ويستخدم أيضا اصطلاحى تباعد وتقريب لوصف الدوران للخارج والداخل الكامل للقدم كما في الشكل الآتي:



رسم يوضح قدم في حالتها حركة القلب للداخل والقلب العكسي على التوالي

يستخدم اصطلاحى الكعب (انبساط) Pronation، البطح Supination، غالبا لوصف أداء المفصل المعلق كما في الرسم الآتي:



رسم يوضح يد في حالتها حركة البسط والبطح على التوالي

وكخلاصة لاصطلاحات حركة المفاصل، هناك العديد من حركات الجسم التي تحدث في المستويات التي تميل بشكل قطري إلى المستويات الرئيسية التقليدية وذلك لان حركة الإنسان معقدة جدا وعليه فان التشخيص الدقيق لكل مستوى لحركة الإنسان هو تشخيص غير عملي.

**5- المبادئ والقوانين المستخدمة بكثرة في علم البيوميكانيك:**

**1-5 الجبر:** يعتمد البيوميكانيك على بعض القواعد الجبرية الأساسية واهم هذه القواعد:

- ان أي عدد يرفع للأس صفر يساوي واحد ( $X^0=1$ )

- عند ضرب عددين أساسهما واحد فان الأسس تجمع ( $X^2 \times X^3 = X^{2+3} = X^5$ )

- عند قسمة عددين أساسهما واحد فان الأسس تطرح ( $X^4 / X^2 = X^{4-2} = X^2$ )

**2-5 المثلثات:** يستفاد من المثلثات استفادة كبيرة، كونها تمدنا بعلاقة الزوايا والأطوال وبالتالي نحسب

قيمة إحداهما بمعلومة أخرى ومن المعلومات الهامة في حساب المثلثات:

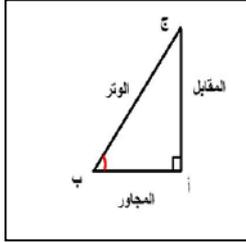
- تحسب النسب الزاوية بمعرفة الأضلاع كما يلي:

جيب الزاوية = المقابل / الوتر

جيب تمام الزاوية = المجاور / الوتر

ظل الزاوية = المقابل / المجاور

تظل الزاوية = المجاور / المقابل



**ملاحظة:** الزاوية المقصودة بالعلاقات أعلاه هي الزاوية المحصورة بين ا ب، ب ج.

والجدول الموالي يوضح النسب السابقة لبعض الزوايا الهامة والشائعة

$\alpha$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\pi$	$\frac{3}{2}\pi$	$2\pi$
	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$	$270^\circ$	$360^\circ$
sin $\alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	-1	0
cos $\alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
tg $\alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	-	0	-	0

### 3-5 القياسات الزاوية:

- **التقدير الستيني:** أو الدرجة الستينية تعرف بمقياس الزاوية المركزية التي تقابل قوسا من دائرة طولها

$360/1^\circ$  من محيط الدائرة

- **التقدير الدائري:** أو الدرجة النصف قطرية "راديان" هي مقدار الزاوية المركزية التي تقابل قوسا من

الدائرة طوله يساوي طول نصف القطر.

- العلاقة بين التقدير الستيني والتقدير الدائري: محيط الدائرة  $= 360^\circ =$  "راديان" = لفة (دورة)

مما سبق نستنتج انه:

- لتحويل الدرجات الستينية إلى لفات تقسم على  $360^\circ$ .

- للتحويل من درجات نصف قطرية إلى لفات تقسم على 6,28.

- للتحويل من درجات ستينية إلى نصف قطرية تقسم على 57,3.

- لإجراء العمليات العكسية يتم الضرب في النسبة السابقة بدلا من القسمة.

#### 4-5 التفاضل:

يكون المقدار  $Y$  دالة المتغير  $X$  إذا كانت لكل قيمة من القيم التي يمكن أن تأخذها  $X$  قيمة أو عدة قيم معينة ومناظرة لها من قيم  $Y$ ، وفي هذه الحالة يسمى المقدار المتغير  $X$  المتغير المستقل، ويقال كذلك أن المقدار  $Y$  يعتمد على المقدار  $X$  أو يتبعه. ووفقا لهذا يسمى المقدار  $X$  المقدار المستقل، وتسمى  $Y$  المتغير التابع.

وإذا أردنا معرفة تغيير  $y$  بدلالة  $x$  فإن ذلك يتم عن طريق ما يعرف بإيجاد المشتقة الأولى للدالة وهذه العملية تسمى التفاضل وله قواعده:

- رمز إجراء التفاضل للمتغير  $x$  هو  $x'$
- عند تفاضل أي قوة (أس) للأساس  $x$  فإننا نطرح من الأس واحد، ثم نضرب في الأس الأصلي.

#### 5-5 التكامل:

التكامل هو العملية العكسية للتفاضل، فإذا كان الهدف من التفاضل هو الحصول على المشتقة من الدوال، فالهدف من التكامل هو إيجاد الدوال من المشتقات ولهذا قواعد التكامل هي:

- رمز التكامل هو  $\int$  والذي يعنى المجموع
- عند تكامل أي قوة نضيف للأس واحدا ونقسم المقدار على الأس الجديد
- تكامل أي مقدار ثابت بالنسبة إلى  $x$  يساوي حاصل ضرب المقدار  $x$ .

#### 6- مفهوم التحليل الحركي:

استخدم لفظ تحليل في مجالات مختلفة للمعرفة الإنسانية ويقصد به الوسيلة التي يجري بمقتضاها تناول الظاهرة موضوع الدراسة كما لو كانت مقسمة إلى الأجزاء والعناصر الأساسية، وعليه فالتحليل إما أن يكون تشريحيا أو فيزيولوجيا أو بيوميكانيكيا أو سيكولوجيا،...  
وغالبا ما يحتاج العاملون في مجالي التدريس والتدريب إلى التحليل المنطقي للحركات والمهارات الرياضية والدخول إلى تفاصيل الأداء.

#### 7- قواعد التحليل الحركي:

بغض النظر عن نوعية التحليل فإن التحليل الحركي يخضع لمجموعة متعددة من القواعد العامة التي يمكن تصنيفها وفقا للتالي:

- تحديد اسم المهارة أو التمرين البدني بشكل دقيق وواضح.
- تحديد هدف التحليل الحركي للمهارة أو التمرين البدني بحيث يكون مطابقا مع واجبات التحليل.
- اختيار الطريقة العلمية التي تتناسب مع التحليل الحركي المطلوب للمهارة أو التمرين البدني.
- تحديد الوسائل والأجهزة التي يمكن من خلالها الحصول على المعلومات الخاصة بالتحليل الحركي.
- تعيين الخصائص والقوانين الخاصة بالمهارة أو التمرين المطلوب تحليله.

- تحليل العلاقة بين الخصائص والمتغيرات من وجهة نظر القوانين الميكانيكية والتشريحية والفلسفية والفيزيائية.

### **8- أساليب التحليل الحركي:**

مر التحليل الحركي كغيره من العلوم المرتبطة بالحركة الرياضية بمراحل متعددة تصنف إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

- 1- التحليل الحركي بدون استخدام التحليل المرئي.
- 2- التحليل الحركي باستخدام التصوير السينمائي أو التلفزيوني.
- 3- التحليل الحركي باستخدام التصوير السينمائي المركب.

### **9- أهداف التحليل الحركي:**

تصنف أهداف التحليل الحركي إلى:

- 1- التحليل بغرض التعرف على الخصائص التقنية للمهارة.
- 2- التحليل بغرض الكشف عن عيوب الأداء.
- 3- التحليل بغرض مقارنة الأداء بالمنحنيات النظرية.
- 4- التحليل بغرض الدراسة النظرية لحركة النماذج واحتمالاتها الحركية.