المحاضرة الأولى

اساسيات علم البايوميكانيك ، القوانين والأنظمة الميكانيكية للحركات وتطبيقاتها في الالعاب

أ.د وداد كاظم الزهيري
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
للبنات / جامعة بغداد

البايوميكانيك -مرحلة الماجستير

2024 - 2023

المقدمة

الهدف من المحاضر

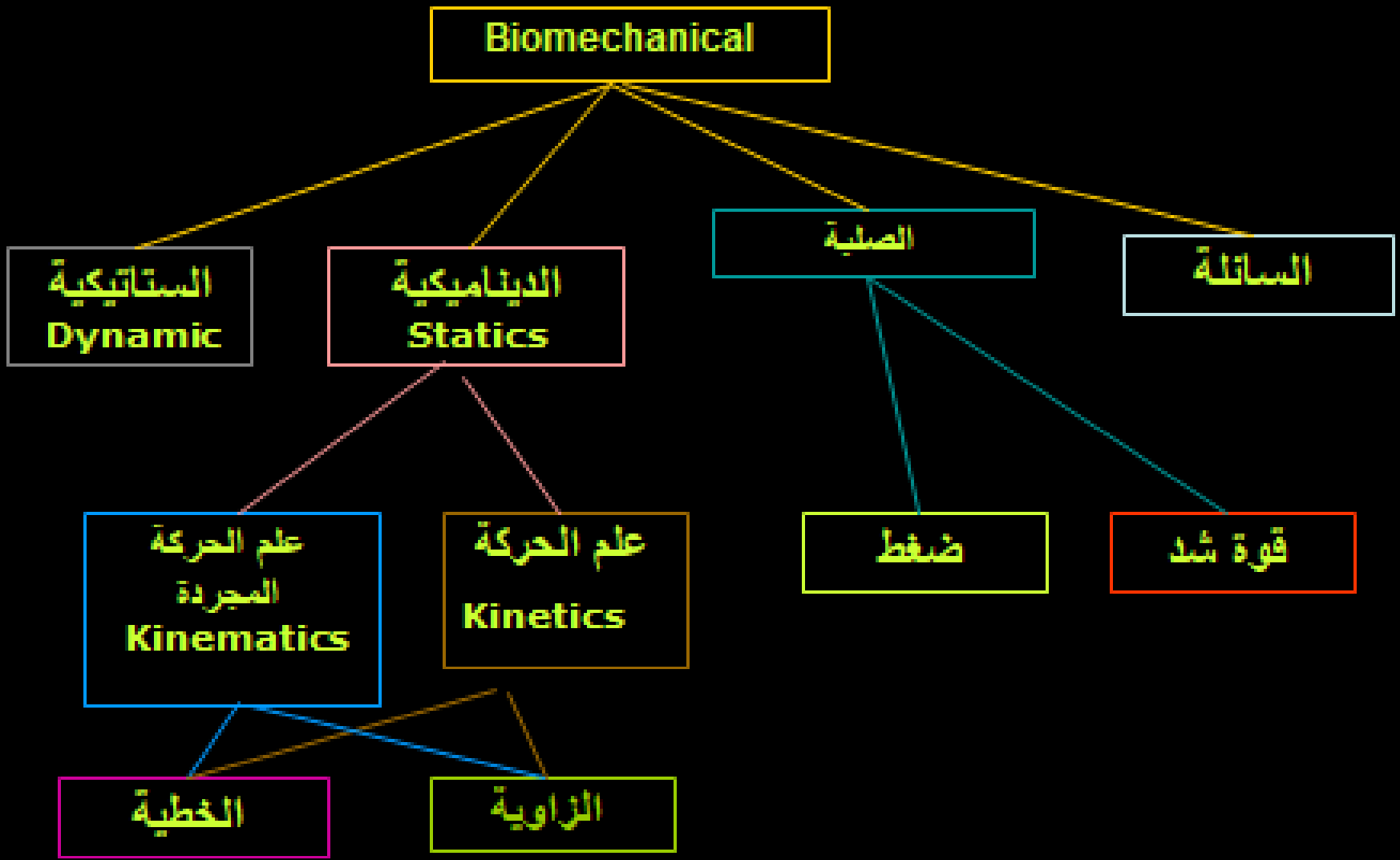
- اساسيات علم البايوميكانيك ، المفهوم والقوانين والأنظمة الميكانيكية للحركات
- بايوميكانيكية الجسم البشري
- طبيعة الحركات الخطية والزاوية والعلاقة بينهما وتطبيقاتها في المجال الرياضي
- متغيرات الحركة الزاوية (الدورانية) وتطبيقاتها في المجال الرياضي

البايوميكانيك او الميكانيكا الحيوية
Biomechanic

هو احد فروع المعرفة يبحث في تأثير القوى الداخلية والخارجية على الاجسام الحية ، يختص بالتحليل الميكانيكي لحركات الاجسام بهدف تشخيص أخطاء الأداء مستعيناً بقوانين ومبادئ علم التشريح والفيزياء في وصف وتحليل الحركة.

يهتم بالجانب الميكانيكي من خلال دراسة القوى وتاثيرها في الاجسام ويهتم بالجانب البايولوجي و الخلايا الحيوية وما تتعرض له اثناء الجهد .

اقسام البايوميكانيك

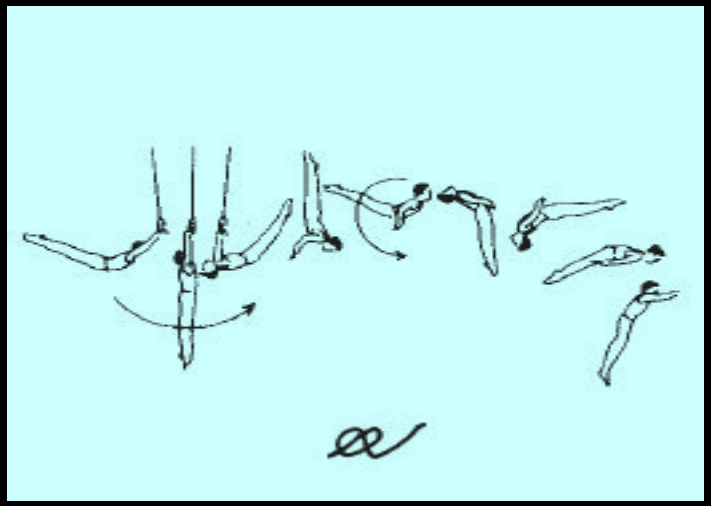


Statics (الثابت)- يهتم بدراسة الاجسام التي هي في حالة مستمرة من الحركة، سواء كانت في حالة ساكنة دون حركة أو تتحرك في سرعة ثابتة دون تسارع.
وتشمل الستاتيكا جميع القوى المؤثرة على جسم غير متوازن و تعمل على وضعه في حالة توازن.

Dynamic (الحركي) - يهتم بدراسة الاجسام التي هي في حالة حركة مع تسارع. ويعد النظام الذي في حالة تسارع غير متوازن نتيجة لعدم تساوي القوى المؤثرة على الجسم.

Kinematics وصف الحركة المجردة

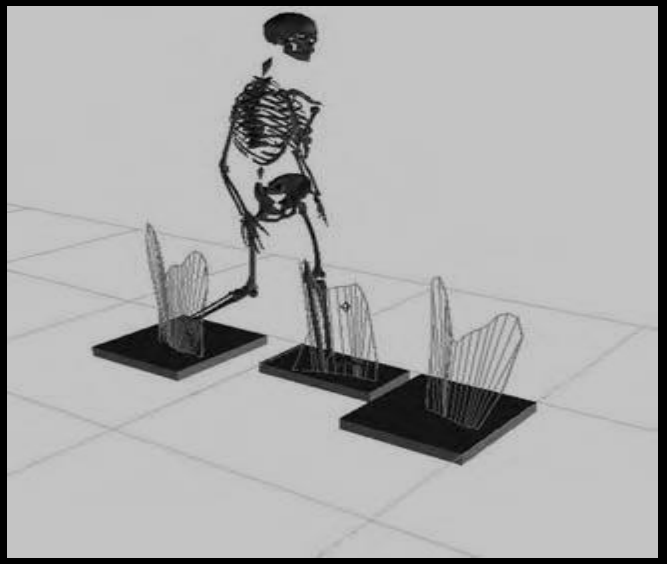
هو احد اقسام البايوميكانيك يدرس الوصف الظاهري للحركة ويهتم بتحليل جسم ما او نظام ما و يقوم بوصف الحركة فقط دون القوة المسببة. كالمسافة المقطوعة, و السرعة او التعجيل.
وهو أيضا يهتم بدراسة هندسة النماذج أو اشكال الحركات بالنسبة للزمن.



وصف الحركة

Kinetics سبب الحركة

هو احد فروع البايوميكانيك يهتم بتحليل جسم ما او نظام ما لتحديد القوى المشاركة والمسببة للحركة كالقوة والشغل والطاقة غيرها ووصف الحركة (ان وجدت).



سبب الحركة

فقا للحركات التي يؤديها الانسان
يقسم البايوميكانيك الى قسمين رئيسيين

ـ القسم الاول العام : يهتم بالقوانين والانظمة التي تحكم الاجسام الحية اثناء الحركة وفي السكون. ويساعدنا على تحسين قابليات الطلاب ولاعبين في االرياضة نوعا وكما اذ يمكن اعتبار جسم الانسان اله تتحرك حسب القوانين الميكانيكية لذلك لابد من معرفة هذه القوانين لكي يتم تقويم الأداء الحركي .

ـ القسم الثاني التطبيقي : يهتم في حل المشاكل الحركية التي تعترض حركة الانسان لغرض تحسينها والتأكيد على الاوضاع المثالية والاقتصادية في الحركة مع تطبيق برامج العلاج والتأهيل للعودة السريعة للملاعب. من خلال إيجاد حلول للمشكلات الجسمية التي يكون سببها ضعف عضلي او اختلاف القوة العضلية بين جانبي الجسم . وكذلك لتحقيق افضل تقارب وتشابه بالوظائف بين المفاصل الصناعية والطبيعية

لذا فان فهم اللاعب او الطالب للمباديء التشريحية والفيزيائية لحركة الانسان سوف تساعده على تفهم هذه المشكلة وعلى معرفة طرق الوقاية منها.

اهداف الميكانيكا الحيوية او البايوميكانيك
في الرياضة والجهد البدني

1ـ تحسين الاداء يمثل هدف البايوميكانيك الاساسي وهذا سيساعد في تعلم وتعليم المهارات وتشخيص الاخطاء . كما ان فهم المبادئ الميكانيكية تساعد اللاعب في تحسين قدرته على ادراك الخطأ وتصحيحه

2ـ تحسين اساليب الاداء من خلال تطبيق البايوميكانيك باتجاهين

الاتجاه الاول / من خلال تطبيق المدرس والمدرب معرفتهم بالبايوميكانيك في تصحيح حركات الطالب او اللاعب لتحسين تطبيق المهارة باستخدام التحليل النوعي او الكيفي .

والاتجاه الثاني / يكتشف الباحث او المختص في مجال البايوميكانيك اسلوب اداء جديد اكثر فاعلية لاداء المهارات الرياضية باستخدام أجهزة او برامج تحليل حديثة .

3- تحسين النشاط البدني للرياضي وفهم كيف يمكننا تنفيذ وتطبيق الحركة ؟ وكيف يتم التحكم بالمهارة و صقلها.

4- تحديد ا نواع القوة التي تعمل على اجهزة حركة الانسان وما هي (العضلات والعظام والمفاصل والاعصاب) المشاركة خلال اداء النشاط البدني؟

5-معرفة ما هي الخصائص الميكانيكية للأنسجة المشاركة بالاداء، وهل تتحمل تطبيقات القوة بدون تشوه وكيف تتكيف وتتطور وفقا لمبادئ التدريب.

6- الفهم الكامل لتفاصيل الحركة يساعد المتعلم على اتقان دقائق الحركة .

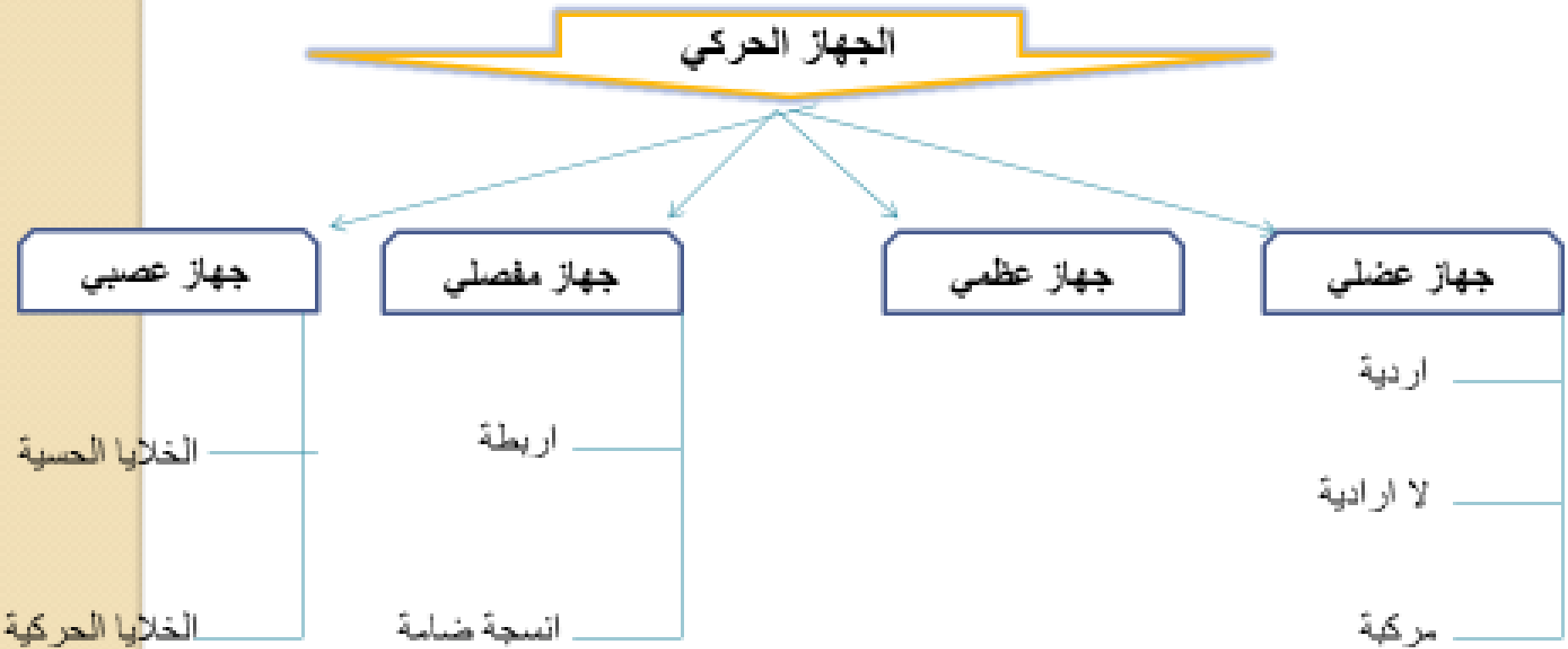
لذا أصبحت هناك حاجة ماسه الى علم البايوميكانيك كونه يمثل احد العلوم الرياضية التي تعتمد عليها مختلف الالعاب بدرجة كبيرة من الاهمية

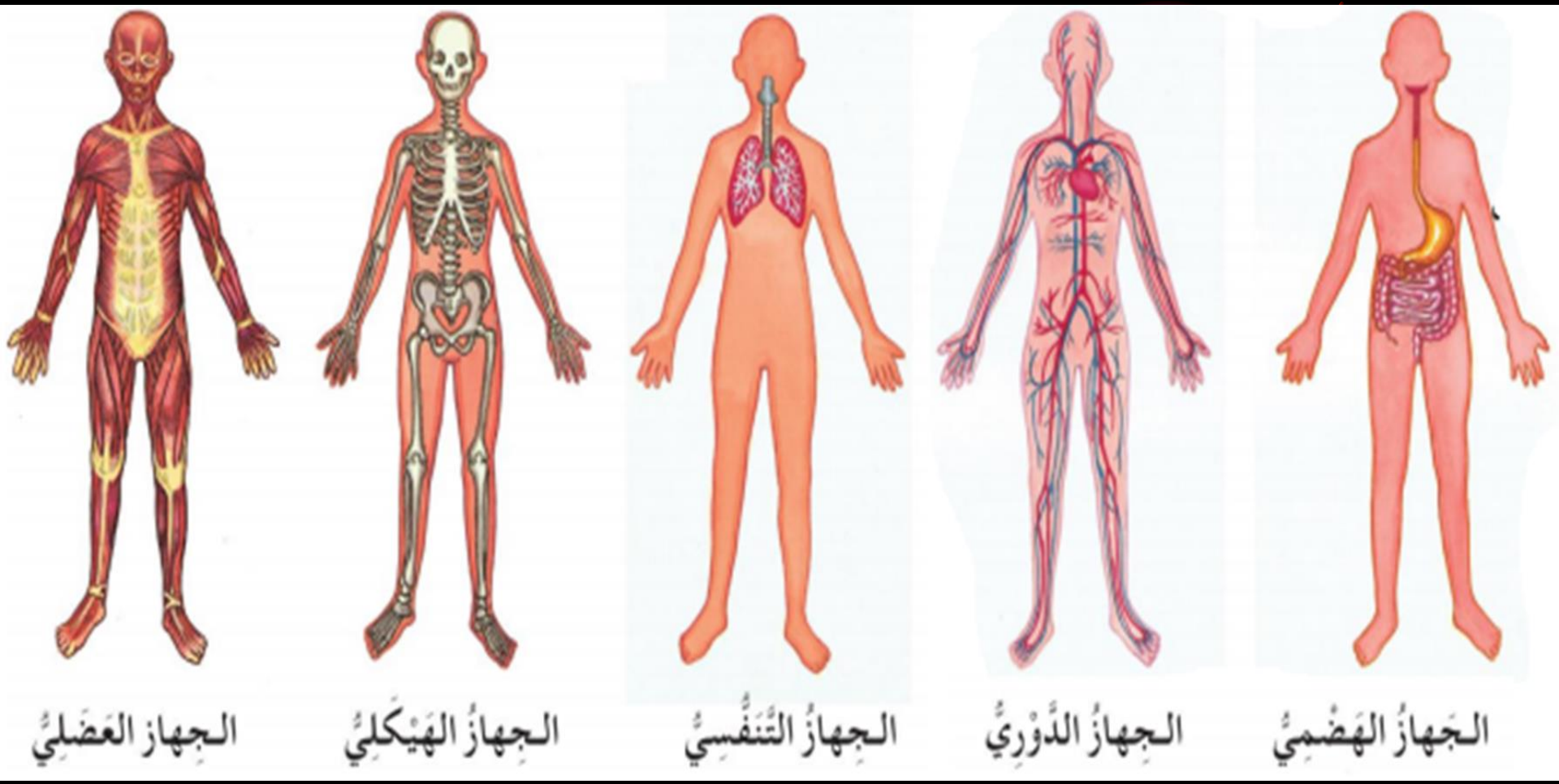
وقد يرجع ذلك الى سببين هما:

- **1ـ الفروق الفنية(التكنيك) اصبحت بين الرياضيين الابطال والمستويات الرياضية العليا قليلة بحيث يصعب ملاحظتها بالعين المجردة لذا نحتاج الى تصوير الأداء وتحليله لتشخيص نقاط القوة والضعف .**
- **2ـ متطلبات العمل أو الاداء للرياضي تكون كبيرة وصعبة على اجهزه وادوات التدريب والمنافسة مما تعرض الرياضي للاصابة وبالنتيجة ابتعاد اللاعب القصري عن الملاعب**

بايوميكانيك الجسم البشري

- الجهاز الحركي للانسان يتكون في الحقيقة من اربعة اجهزة رئيسية ستعمل معا دون انفصال حيث ترتبط كل جهاز باخر وهذه الاجهزة هي في المخطط الاتي





هذه الاجهزة الخمسة الرئيسة مسؤولة عن مختلف الحركات وادامتها وظهورها بأفضل أداء اذا ارتبطت ببرامج تدريبية تهدف الى زيادة كفائتها وهي جزء من أجهزة أخرى كالجهاز العصبي و الهرموني واللمفاوي والتناسلي والاخراجي .

ومكونات جهاز حركة الجسم البشري هي الهيكل العظمي المحوري والطرفي والعمود الفقري الذي يظم 27 فقرة كلها تترابط مع المفاصل للقيام بالحركات المختلفة سواء كانت زاوية او مستقيمة

ميكانيكية العظام

العظام متباين الخواص تعتمد خواصها الميكانيكية على اتجاه القوة (المنبهات الخارجية) يكون العظم في اضعف حالاته عند القطع وكذلك عند الشد ثم عند الضغط

اقصى تحمل في القشرة الضعيفة للعظم يبلغ

عند الضغط	212	**N/m 2**
عند الشد	146	**N/m 2**
عند القطع	82	**N/m 2**

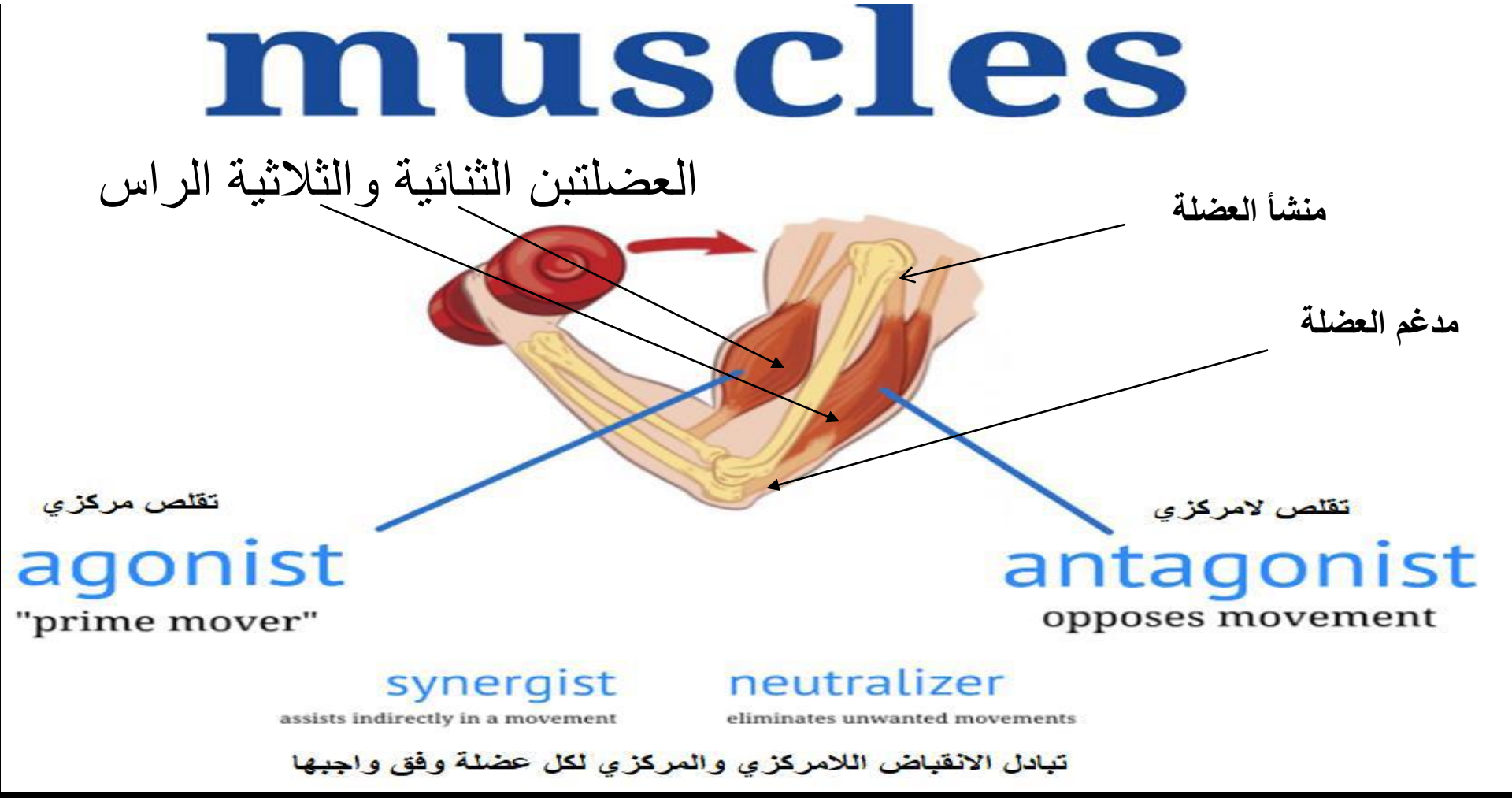
للتعامل مع المشاكل البايوميكانيكية لجسم الانسان يجب معرفة

- **تشريح الجسم البشري وخصائصه**
- **فهم البنية الهيكلية للجسم.**
- **فهم مبادئ العمليات الوظيفية وفسيولوجيا اعضاء الجسم.**
- **الهندسة التطبيقية / الميكانيكا**
- **ادوات التقويم**

العضلات وعملها في جسم الانسان

تعتبر العضلات مصدا لإنتاج القوى المحركة للهيكل العظمي في جسم الانسان وهي عبارة عن اجسام مرنة تتكون من الياف مطاطية فردية لها خاصية الانقباض في ترتيب مختلف طولي او مستعرض في كل عضلة مما يولد اشكال مختلفة للعضلات.

عمل العضلات هو تحريك اطراف الجسم (العظام) حول المفاصل المختلفة

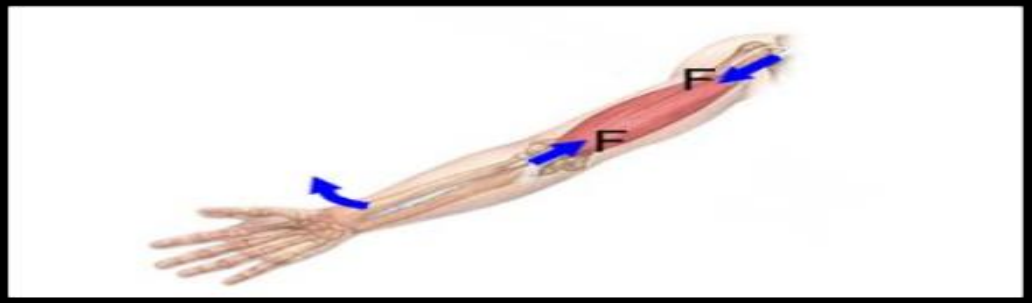


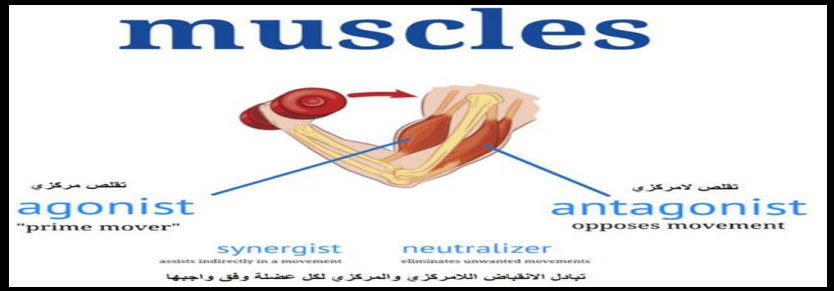
العضلات وعملها في جسم الانسان

عندما تتقلص العضلة فان اتجاه الانقباض يكون نحو مركز العضلة (من منشأ ومدغم العضلة بأن واحد) منشأ العضلة يعتبر الجزء الأقل حركة عند التقلص.

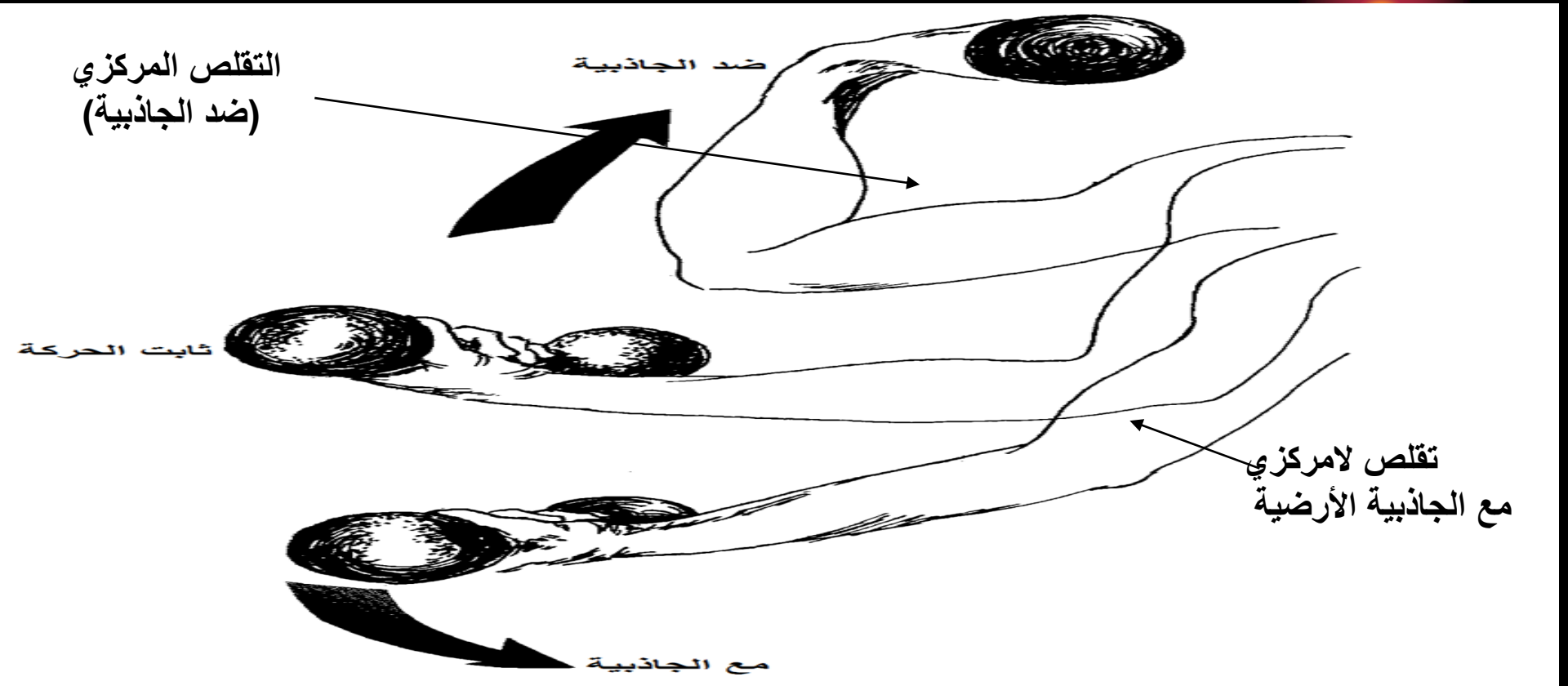
- مدغم العضلة هو النهاية البعيدة المتصلة في الجزء الأكثر حركة . فان انقباض هذه العضلة في الصورة ادناه يحدث مايسمى بالبايوميكانيك عزم دوران حول عظام الساعد يؤدي الى دوران المفصل حول نقطة التثبيت .

مثال: العضلة العضدية ذات الرأسين، يكون منشأها من لوح الكتف ومدغمها في القسم العلوي من عظم الكعبرة (يكون لوح الكتف هو الجزء الأقل حركة والكعبرة هو الجزء الأكثر حركة). دائما يكون السحب نحو العظم الأكثر استقراراً خلال الحركات .





دائما هناك تقلصان أساسيان في عمل العضلة هما
التقلص المركزي(ضد الجاذبية) والتقلص اللامركزي(مع الجاذبية)،
وغالبا مايوصف التقلص المركزي (بالتقلص الموجب للقوة العضلية)والتي يصاحبها تغير في زاوية المفصل
أما التقلص اللامركزي فيتطلب استطالة العضلة تحت تأثير الشد نتيجة الثقل ، ويحدث عندها تناقص في قوة الشد بشكل تدريجي من اجل السيطرة على الهبوط ومقاومته، وهذه الحركة تتطلب تقلص لامركزي مع الجاذبية الأرضية اوالمقاومة، وتوصف بإنها تقلص سالب.



العمل المشترك للعضلات والعظام

أنواع الحركات التي يؤديها الرياضي تحدث نتيجة فعل القوة الناتج في العضلات من خلال عدة عوامل

❖ **العامل الأول التحكم العصبي**

يتمثل بزيادة تجنيد الوحدات الحركية المشاركة بالعمل العضلي من خلال زيادة معدل تردد النبضات وتحسن القوة العضلية نتيجة التدريبات من خلال تحسن التحكم العصبي

❖ **العامل الثاني نوع الليف العضلي**

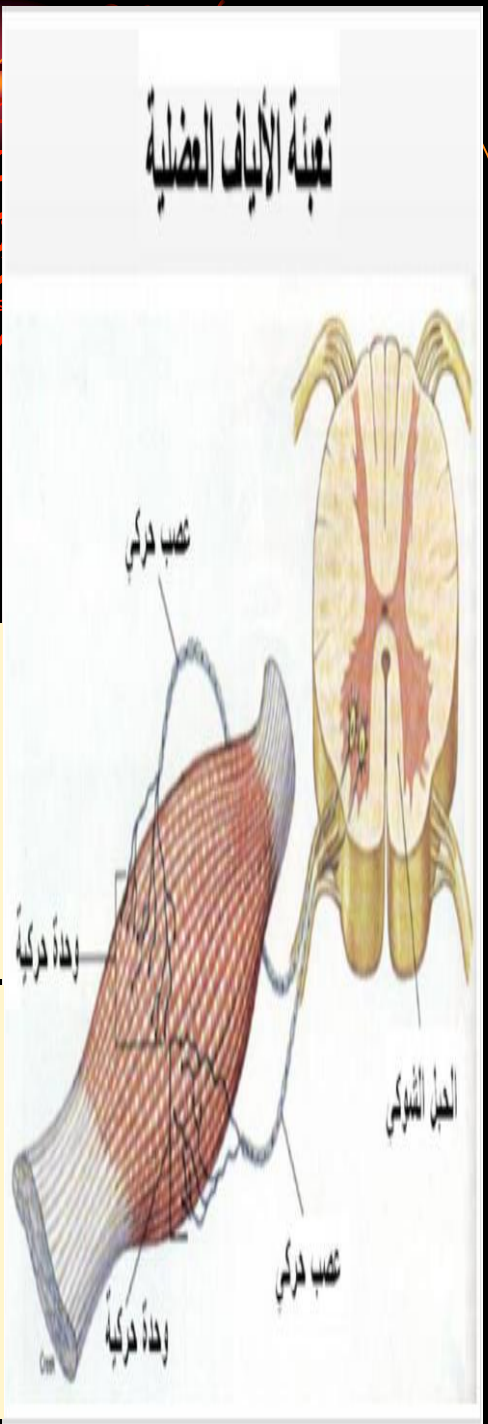
الالياف البطيئة هي النوع الأول تكون بطيئة التأكسد لها سرعة انقباض بطيئة ومقاومة للتعب وتسمى الالياف الحمراء ولها سعة كبيرة لانتاج **ATP**

والنوع الثاني يسمى بالالياف سريعة الانقباض تتعب بسرعة تنتج **ATP** ليس لها القدرة بالاستمرار بتزويد العضلات ب **ATP** وتسمى بالالياف البيضاء

❖ **العامل الثالث مساحة المقطع العرضي**

اذ ترتبط القوة القصوى بمساحة المقطع العضلي من خلال تجنيد عدد اكبر من الوحدات الحركية التي تعمل بالتوازي . وليس بالضرورة بزيادة الحجم الكلي للعضلات

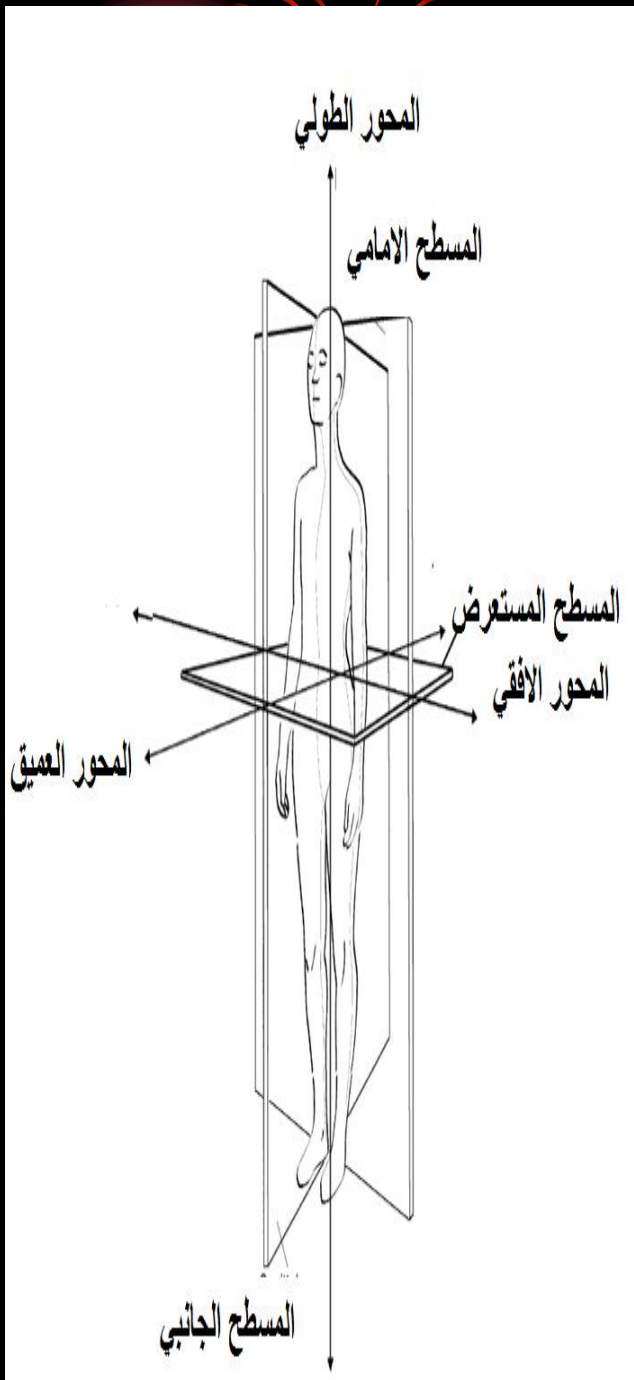
❖ **العامل الرابع ترتيب الالياف** كلما كان ترتيب الالياف بشكل متوازي اكبر كلما زادت قوة الانقباض لعضلي



لفهم البايوميكانيك والتحليل الحركي للألعاب من خلال معرفة

- المحاور والمستويات
الحركة الخطية
- الحركة الزاوية والدوران
- الحركة المنحنية
- حركة المقذوفات
- قوى السحب

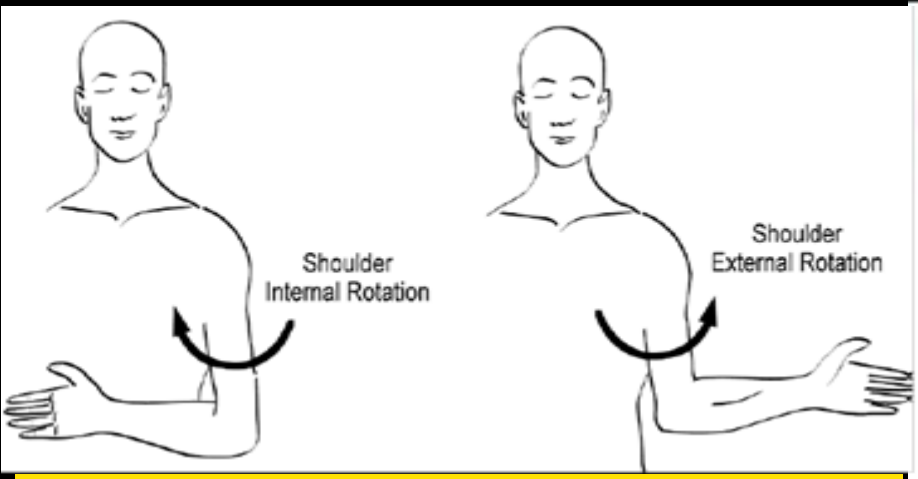
- قوى الرفع
- القوى(داخلية وخارجية)
- مركز ثقل الجسم(قوة الجذب)
- قوانين نيوتن
- الدفع (دفع القوة)
- العزم - التعجيل



الانظمة البايوميكانيكية في المجال الرياضي:

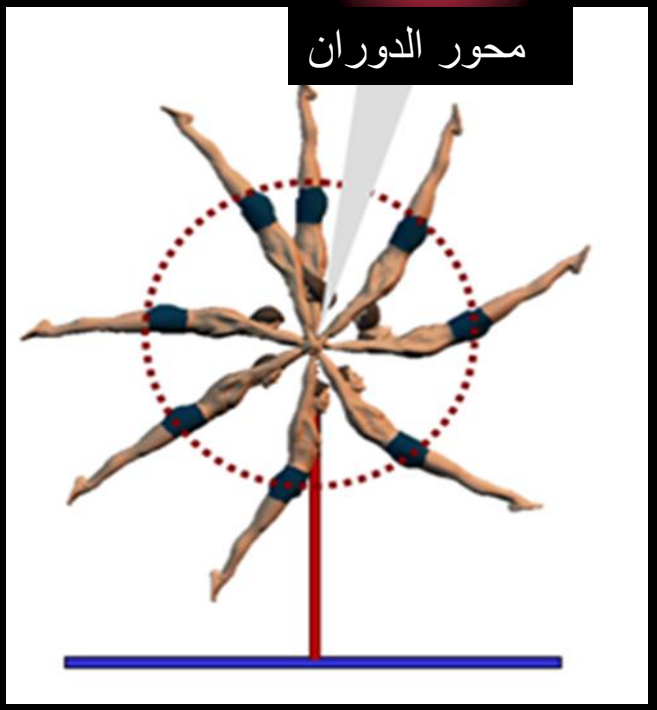
قبل تحديد طبيعة الحركة يجب الاهتمام بتحديد النظام الميكانيكي الذي تتم حوله الحركة ، وفي جسم الانسان الذي يعد اساس دراستنا للبايوميكانيك نجد ان النظم الميكانيكية ترتبط بما يسمى المحاور والمسطحات وارتباط حركة اجزاء الجسم او الجسم ككل كأنظمة ميكانيكية تعمل حولها نقطة التقاء المحاور والمسطحات تسمى نقطة مركز كتلة الجسم

وهناك الكثير من الحركات التي تحدث حول محاور الجسم منها

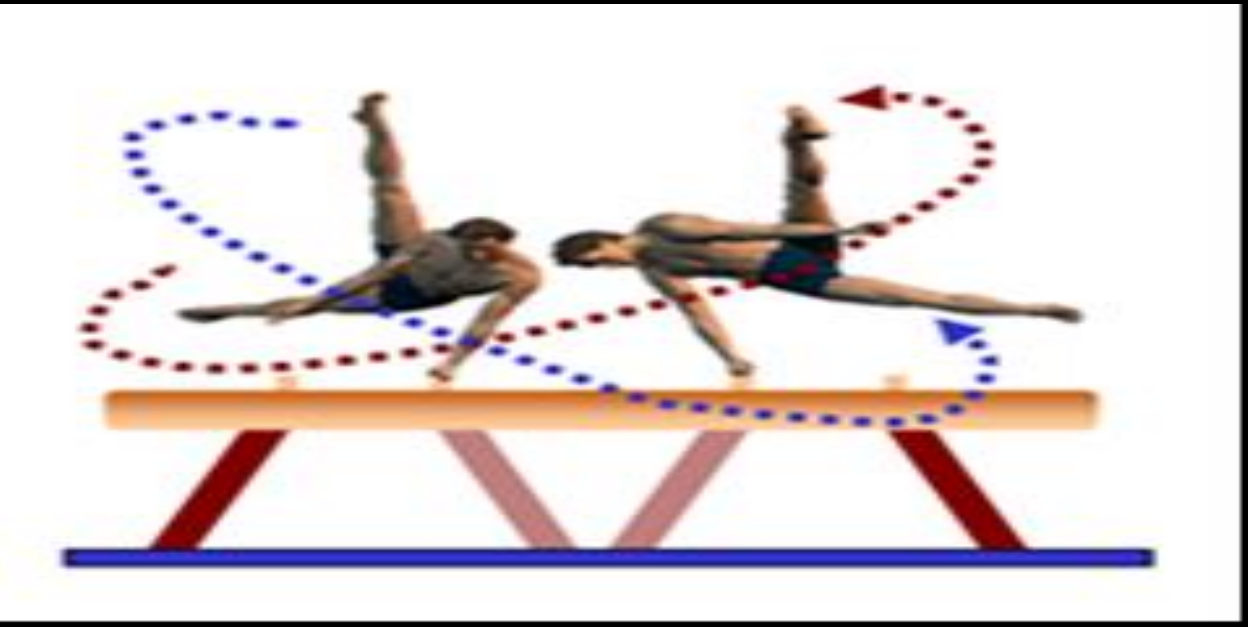


تدوير العضد حول المحور الطولي المار من مفصل الكتف عند ابعاد وتقريب الساعد حول المحور الطولي

دوران الجسم في الهواء حول المحور الطولي

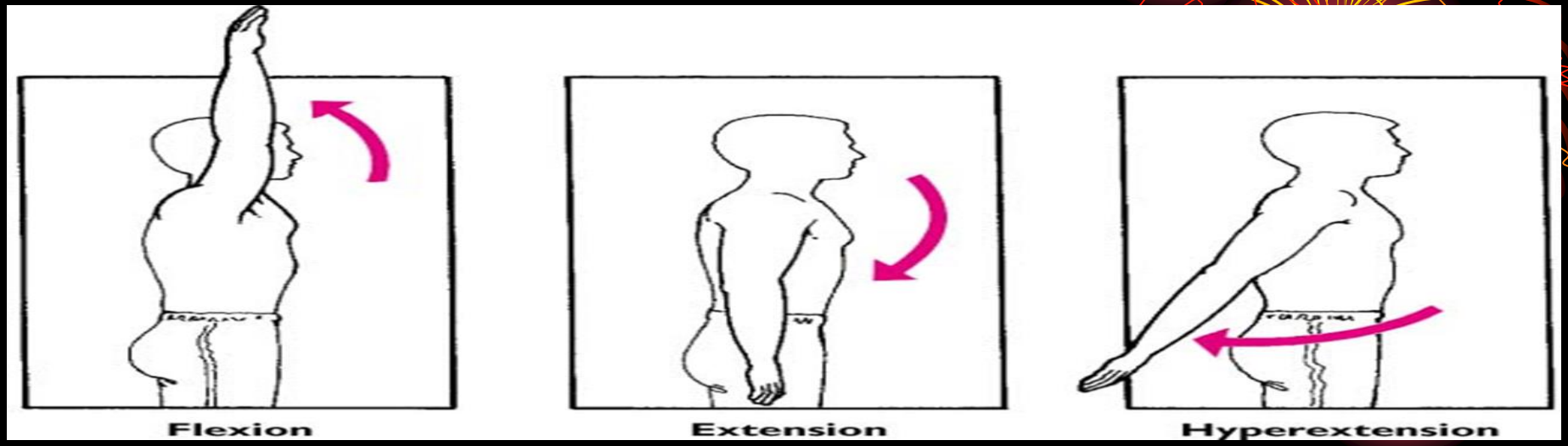


الدوران حول العقلة محور الدوران الافقي

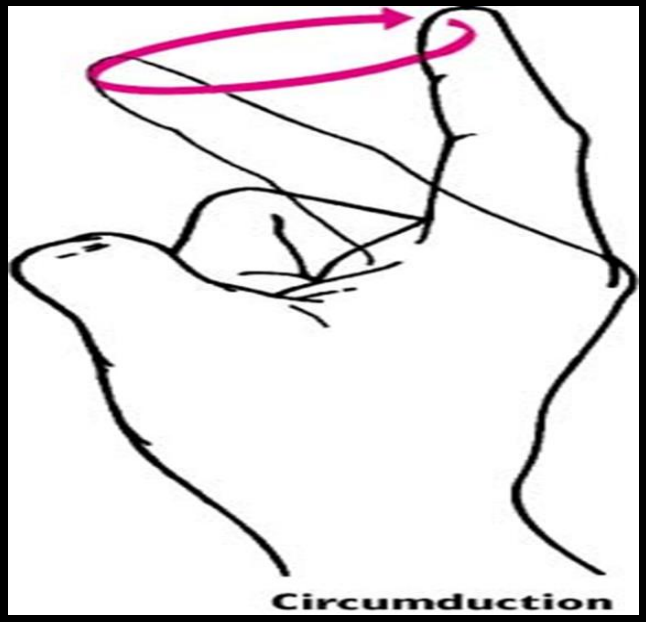


المرجحات الجانبية على عارضة التوازن محور الدوران العميق

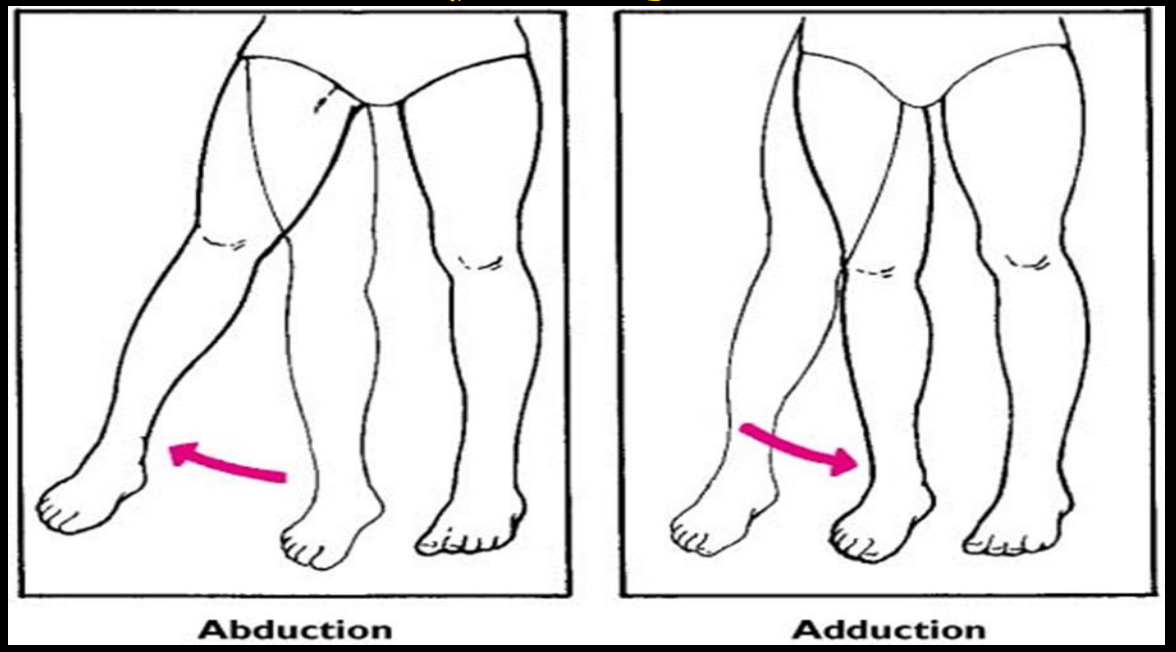
حركات السطح الجانبي



حركات تدوير



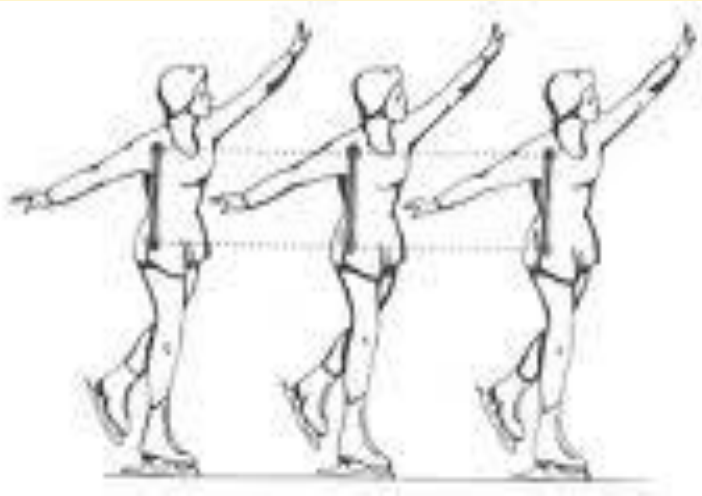
حركات السطح الامامي



- **اشكال الحركة من الناحية الميكانيكية:-**
- **لدراسة اشكال الحركة من الناحية الميكانيكية يتم وصفها من حيث شكالها الهندسي وتوقيتها الزمني.**

- **1- أشكال الحركة هندسياً على ثلاثة أنواع:**
- **أ - الحركة الخطية (الانتقالية) تكون في خطوط مستقيمة انتقالية**
- **ب - الحركة الدورانية (الزاوية) تكون حول محاور دوران**
- **ج - الحركات المركبة:-. تكون مزيج من الحركات المستقيمة الانتقالية والدورانية**

- **2- اشكال الحركة وفقا لمجالها الزمني تقسم الى قسمين:**
- **1- الحركة المنتظمة : تحدث بمسافات متساوية وازمنة متساوية**
- **2- الحركة غير المنتظم : تحدث بمسافات مختلفة وازمنة مختلفة**

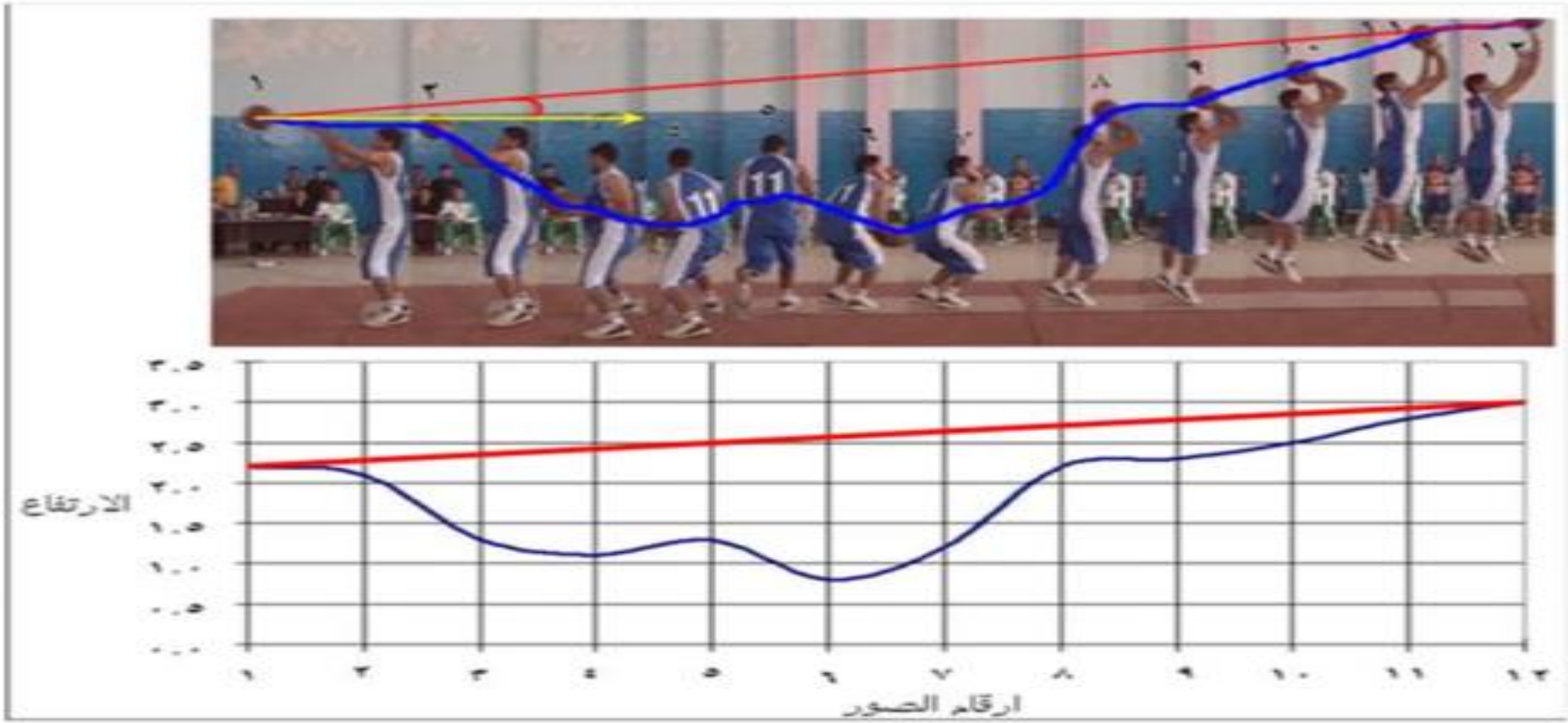


كينماتيك الحركات الخطية والزاوية

- ومن أجل التعرف على مدى الاستفادة من قوانين الميكانيكية في مجال التطبيقات العلمية والعملية في المجال الرياضي ، يجب علينا أولاً إعادة المعلومات حول بعض الكميات الميكانيكية المهمة :
- المسافة : هي عدد الامتار المقطوعة وتقاس على طول مسار الحركة (متر)
- الإزاحة : وهي تعني اقصر بعد بين بداية ونهاية حركة جسم ما ، ويجب تحديد اتجاهها ومقدارها وتقاس بوحدة (المتر)
- - الزمن : وهى مدة حدوث تغير ما في حركة الجسم ويقاس بالثانية او الدقيقة.
- - السرعة المتجهة : وهي تغير موقع الجسم (الإزاحة) بالنسبة للتغيير في الزمن. وتقاس بوحدات (م/ث).
- -التعجيل : وهو تغير في السرعة بالنسبة للتغير في الزمن ويقاس بوحدات (م/ث2).
- نفس المتغيرات أعلاه تقاس في الحركات الدائرية الزاوية

متغيرات الحركة المستقيمة (الانتقالية)

المسافة والازاحة / المسافة في التمثيل البياني يتم قياسها في الحركات التي يقطعها جسم اللاعب او الكرة من بداية الحركة الى نهايتها. اما الازاحة تمثل الخط المستقيم من بداية الحركة الى نهايته والشكل يمثل تسلسل الترقيم الصور (المحور الافقي) اما المسافه (الارتفاع) لمركز ثقل الكرة يمثله (المحور العمودي) ومن متغيري المسافة والازاحة التي تحدث خلال زمن معين نحصل على السرعة الخطية وقانونها السرعة = المسافة المقطوعة / الزمن وحدة قياسها متر / ثانية



•متغيرات الحركة الزاوية (الدورانية)

1- المسافة الزاوية والأزاحة الزاوية:

المسافة الزاوية تحسب بعدد الدرجات التي يتحركها الجسم على محيط دائر من بداية الحركة الى نهايتها.

وحدة القياس (درجة)

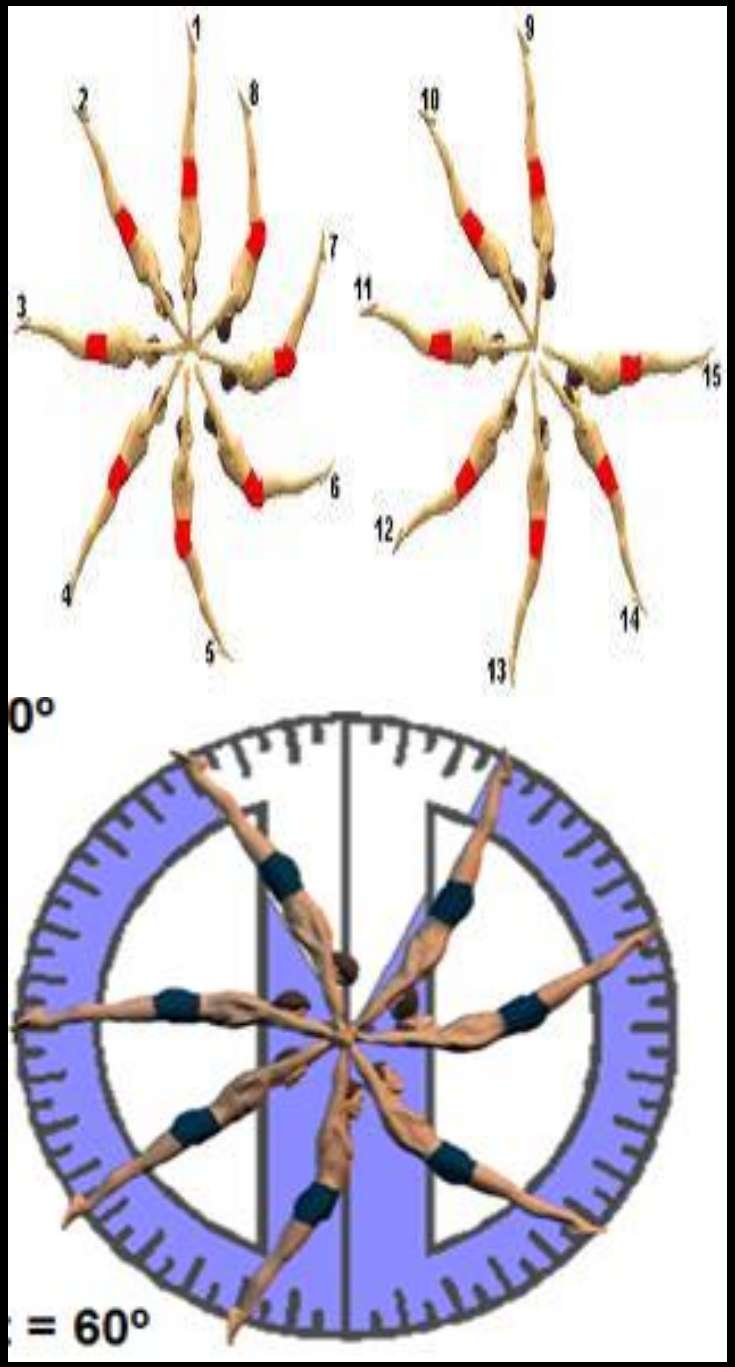
وعليه فان للاعب قطع مسافة 170 على محيط الدائرة

اذا أكمل اللاعب الدورة كاملة فأنه

قد قطع 360درجة في بداية الحركة الى نفس النقطة وهي كمية قياسية.

أما الازاحة الزاوية هي الفرق بين وضعين (بداية الحركة ونهايتها). 360 – 320 = 40 د مقدار الازاحه

اما اذا أكمل اللاعب دورته وعادة الى نقطة البداية فأن الازاحة الزاوية = صفر



السرعة الزاوية:

هي معدل الانتقال الزاوي للجسم في زمن معين. او هي التغيير الزاوي للوضع والذي يحدث في زمن معين

- **وتسمى الحركات الزاوية نظراً لوجود زوايا اثناء حدوث الحركة الدورانية، وسبب حدوث الزوايا في جسم الانسان يرجع الى وجود المفاصل بين كل عظمين.**

- السرعة الزاوية = التغير الزاوي / الزمن او $\frac{\theta_2 - \theta_1}{ن}$

اما السرعة المحيطية هي التغير في السرعة على محيط دائر على زمن هذا التغير وتقاس بمتر/ث .

السرعة المحيطية = التغير في المسافة على محيط دائر / التغير الزمن اي $\frac{م_2 - م_1}{ن_2 - ن_1}$

لاعب كرة اليد بمهارة التصويب والكبس في كرة الطائرة يعمل على مرجحة ذراع الرمي من وضع الثني الى الخلف ومدها قبل مغادرة الكرة ؟ فسري ذلك

ج/ وذلك لزيادة السرعة الزاوية والتي تتناسب طرديا مع السرعة المحيطية وفقا للقانون الاتي

السرعة المحيطية= السرعة الزاوية x نق

ثم يعمل على مد الذراع للستفادة من اطالة نصف القطر الذي يتناسب طرديا مع السرعة المحيطية وبالتالي زيادة مسافة الرمي

العلاقة بين متغيرات السرعة المحيطية والسرعة الزاوية ونصف قطر الدوران

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية × نق

السرعة الزاوية = السرعة المحيطية / نق

•العلاقة بين السرعة المحيطية والسرعة الزاوية ونصف القطر مهمة في الحركات الرياضية التي تتم بشكل دائري.

1- العلاقة بين السرعة المحيطية ونصف القطر طردية فكلما زاد نصف القطر للدوران زادت السرعة المحيطية. س م = س ز × نق

2- العلاقة بين السرعة المحيطية والسرعة الزاوية علاقة طردية فكلما زادت السرعة الزاوية زادت السرعة المحيطية.

3- العلاقة بين السرعة الزاوية ونصف القطر علاقة عكسية

ملاحظة: كلما كان البعد بين محور الدوران والمفصل (نق) كبير كلما زادت السرعة المحيطية.

التعجيل

هو المعدل الزمني للتغيير في السرعة ،
او معدل التغيير الحادث بالسرعة خلال وحدة الزمن.

يظهر تعجيل عند التغير في السرعة الخطية وعندما تكون الحركة غير منتظمة اي هناك تغير في سرعة الجسم خلال المسافة المقطوعه.

عندما تزداد سرعة الجسم تدريجياً يكون (التعجيل موجباً) اما اذا تناقصت سرعة الجسم فيكون (التعجيل سالباً) وفي حالات انتظام السرعة يكون التعجيل صفرا.

لذا فان طرفي معادلة التعجيل هما السرعة والزمن .

قانون التعجيل الخطي = السرعة النهائية - السرعة الابتدائية/ الزمن

وحدة قياس التعجيل هي (م/ ث2) او(سم/ ث2)

مثال : انطلق متسابق وبلغت سرعته 3 م/ث ، وبعد 3 ث بلغت سرعته 7 م/ ث وبعد 2 ث بلغت سرعته 6 م/ ث ، مامقدار التعجيل لكل مرحلة زمنية؟

الجواب:

التعجيل الأول (جـ 1) =7-3÷ 3 =1,33 م / ث2 مرحلة تزايد التعجيل

التعجيل الثاني (جـ2) = 6-7 ÷2 = - 0,5 م / ث2 مرحلة تناقص التعجيل

وهناك بعض المصطلحات التي ترافق التعجيل منها

قوة التعجيل / تحدث في المرحلة التي تبذل فيها القوة للوصول الى بداية التعجيل بعد الانطلاق من الثبات.

سرعة التعجيل وهي تختلف من سباق الى اخر وفقا للجهد الذي يبذله الرياضي .

التعجيل الزاوي

هو معدل التغيير في السرعة الزاوية في زمن معين.

$$\text{التعجيل الزاوي} = \frac{\text{السرعة الزاوية 2 - السرعة الزاوية 1}}{\text{ن2 – ن1}}$$

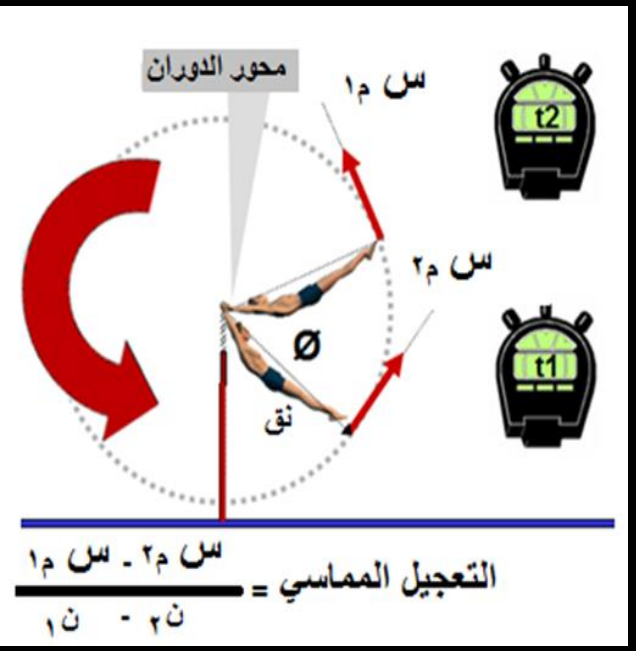
لذا فيعتبر التغير في السرعة الزاوية معنى لوجود تعجيل زاوي.

ووحدة قياسه هي نفس وحدة قياس التعجيل الخطي م/ث2

مثال تطبيقي / لاعب الجمناستك انطلق لاداء الدوران على العقلة بسرعته 120 د/ث وبعد فترة من الزمن بلغت وسرعته 140 د/ث؟ مامقدار تعجيله ؟ استخدم المعلومات الموجودة على الشكل

ـ التعجيل المماسي والتعجيل العمودي القطري

في بعض الفعاليات كما في رمي القرص والمطرقة تكون الحركة فيها دائرية مماسية حول الجسم فأن السرعة الزاوية هنا مماسية والتعجيل مماسي وعليه فأن التغير في السرعة المماسية للجسم الذي يتحرك على محيط دائر تتغيرفي اي لحظة من لحظات الزمن . يعني تعجيل الجسم تعجيلاً مماسياً ويمكن التعبير عنه بالعلاقة التالية :



$$\text{التعجيل المماسي (التغير في السرعة المماسية)} = \frac{\text{السرعة المماسية النهائية - السرعة المماسية الاولى}}{\text{التغير بالزمن}}$$

أيضاً في الحركات الدائرية (الدورانية) هناك مركبتان للتعجيل هما المركبة المماسية للسرعة (السرعة المماسية المحيطية) والمركبة العمودية (نق). وعليه فأن التعجيل هنا يسمى التعجيل الزاوي العمودي او القطري.

$$\text{التعجيل العمودي (القطري)} = \frac{(\text{السرعة المماسية})2}{\text{نصف القطر}}$$

التعجيل اللحظي:

حساب التعجيل اللحظي من خلال حساب الأختلاف بين السرعه النهائيه وسرعه البدء مقسمه على فاصل الزمن الكلي اللحظي للحظة معينة وزمن لحظي مثلا خلال عملية انطلاق القرص .

قانون التعجيل اللحظي = التغير في السرعة / التغير بالزمن

التعجيل اللحظي = (السرعة النهائية – السرعة الابتدائية / التغير بالزمن

يبين السرعتين اللحظتين الابتدائية والنهائية عند رفع الثقل

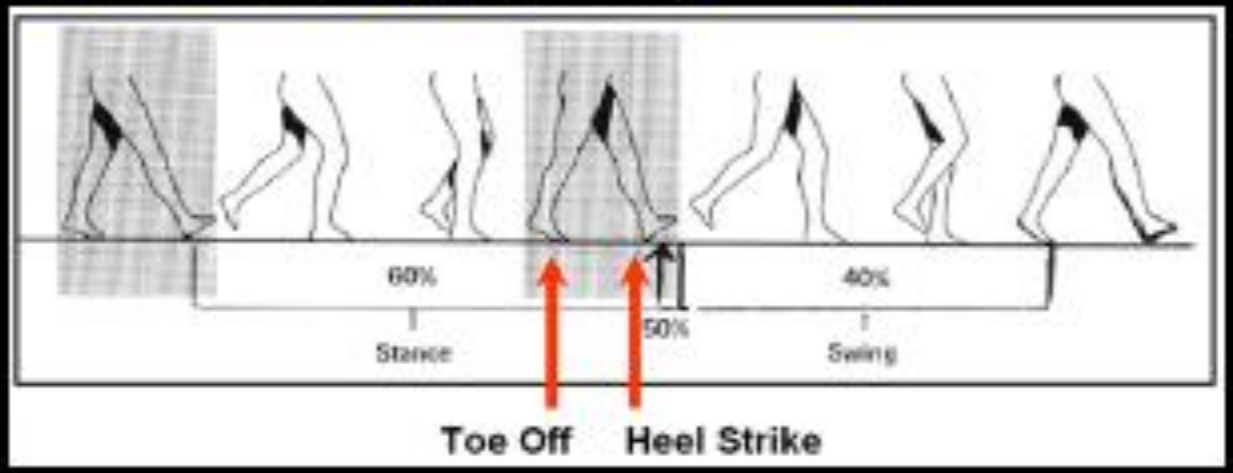
تحليل حركة الانسان يتم من خلال

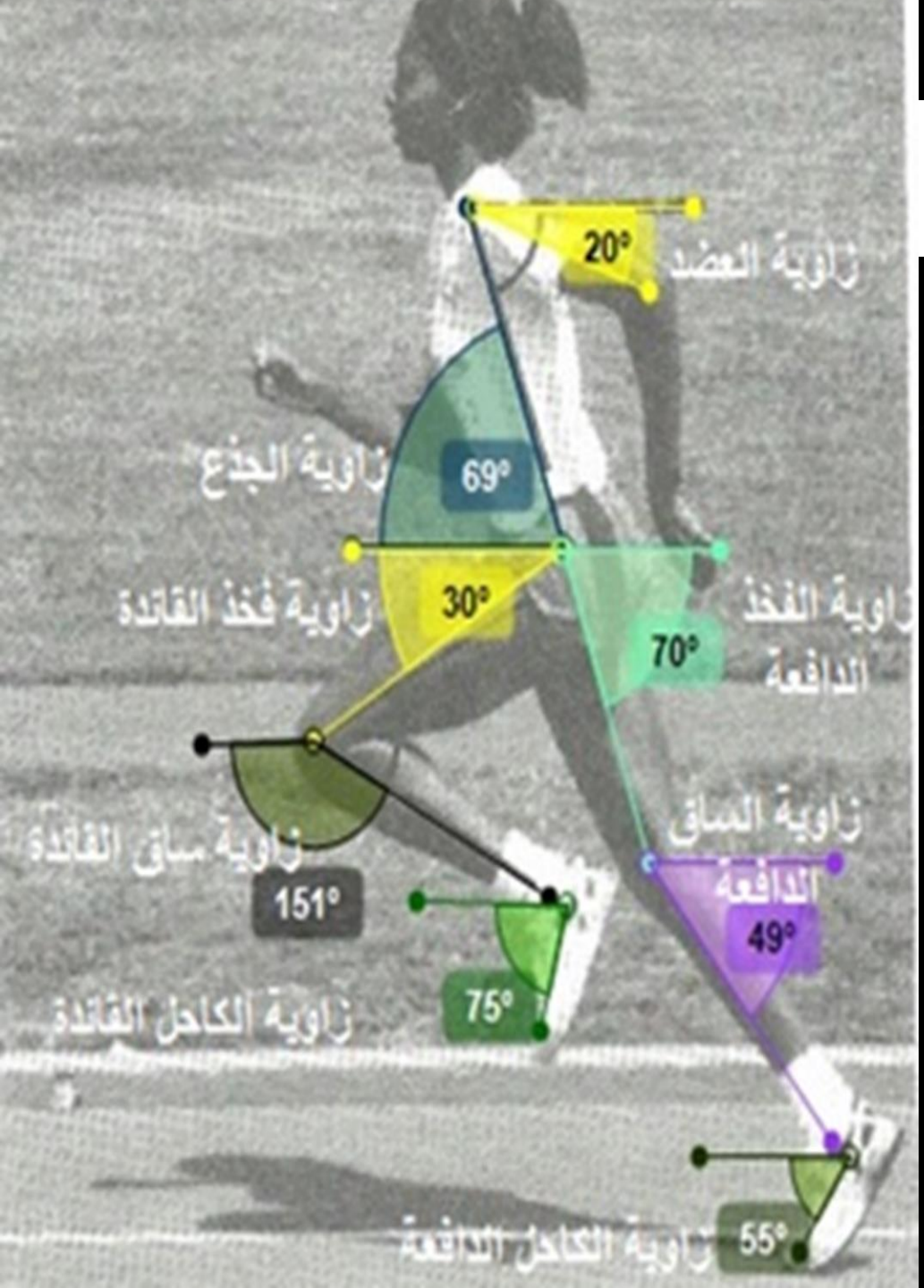
Goniometer = مقياس الزاوية

Accelerometer =مقياس التعجيل

Electromyography - EMG = تخطيط كهربية العضلة

Gait Analysis = تحليل المشية





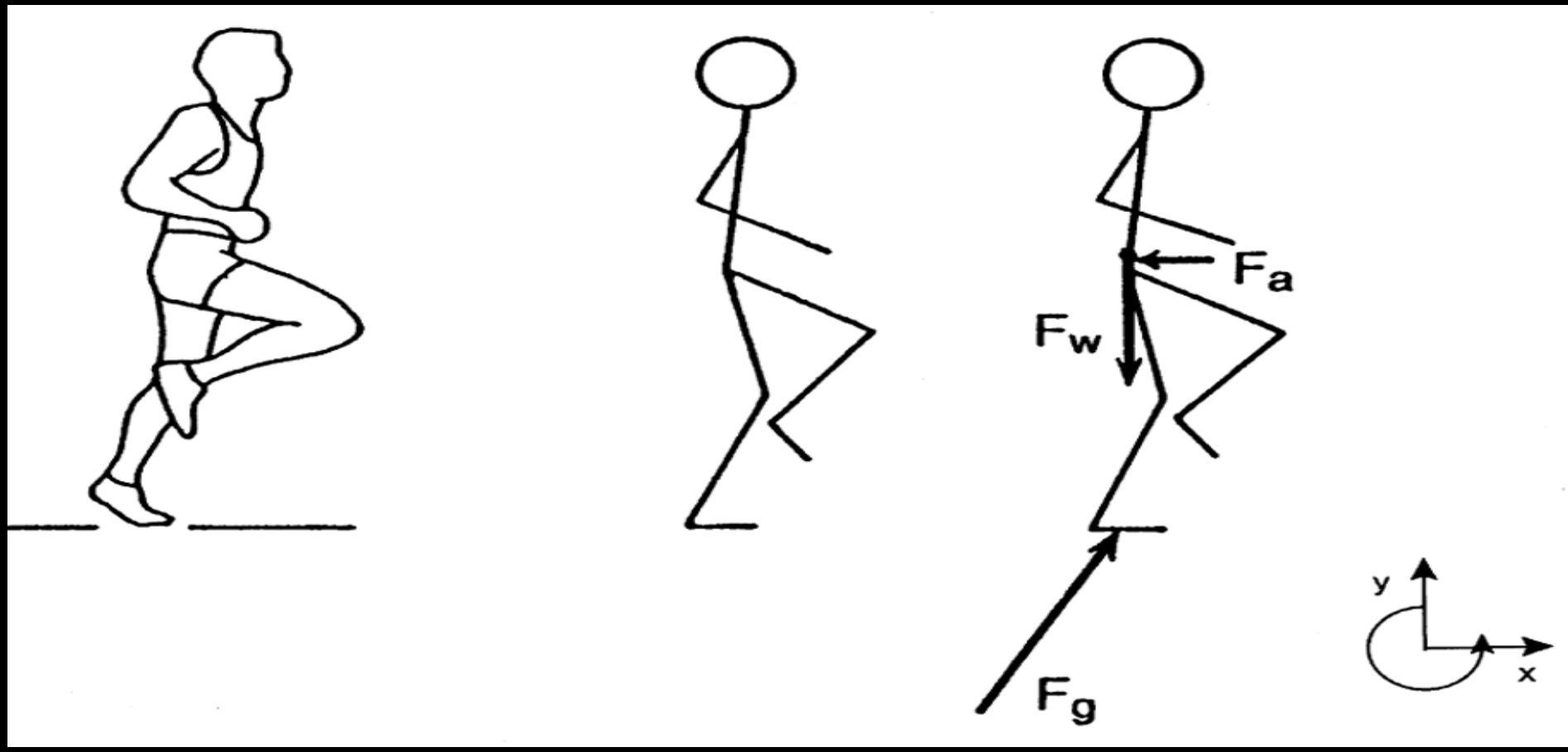
اول الخطوات تحديد النقاط التشريحية للجسم لقياس المتغيرات البايوميكانيكية

تعد هذه المرحلة من اهم مراحل التحليل والقياس لانه من الاهميه تحديد نقاط مفاصل الجسم في مواقعها الصحيح كونها تنعكس على دقة القيم المستحصلة من التحليل ستتوقف على دقة مواقع النقاط لمفاصل الجسم والنقاط التشريحية وهي الزوايا ونقطة اتصال كل عظمين وهي المفاصل

يستخدم القائم بالتحليل الرسوم التخطيطية للجسم المتحرك

الغرض منها **هو تقليل الصعوبات المصاحبة** لاي نوع من انواع **التحليل الحركي**.

بامكانك اعتبارها وسيلة لاقصاء المعلومات غير الضرورية



واجب تطبيقي 1 / يبدأ لاعب عقلة الحركة من السكون بنصف قطر ثابت (1,90) متر وازدادت سرعته الزاوية لتصل الى 45 درجة/ ثانية بعد فترة من الزمن قدارها 3 ث فما مقدار :

أ. التعجيل المماسي (المحيطي)

ب. التعجيل القطري (العمودي)

واجب 2 / يعمل لاعب رمي القرص الى مد الذراع الراميه ابعد مايمكن عن الجسم في المرحلة الأخيرة من الرمي؟ فسري ذلك

- نحصل عليه في المرحلة التي تبذل فيها الجهد للوصول الى بداية التعجيل بعد الانطلاق من الثبات ماهو؟

اخيرا تقبلوا تحياتي ومودتي.....
شكراً لإصغائكم