المحاضرة الثانية

ميكانيكية الروافع ونظامها في جسم الإنسان
القوانين الميكانيكية المرتبطة بالعمل العضلي والاداء الحركي
عزوم القوى وعلاقتها بالعمل العضلي المسبب للأصابات

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

ماجستير 2023- 2024

الهدف من المحاضرة :

التعرف الى

- ميكانيكية الروافع (العتلات) ونظامها في جسم الإنسان
- العتلات وزوايا الاداء الحركي
- القوة العضلية القصوى والعزم
- عزوم القوى والمقاومة وعلاقتها بالعمل العضلي المسبب للاصابات
- علاقة مديات الزوايا بالأصابة والتأهيل
- تطبيقات عملية عن اخطاء التدريب والمنافسة المسببة للاصابة للوقاية منها.

من الاهمية اولاً التعرف على طبيعة جسم الانسان ومكوناته من اجل الدخول الى الموضوع وذلك من خلال:

. من اجل فهم ميكانيكية ما يتعرض له جسم الرياضي من اعباء يتحملها هذا الجهاز نتيجة الاداء البدني والتحركات الخاطئة لذا سنتطرق الى العمل العضلي لجسم الإنسان و العتلات و القوة العضلية القصوى والعزم في الحركة والتطبيقات في التدريب والمنافسة للوقاية من الاصابات المحتملة

•ميكانيكية الروافع (العتلات) في جسم الإنسان:-

نظام العتلات في الطبيعية هو احد الأنظمة الميكانيكية التي يشترط في عملها وجود جسم صلب تظهر عليه نقاط تأثير القوة والمقاومة . ويكون قابل للدوران حول نقطة ثابتة (المحور)، وكل من القوة والمقاومة تبعد بمسافة عن هذا المحور.

تستخدم العتلات إما لتسهيل حمل وزن او لزيادة سرعة جسم أو لتحقيق توازن بين جسمين.

غالبية اجزاء جسم الانسان هي عبارة عن عتلات تظهر فيها نقاط القوة (مداغم العضلات العاملة على العظام) وكتلة الجزء ذاته كمقاومة والمفصل كمحور دوران والتي تعتمد على نظرية " العزوم" في حركاتها

- في جسم الإنسان العظام هي الروافع الصلبة.وتتكون من

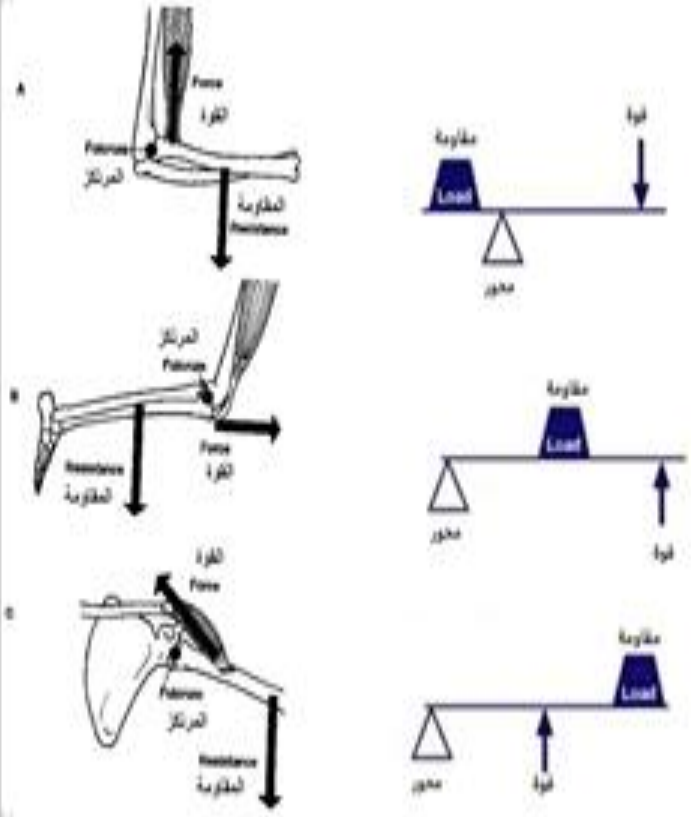
1. **محور الارتكاز:-** هو المفصل الذي يتمفصل عليه العظمان القريبان.
2. **نقطة تأثير القوة:-** هي مدغم العضلة (والقريب من المفصل).

- الانقباض العضلي أو الشد العضلي بواسطة العظام الرافعة تمثل نقطة تأثير القوة.

3- **نقطة تأثير المقاومة :-** تعتمد على طبيعة المقاومة، ثقل معين، جزء من الجسم، الجذب الأرضي، أو الوزن.

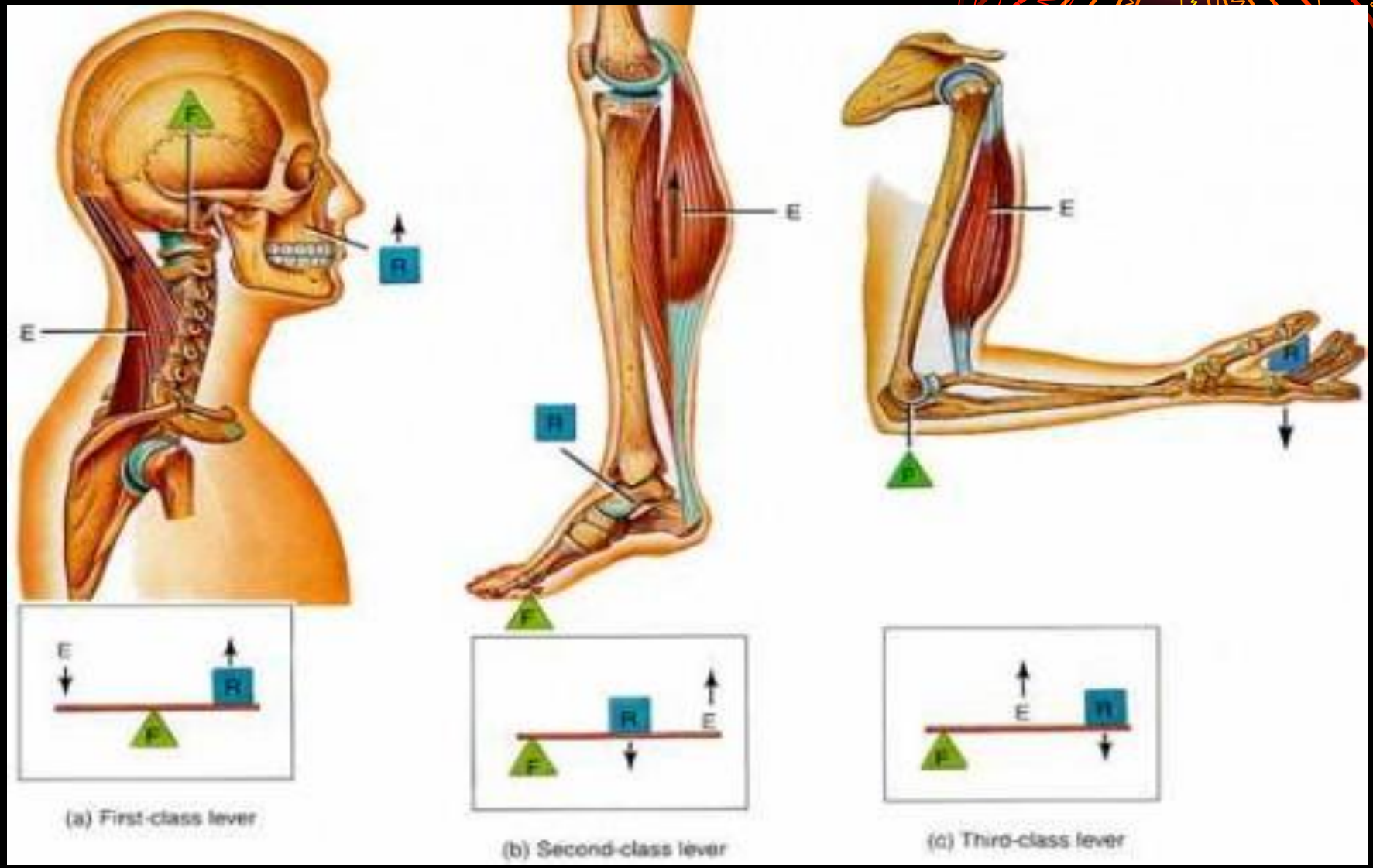
العتلات (Levers)

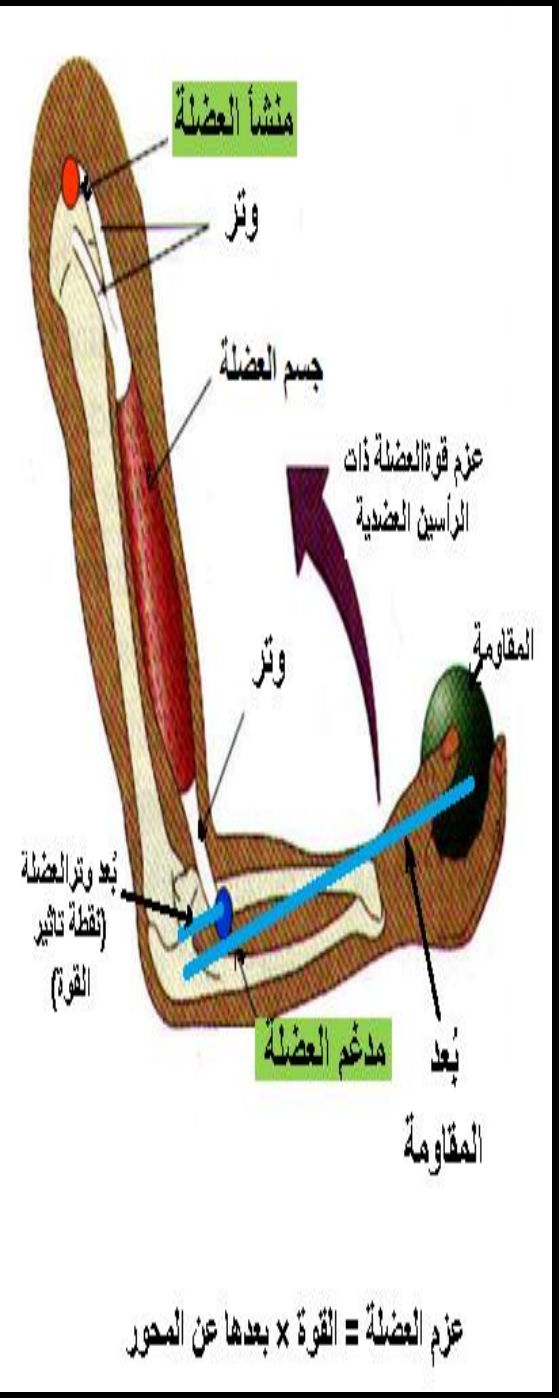
- مكونات العتلة
- - حمل او مقاومة
- - محور دوران
- - مؤثر او قوة
- الهدف او الغرض
- - نقصان في القوة (ربح قوة)
- - زيادة سرعة (ربح سرعة)
- العتلة لاتنقص من الشغل المبذول ضد المقاومة وانما فقط تنقص من القوة المبذولة.



إن غالبية العتلات في جسم الإنسان هي من الصنف الثالث أ.العضلة ذات الرأسين أعلى الذراع ب.الرباط الرضفي في الركبة ج.العضلة الوسطية في الكتف

أنواع الروافع (العتلات) بجسم الانسان





- عند استخدام قوة **F** على الجسم وعلى بعد معين **(d)** من نقطة معلومة (محور الحركة)، هذه القوة تسبب له حركة زاوية عند تلك النقطة (المحور), تسمى القوة التي أحدثت هذه الحركة الزاوية بعزم القوة ويرمز لها **.(M)**، او عزم العضلة
- لذا فأن عزم القوة = القوة × البعد عن محور الدوران(ذراع القوة)
- **M = F × d**
- عند تطبيق نظام الروافع في جسم الإنسان فان العزوم الناشئة على العظام تكون بنوعين:-
- 1-عزم قوة (عزم محرك). هو القوة المؤثر التي تعمل على تدوير المرفق او المفصل
- 2 - عزم مقاوم (عزم المقاومة). ومقدار المقاومة تمثل قوة الجاذبية التي تعمل على الكرة، وعليه فان قانون الروافع هو

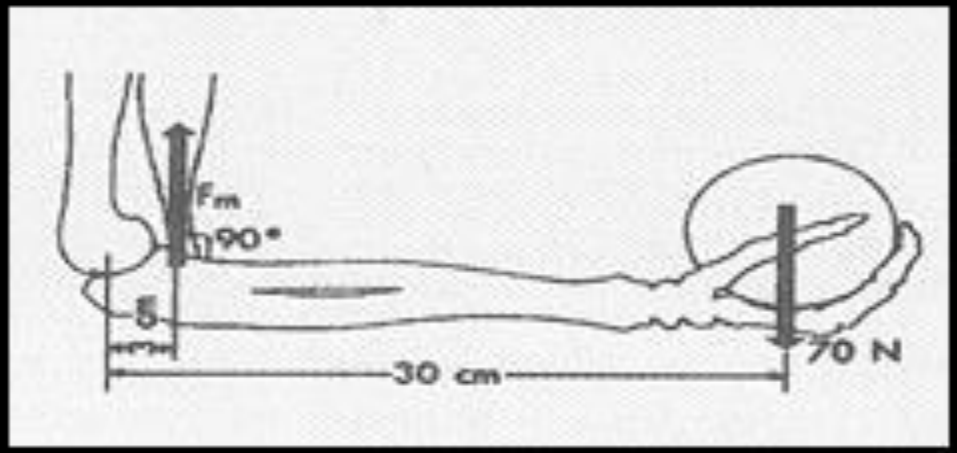
عزم القوه (القوه xذراعها) = عزم المقاومه (المقاومه xذراعها)

- **ان القانون الاساس للروافع او العتلات هو**

F x d = Fm xdm

- من الشكل اعلاه / اوجدي مقدار المقاومة التي يسلطها وزن ثقل الكرة الذي يبعد 0،30 عن محور الدوران للمفصل والذي يسلط قوة مقدارها 50 نت و يبعد 0،04 سم على المفصل
- القوة × البعد عن المفصل = مقاومة × البعد
- 50 × 0،04 = مق × 0،30
- ج / 6،67 كغم

مثال تطبيقي / ما مقدار القوة التي يجب إنتاجها عن طريق العضلة العضدية ذات الرأسين عند الوصول الى زاوية 90 درجة بنصف قطر 5 سم من مركز دوران مفصل المرفق لحمل يزن 70 نيوتن محمول في اليد على مسافة 30 سم من مفصل المرفق ؟ أهمل وزن الذراع الأمامية واليد وأهمل إي نشاط للعضلات الأخرى .



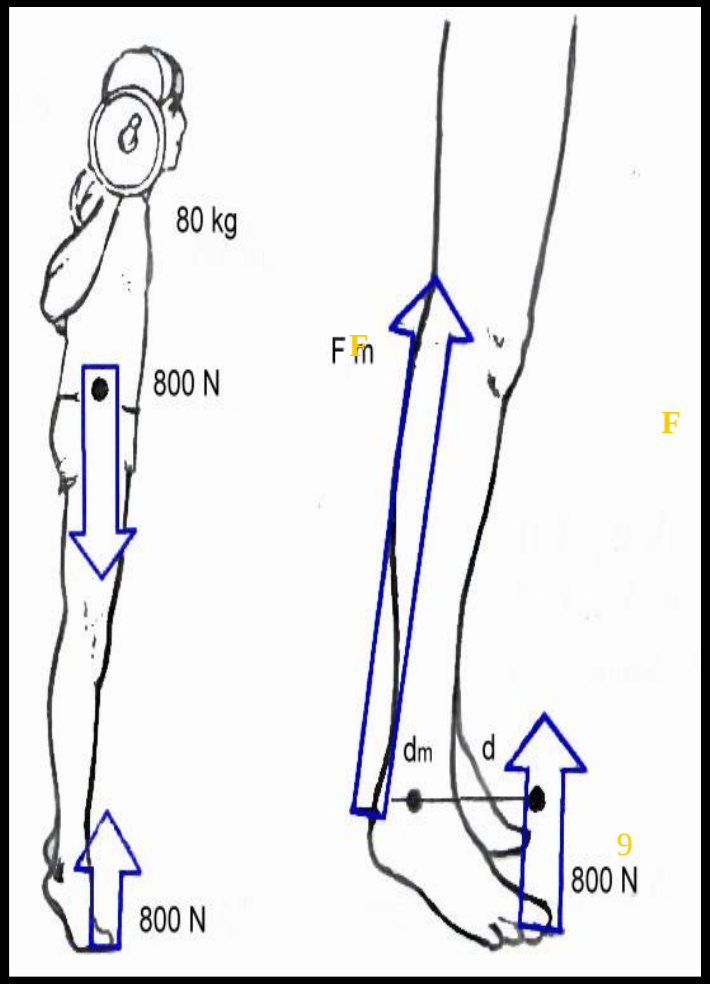
المعلوم :
نق = 5سم
و = 70 نيوتن
مسافه الوزن = 30 سم
الحل :

•الاسس التي تعمل عليها الروافع

يستمر الجسم في حالة توازن اذا كان

عزم القوه (القوه xذراعها) = عزم المقاومه (المقاومه xذراعها)

Fmxdm = F x d



من الشكل الجانبي اذا كان عزم المقاومة **Fmxdm** اكبر من عزم القوة **Fxd** ، فأن الجسم سوف يصبح في حالة تعجيل نحو الأعلى (يرتفع أكثر على الأصابع) .

أما اذا كان عزم المقاومه **Fmxdm** اقل من عزم القوة **Fxd** فان الجسم لا يستطيع تحمل هذا الوضع وسيهبط للأسفل , يشير الرقم 800 الى وزن الشخص.

إن الفائدة الميكانيكية من استخدام الروافع

- الاقتصاد بالجهد والقوة للتغلب على مقاومه .
- زيادة سرعة ومدى الحركة.
- ا لاتزان والدوران لتغيير الاتجاه.

- تنحصر الميزة الحقيقية للرافعة بإطالة ذراع القوة أو ذراع المقاومة
- الفائدة الاولى / الحصول على اقتصاد بالقوه (اي ربح بالقوه).
- -إذا طال ذراع القوه على ذراع المقاومه لزم لتعادلها قوه اقل نسبيا من المقاومه.
- (استخدام قوة قليلة للتغلب على مقاومة كبيرة) أي اقتصاد الجهد المبذول وهو ما يسمى
- **(ربح القوة هو النسبة بين القوة والمقاومة)**

والامثله على ماتقدم عديده منها: حركة رمي الرمح,حركة الذراع عند الضربه الساحقه في الطائره, والارسال في التنس,وعند اداء حركات الدوران على العقله او اجهزة الجمناستك الاخرى.

$$\text{ربح القوة} = \frac{\text{القوة}}{\text{المقاومة}}$$

- الفائدة الثانية / الحصول على سرعة حركة عاليه (اي ربح السرعه).
- -اذا طال ذراع المقاومه عن ذراع القوه لزم لتعادلها قوه كبيره نسبيا .
- (وهذه كثيراً ما نراها في الجسم الإنسان).
- وربح السرعة هو النسبة بين المسافة التي تقطعها المقاومة والمسافة التي تقطعها القوة

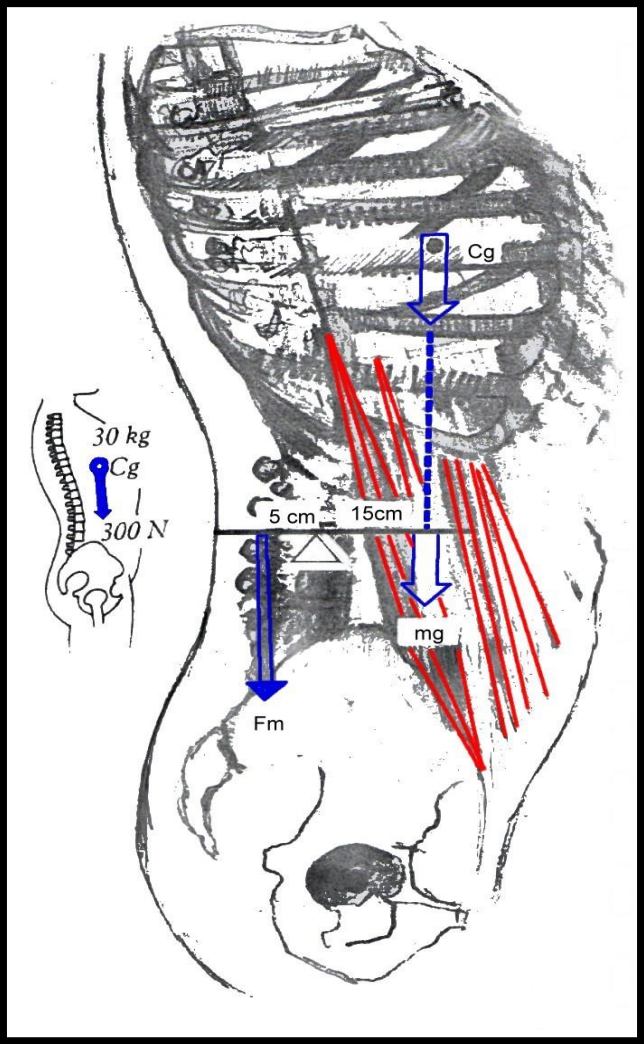
$$\text{ربح السرعة} = \frac{\text{المسافة التي تقطعها المقاومة (ذراع المقاومة)}}{\text{المسافة التي تقطعها القوة (ذراع القوة)}}$$

- أذن ربح السرعة يساوي مقلوب ربح القوة فلا يمكن ان يكون هناك ربح قوة وربح سرعة بأن واحد.

- مثال عنها/ كما في رمي القرص وضرب كرة القدم بالرجل ورمي المطرقه وعصا الزانه عند القفز.

الفائدة الثالثة / الحصول على اتزان عالي.

اذا كانت عزوم المقاومه والقوه متساويتين ومتعاكستين بالاتجاه



- تتم موازنة وزن الجذع البالغ (30 كغم) عن طريق تقلص عضلات الظهر, اذا وقع مركز وزن الجذع امام الفقرات القطنية بمسافة تبعد ثلاثة أضعاف بعد نقطة تأثير عضلات الظهر عن الفقرات نفسها (كمحور دوران) ، عندئذ يجب ان تكون قوة تقلص عضلات الظهر ثلاثة أضعاف وزن الجذع (الشكل) ، والا سوف يتحرك الجذع في الاتجاه الذي يكون فيه عزم القوة اكبر .

- مثال تطبيقي :- **عن تأثير إطالة ذراع المقاومة على ذراع القوة.**

- إذا كان طول ذراع المقاومة 3م و المقاومة التي يحملها الذراع 50 كغم،
- أوجدي مقدار القوة المطلوبة للتغلب على المقاومة إذا كان ذراع القوة 2م. وما هو مقدار القوة إذا كان ذراع المقاومة 1م ؟

ج :- القوة x ذراعها = المقاومة x ذراعها

ق x 2 م = 3 x 50 **ق = $\frac{150}{2}$**

إذن ق = 75 نيوتن. القوة التي نحتاجها عندما يكون ذراع المقاومة 3

- **إما إذا قل ذراع المقاومة الى 1 م فان القوة التي تحتاجها تكون اقل .**

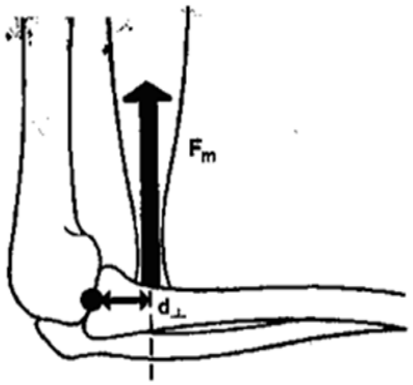
ق x ذ = مق x ذ

ق x 2 م = 50 x 1 **ق = $\frac{50}{2}$ = 25 نيوتن**

- **وهذا يفسر** إن القوة بسبب كبرها مع زيادة ذراع المقاومة ستسبب حركة سريعة كما يحدث في رمي القرص حيث يعمل الرامي على مد الذراع بعيداً عن الجسم لينطلق بسرعة لحظة الرمي وكذلك عند ضرب كرة القدم بالرجل .

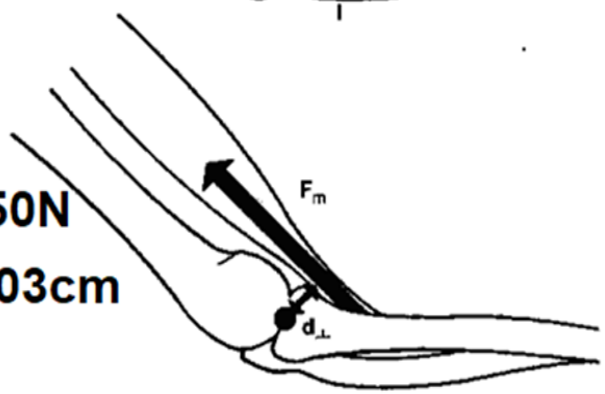
العزوم وزوايا العمل العضلي

Fm = 250 N
Arm$_{f=}$ 0.07 cm



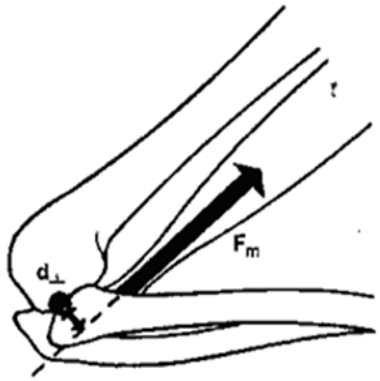
اكبر ذراع للقوة عندما يكون خط عمل القوة عموديا على العتلة وبذلك يصبح لدينا اكبر عزم للقوة

Fm=250N
Arm=0.03cm

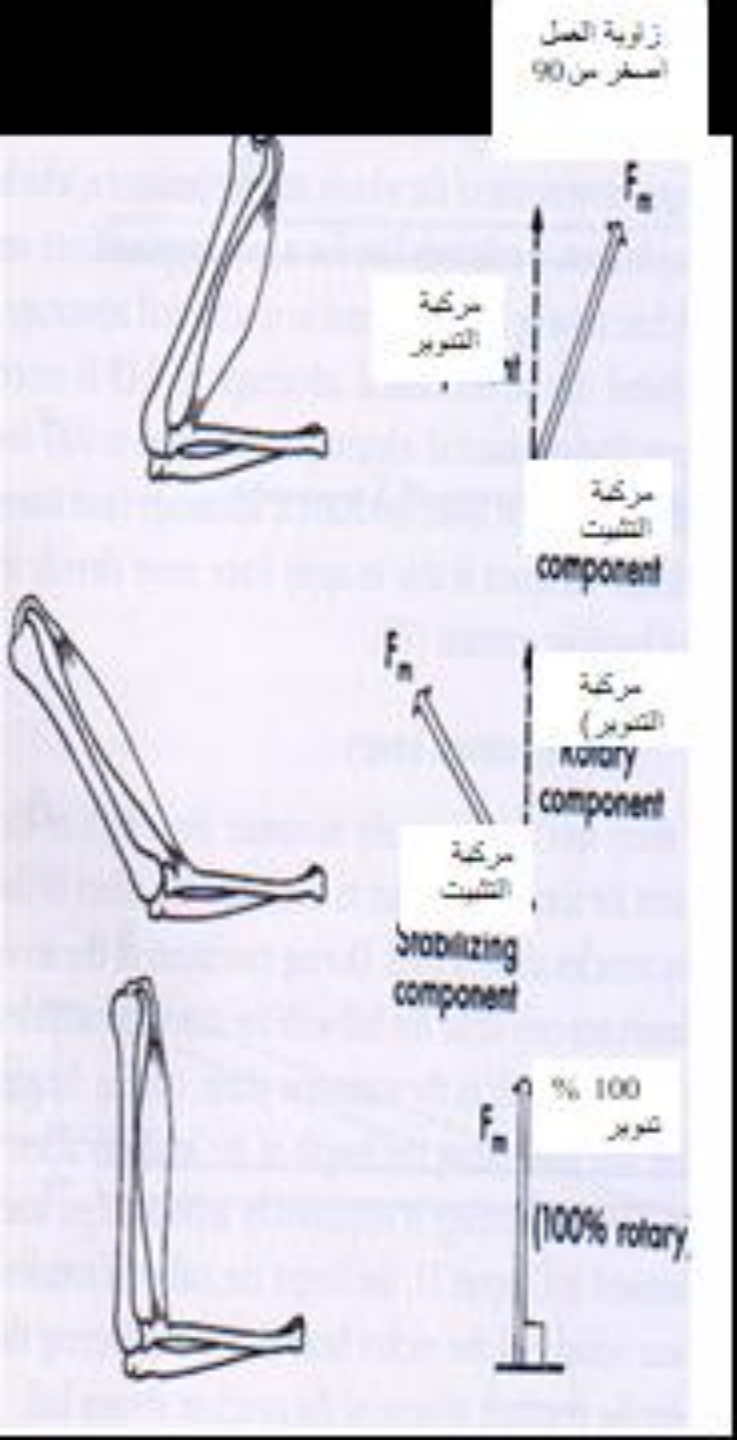


اقل عزم للقوة عندما يكون خط عمل القوة بزاوية اقل او اكثر من 90 درجة وبذلك يقل عزم القوة وفقا لذلك

Fm=250 N
Arm= 0.02 cm



وعليه فان اكبر قوة تصدرها العضلة عندما تكون بزاويا 90 درجة ؟ لماذا



- زوايا العمل العضلي وعلاقتها بعزوم القوى
- هناك علاقة بين القوة الناتجة من العضلة والزاوية المحصورة بين خط عمل العضلة والذراع الرافعة (ذراع القوة) يلعب طول ذراع القوة دور كبير في مقدار القوة الناتجة.
- عندما تكون الزاوية 90° يبلغ ذراع القوة أقصاه (البعد العمودي بين نقطة تأثير القوة للعضلة ومحور الدوران).

وعليه فان العضلة تصدر قوة عندما تكون الزاوية قائمة 90° . حيث تستخدم القوة التي تصدرها العضلة بكاملها للتغلب على المقاومة

- إما عندما تكون الزاوية حادة اقل من 90° أو منفرجة أكثر من 90°.

ـ فان القوة التي تصدرها العضلة لا تستخدم بالكامل للتغلب على المقاومة بل إن الجزء المفقود من القوة ستسخدم للتثبيت ومنع حدوث لخلع في المفصل.

- ملاحظة:-

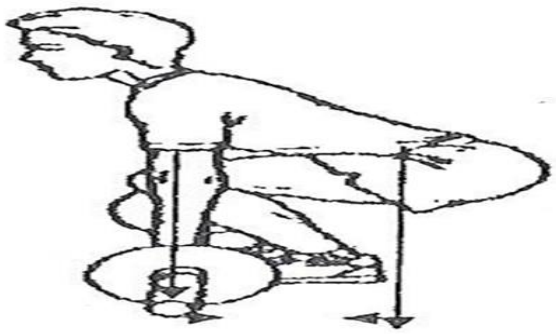
1- إن زيادة عزم القوة (القوة x ذ) هو الأساس في تدريبات القوة.

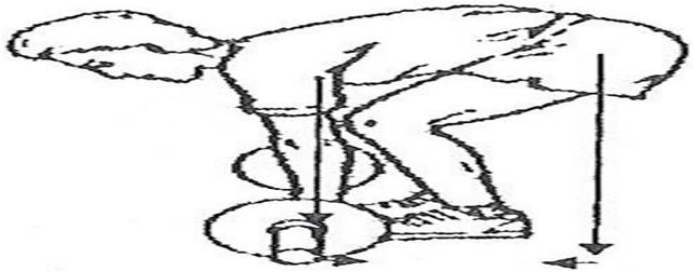
2- زيادة ذراع المقاومة على حساب ذراع القوة هو الأساس في تدريبات السرعة

وهذا يفسر انه في حالة رفع الثقل من مستوى الأرض والذراعين ممدودة يكون ذراع المقاومة كبير وعليه هناك صعوبة في رفع الثقل، ويكون العبء كبير على العمود الفقري وبذلك يحتاج اللاعب قوة في عضلات الساندة للعمود الفقري.لتقليل العبء

سؤال عللي / سهولة رفع الثقل من الأرض عندما يأخذ الجسم وضع ثني الركبتين والجذع على استقامته أفضل من رفع الثقل لشخص في وضع انحناء للأمام (ثني الجذع إماماً).

- **سهولة رفع الثقل من الأرض عندما يأخذ الجسم وضع ثني الركبتين والجذع على استقامته(لتقليل عزم المقاومة) فانه يقلل من تأثير السلبي على عضلات الجسم ويسهل حمله،**
- **إما عند حمل الثقل من وضع الانحناء إلى الإمام فان وزن الثقل يؤثر كمقاومة بالإضافة إلى وزن الجذع والذراعين بفعل الجاذبية الأرضية، ومع زيادة الثني فأن عزم الطرف العلوي من الجسم سوف يزداد وبالتالي يزيد تأثيره كعبء أضافي على العمود الفقري. لذا من الضروري ثني الركبتين أولاً مع استقامة الجذع في وضع عمودي حيث يخفف ذلك العبء على العمود الفقري وخاصة المنطقة القطنية والتي تعد محور الحركة بالنسبة للجذع حيث تؤدي ذلك إلى التقريب الثقل من مركز الثقل لتقليل العزم المؤثر عنه.**





عزوم القوى وعلاقتها بنظام العتلات في المجال الرياضي

عزم القوه :هومقياس التأثير(اورد الفعل) الدوراني للقوه على الجسم ويعين كناتج لحاصل ضرب متجه القوه في ذراع هذه القوه.

عزم القوه = القوه × ذراعها

ولفهم اعمق للعزم نقول:

- ان فعل القوه عندما يمر بمركز ثقل الجسم فأن فعل هذه القوه سوف يسبب انتقال ذلك الجسم خطيا.
- اما اذا فعل القوه لا يمر بمركز ثقل الجسم او تم تثبيت احد الأطراف فأن فعل هذه القوه سوف تسبب دوران هذا الجسم حول نقطة التقييد والتي تكون محور الدوران.
- سؤال / يظهر تأثير القوة الدوراني عندما لا يمر خط عمل القوه خلال محور الدوران . لماذا

القوة القصوى والعزم

- ان القوة العضلية هي عبارة عن القوة القصوية التي يمكن ان تنتجها العضلة.
- وفي الاداء البشري لا يمكن قياس قوة العضلة منفردة ولكن اصبح من السهل قياس العزم الناتج عن الإنقباض العضلي حول المفصل المتحرك، وبذلك تصبح القوة العضلية عبارة عن محصلة عمل مجموعة من العضلات.

- والقوة العضلية تتأثر بكل من العزم المحصل وسرعة الحركة.
- س/ كيف تختلف القوة عن عزم القوة ؟
- القوة العضلية / هي قدرة مجموعة من العضلات على احداث عزم حول محور معين لمفصل معين.
- اما العزم هو ناتج قوة مضروبة في البعد العمودي بين خط عملها ومحور المفصل الذي تدور حوله،
- عزم القوه كميه متجهه لها نفس مواصفات القوه الميكانيكيه (أي له مقدار وإتجاه ونقطة تأثير وزمن) إلا ان العزم يختلف عن القوة بان له (بُعد مسافه ومحور الدوران)

- ا ن ربط الخصائص الوظيفية للنسيج العضلي مع ميكانيكية العمل العضلي له علاقة بنوع النسيج العضلي والخصائص المميزة له .

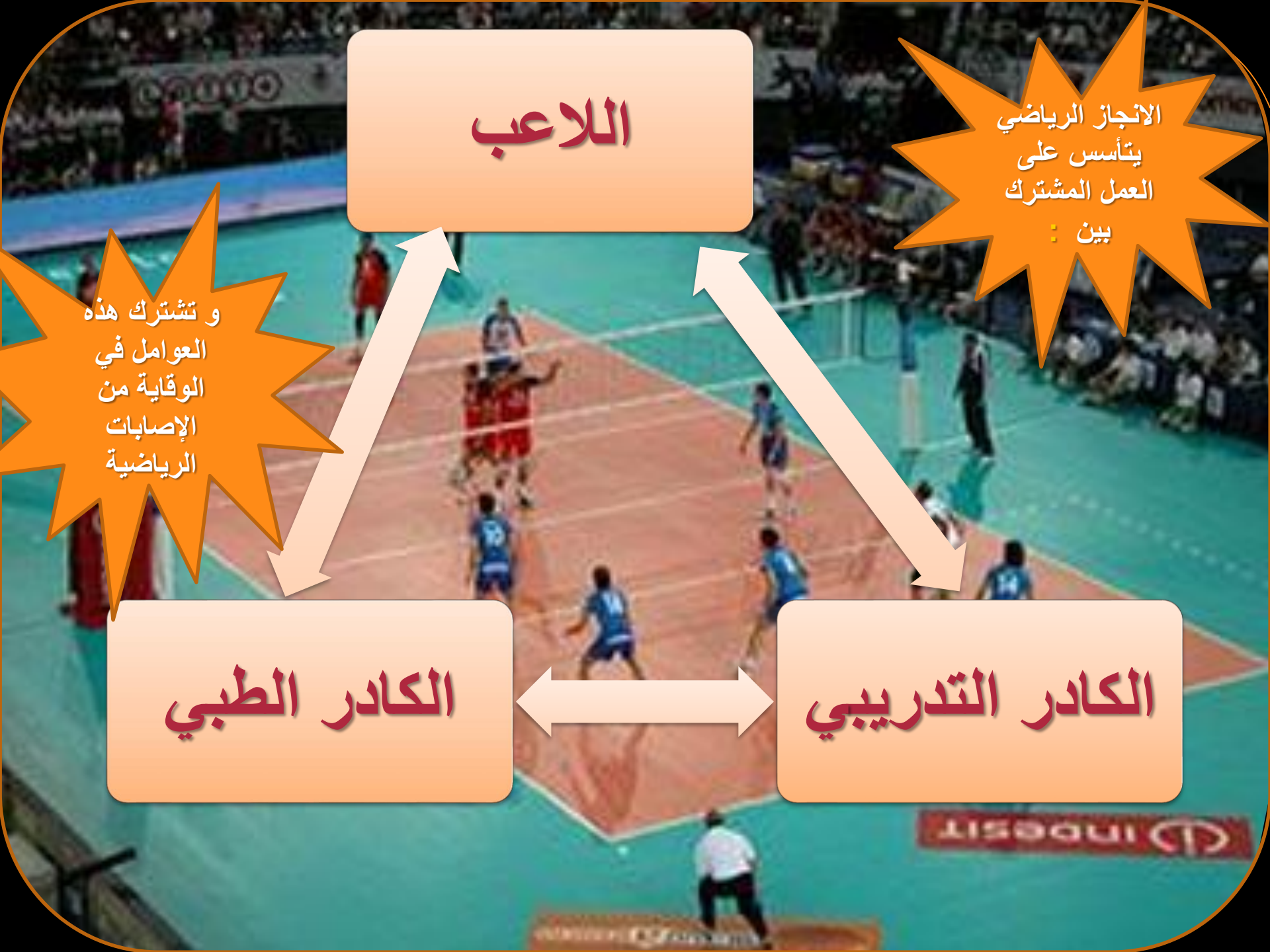
العتلات والاصابة الرياضية وربطها بالعوامل الميكانيكية المسببة

يعد الجهاز الحركي للإنسان جهازاً ميكانيكياً يرتبط عمله بتكامل القوى الداخلية له من عضلات ، وأربطة ، وأنسجة ، وبين المقاومة التي يتعرض لها الجسم سواء كانت أوزان الجسم ككل أو الوزن المضاف وتاثره بالجاذبية أو قوة الإحتكاك

ومن أجل أن يكون هناك إقتصاد بالقوة ، والتغلب على المقاومات بأنسب طرق فنية ممكنة ،يجب ان يكون هناك ترابط بين العمل الحركي والجوانب الميكانيكية المتعلقة بها

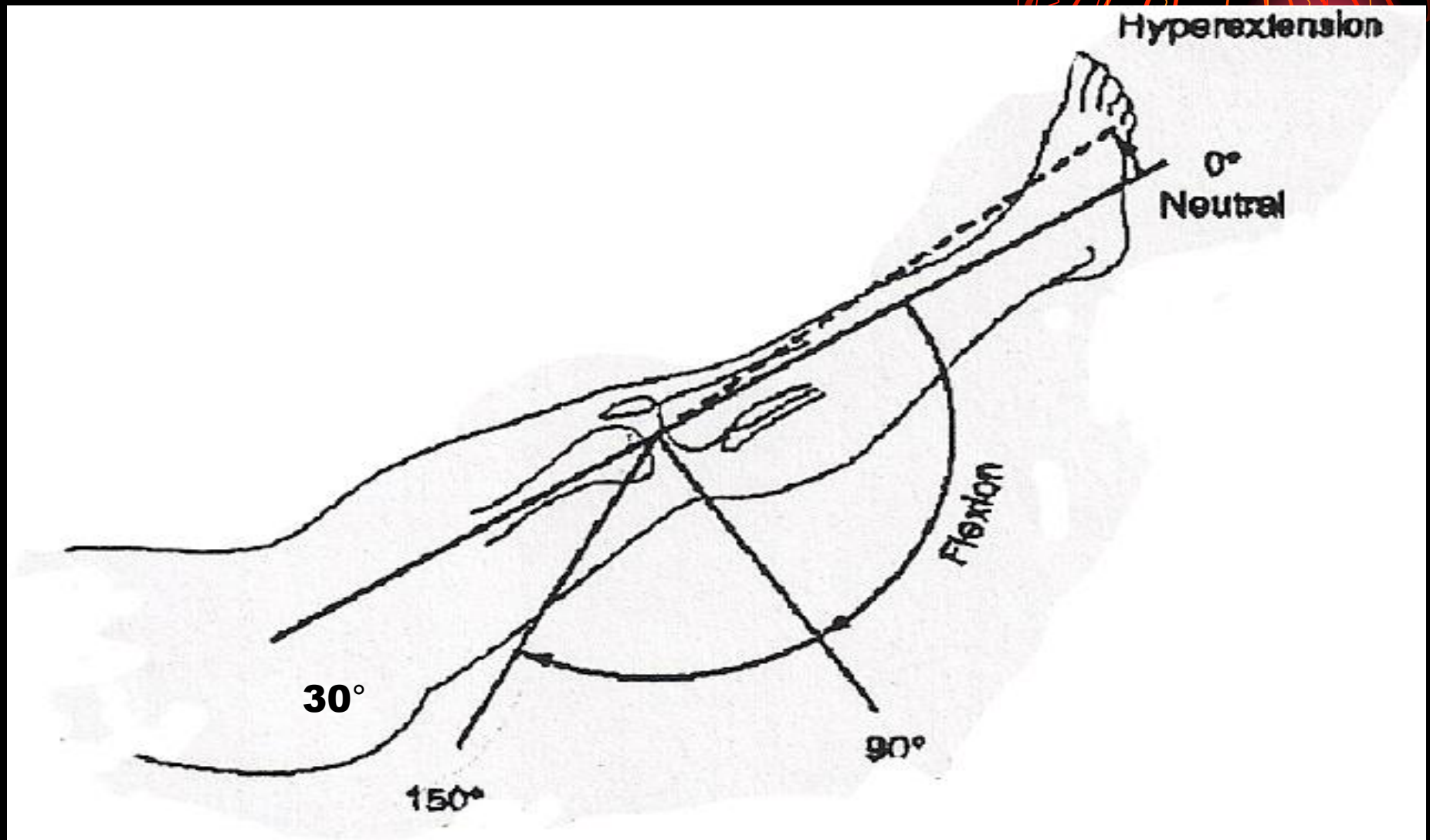
هذه العوامل المشتركة يمكن أن تعطي فائدة ميكانيكية ، وبدنية ، وفنية تسهل العمل البدني ،وتقلل العبء الواقع على كاهل العضلات ، والأربطة ، والمفاصل عند التطبيق المهاري، وبالتالي تقلل من إحتمالية حدوث إصابة في هذه الأجهزة ، وتعزيز الوقاية من حدوثها

لبناء استراتيجية ميكانيكية للوقاية من الاصابة لابد من ان نتعرف على اسباب الاصابة وربطها بالعوامل الميكانيكية المسببة


اللاعب
الانجاز الرياضي يتأسس على العمل المشترك بين :
و تشترك هذه العوامل في الوقاية من الإصابات الرياضية
الكادر الطبي
الكادر التدريبي

العتلات والاصابات الرياضيه

مديات الزوايا وعلاقتها بالاصابة والتاهيل



مديات الحركة في مفصل المرفق

- Trochoginglymoid joint
  - 2 Degrees of freedom
    - Flexion/Extension and forearm rotation
    - 2 درجة للحرية
    - الثني والمد ° 0-150 -
    - و التدوير
    - الكب Pronation: 80°
    - البطحSupination: 85°

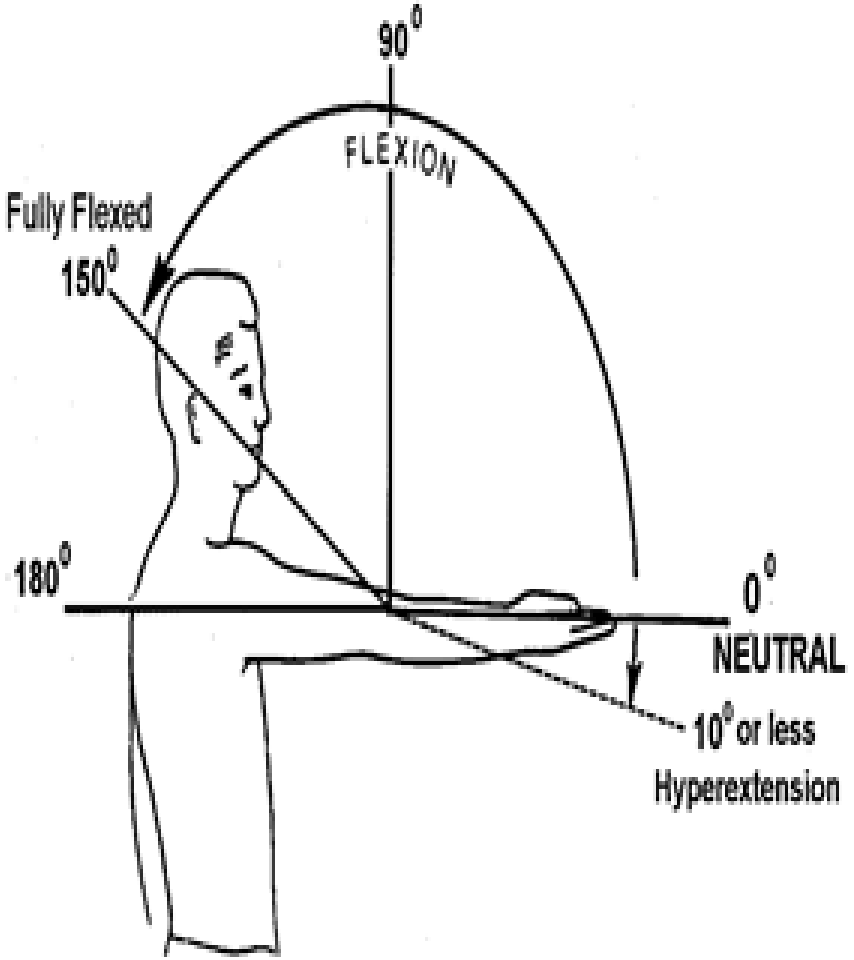
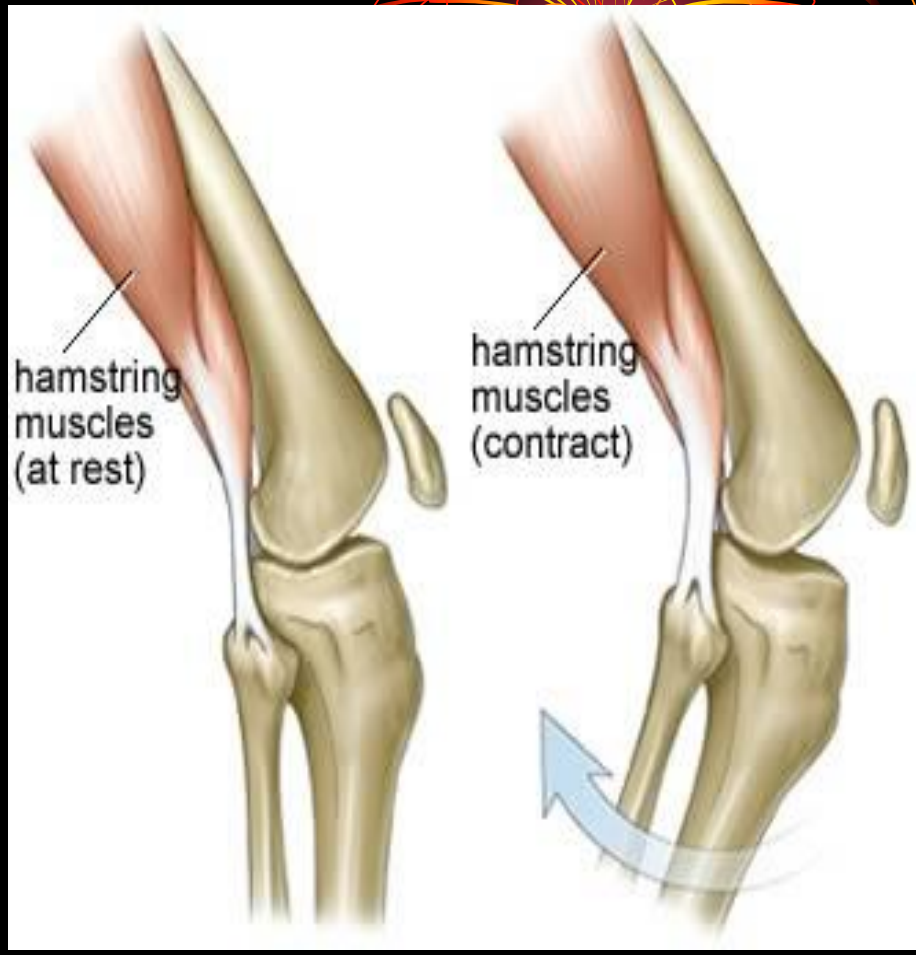


Figure 3. Range of motion at elbow joint
(Source: American Academy of Orthopaedic Surgeons)

Knee extension

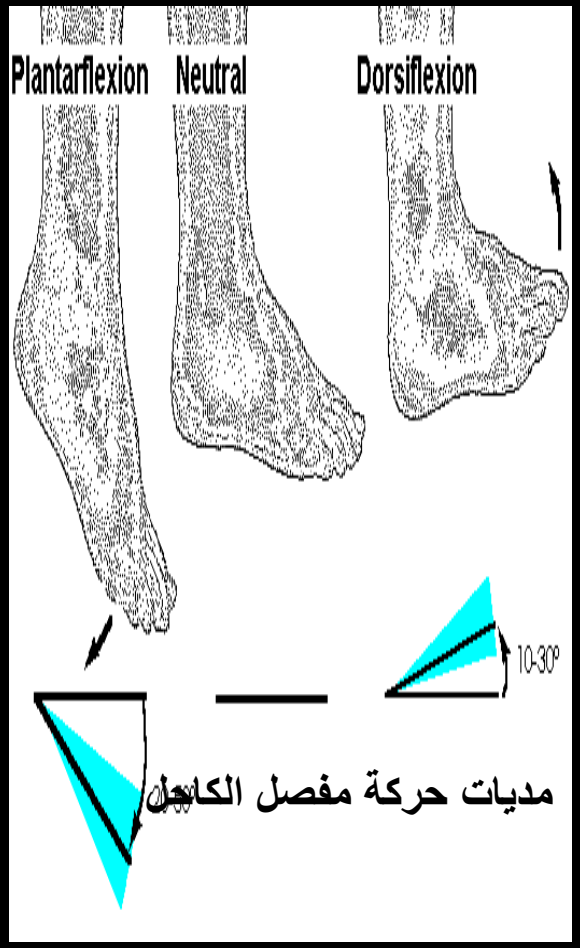


Knee flexion

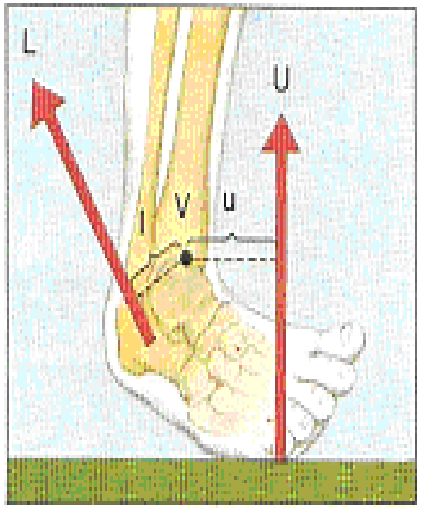
.

يمكن من خلال قانون العتلة توضيح حدوث بعض الإصابات الرياضية مثل التواء كاحل القدم والذي تشكل اصابة شائعة, فعندما يلتوي كاحل القدم ويتمزق الرباط الجانبي للكاحل فان ذلك يرجع لاسباب ميكانيكية تسبب الاصابة

الشكل يوضح تمزق الرباط الجانبي للكاحل



مديات حركة مفصل الكاحل



$$L \cdot l = U \cdot u$$

$$L = \frac{u}{l} \cdot U$$

L - قوة الرباط الجانبي

u- القوة المبذولة على سطح الارض(احتكاك)

l - ذراع قوة الرباط

U - ذراع القوة المبذولة على السطح

محور الدوران = **v**

من قانون العتلات

عندما تكون العزوم متساوية يعني

u.U= L.i

وعند زيادة احد العزوم عن الاخرى تحدث الاصابة

- عندما يركض اللاعب بسرعه عاليه ثم يعمل على ايقاف قدميه فجأه فأن الاحتكاك بين الارض وسطح القدم سيكون كبير وبالتالي سوف تتعرض الركبه الى الاصابه وتمزق في الاربطه.

- وهناك علاقه بين القوه الخارجيه كقوة الاحتكاك والقوة التي يبذلها اللاعب (القوة العضليه الداخليه) والتي يمكن ان نحددها من خلال العلاقه التاليه:

- قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك f × القوة المبذوله (العموديه)
- *** قيمة الاحتكاك تكون بين (صفر – 1)على الاسطح الملساء وتكبر هذه القيمه على الاسطح الخشنه. واذا ما زادت هذه القيمة تسبب الاصابة

عند الاقتراب للتهيؤ للوثب فأن لحظة النهوض تتطلب احتكاك عالي بين الارض وسطح القدم الدافعه , وعند زيادة سرعة الاقتراب الى الضعف فأن ذلك سوف يتطلب قوة احتكاك اكبر ,وهذه القوه سوف تؤثر على مفصل الركبه ومفصل الكاحل وقد يسبب ذلك اجهادا كبيرا لهذه المفاصل.

وعندما يريد اللاعب ان يركض بسرعه ثم يعمل على ايقاف هذه السرعه من خلال تثبيت قدمه ,فأن قوة الاحتكاك بين الارض وسطح القدم سيكون كبيرا وبالتالي سوف يسبب ذلك الى ان تتعرض الركبه والكاحل الى الاجهاد الكبير .مما يسبب حدوث الاصابة

- وفي مجال رفع الاثقال ,قد يخفق لاعب رفع الاثقال في تحقيق رقم جيد رغم ان قدرته العضليه تسمح له بذلك.
- لعدم تمكنه من وضع الثقل في المكان المناسب بالنسبه لمركز ثقل جسمه ,ولقاعدة ارتكازه. فكثيرا ما نلاحظ اللاعبين يضطرون الى رمي الثقل خلف ظهورهم في اللحظه التي يشعرون فيها بعدم القدره على السيطره على الثقل ووضعه بالمكان المناسب عاليا ,حيث يضيف الوضع الخاطئ عبئا يزيد من وزن الثقل بعزم قد يفوق قيمة الثقل نفسه إذا ماوضع في المكان الصحيح. مما يسبب الاصابة
- هناك عاملين مؤثرين في تحديد الإصابة
- الأول هو حجم القوة
- والثاني هو نوع نسيج الذى وقعت عليه القوة

ومن اهم الجوانب الميكانيكية الوقائية للإصابات الرياضية و التي يجب على المختص في التربية الرياضية معرفتها هي:

1- ضبط التوازن البيولوجي الميكانيكي

ويتم باستخدام مستويات من القوة تتلاءم مع حاجة الحركات المختلفة لذا فان استخدام مستويات القوة اعلى من المستوى المطلوب بالتأكيد سيتسبب بحدوث اصابات مختلفة نتيجة عدم اقتصادية الحركة من جهة و تحميل الانسجة العضلية او المفاصل اكثر من حدودها الفسلجيه الطبيعية

2- ضبط المدى الحركي للمفاصل

لكل مفصل مدى حركي معين فعند اداء حركة بمدى اوسع من قابلية المفصل خصوصاً اذا كان اداء تلك الحركات بشكل سرع عالية فان القصور الذاتي للكتلة لا يمكنها ايقاف السرعة بالوقت المناسب مما يعرض المفاصل لإصابات (الالتواء او الخلع او تمزق الاربطة)

3 - ضبط العوامل الخارجي

كقوة الجذب الارضي و قوة الاحتكاك الخاصة ، و كل ما هو يؤثر في اعاقة المسارات الحركية فيجب مراعاة قواعد السلامة و الامان فيه

اما عند حدوث الاصابات الرياضية فالمعرفة الميكانيكية تساعد في حالات الاسعاف كحمل المصاب بزاوية آمنة .... او عند التأهيل اثناء استخدام التمارين العلاجية و بزوايا معينة او في التشخيص عند معرفة زوايا الألم ..

شكرا لحسن
اصغائكم