المفاهيم الاساسية المتعلقة بالكينتك الخطي

Basic Concepts Related to Linear Kinetics

تقديم: أ.د. أحمد وليد عبدالرحمن

High Studies (M.A) 2019 – 2020

القصور الذاتي Inertia:

عند وضع جسم في حال السكون لن يكون لديه ميلان لعمل أي شيء والبقاء في وضع السكون كما هو الحال في قرص الحديد الموضوع على الارض، سوف لا يكون لديه ميلان للحركة بسبب مقاومته التي تعمل عند محاولة تحريكه، وبالتشابه عندما يكون الجسم في حال الحركة لا يكون لديه رغبة بتغيير ما يعمله، وخصائص الجسم التي تمنع تغيير ما يعمله تعرف بـ (القصور الذاتي) أي أن الجسم (قاصر عن تغيير حالته بحاله).
الكتلة هي كمية المادة التي يتألف منها الجسم وتقيس مباشرة القصور الذاتي الذي يمتلكه الجسم وعلى ذلك، فالحمل الخفيف سهل الحمل مقارنة مع الحمل الثقيل، وبالتشابه من السهل تبديل حركة الركض للاعب لديه كتلة صغيرة نسبياً بالمقارنة مع نفس تأثير التغيير في الحركة للاعب مهاجم لديه كتلة كبيرة.

مفهوم القوة The Concept of Force:

القوة - ميكانيكياً هي الفعل الميكانيكي الذي يغير أو يحاول تغيير حالة الجسم الحركية أو الشكلية الذي يؤثر فيه وتقاس القوة بوحدات النيوتن أو الداين.
وتمتلك القوة أهمية كبيرة في المجال الرياضي كونها تحتل موقع الصدارة في تسلسل عناصر القدرات البدنية لجميع الفعاليات الفردية والجماعية وبنسب مختلفة.. وتتمثل هذه القوة بالقوة الذاتية للرياضي أي قوته العضلية، والتي هي نوع من أنواع القوى الكثيرة ومنها المغناطيسية والكهربائية وغيرها.. ولكن ما يهمنا في دراستنا للبايوميكانيك هي القوة المسببة للحركة والتي تنتج عن التأثير المتبادل بين القوى الداخلية التي تتمثل بقوة العضلات والقوى الخارجية المحيطة بالفرد والتي تؤثر بشكل فاعل في مقدار القوة التي يستخدمها الفرد لاداء حركة معينة.

القوة ممكن أن:

1. تكسب الجسم حركة
2. توقف حركة الجسم
3. تغير إتجاه حركة الجسم
4. تقلل أو تزيد من سرعة الجسم
5. موازنة تأثير قوة اخرى لغرض إبقاء الجسم في حالة ثبات.

- من وجهة النظر الميكانيكية إن حدوث أي حركة يقترن بوجود قوة تحدث تلك الحركة ولكن العكس غير صحيح.
- يمكن التعبير عن التأثير الديناميكي للقوة (أي انتاج حركة معينة) بالمعادلة:

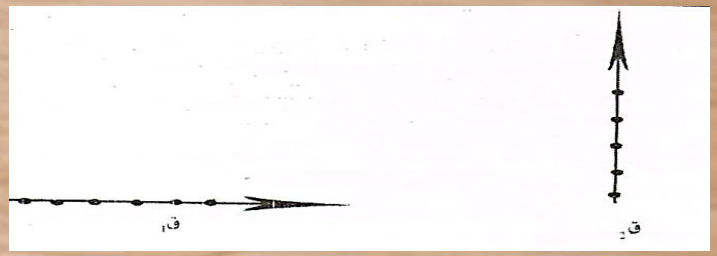
$F = m \times a$ Force = mass × acceleration.. كما هو الحال عند دفع ثقل أو سحب زميل أو رمي كرة.

القوة الميكانيكية	Force
الكتلة	mass
تعجيل الجسم	acceleration

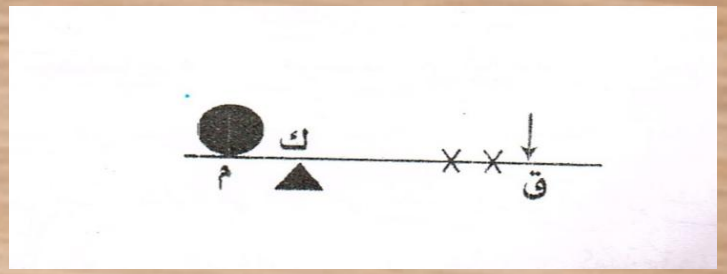
- التأثير الاستاتيكي الذي لايحدث عنه حركة عند إستعمال القوة.. كما في حالة دفع الحائط أو محاولة التغلب على ثقل كبير على الارض.
- لدراسة القوة ككمية ميكانيكية.. يجب ذكر خصائص (مواصفات) القوة أي وصف كمي لها وهذا يتضمن:
  مقدارها – إتجاهها (خط عملها) – نقطة تأثيرها

يبين الشكل مقدار القوة من خلال طول السهم الممثل لها

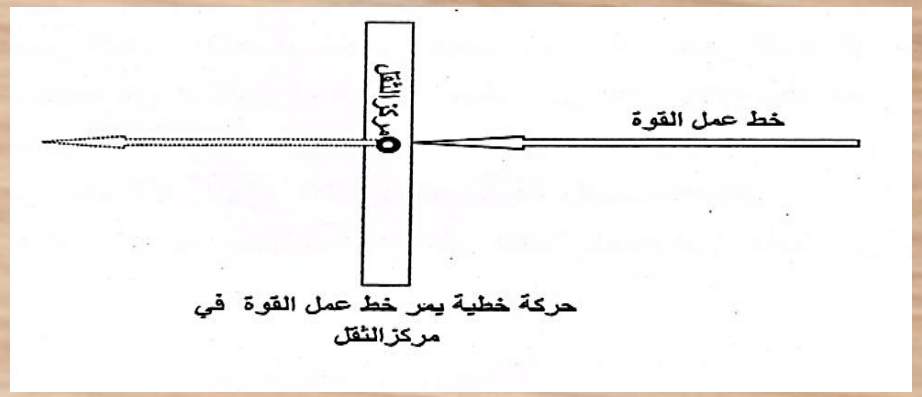
وإتجاه القوة (خط عملها) من خلال رأس السهم

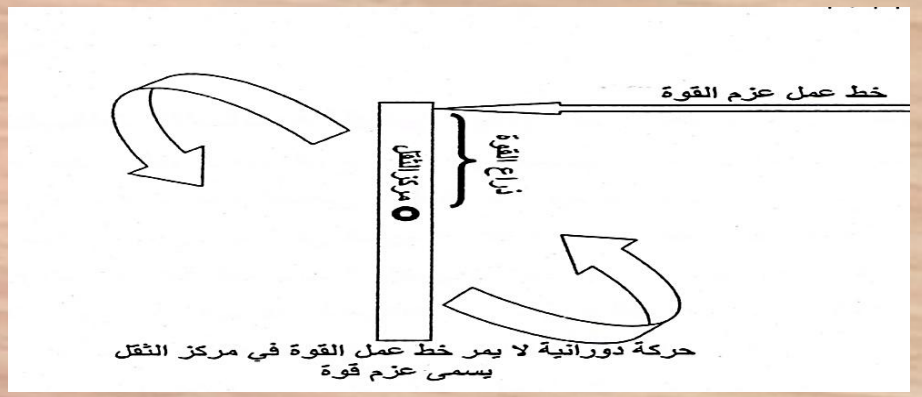


يبين الشكل نقطة تأثير القوة



- إن خط عمل القوة ونقطة تأثيرها هما اللذان يحددان طبيعة الحركة، حيث إذا مر خط عمل القوة في مركز ثقل الجسم أي تطابقت نقطة تأثير القوة مع مركز ثقل الجسم، إكتسب الجسم كمية حركة خطية، أما إذا أثرت القوة على الجسم في نقطة خارج مركز ثقل الجسم أي ببعد عمودي عن محور الدوران، إكتسب الجسم حركة دورانية تعتمد كميتها على مقدار البعد عن المحور وكما في الشكلين الاتيين.





مجموع قوى مفاصل الجسم:

في جميع مفاصل الجسم في المهارات الرياضية:
استخدام المفاصل من الكبير الى الصغير يسهم في تسريع العمل الحركي.
استخدام المفاصل من الصغير الى الكبير يسهم في إبطاء الحركة.

الضغط Pressure:

هو كمية القوة العاملة (F) على مساحة معينة (A)، ويقاس الضغط بوحدات N/cm^2

Pressure P = Force F / Area A

الضغط	Pressure
القوة	Force
المساحة	Area

الضغط
pressure

يختلف الضغط المسلط عندما يكون الشخص واقفا عما هو مستلقيا لان مساحة الاستلقاء اكبر بكثير من مساحة الوقوف .. لو قارنا بين ثلاث حالات يقف فيها شخص على أرض رخوة، حيث يقف في الحالة الاولى على رجل واحدة ($A = 30 cm^2$) وفي الحالة الثانية على كلتا الرجلين ($A = 40 cm^2$) وفي الحالة الثالثة على لوح خشب ($A = 100 cm^2$) وكانت القوة التي يسلطها N600..

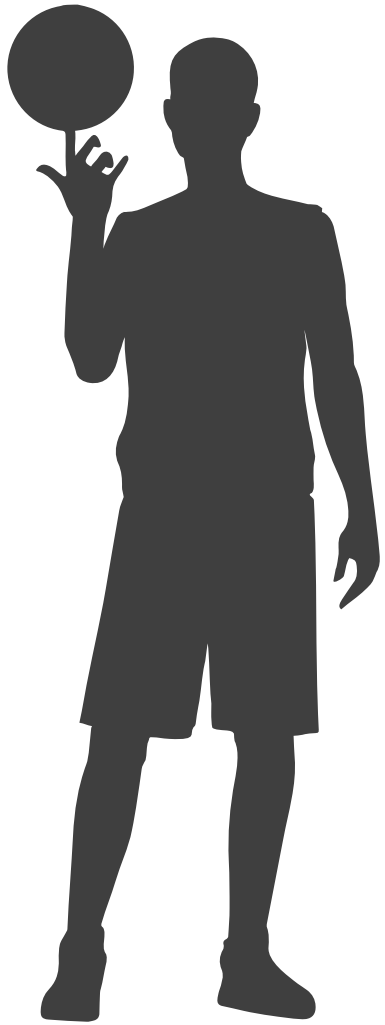
نستنتج أن الضغط في الحالة الاولى هو أكبر من الحالات الاخرى..

$P = 600 / 30 = 20 N/cm^2$

والحالة الثانية أكبر من الحالة الثالثة.. $P = 600 / 40 = 15 N/cm^2$

والحالة الثالثة يكون الضغط الاقل قيمةً.. $P = 600 / 100 = 6 N/cm^2$

نستنتج من هذا أن القوة تكون في أكبر حالات تأثيرها عندما تتركز في مساحة صغيرة جداً، لهذا نجد لاعبي كرة القدم يعمدون الى وضع واقيات الساق تفادياً لخطورة القوة التي قد يتعرض اليها من الخصم والتي تؤدي فيما اذا تركزت في نقطة معينة على الساق الى الكسر، فيكون الهدف من استعمال الواقيات هو توزيع القوة على مساحة كبيرة من الساق وبالتالي تخفيف حدة الضربة وتقليل الضغط.



س/ رياضية باليه وزنها (N556)، مساحة المنطقة للحذاء الخاص المدبب من الامام ($cm4^2$)، ومساحة المنطقة لحذاء المشي الاعتيادي المستوي ($cm175^2$).. أوجد:

1. قيمة الضغط المبذول بواسطة كل حذاء
2. مقارنة كمية الضغط بواسطة كلا الحذائين.

الحجم Volume:

حجم الجسم هو كمية الفضاء الذي يحتله أو يشغله وبسبب وصفنا للفراغ على انه يكون ثلاثي الابعاد الطول، والعرض، والعمق.. وفي النظام المتري الوحدات الشائعة للحجم (cm^3) و(m^3) واللتر (1 لتر= $cm1000^3$).

الكثافة Density:

إن مفهوم الكثافة يربط الكتلة أو الوزن للجسم مع حجمه، والكثافة هي الكتلة لكل وحدة من الحجم والرمز التقلدي للكثافة هو الحرف الصغير عند الاغريق (P).

بالنسبة للكتلة فإن وحدات الكثافة هي وحدات الكتلة مقسومة على وحدات الحجم (m^3 /Kg).

أما بالنسبة للوزن فيستخدم الوزن النوعي (Specific Weight) أو كثافة الوزن (Weight Density) وتعرف الوزن لكل وحدة حجم.. ووحداته (m^3 /N).

الاحتكاك Friction:

هي تلك القوة الميكانيكية التي تعمل دائماً بشكل معاكس لإتجاه الحركة أو لإتجاه تأثير القوة المستخدمة لتأثير الجسم.

الزخم (كمية الحركة) Momentum:

إن كل جسم متحرك يمتلك كمية حركة (زخم) يساوي حاصل ضرب كتلة ذلك الجسم في سرعته سواء في الحركة الخطية أو الدورانية، وإن وحدات الزخم هي وحدات الكتلة مضروبة بوحدات السرعة ويعبر عنها (s /m.Kg).

Velocity V × mass m =Momentum M

كمية الحركة	Momentum
الكتلة	mass
السرعة المتجهة	Velocity

الزخم كمية متجهة ترتبط بإتجاه السرعة المؤثرة، وفي الحركات الدورانية فإن السرعة الزاوية تحدد قيمة الزخم الزاوي بالاضافة الى الكتلة.
يرتبط الزخم الخطي بالعديد من القوانين الميكانيكية المشتقة من قانون نيوتن الثاني، إذ أن قانون نيوتن يقول أن:

acceleration a × mass m = Force F

ولما كان التعجيل هو تغير السرعتين مقسوم على تغير الزمنين فإن:

$$F = m \times V_2 - V_1 / t_2 - t_1$$

$$F = mV_2 - mV_1 / t_2 - t_1$$

F= التغير في الزخم/ التغير في الزمن

$$F = m \times V / t$$

مثال/ عداء كتلته (Kg75) يركض بسرعة (5m/s)..
إحسب كمية الحركة.

من خلال مبدأ كمية الحركة.. يكون الجانب التدريبي لزيادة كمية الحركة هو بزيادة سرعة الجزء أو الجسم ككل، حيث أن الكتلة ثابتة وخلال الاداء الرياضي فأن الكتلة أيضا تكون مهمة فقد تكون هي المقاومة التي يجب ان تتغلب عليها العضلات، من هنا يكون الاتجاه في مثل هذه الفعاليات (الجمناستك مثلاً) الى تقليل الكتلة مع زيادة القوة العضلية للتغلب على كتلته.

من الحالات التي تتغير فيها كمية الحركة هو عند تغيير الاتجاه في الالعاب الفرقية، وهذا التغير يرجع الى تناقص السرعة وليس الى التغيير في الكتلة، ومن الممكن ان تزداد كمية الحركة في لحظات الدفع اللحظي والذي يعتمد على العلاقة ما بين القوة والزمن (ونقصد هنا القوة الانفجارية) كما الرمي والوثب والضرب.

تتحدد كمية الحركة في هذه الحركة على تحقيق أقل مقدار من الفقدان في السرعة في لحظات تغيير الاتجاه $(_1Vm - _2Vm)$..
حيث نلاحظ أن الكتلة ثابتة والذي يتغير هو السرعة بالزيادة أو بالنقصان.

إن كمية الحركة تشمل الجسم ككل أو جزء منه، فعند تحريك الذراع بسرعة معينة فأن الزخم للذراع هو عبارة عن حاصل ضرب سرعة الذراع في كتلتها.

مثال/ لاعب تنس كتلته (Kg75) يحمل مضرب تنس كتلته (Kg0,5) ويتحرك بسرعة (m8/ s).. إحسب كمية الزخم لكامل كتلة اللاعب مع كتلة المضرب، ثم احسب الزخم للذراع اليمنى عند أداء ضربة الكبس من فوق الرأس علماً أن كتلة الذراع اليمنى (Kg3,675) وكانت سرعة الذراع أثناء اداء الكبس (m11/ s).

ج/

mالكلي= (m اللاعب + m المضرب) × V اللاعب

mالكلي= (Kg0,5 + Kg75) × m8/ s =Kg.m604/ s

mللذراع= (m الذراع + m المضرب) × V الذراع

(M)للذراع= (Kg 0,5 + Kg 3,675) × (m11/ s) =Kg.m45,925/ s

ملاحظة: إن حساب كتلة أجزاء الجسم المختلفة يكون من خلال الطريقة التحليلية المتعلقة بالاوزان النسبية لاجزاء الجسم، وذلك بضرب كتلة الجسم الكلية بالنسبة المئوية للجزء والتي هي نسب ثابتة.

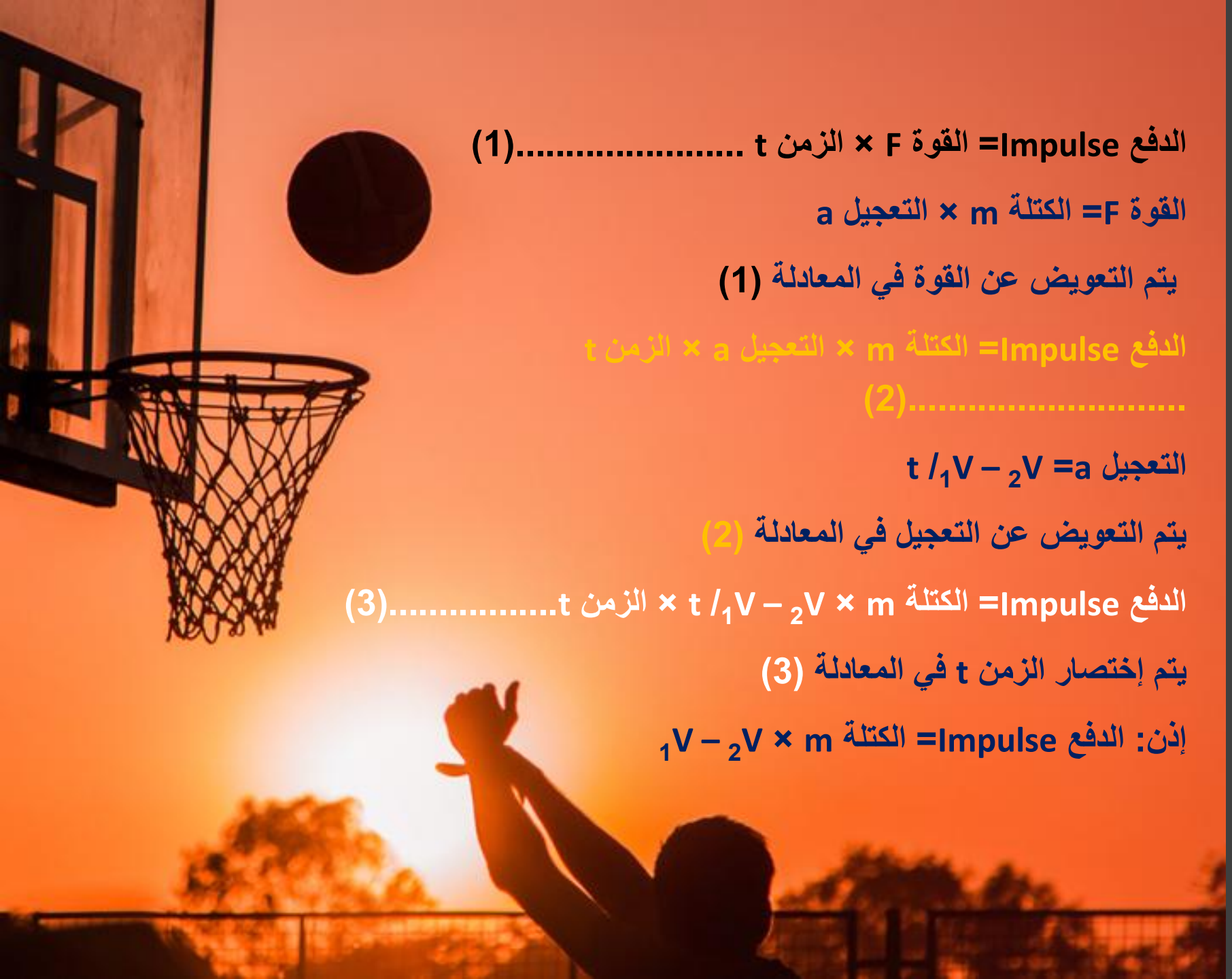
الدفع Impulse:

الدفع عبارة عن القوة الموضوعة في وحدة الزمن بمعنى أخر مقدار القوة المؤثرة في فترة زمنية، ويقاس بـ النيوتن.ث.

الدفع Impulse= القوة F × الزمن t

إن الدفع كمية ميكانيكية تتأثر بالقوة وزمن تأثيرها، ويرتبط الدفع المؤثر على جسم ما بالتغير الذي يحدث في كمية الحركة للجسم نتيجة تأثير القوة عليه.

العلاقة بين الدفع وكمية الحركة من خلال قانون نيوتن الثاني:



الدفع Impulse= القوة F × الزمن t .....(1)

القوة F= الكتلة m × التعجيل a

يتم التعويض عن القوة في المعادلة (1)

الدفع Impulse= الكتلة m × التعجيل a × الزمن t .....(2)

التعجيل $a = {}_1V - {}_2V / t$

يتم التعويض عن التعجيل في المعادلة (2)

الدفع Impulse= الكتلة m × $({}_1V - {}_2V / t)$ × الزمن t.....(3)

يتم إختصار الزمن t في المعادلة (3)

إذن: الدفع Impulse= الكتلة m × ${}_1V - {}_2V$

Infographic Style

تطبيقات رياضية عن الدفع:

- إن التعامل مع موضوع الدفع في الفعاليات الرياضية يتعلق بالعاملين المؤثرين في قيمة الدفع وهما القوة والزمن، حيث أن العاملين يؤثران طردياً في قيمة الدفع ولكن العلاقة بين القوة والزمن عكسية، أي أن زيادة زمن الدفع عند الارتقاء في الوثب العريض يؤدي الى تقليل القوة المسلطة في لحظة الدفع وهذا له تأثير سلبي على الانجاز.. من هنا يجب ان يكون هناك زمن قصير وقوة عالية في لحظة الدفع وهذا طبعاً يتعلق بنواحي الاداء المهاري والسرعة الاقترابية للواثب.
- مثال أخر هو ضرب القفاز عند القفز على منصة القفز في الجمناستك، حيث أن زمن الدفع لا يتجاوز (s0,2) ويتطلب ضرب القفاز بثني قليل غير مبالغ فيه لاجل الحصول على طيران أولي كافي لاتمام الاداء وكذلك بالنسبة لزمن الارتكاز على المنصة، حيث إن قيمة هذا الزمن تتعلق بنوع المهارة المؤداة في المرحلة الثانية، فقد وجد أن اللاعب يقلل من الزمن ويزيد من قوة الدفع لاجل الحصول على ارتفاع عالي في المرحلة الثانية (الطيران الثاني) لاجل إتمام متطلبات الدوران على المحاور المختلفة والبقاء لزمن اطول في الهواء وبالتالي تحقيق هبوط انسيابي وامن.

التصادم Impact:

التصادم يتضمن إصطدام جسمين لمدة زمنية قصيرة جداً، خلالها يبذل الجسمان قوة كبيرة نسبياً الواحد على الاخر، وإن تصرف الجسمين الذي يتبع التصادم لا يعتمد فقط على مجموع زخمهما ولكن ايضاً على طبيعة التصادم.

عندما نفترض حال تصادم مطاطي كامل، فإن السرع النسبية للجسمين بعد التصادم ستكون السرع نفسها قبل التصادم، أما في حال تصادم الكرة مع سطح صلب سيكون التصادم قريب من المطاطية الكاملة لان سرعة الكرة تقل بمقدار ضئيل خلال التصادم مع السطح.

مثال/ لاعب هوكي الجليد كتلته Kg90 انتقل الى اليمين بسرعة s /m6 وتصادم بشكل رأسي مع لاعب اخر متجه نحو اليسار ويمتلك كتلة مقدارها Kg80 وسرعته s /m7، فإذا تشابك اللاعبان واستمرا بالانتقال سوية بعد التصادم.. ما سرعتهما المشتركة؟

ج/ يمكن استخدام قانون حفظ الزخم:

قبل التصادم بعد التصادم

$$_2V_2m + {}_1V_1m = (V)\ (_2m + {}_1m)$$

$$V \times Kg\ 170 = (s\ /m7- \times Kg80) + (s\ /m6 \times Kg90)$$

$$V \times Kg170 = (s\ /m.Kg\ 560) - s\ /m.Kg540$$

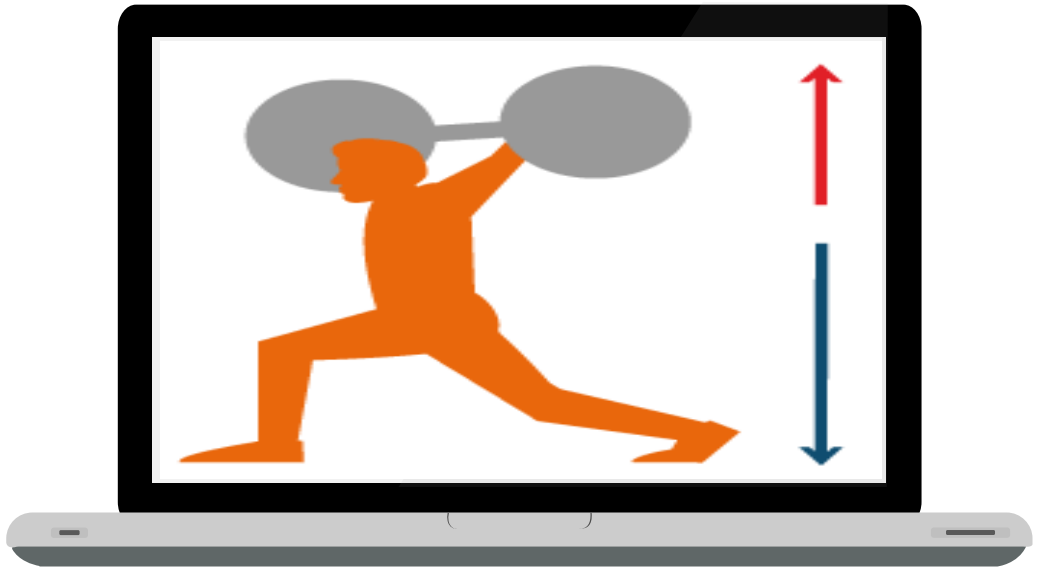
$$V \times Kg170 = s\ /m.Kg20 -$$

V= 0,11 /m s سرعتهما والانتقال باتجاه اللاعب الثاني.

الشغل Work:

هو عبارة عن المسافة التي يقطعها الجسم بفعل تأثير قوة معينة، ويشترط بالشغل أن تكون هناك إزاحة نتيجة تأثير القوة.

الشغل W= القوة F × الازاحة D



ويقاس الشغل بوحدات القوة والمسافة، فيعبر عن القوة بوحدة (N) والمسافة بوحدة (m)، فتكون وحدة الشغل (m.N) ويطلق عليها (جول Joule).

الشغل	Work
القوة	Force
الازاحة	Displacement

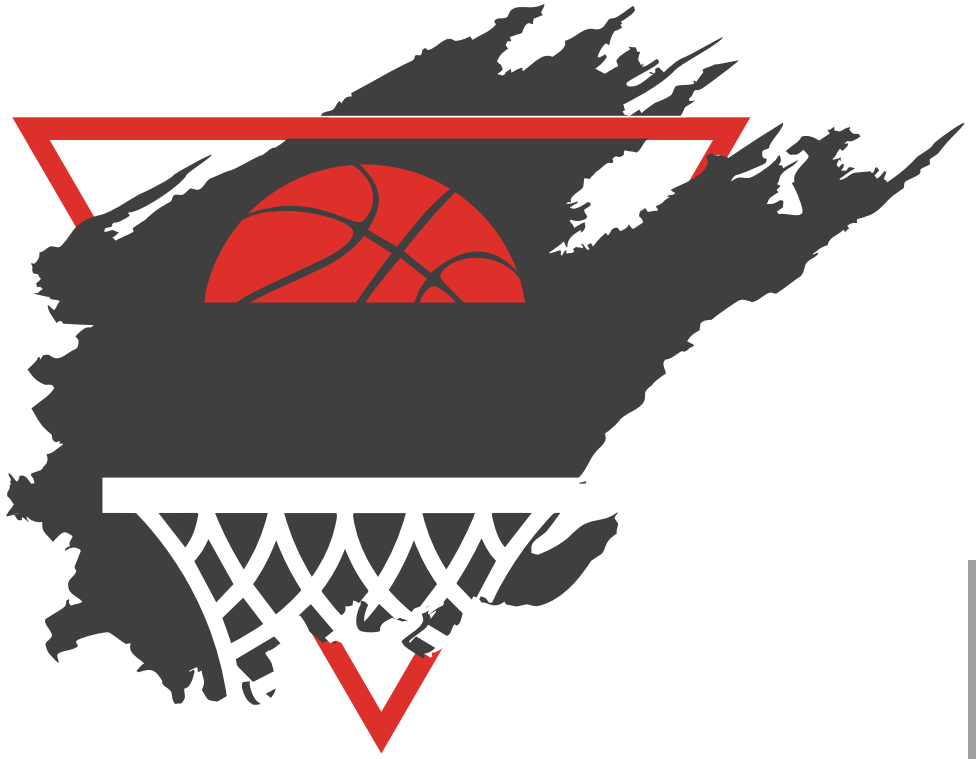
مثال/ احسب مقدار الشغل المنجز من قبل شخص يصعد درج مكون من 30 درجة إرتفاع الدرجة الواحدة m0,25، علما أن وزن الشخص N580.

الحل/

الشغل W= القوة F × الازاحة D

الشغل W= N580 × (0,25×30) =4350 Joule

مقدار الشغل المنجز



إن الشغل الموجب متعلق بعملية تحول الطاقة التي يمتلكها الرياضي، فإذا كانت الطاقة في تزايد أو ان تتغير من طاقة كامنة الى طاقة حركية فإن الشغل يكون موجب كما في حال رمي الكرة أو المناولة في كرة القدم، وبالعكس في حالة الاستلام فأن الطاقة التي تمتلكها الكرة تقل نتيجة الاخماد أو الاستلام.

أما في حالة الجسم الساقط من ألاعلى بإتجاه الارض فأن مقدار الشغل المبذول بفعل تاثير قوة الجذب الارضي (وزن الجسم) فأن:

الشغل W= الوزن Wt × المسافة العمودية (الارتفاع) h

القدرة Power:

هي الشغل المنجز في وحدة الزمن، وتقاس القدرة بوحدة الشغل (Joule) مقسومة على وحدة الزمن (s) فتسمى وحدة القدرة (Watt).

القدرة P= الشغل W/ الزمن t

القدرة P= القوة F× الازاحة D/ الزمن t

وبما أن الازاحة/ الزمن تساوي السرعة

إذن: القدرة p= القوة F × السرعة V

القدرة	Power
الشغل	Work
الزمن	Time
القوة	Force
الازاحة	Displacement
السرعة	Velocity

استناداً الى هذا القانون يمكننا ان نتوصل الى حقيقة مفادها ان فعل تأثير القوة يكون أكبر عندما تؤدى الحركة بسرعة (بفترة زمنية قصيرة)، أي أن هناك تناسباً طردياً بين قدرة الشخص وسرعة الحركة، لذا ينبغي على الرياضيين والمدربين أن ياخذوا بنظر الاعتبار الفترة الزمنية التي تتم فيها الحركة الفعلية كما في حركة النهوض في العالي والعريض، حيث يجب ان تكون الفترة الزمنية قصيرة جداً كي يتحقق مبدأ القوة المميزة بالسرعة والتي ترمي الى استخدام أقصى قوة باقصى سرعة ومن الضروري أن يتمتع الرياضي بهذه الصفة في الفعاليات التي تتطلب سرعة الحركة.

الطاقة Energy:

هناك عدة أشكال للطاقة (حرارية – ميكانيكية – كهربائية – صوتية – شعاعية... الخ) ويمكن أن تتحول الطاقة من نوع الى اخر كالحصول على طاقة ميكانيكية من خلال التفاعلات الكيميائية التي تحدث في العضلات خلال أداء الفعاليات الرياضية والذي يهمنا في هذا المجال هو الطاقة الميكانيكية، فعند أداء الرياضي لحركة معينة فأنه يمتلك طاقة ميكانيكية.

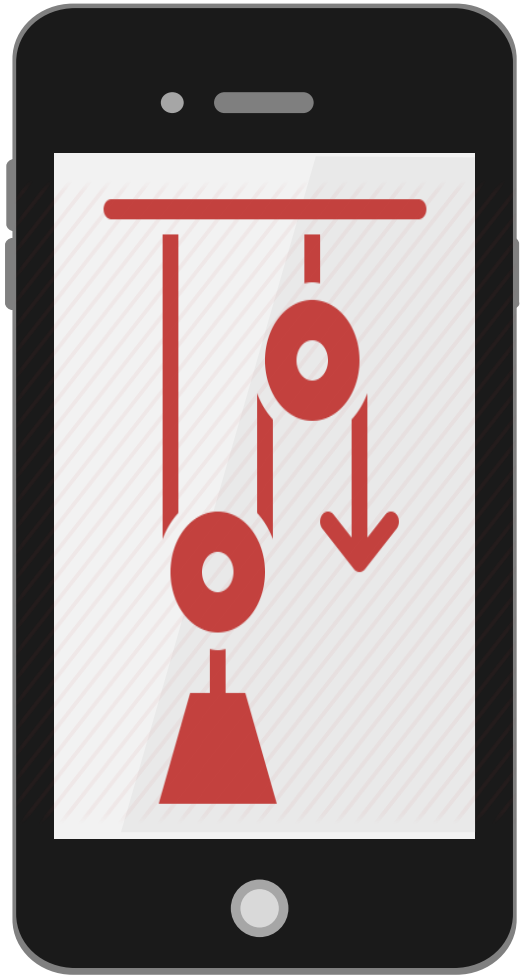
الطاقة الميكانيكية: تعني إنجاز شغل معين للجسم من خلال ما يمتلكه من طاقة ولكن تختلف هذه الطاقة التي يمتلكها الجسم بإختلاف وضعه اثناء الحركة وكما يأتي:

الطاقة الحركية: وهي تلك الطاقة التي يمتاز بها الجسم عندما يكون في حالة حركة، فأنه يمتلك طاقة تدعى بالطاقة الحركية ويختلف مقدار هذه الطاقة تبعاً لاختلاف كتلة الجسم المتحرك وسرعته أثناء الاداء.

الطاقة الحركية KE= 1/2 × الكتلة m × السرعة V^2

الطاقة الحركية	Kinetic Energy
الكتلة	mass
السرعة	Velocity

وتقاس الطاقة بوحدات الكتلة (Kg) ووحدات السرعة (m/ s) وتسمى بوحدة Joule ، أي وحدة قياس الشغل نفسها.



الطاقة الكامنة (طاقة الوضع): ويقصد بها الطاقة التي يمتلكها الجسم في وضع معين أثناء السكون عندما يكون في وضع معين، ولها أشكال متعددة مثل الطاقة المطاطية (تستخدم في التدريب بالحبال المطاطية) والطاقة الكامنة للجاذبية الارضية، وكذلك يتضح لنا تحول الطاقة من شكل الى أخر في حال لاعب الجمباز اثناء دورانه على العقلة فعندما يكون اللاعب في حالة حركة فأنه يمتلك طاقة حركية وما ان يصل الى الاعلى (وضع الوقوف على اليدين على العقلة) فأن جميع الطاقة التي يمتلكها تصبح طاقة كامنة ثم تتحول مرة اخرى الى طاقة حركية عند الاستمرار بمتطلبات الحركة.

الطاقة الكامنة PE= وزن الجسم Wt× الارتفاع h

الطاقة الكامنة	Potential Energy
وزن الجسم	Weight
الارتفاع	High

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؛ مباديء 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 البايوميكانيك: (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