ماهية القوة ميكانيكياً وتطبيقاتها في المجال الرياضي

What is force mechanically? and its applications in the field of sports

Prepared by:

Prof. Ahmed Waleed Abdulrahman

High Studies (Ph.D) 2020 – 2021

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:

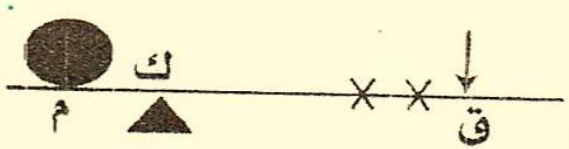
1. تكسب الجسم حركة
2. توقف حركة الجسم
3. تغير إتجاه حركة الجسم
4. تقلل أو تزيد من سرعة الجسم
5. موازنة تأثير قوة اخرى لغرض إبقاء الجسم في حالة ثبات.

F	Force
m	mass
a	acceleration

- 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:
- **القوة(F)= الكتلة(m) × التعجيل(a)**.. كما هو الحال عند دفع ثقل أو سحب زميل أو رمي كرة.

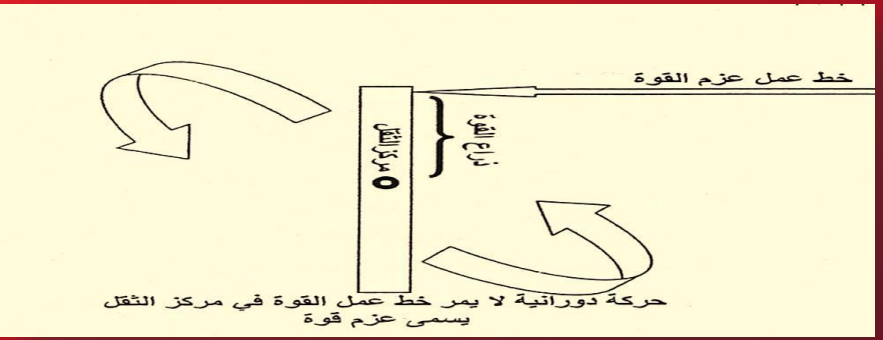
- التأثير الاستاتيكي الذي لايحدث عنه حركة عند إستعمال القوة.. كما في حالة دفع الحائط أو محاولة التغلب على ثقل كبير على الارض.
- لدراسة القوة ككمية ميكانيكية.. يجب ذكر خصائص (مواصفات) القوة أي وصف كمي لها وهذا يتضمن: مقدارها – إتجاهها (خط عملها) – نقطة تأثيرها.

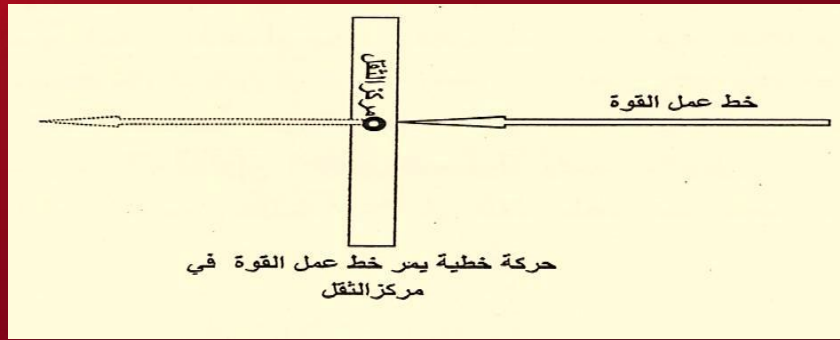
يبين الشكل مقدار القوة من خلال طول السهم الممثل لها
وإتجاه القوة (خط عملها) من خلال رأس السهم



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:

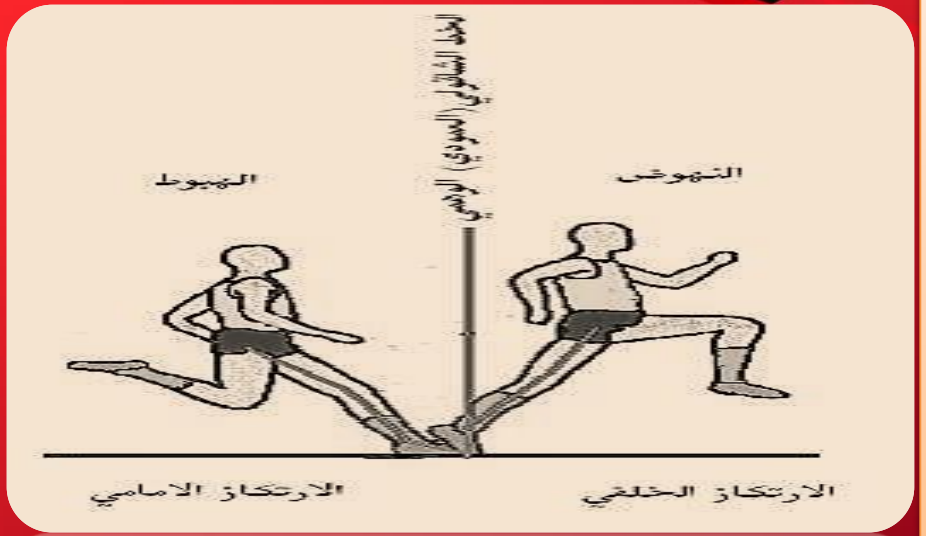
- في في جميع مفاصل الجسم في المهارات الرياضية:
- استخدام المفاصل من الكبير الى الصغير يسهم في تسريع العمل الحركي.
- استخدام المفاصل من الصغير الى الكبير يسهم في إبطاء الحركة.

- 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)= (V1 –V2)/ الزمن (t)
- يتم التعويض عن التعجيل في المعادلة (2)
- الدفع (Impulse)= الكتلة (m) × (V1 –V2)/ الزمن (t) × الزمن (t).....(3)
- يتم إختصار الزمن (t) في المعادلة (3)
- إذن: الدفع (Impulse)= الكتلة (m) × (V1 –V2)
- أي أن الدفع يساوي التغير في الزخم

تطبيق رياضي (مؤشر رياضي) عن الدفع:

كلما كانت قيمة التغير في الزخم موجبة، فإن ذلك يعني ان دفع القوة كبيراً وأن تغير الزخم كان نحو تحقيق سرعة اكبر، والعكس صحيح وهذا يمكن أن يكون مؤشراً تدريبياً يعطي فكرة عن كمية الدفع الذي يحققه اللاعب أثناء الارتقاء، مثلاً في حركات التهديف في بعض الالعاب أو في لحظات الارتقاء في فعاليات القفز بألعاب القوى أو في الحركات المشابهة، ولنأخذ المثال الاتي:

لحظة الدفع للارتقاء بالوثب الطويل مثلاً فأن دفع القوة هنا يكون:



الدفع (Impulse)= الزخم الثاني – الزخم الاول
فلو كانت كتلة اللاعب kg70 والسرعة الاولى لحظة مس القدم الارض قبل الارتقاء s/m8 والسرعة التي ينطلق بها العداء بعد الارتقاء s/m5، فأن دفع القوة يكون هنا (70×5) – (70×8) ويساوي (- s/m.kg210)، وهذه القيمة تدل على ان دفع القوة كان غير مناسب.

أما اذا كان العكس، أي أن السرعة الثانية هي s/m8 والسرعة الاولى s/m5، فأن دفع القوة يكون (+ s/m.kg210) وهي تدل على ان دفع القوة كان عالياً، وأن التأثير إيجابي في الحصول على تزايد في السرعة بسبب بذل قوة أكبر لحظة الدفع.

إن هذا المؤشر يعطي دلالة للمدرب عن كمية دفع القوة المطلوبة والتي يجب على اللاعب أن يطبقها في حركات متعددة، كحركات (الدفع عند الركض السريع – حركة الارتقاء للتهديف بكرة اليد أو السلة أو الكبس بالكرة الطائرة... الخ).

أهمية تطور دفع القوة في التدريب الرياضي:

- **يظهر التأثير المباشر لهذه القدره في كل المهارات الرياضية لمختلف الفعاليات والالعاب، والتي تحدث فيها عملية وثب، ومن المنطقي ان تكون هذه القدرة (دفع القوة) احد العوامل المحددة للمستوى في هذه الالعاب وبذلك تشكل أحد اهداف التدريب الرئيسية، ويؤدي أي تقدم يحدث في دفع القوة الى تقدم في مسافة أو ارتفاع الوثب، ويمكن التفريق بين ثلاثة تأثيرات مباشرة لدفع القوة وكما يأتي:**
- **1.ان تطور دفع القوة من خلال التدريب يؤدي الى حدوث زيادة في مسافة أو ارتفاع الطيران وهذا ايضا يرجع الى تقدم مستوى الصفات البدنية بشكل عام، مثل الوثب العالي والوثب الطويل والثلاثية.**
- **2.إن تطور دفع القوة يؤدي أيضاً الى زيادة مسار الطيران للجسم والذي يشكل احد المقاييس التي تدل على تطور دفع القوة، حيث يشكل استمرار طيران الجسم والحركات الصعبه التي يؤديها اللاعب خلال هذا المسار** دليلا على مقدار دفع القوة الفعال الذي بذله اللاعب، مثل قفزة الحصان ووثبات الجمناستك الأرضي والوثب طويل.
- 3.قد يوفر دفع القوة الفعال قفزه بارتفاع عمودي كبير وبالتالي تهيئة ظروف مناسبة لاداء بعض المهارات مثل مهارة التصويب مع القفز بكرة السلة، وكرة اليد، والضربة الساحقه، ومهارة الصد والارسال الساحق بكرة الطائرة، وضرب الكرة بالرأس، والقفز لمسك الكرات العالية لحامي الهدف بكرة القدم.

س/ – علل – وضح لايتوقف مستوى تدريب هذه القدرة (دفع القوة) على مستوى القوة الحركية للعضلات المادة الرجلين.

ج/ يعتمد على نوع التدريبات المطبقة، وفي جميع الأحوال يجب ملاحظة الامورالتي تخص الجانب الميكانيكي عند تدريب هذه القدرة.

س/ وضح أهمية التدريبات الارتدادية في مبدأ دفع القوة وعلى ماذا ترتكز؟

ج/ تلعب التدريبات الارتداديه دورا هاما في تحديد مستوى هذه القدرة، وتعتمد على:

1.ارتباط عمليتي الامتصاص والدفع عند اداء هذه التدريبات 2.عمل الذراعين بما يحقق انتقال الزخم المتولد فيهما الى الجذع 3.تحديد الزوايا المناسبة لباقي أجزاء الجسم بما يحقق اقل قيم لعزوم قصور الجسم الذاتية.

س/ على ماذا تدل تطور قدرة الارتداد؟
ج/ تدل على ان اللاعب يفقد سرعه اقل خلال عملية الارتقاء عن السرعة التي حققها بالاقتراب، حيث دلت نتائج بعض البحوث ان لاعبي الوثب الطويل ذوى المستوى الافضل يتفوقون على اولئك من ذوي المستوى الاضعف في هذه الناحية (اي تغير الزخم سلبيا)، وطبقا لنتائج تلك الدراسات فأن مجموعة ذوي المستوى الافضل يفقدون من سرعتهم خلال عملية الارتقاء بمقدار s/m0,55،أما المجموعة الثانية (الأضعف) فيفقدون من سرعتهم بمقدارs/m0,75، وهذا يدل على ان التغير في الزخم يكون باقل قيمه للمجموعة الاولى، حيث ان كتلة الجسم تعتبر كمية شبه ثابته ولاتدخل في بشكل مباشر في كمية فقدان السرعة ، وانما الذي يؤثر تأثير مباشر هو مقدار دفع القوة والذي يعني تناسب عكسي بين القوة المنفذة وزمنها والذي يتناسب طرديا مع تغير الزخم.

إن دفع القوة عبارة عن قدرة ميكانيكية مركبة يشترك في تطويرها الأسس التدريبية الاتية:

* تدريبات لتطوير ردود أفعال عضلات الرجلين (جميع تدريبات القفز الارتدادي).
* مقدار القوة النسبية لعضلات الرجلين (باستخدام أوزان مضافة).
* المرجحات المساعدة والتي تهدف الى نقل الزخم للجسم (التأكيد على السرعة الزاوية وانسيابيتها بين أجزاء الجسم أثناء الأداء).
* الأداء الفني من خلال اتخاذ الزوايا المناسبة التي تعطي اقل قيم لعزوم قصور الجسم الذاتية
* (في مفاصل الوركين والركبتين والكاحل وزوايا الذراعين ووضع الجسم ككل).
* إيجاد المسار الحركي الصحيح الذي يحقق طريق للتعجيل وبتوافق مثالي مع دفع القوة.

أهم التدريبات المستخدمة لتحقيق الاسس التدريبية أعلاه:

وثبات عمودية وافقية بوزن الجسم او باضافة اوزان بنسب محددة.

وثبات وحيدة (وثب طويل من الثبات) اومتكرره (وثب ثلاثي من الثبات).

وثبات بقدم أو بالقدمين (بلايومترك).

وثبات بدون حركات مساعدة (بدون مرجحات).

وثبات بدرجة امتصاص بسيطه وعاليه (على الصناديق).

وثبات على قاعدة ذو ارتداد صلب (الارض، ارض خشبية) أوقاعدة مرنه (ترامبولين، حشيش، اسفنج).

ويجب ان تكون التدريبات وفق الاداء الحركي للمهارة، حيث تكون بعض الوثبات بالاتجاه العمودي فقط (مثل الكرة الطائرة والتهديف بالسله) ويغلب الاتجاه العمودي مع تحقيق مقادير قليله بالاتجاه الافقي كما في (الوثب العالي والزانة) بينما يكون الاتجاه الافقي في البعض الاخر سائدا بشكل اكبر كما في (وثب طويل، ثلاثي ، حالات التهديف باليد ..الخ).

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 (كغم.م/ ث).

كمية الحركة (M)= الكتلة (m) × السرعة (V)

كمية الحركة	Momentum
الكتلة	mass
السرعة المتجهة	Velocity

مثال/ عداء كتلته (kg75) يركض بسرعة (s /m5).. إحسب كمية الحركة.

الحل/

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:

القوة (F)= الكتلة (m) × التعجيل (a)

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

$$(F) = m \times (V1 - V2) / (t1 - t2)$$

$$(F) = (V1m - V2m) / (t1 - t2)$$

(F)= التغير في الزخم/ التغير في الزمن

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

*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 (V1m × V2m).. 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 (s /m8).. 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 (s /m11).

ج/

(M)الكلي= (m اللاعب + m المضرب) × (V) اللاعب

(M)الكلي= (kg75 + kg0,5) × s /m8 =s /m.kg604

(M)للذراع= (m الذراع + m المضرب) × (V) الذراع

(M)للذراع= (kg3,675 + kg0,5) × s /m11 =s /m.kg45,925

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.

س/ قافز عريض تبلغ كتلته 70كغم، كانت سرعة الاقتراب 10م/ ث، وبلغت السرعة الافقية في لحظة الدفع 8,8م/ ث والسرعة العمودية في لحظة الدفع 3,4م/ ث، وكانت زاوية انطلاقه 21درجة.. علماً ان جتا21= 0,933...فأن كمية الحركة لحظة الدفع تساوي؟؟؟

الضغط (Pressure):

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

الضغط (P)= القوة (F)/ المساحة (A)

الضغط	Pressure
القوة	Force
المساحة	Area

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= 100Cm^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 (4Cm^2)، ومساحة المنطقة لحذاء المشي الاعتيادي المستوي (175Cm^2).. أوجد:
1.قيمة الضغط المبذول بواسطة كل حذاء 2.مقارنة بكمية الضغط بواسطة كلا الحذائين.
ج/

الشغل (Work):

هو عبارة عن حاصل ضرب القوة في الازاحة.. وهو كمية متجهة لان القوة والازاحة كميتين متجهتين.

الشغل (w)= القوة (F) × الازاحة (D)

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 Cm^2

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 (جول) مقسومة على وحدة الزمن (ثانية) فتسمى وحدة القدرة (واط).

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.

المصادر

.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