خصائص ومؤشرات القوة

(القوة الميكانيكية – عزم القوة ودفع القوة وعزم دفع القوة – شغل القوة وقدرة القوة – وقوة الاحتكاك والقوة الطاردة المركزية)

المحاضرة (6)

أ.د. صريح الفضلي

آب 2005

خصائص ومؤشرات القوة:

من المعروف إن حركة الجسم يمكن إن تحدث بفعل (تحت تأثير) القوى المحركة المطبقة عليه ، أو بدون هذه القوى المحركة (بالقصور الذاتي) ، وعندما تكون القوة المعيقة هي القوة المطبقة فقط والقوة المحركة لا تطبق دائما ، فلا توجد حركة بدون القوى المعيقة.

فالتغير في الحركة يحدث من خلال تأثير القوى ، وفي ذلك تنحصر فكرة الجزء الثاني من القانون الأول لنيوتن عن تغير الحركة تحت تأثير القوى المطبقة ، وبكلمات أخرى يمكن القول أن القوة ليست سبب الحركة ، ولكنها سبب التغير في الحركة ، وأن خصائص ومؤشرات القوى تكشف عن العلاقة بين تأثير القوى وبين التغير في الحركة.

القوة وعزم القوة:

القوة (**F**)– هي مقياس التأثير الميكانيكي لجسم على جسم أخر ، وهي تعين حسابيا كناتج حاصل ضرب كتلة الجسم ((**m في تعجيله** (**a**) المكتسبة نتيجة هذه القوة :

$$\mathbf{F= m.a}$$

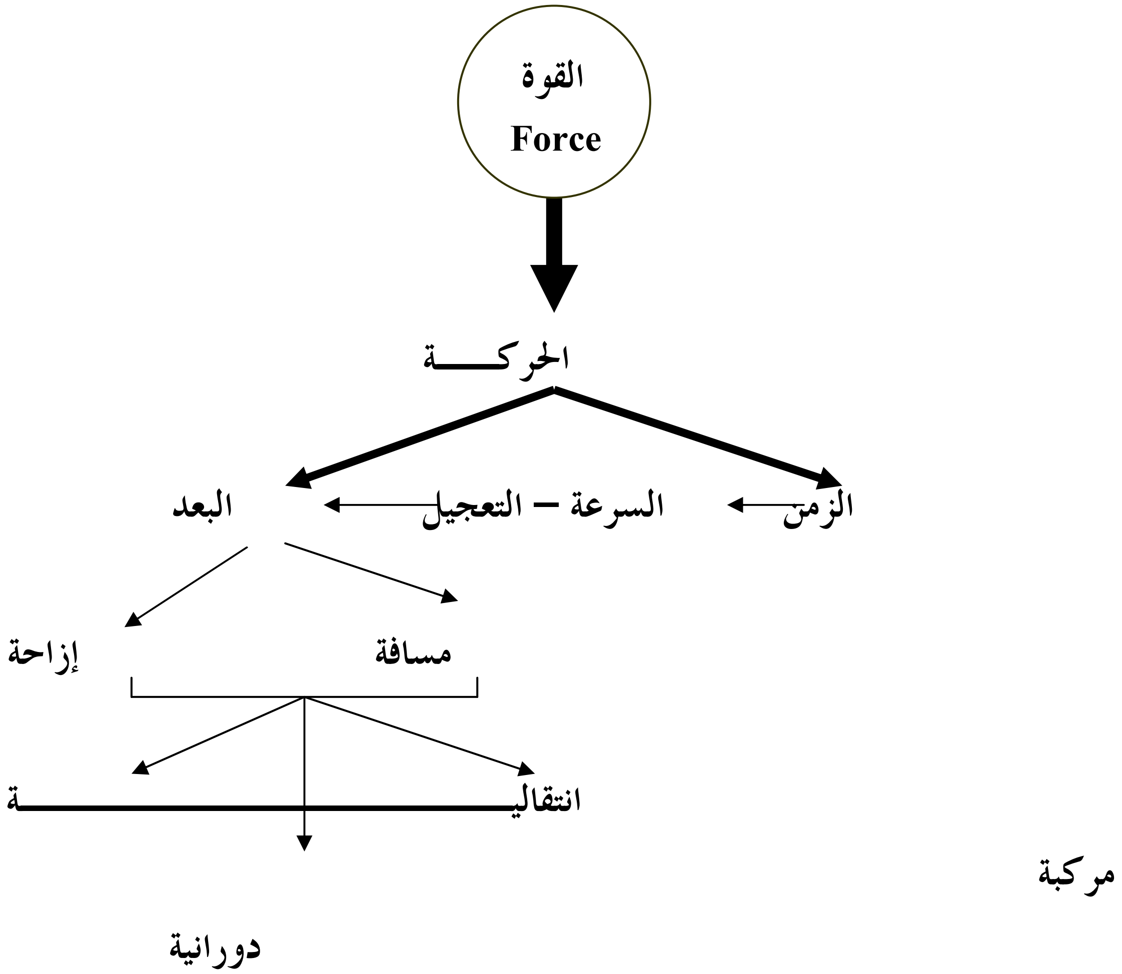
وقياس القوة ، مثلها في ذلك الكتلة ، يتأسس على القانون الثاني لنيوتن ، فالقوة المطبقة على جسم معين ، تسبب في إكسابه التعجيل . أما مصدر هذه القوة ذاتها فمن جسم آخر، وبالتالي يكون تأثير (او تفاعل) متبادل بين جسمين.

وهذه الصورة (أو الشكل) يكون لدينا "فعل أو تأثير " الجسم الثاني على الجسم الأول "ورد فعل أو تأثير مضاد" للجسم الأول مطبق على الجسم الثاني.

ونظرا لان الفعل ورد الفعل مطبقان على جسمين مختلفين ولايمكن جمعهما كقوتين ، لذا يجري إحلالهما بمحصلة.

وحيث ينص قانون نيوتن الثالث على أن" لكل فعل رد فعل مساو لـــه في المقـــدار ومضاد له في الاتجاه " لذا يكون تأثير جسمين كل منهما على الآخر دائما مساو ومضاد في الاتجاه.

الشكل 1 يوضح قوانين نيوتن الثلاث في القوة حيت يتضح من خلال هذا الــشكل إن الحركة تبنى على أساس القوة المسببة لها ، فإزاحة الجسم او جزء الجسم يوصـــف علـــى أساس المسافة او البعد واتجاه هذه الإزاحة ، والتي تظهر فيما أما على شكل حركة انتقالية أو دورانية (زاوية) أو مركبة .

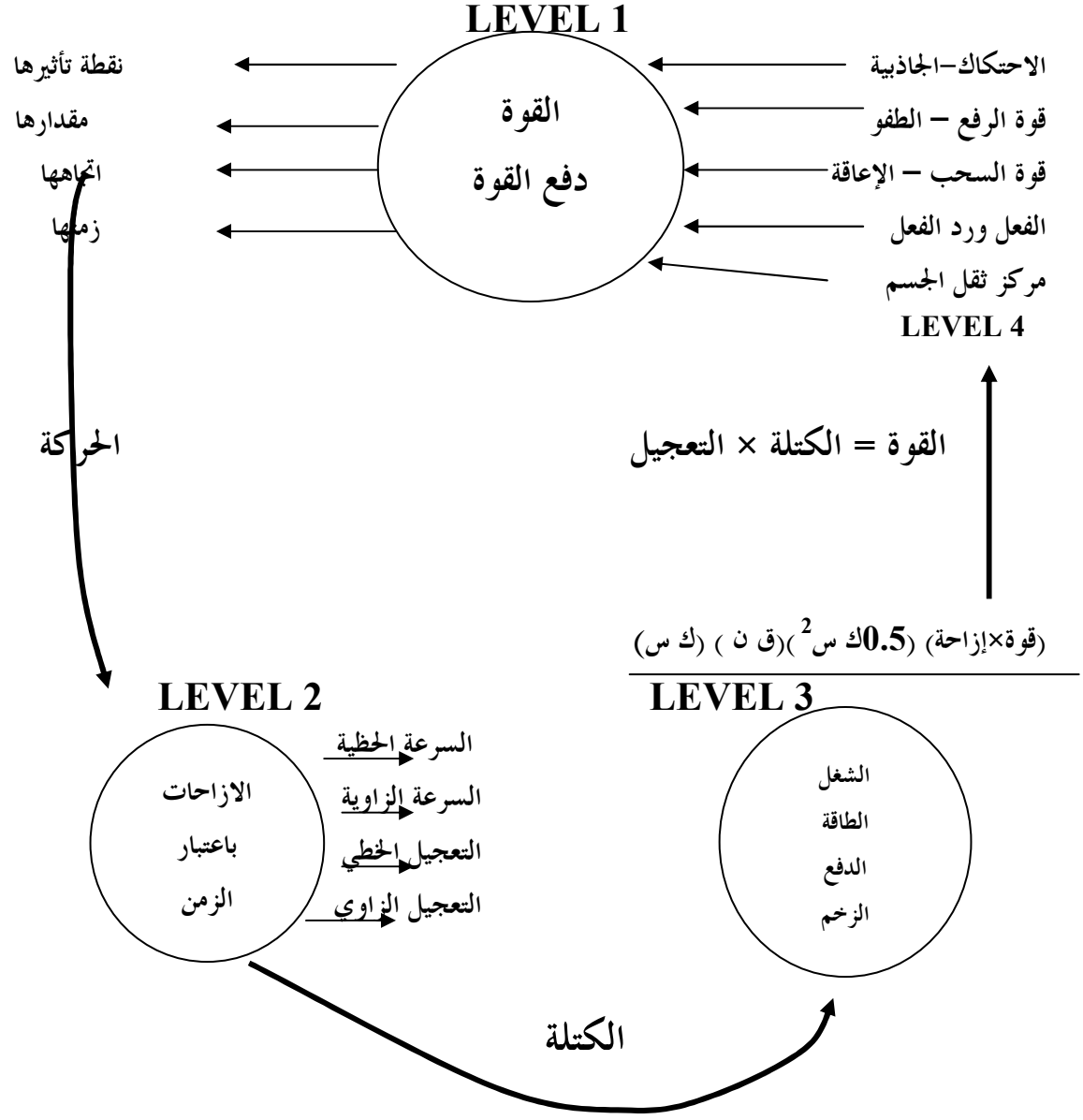


شكل 1 يوضح قوانين نيوتن

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

وعلى هذا الأساس فان المصطلحات الميكانيكية التي تدخل تحت خصائص القوة تبينـــها المستويات التالية والتي ظهرت بالمخطط 1 التالي:

- المستوى الأول – القوة ومواصفات
- المستوى الثاني – الازاحات باعتبار الزمن والتي تسببها القوة
- المستوى الثالث – القوة والكتلة
- المستوى الرابع – أنواع القوى المتحققة



مخطط 1 يبين مستويات ظهور القوة وتأثيرها في تطبيقات القوانين الأخرى والحركات

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

أن قانون نيوتن في التعجيل والذي أعطى استنتاجات علمية عديدة يمكن ان نصوغ منه قواعد لبيان أهمية تطبيق هذا القانون في التدريبات والتمارين الرياضية وكما يلي:

- مع **ثبات الكتلة** ،فأن **زيادة القوة تعني زيادة تعجيل تلك الكتلة** التي تمثل جسم اللاعب. (مثلا، من اجل الحصول على مسافة ابعد في رمي الثقل أو تحقيق مسار طيران عالي وبعيد عند التهديف البعيد بكرة السلة أو عند المناولة البعيدة بكرة اليد او عند ركلة رمية المرمى بكرة القدم ، يتطلب ذلك زيادة القوة لان الأداة هنا ثابتة الكتلة) وتطوير القوة في العضلات العاملة يتطلب استخدام أوزان مضافة لاجزاء الجسم العاملة لتمثل مقاومة لهذه العضلات من اجل تطوير كفاءتها.
- مع **ثبات القوة** ، فأن **نقصان الكتلة يعني زيادة تعجيل هذه الكتلة** أيضا.وفي هذا المجال يمكن استخدام الكرات الطبية الأقل وزنا من الأداة في مختلف الألعاب التي تستخدم الأداة في مبارياتها ، ككرة القدم واليد والسلة والطائرة والعاب المضرب والعاب الرمي بالعاب القوى ، وفي ذلك يدخل تطوير الشعور العضلي وقدرة الإحساس بالحركة ضمنا عند التدريب بهذه الأوزان.
- أن وجود تعجيل تزايدي كبير أو تناقصي كبير يعني **وجود قوة كبيرة مفاجئة ومسببة لهذا التعجيل**، مثلا عند نزول المنحدرات فقوة الجاذبية تعد قوة كبيرة تسبب في زيادة تعجيل الجسم أو سحب الجسم بسرعة أعلى من سرعته الحقيقية ، أو إجراء تدريبات الهبوط والتي تتطلب استخدام قوة قليلة بزمن طويل من اجل العمل على تحقيق تعجيل تناقصي للجسم بعد الهبوط من الأجهزة. أو عند تحقيق دفع قوة كبير بأقل زمن ممكن فمثلا لاعب الوثب الطويل ، حينما تنخفض سرعته لحظة لمس القدم للارتقاء ولنفرضها (**10.7 م/ث**) **بمقدار 0.7 م/ث في زمن قدره (0.1 ث) فأنه يتحرك بتعجيل متوسط قدره 7 م/ث ^{2} ، وبافتراض إن كتلة اللاعب 80 كغم ، فهذا يعني أن متوسط القوة لتحقيق ذلك هو 80 كغم × 7 م/ث ^{2} = 560 نيوتن.**

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

دفع القوة :

كما ذكرنا سابقا في محاضرة سابقة فأن دفع القوة يعبر عن مقياس تأثير القوة على الجسم خلال الفترة الزمنية المعطاة (وذلك في الحركات الانتقالية) ودفع العزم يعني مقياس القوة التي تبعد بمسافة عن محور دوران الجسم خلال فترة زمنية قصيرة (وذلك في الحركات الزاوية)، وهو يعادل في الفترة الزمنية النهائية تكامل محدد للدفوع الأولية (الجزئية) للقوة او لعزوم القوة، حيث تنحصر حدود التكامل بين لحظتي بداية ونهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة أو لعزمها.

وفي لحظة تزامن تأثير عدة قوى او عزوم قوى فأن مجموع دفوعها يعادل دفع محصلتها أو محصلة عزومها خلال نفس الزمن . حيث يكون هناك دفع لأي قوة ، مطبقة حتى ولو لاجزاء صغيرة من الثانية (مثلا – لحظة الارتقاء في الوثب الطويل)

دفع القوة بالذات يعين مقدار التغير في السرعة ، أما القوة نفسها فهي مسببة للتعجيل فقط باعتبارها معدل التغير في السرعة،

دفع القوة يعني (القوة في زمن تأثيرها) وهي تتحدد بالعلاقة (**ق × ن**)(**F . T**)، وهي لها علاقة بمقدار التغير في الزخم والذي يرتبط بكتلة الجسم وسرعته لحظة دفع القوة وكما يلي:

القوة = الكتلة × التعجيل ..... (1)

ولما كان التعجيل = التغير في السرعة في زمن معين (**التعجيل = س2 – س1 \ ن**)

آذن يمكن إن نكتب المعادلة (1) كما يلي:

القوة = الكتلة × س2– س1 \ ن

ومن المعادلة (1) عندما تكون السرعة الابتدائية صفرا كما في حالات الانطلاق من الثبات فان دفع القوة يساوي هنا

دفع القوة = السرعة \ الكتلة

ويبذل كل لاعب عند الركض قوة من الطرف السفلي وفي نفس الوقت تبذل الأرض قوة مساوية في المقدار ومضادة في الاتجاه وبالتالي يتحرك اللاعب اماما، هذا ما يسمى برد

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

فعل الأرض ويمكن التعرف عليه عن طريق أجهزة قياس خاصة منها منصة قياس القـــوة **Force Platform** ، ومثل هذا الجهاز يعتبر ذو فائدة كبيرة في قياس الأداء الفني .

يعرض نموذج لمنحنى القوة / الزمن لعداء حواجز عالمي

ويعتبر قانون رد الفعل صالحاً للتطبيق في جميع الحالات وفي كل الأماكن ، إلا أن بعض الأسطح (كالرمال) تمتص جزء من القوى المبذولة عليها ، فتغير شكل السطح يؤثر على بقاء جزء بسيط من القوى للعمل كقوة رد فعل تسارعية ، وذلك يوضح مدى صـــعوبة الركض على أسطح ناعمة كما يوضح لماذا تم تصنيع مجالات خاصة تعـــرف بمجـــالات الركض السريع للعدائيين.

وقانون الفعل ورد الفعل لا ينطبق فقط على دفع الأرض ، ولكن تأثيره يبدو واضحا في العديد من الجزاء الجسم عند أداء الحركات الرياضية ، فلاعب الحواجز ، عنـــدما يزيـــد سرعة رجل القيادة عند رفعها لاجتياز الحاجز فان ذلك يتطلب ثني الجذع للأسفل كـــرد فعل لذلك ، أو لاعب الجمناستك عند أداء حركات الكب ...الخ.

عزم القوة :

بالرغم من كثرة الحديث عن القوة ونتيجة تأثيرها (فعلها) فأن ذلك ينطبق فقط على ابسط الحركات الانتقالية للجسم أما حركات الإنسان كمجموعة أجسام ، حيـــث تكون جميع حركات أجزاء جسمه دورانية ، فأن التغير في الحركة الدورانيـــة لا يتعلـــق بالقوة بل بعزم القوة.

وعزم القوة – هو مقياس التأثير (أو الفعل) الدوراني للقوة على الجسم ، ويعـــين كناتج لحاصل ضرب متجه القوة في ذراع هذه القوة:

عزم القوة = القوة × ذراعها (بعدها عن مركز الدوران)

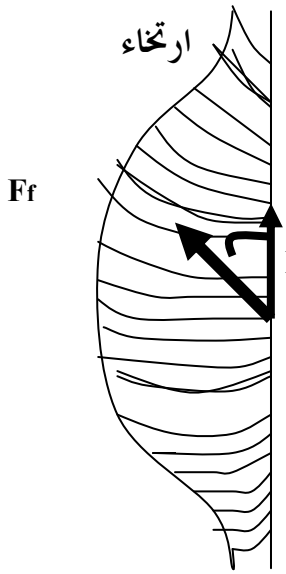
ويحسب عزم القوة موجبا عندما تسبب القوة دوران الجسم عكس اتجاه عقرب الساعة ، وسالبا عند دوراته في اتجاه عقرب الساعة(من جانب الفرد القائم بالملاحظة).

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

وعزم القوة – كمية متجه لها نفس مواصفات القوة الميكانيكية (أي له مقـــدار واتجاه ونقطة تأثير وزمن) إلا أن العزم له بعد(أي مسافة عمودية بين نقطة تأثير القـــوة ومحور الدوران) وتسمى بذراع القوة (في حالة المقاومة تسمى بذراع المقاومة) .

وقد سبق التكلم عن هذا الموضوع في محاضرة سابقة.

أما فيما يخص مقدار قوة الشد في الألياف العضلية فأن مقدار هذه القوة تعتمد على زوايا هذه الألياف وكما يلي:

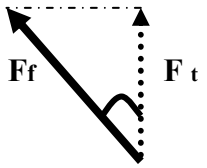


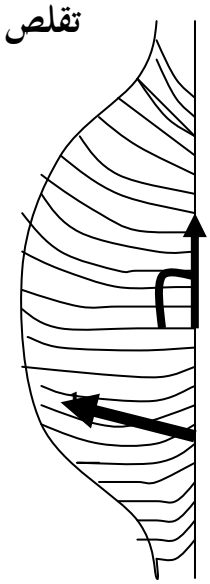
إذا كانت قوة الشد في الألياف النصف ريشية

هي 100 نيوتن

ما مقدار قوة الرباط الضام إذا كانت قوة الشد في هذه الألياف تعمل بزوايا

40 د ، 60 د ، 80 د





Ff=Ft cos.a

(a

cos. 40 = 76.6 N ×00

(b

cos. 60 = 50 N×100

Ff F t

(c

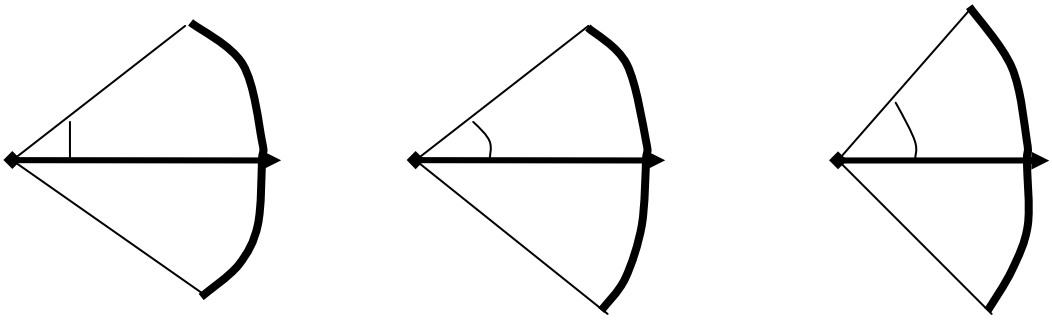
cos. 80 = 17.4 N×00

قوة الرباط الضام هو F t

قوة الرباط النسيج الليفي هو F f

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

إن ما تقدم يمكن ان يفسر لنا حالة مماثلة في المجال الرياضي ، حيث يمكن أن نشبه الألياف العضلية ، بقوة شد وتر السهم في رماية السهام ، أما قوة الرباط فيمكن تشبهه بالسهم نفسه ، حيث كلما قلت الزاوية بين الوتر (السلك المطاطي) والسهم ، فأن القوة الأفقية للسهم ستكون بأعلى قيمه ووفق لما تقدم ذكره من زوايا في الألياف العضلية أعلاه



زاوية الشد 80 درجة زاوية الشد 60 درجة زاوية الشد 40 درجة

حيث إن القوة التي ينطلق بها السهم تعتمد بشكل كبير قوة توتر السلك والزاوية بين السلك والسهم باعتبار ان قوة السهم تعتمد على جتا الزاوية بين السلك والسهم وقوة السهم وكما هي الحالة في العضلة الريشية التي مر ذكرها.

ومن اجل تطور القوة الخاصة بالألياف العضلية فيجب إن نعمل على زيادة شدة التدريب بمعدلات عالية والذي يعني زيادة كفاءة ألا نسجه والألياف العضلية وهذا يتم من خلال ما يأتي:

- **زيادة تردد دفع القوة بالنسبة الى الزمن.**
- **القدرة التزامنية للعمل العضلي.**
- **القدرة الانقباضية للألياف المثارة للعمل.**
- **زيادة قوة الانقباض العضلي بزيادة مساحة المقطع العضلي.**
- **ومن هذا المنطلق لابد وأن نتطرق قليلا الى ارتباط الجانب الحيوي (الفسيولوجي) بالقوة من الناحية البيولوجية والتي نتعقد إنها من أهم العوامل التي يتأسس عليه فعل القوة الميكانيكية للعضلات (الفعل العضلي الحركي) ، حيث إن هذه القوة تعتمد أصلا على الجوانب التالية:**

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

- **الجانب المورفولوجي : كيف تحصل عملية التقلص والاسترخاء العضلي وما دور الألياف العضلية، وماذا يحصل لها خلال هذه الفترة.**
- **الجانب الكيمياوي : ما مصدر الطاقة الكيميائية المسؤولة عن إحداث التقلصات العضلية، وماهي الطاقة الناتجة من عمليات التمثيل الغذائي ؟ ومن المسؤول عن الطاقة الميكانيكية اللازمة للعضلات.**
- **الجانب الميكانيكي : كيفية تحويل الطاقة السابقة الى طاقة حركية ميكانيكية؟**

في جميع التدريبات الرياضية هناك طاقة تستخدم لتنفيذ الجهد البدني في جسم الإنسان، وهذه الطاقة بدون شكك هي طاقة حيوية تتحول إلى طاقة ميكانيكية لازمة لاداء ذلك الجهد.

وتتولد الطاقة الحيوية في جسم الإنسان من خلال انشطار المواد الغذائية التي تعمل على إنتاج طاقة كيميائية يستخدم قسم منها في تكوين مركب **ATP** وتقوم خلايا الجسم بوظائفها اعتمادا على انشطار هذا المركب ، وهذه الطاقة تعتبر المصدر المباشر الذي تستخدمه العضلة في أداء شغل عضلي معين منها ويكون ذلك بالاعتماد على النبضة العصبية التي عند وصولها يحصل تغيير كيمياوي وتوزيع جديد لأيونات الكالسيوم الموجودة في ألياف العضلة الأمر الذي يؤدي الى فرق جهد كهربائي لتحرير أيونات الكالسيوم التي تقوم بتنشيط مركب **ATP** الذي ينفصل عن المايوسين ويكون نشيطا وفعالا نتيجة لذلك ويتحول الى طاقة و**ATD** ، وقد توصلت أحد الدراسات الحديثة بعد القيام بالعديد من التجارب واستخدام القوانين الميكانيكية الى بناء علاقة رياضية تبين الترابط بين الطاقة الحيوية والطاقة الميكانيكية لانتاج ما يعرف بدليل الكفاءة وكالأتي:

دليل الكفاءة = الطاقة الميكانيكية \ الطاقة الحيوية

ومن خلال هذه النسبة يمكن أن يمثل دليل الكفاءة مقياس للتأثيرات الخارجية المطبقة على الجسم (**كتلة الجسم وعلاقتها بالجاذبية وسرعة الجسم وعلاقتها بقوة الاحتكاك ومقاومة المقاومات الأخرى**) والتي تستدعي تغييراً في الحالة الحيوية للجسم

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

ولتحقيق دليل الكفاءة ينبغي احتساب الطاقة الميكانيكية (حركية وكامنة) عن طريق معادلات خاصة ، واحتساب الطاقة الحيوية (طاقة التمثيل الغذائي) ووفقا لنوع الطاقة المساهمة في الجهد البدني الذي يسبب إنتاج شغل القوة الخاص بالعضلات.

ومن جهة أخرى يمكن ان تكون المعادلة أعلاه بديلا عن اختبار **(170 pwc**) الذي يستخدم لتقدير الكفاءة البدنية لحالة الرياضي ، حيث ان النتيجة التي نحصل عليها من هذه المعادلة تعني ان زيادة الطاقة الحيوية (ناتج التمثيل الغذائي المتمثل بالسعرة الحرارية خلال القيام بجهد بدني معين) تعني ان ناتج الشغل العضلي المتمثل بالطاقة الميكانيكية الناتجة عن هذا الشغل يكون عاليا ، حيث تكون خطوات احتساب القياسات الخاصة بهذا القانون ليكون بديلا عن قانون**(170 pwc**) الذي يعتمد على معدل ضربات القلب والذي هو الآخر يتأثر بالحالة البدنية والنفسية والصحية والمرضية .....الخ، لايمكن أن يعطي الحالة التي تعكس الكفاءة البدنية التي يتمز بها اللاعب وفقط بالاستناد على معدل ضربات القلب ، ومن هذا المنطلق يمكن ان يكون القانون الذي تم ذكره والذي هو

دليل الكفاءة البدنية = الطاقة الميكانيكية \ الطاقة الحيوية

بديلا مناسبا عن قياس الكفاءة البدنية لاعتماد على مؤشرات حقيقية بدنية ميكانيكية وحيوية تعكس الكفاءة البدنية الحقيقية للاعب ، ولإيضاح ذلك نأخذ المثال التالي:

اذا كان ناتج التمثيل الغذائي عند الركض على جهاز السير المتحرك لرياضي **كتلته 70** كغم ويركض لمدة 3 دقيقة على هذا الجهاز هو **2000** سعرة حرارية ، وناتج الطاقة الحركية هو **2520** جول ، أما ناتج الطاقة الكامنة فهو **617.4** فناتج الكفاءة البدنية = **1.25** ، ويدل هذا الناتج انه كلما كان ناتج التمثيل الغذائي عاليا كان ناتج الطاقة الميكانيكية عاليا هو الآخر ، حيث ان هذه القيمة تدل ان ناتج الطاقة الميكانيكية يكون جدا مناسبا فيما يتم إنتاجه من طاقة حيوية تعكس الحالة المثالية للجهاز الحركي في التعامل مع الجهد البدني الذي يقوم به اللاعب. ويمكن قياس الشغل المبذول عند الركض على هذا الجهاز من خلال متغيرات معدل السرعة والمسافة العمودية بدلالة زاوية ميلان الجهاز

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

والتي تعبر عن كمية الطاقة المبذولة على هذا الجهاز خلال مدة الركض التي ينفذها الرياضي ، باعتبار ان شغل القوة = **1\2 ك س ^{2}** .

شغل القوة

شغل القوة – هو مقياس تأثير القوة على الجسم عند أزاحته لمسافة ما تحت تأثير هذه القوة.

وشغل القوة قوة متغيرة في الحركة الانتقالية لمسافة نهائية يأخذ العلاقة التالية

شغل القوة = القوة المبذولة × المسافة أو الإزاحة المتحققة التي يقطعها الجسم جراء تلك القوة.

ونظراً لان القوى في حركات الإنسان متغيرة عادة ، وأن حركة نقاط الجسم حركة خطية منحنية ، لذا يمثل شغل القوة مجموع عناصر الشغل لهذه النقاط. فإذا كانت القوة متجه في اتجاه الحركة (أو بزاوية حادة مع اتجاه الحركة) فأنها تنجز شغلا موجبا ، وتتزايد طاقة الجسم المتحرك . أما إذا كانت القوة متجه في عكس اتجاه الحركة (أو بزاوية منفرجة مع اتجاه الحركة) فإنها تنجز شغلا سالباً، وتتناقص طاقة الجسم المتحرك .

حيث إن الشغل هو المسبب الحقيقي لاكتساب الجسم الطاقة الحركية ، وبهذا فأن شغل القوة هنا يساوي الطاقة الحركية حيث إن:

الطاقة الحركية = 1\2 الكتلة × مربع السرعة

وبما أن ق = ك ج

ولما كان ج = س^2 \ 2م (س ^{2} = 2ج م)

إذن ق = ك × س^2 \ 2م

إذن ق م (شغل) = 1\2 ك س^2

أي إن الشغل = الطاقة الحركية

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

وشغل قوة ثقل الجسم عند القفز يعادل حاصل ضرب الوزن في فرق الارتفاع بين وضعيه الابتدائي والنهائي:

شغل القوة العمودي = الوزن × فرق الارتفاع

ولما كان الوزن = ك ج

شغل القوة العمودي = ك ج ع

وشغل قوة المرونة لبعض الأجسام (كعمود الزانة مثلا) أو(عند إطالة العضلة) عند إطالتها يساوي :

شغل القوة = معامل الصلابة × فرق الطول \ 2

وشغل قوة الاحتكاك يساوي

شغل قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك × القوة العمودية ×فرق المسافة

علما

إن معامل الاحتكاك = قوة الاحتكاك الأفقية \ القوة العمودية (وزن الجسم)

وقوة الاحتكاك في بعض الحالات تساوي قوة رد فعل الأرض والتي يكتسبها عند التثبيت المفاجئ للقدم والتي تمكن الجسم من اكتساب دفعا جديداً يساوي كمية حركته بالاتجاه المطلوب ، وهذا ما نطلق عليه حالات تغير الاتجاه المفاجئة (كالمرواغة) تحت تأثير القوة أو توزيعات القوى في المرواغة والتي تستخدم من قبل لاعبي كرة السلة واليد والقدم والطائرة والعاب المضرب.

يتضح مما تقدم ، إن شغل قوة الثقل ، وشغل قوة المرونة ، لا يتعلقان بشكل مسار الجسم ، أما شغل قوة الاحتكاك فيتعلق بطول مسافة الإزاحة ، وبشكل مسار الجسم .

أما في **الحركات الدورانية** فيتعلق **شغل القوة** بكل من **عزم القوة والإزاحة الزاوية** :

شغل القوة = عزم القوة × الإزاحة الزاوية

شغل القوة = ق × نق × الإزاحة الزاوية

إن التغيرات التي تحدث في الطاقة الحركية (على سبيل المثال) لها قيمتها الكبيرة من وجهة نظر كل من التمثيل الغذائي والعوامل البيوميكانيكية ، فحمل أدوات إضافية على سبيل المثال يؤدي الى حدوث تغيرات كبيرة في السرعة خلال حركات الرجلين ،

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

ففي الركض تتزايد سرعة القدمين الى ما يعادل ضعف سرعة الجسم خلال مرحلة المرجحة ، في حين تصل إلى الصفر لحظة اتصال القدم بالأرض، وتكاليف هذا التزايد او التناقص لأي كتلة مضافة للقدم هي في الحقيقة دالة للتغيرات التي تحدث في طاقة الحركة، حيث إن:

الطاقة الحركية = 0.5 ك س ^{2}

والشغل المبذول لأحداث أي تغير في السرعة خلال خطوة الركض يمكن حسابه عن طريق :

الشغل الأفقي= 0.5 ك (س ^{2} الاقصى – س ^{2} الأدنى)

وحقيقة العلاقة المربعة تفسر لماذا ترتفع تكاليف الطاقة عند إضافة وزن جديد للقدم ، فمعظم هذه التكاليف تتمثل في عملية رفع القدم وما يحمله من ثقل إضافي إلى ارتفاع يصل الى 50 سم خلال خطوة الركض ، حيث يمثل الشغل العمودي النسبة الأكبر لانه يتم ضد الجاذبية الأرضية ، ويمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية:

الشغل العمودي = الكتلة × التعجيل الأرضي × الارتفاع

والارتفاع هنا هو الارتفاع الذي يصل إليه القدم ، حيث إن هذا المقدار من الشغل هو المقدار المطلوب لرفع الرجل إلى الارتفاع المحدد ضد قوى الجاذبية الأرضية ، وهذا النوع من الشغل يعتبر أهم أنواع الشغل المبذول في معظم المهارات الرياضية. أما في الحركات الدورانية فتدخل الكتلة في تحديد مقدار الشغل المبذول المطلوب وكما يلي:

الشغل = 0.5 × عزم القصور الذاتي × كتلة الجسم المضاف^2

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

قدرة القوة

هي مقياس سرعة تزايد شغل القوة ، وتعادل قدرة القوة في اللحظة الزمنيـــة المعطاة – المشتقة من الشغل في الزمن:

القدرة = القوة × المسافة \ الزمن

وهذا يعني إن **القدرة = الشغل المنجز (شغل القوة) \ زمن إنجاز هذا الشغل**

أي إن القدرة تعني = القوة المبذولة × السرعة المتحققة

والقدرة في الحركات الزاوية = عزم القوة × السرعة الزاوية

وكل قوانين الشغل السابقة يمكن أن نقيس بها القدرة كلا حسب نوعه بتقيـــسم هـــذا الشغل على زمن أداء هذا الشغل.

وفي الميكانيكا يجري تعيين فاعلية تطبيق القوة من خلال معامل الكفاءة النسبية (معامل التأثير النافع) باعتباره النسبة بين الشغل المفيد او النافع الى إجمالي الشغل المبذول للقـــوى المحركة:

الشغل المفيد \إجمالي الشغل = معامل الكفاءة النسبية

وبهذه الصورة يمثل مفهوم الشغل مقياس للتأثيرات الخارجية المطبقة علـــى الجـــسم لمسافة معينة ،والتي تستدعي تغييراً في الحالة الميكانيكية للجسم.

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

الاحتكاك:

يدخل الاحتكاك كقوة إجبارية ضرورية ضمن مكونات المعادلات التي تفسر عـــدداً كبيراً من الاداءات الحركية الرياضية ، سواء كانت هذه القوة عاملاً معيقا أو مساعداً ، فالعداء على سبيل المثال يحتاج إلى درجة عالية من الاحتكاك بين حذاء الركض وســـطح مجال الركض لكي يحقق التعجيل المطلوب ، في حين إن لاعب الدراجات أو المتزحلـــق على الجليد يميل إلى تقليل هذا الاحتكاك ، حيث يكون في هذه الحالة معيقا للحركة.

ويمكن تفسير قوة الاحتكاك التي تعيق انزلاق لاعبي التزحلق مثلاً عن طريق المعادلة الآتية:

قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك × القوة العمودية (الوزن)

وترتبط قيمة معامل الاحتكاك بالنسبة بين القوة العمودية والأفقية ، فمـــثلا نقـــول أن معامل الاحتكاك (0.6) يعني إن القوة الأفقية تعادل 60 % من القوة العمودية ، حتى يمكن انزلاق الجسم ، أي بمعنى أنه لكي يتزلق الجسم فأنه يجب إن تكون القـــوة الأفقيـــة 60 % من القوة العمودية (الوزن) ، فمثلا إذا كان وزن اللاعب 800 نيوتن فأن القوة الافقيه اللازمة لانزلاقه = 480 نيوتن وهي تعادل 60 % ،أما القوة العمودية فيجب أن تكون 800 نيوتن.

وتنحصر قيم معامل الاحتكاك في معظم الأحذية الرياضية بين (0.6 -0.8) ولكن هذه القيم تزيد عن واحد صحيح في حالات الأحذية ذات المواصفات الخاصـــة في بعض الرياضات . ومن جانب آخر فان كتابة قيمة معامل الاحتكاك (ألينك **Uynik**) على نوعيات الأرضيات التي تصمم للملاعب أو مواد زيادة او تقليل الاحتكاك تعطـــي دلالة للمسؤولين عن التجهيز في معرفة أي المواد التي تكون افضل لتنفيذ الأداء الحركـــي للرياضيين عند القيام بأداء السباقات أو التدريب عليها .

وفي حالات أن يكون الجسم بوضع مائل فأن الاحتكاك الناتج يرتبط مقدار الزاوية :

قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك × كتلة الجسم × التعجيل الأرضي×جتا الزاوية

حيث تعمل قوى الاحتكاك على مقاومة الانزلاق وتقليل سرعة اللاعب في حالة الميـــل الشديد حتى مع ثبات معامل الاحتكاك.

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

أما في حالة الدراجات يمكن حساب القوة المطلوبة للتغلب علـــى احتكـــاك دوران الإطار عن طريق المعادلة :

قوة الاحتكاك = معامل الاحتكاك × القوة العمودية على السطح

وقد تمكن بعض الباحثين من حساب معامل الاحتكاك المرتبط بدوران الإطار من خـــلال بعض المعلومات المرتبطة بخصائص الإطار نفسه حيث:

معامل الاحتكاك = 0.07 × أقصى طول للمسافة بين مركزي الإطارين × 2× نصف قطر الإطار

القوة المعيقة

تتولد القوة المعيقة عند حركة اللاعب في وسط مائي او هوائي مما يتطلـــب ذلـــك مـــن اللاعب ان يبذل شغل عضلي للتغلب على هذه القوى المعيقة الناتجة عن هذا الوســـط ، ويمكن القول انه يجب على اللاعب ان يبذل شغلاً يعمل على تغيير او تفكيك كتلة هـــذا الوسط ، ويمكن حساب هذه القوة المعيقة عن طريق المعادلة:

القوة المعيقة = 1\2 × كثافة الوسط × مساحة السطح المعرض للإعاقة×معامل الإعاقة ×مربع السرعة

ومعامل الإعاقة سواء كان للعداء او لاعب الدراجات يساوي (**0.9**) أما مساحة السطح المعرض للإعاقة لنفس اللاعبين أعلاه فتكون **0.55** سم 2 أما كثافة الوسط (الهواء) فتساوي **1.25** كغم. م3

وتزيد كثافة الماء عن كثافة الهواء بحوالي ثلاثة أضعاف

ويمكن حساب معامل الإعاقة تجريبيا بالرغم من انه يعتمد على كميات غير متجهه.

ويمكن تقليل القوة المعيقة الناتجة عن الوسط في الركض او الدراجات بنسبة **10** % عن طريق اختيار الأدوات والملابس المناسبة .

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org

وتستخدم بعض الاستراتيجيات في حالات السباحة والتجديف ، حيث إن مقاومة الاحتكاك بسطح الجلد في السباحة يؤدي الى زيادة القوة المعيقة ، لذا فغالبا ما يستخدم السباحون الزيوت والدهانات وكذلك تغير شكل مقدمة القارب.

القوة الطاردة المركزية

يؤدي الركض في المنحنيات الى ظهور متغير فيزيائي يرتبط بكتلة اللاعب وسرعته ونصف قطر الدوران ، يعرف بالقوة الطاردة المركزية ، وهذه القوة تعتبر قوة معيقة للأداء، وتعمل باتجاه مركز الدائرة التي يتحرك فيها اللاعب.

ويلاحظ تأثير ذلك بوضوح في حالة متسابق الدراجات ومتسابق **200** متر ركض في المنحني ، حيث يقترب لاعب الدراجات بصدره من المقود ويميل إلى الداخل وكذلك لاعب **200** متر يغير من حركة ذراعيه ويميل بجسمه إلى الداخل للتغلب على هذه القوة ، ويمكن حساب هذه القوة عن طريق المعادلة

القوة الطاردة المركزية = الكتلة × السرعة الزاوية ^{2} × نق

وحيث إن السرعة الزاوية = السرعة المحيطية \ نق

أذن القوة الطاردة المركزية = الكتلة ×(السرعة المحيطية \ نق)^2 × نق

أذن **القوة الطاردة المركزية = الكتلة × السرعة المحيطية × نق**

أو **= ك × س ^{2} \ نق**

جميع حقوق النشر محفوظة للمؤلف وللاكاديمية الرياضية العراقية الالكترونية 2005
www.iraqacad.org