



البايوميكانيك وفلسجة التدريب Biomechanics and Training Physiology



Prepared by:

Prof. Dr. Ahmed Waleed Abdulrahman

Assist Prof. Dr. Mohammed Mutlak Badr

Postgraduate Studies (Ph.D)
2025 - 2026

مدخل:

- مصطلح الكفاءة العضلية او كفاءة الليفه العضلية، يعني قياس اقتصاد الليفه العضلية، وهذا بمعناه ان الليفه العضلية الكفوءة ستتطلب طاقة اقل لاداء مقدار معين من العمل مقارنة بالالياف الاقل كفاءة، وعمليا يتحقق ذلك من خلال قسمة ناتج الشغل المبذول (جول) على كمية الطاقة المستخدمة (سعة)،
- وقد دلت نتائج الابحاث على الحيوانات على ان الحد الاقصى لانتاج القوة بالالياف السريعه هي من
- 10 - 20 % اعظم من القوة المنتجة بواسطة الالياف البطيئة.
- الشغل والقدرة:
- يعرف الشغل بالعمل الناتج من القوة في المسافة
- العمل (Work) = $D \times F$
- لذا فعند بذل قوة 50 نيوتن (5 كغم) لقطع مسافة (2 متر) فان الناتج = $100 \text{ m} \cdot \text{N}$ أو $10 \text{ m} \cdot \text{Kg}$
- على ذلك فهناك جدول تحويل القياسات الشائعة الى مايقابلها من الوحدات الميكانيكية:

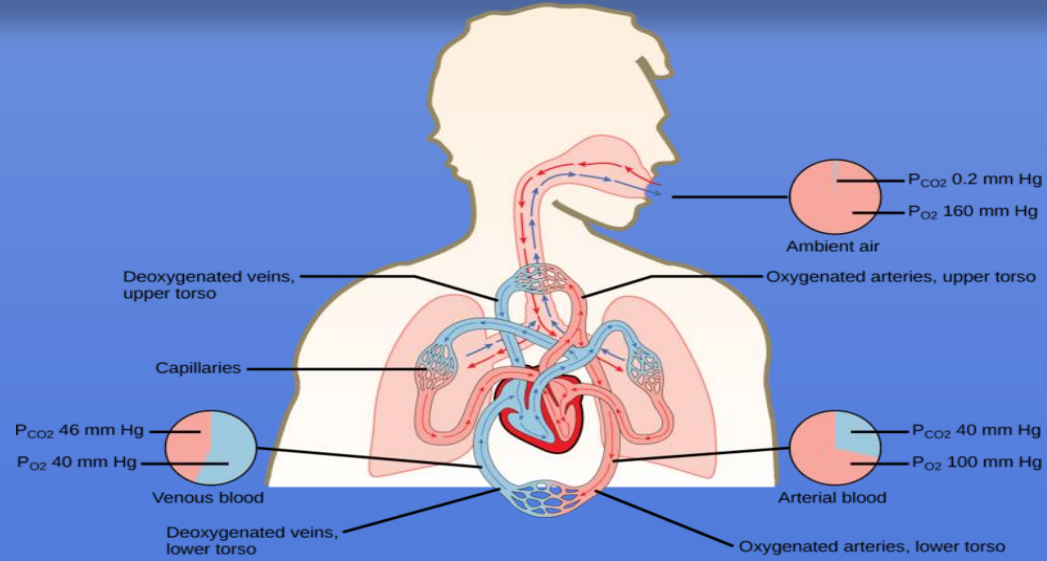
التحويلات	القياسات
4,2 كيلو جول	1 كيلو كالوري (سعة)
4,2 جول	سعة
745,7 جول	قوة الحصان

• تأخذ الطاقة (Energy) أشكالاً متعددة، منها الطاقة الكيميائية، والطاقة الكهربائية، والطاقة الكهرومغناطيسية، والطاقة الحرارية، والطاقة الميكانيكية، والطاقة النووية.. وطبقاً لقوانين الديناميكا الحرارية، فإن الطاقة لا تفنى بل تتحول من شكل إلى آخر، فالطاقة الكيميائية على سبيل المثال يمكنها أن تتحول إلى طاقة كهربائية تخزن في البطارية التي تستخدم بدورها لإنتاج الطاقة الميكانيكية، كذلك بالنسبة للعمليات الحيوية داخل الإنسان، حيث نجد أن الطاقة الكيميائية الموجودة على هيئة ثلاثي فوسفات الادنوسين (Adenosine triphosphate) أو فوسفات الكرياتين (Creatine Phosphate) تتحول إلى طاقة ميكانيكية على هيئة شغل ناتج عن انقباض العضلات وأخرى حرارية حرارة منبعثة من الجسم.

• أن مجمل الطاقة القادمة من مخزون الجسم من الكربوهيدرات لا تتجاوز 2000 سعة حرارية، معظمها يأتي من جلايكوجين العضلات، بينما يصل مجموع الطاقة الممكن الحصول عليها من الشحوم المخزنة في الجسم إلى قرابة 100 ألف سعة حرارية، وهي طاقة تكفي.



ويُعطي كل غرام من الدهون عند أكسدته بالكامل (أي حرقه في وجود الأوكسجين) طاقة حرارية تبلغ 9,4 سعرة حرارية، وهي أكبر مما يعطيه غرام واحد من الكربوهيدرات (4,1 سعرة حرارية)، لكن الدهون في المقابل تستهلك كمية أكثر من الأوكسجين عن حرقها واستخدامها كمصدر للطاقة داخل جسم الإنسان، الأمر الذي يجعل استخدام الكربوهيدرات كوقود أكثر اقتصادية من استخدام الدهون (أي أكثر توفيراً للأوكسجين)، وبالتالي تعطينا طاقة حرارية أكبر من الدهون مقابل استخدام لتر واحد من الأوكسجين، أما إذا كان الوقود خليطاً من الدهون والكربوهيدرات كما هو حاصل في معظم الأنشطة البدنية المعتدلة الشدة، فإن كل لتر من الأوكسجين المستهلك يعطي 20,3 كيلو جول في الدقيقة (4,85 كيلو سعرة حرارية).



- وحدة قياس الجهد البدني من الناحية الفسيولوجية هي السرعة
- وكل 1 سرعة تعادل J 4.2.
- كل جول هو $m \times N$
- اي ان كل سرعة تعمل على دعم بذل شغل او طاقة حركية تعادل J 4.2.
- اي اذا بذل رياضي J 300 عند اداء قفزه او جهد بدني معين فانه سيستهلك 71.43 سعره وبالمقابل اذا صرف رياضي 120 سرعة عند ادائه جهد معين فانه يبذل 504 جول
- من اجل ذلك يمكن ان تتحول الطاقة الحيوية (الطاقة التمثيلية المتولدة من الغذاء) الى طاقة اخرى هي الطاقة الميكانيكية وكما يأتي:
- ان الطاقة الحيوية التي يمتلكها لاعب السرعة يجب ان تسخر الى شكل اخر من الطاقة وهي الطاقة الميكانيكية، اذ ان الطاقة الميكانيكية تمثل ناتج الكفاءة البدنية \times الطاقة التمثيلية (الحيوية).
- اي ان الكفاءة البدنية = الطاقة الميكانيكية / الطاقة التمثيلية، ولما كانت الطاقة الميكانيكية تعني الشغل الميكانيكي الناتج من قوة العضلات لتحريك الجسم مسافة محددة وبأقل زمن ممكن، فان الطاقة التمثيلية تعني الشغل التمثيلي.





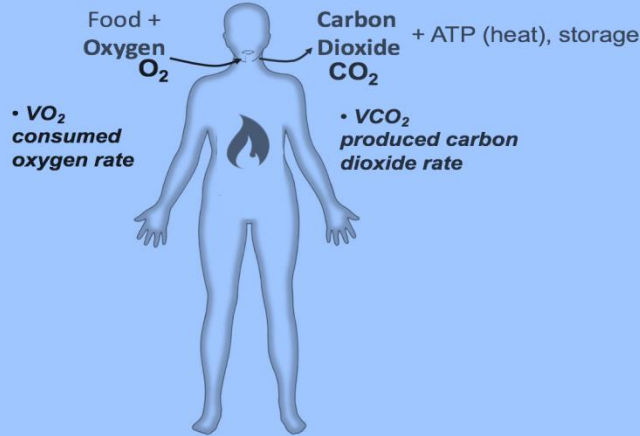
- تختلف حاجة الجسم من السرعات الحرارية بناءً على المتغيرات المذكورة أعلاه، وعليه يمكن تقسيم ذلك للأشخاص البالغين سواء الذكور أو الإناث منهم بناءً على طبيعة الجهد المبذول، والذي يمكن تقسيمه إلى:
- الجهد الخفيف: يقصد به العمل الموضعي الذي لا يحتاج إلى بذل مجهود بدني عالٍ مثلاً، وهو ما يتعارف عليه بجهد العمل المكتبي أو المنزلي؛ حيث يتراوح عدد السرعات الحرارية المطلوبة لهذا العمل ما بين (1600- 2500) سرعة حرارية يومياً.
- الجهد المتوسط: يقصد به العمل الذي يحتاج إلى حركة موضعية وتنقلية، ولكن دون بذل جهد بدني وقوة بدنية عالية مثل عمل العمل اليومي، والرياضة المعتدلة؛ حيث يتراوح عدد السرعات الحرارية المطلوبة لهذا العمل ما بين (1800- 3000).
- الجهد الكبير: يقصد به العمل الشاق الذي يحتاج إلى قوة ومجهود بدني عالٍ مثل: أعمال المهن الصناعية، والتدريب ذو الجهد العالي حيث يتراوح معدل السرعات الحرارية المطلوبة لهذا العمل ما بين (2200-3500) سرعة حرارية يومياً.

تغير الطاقة داخل جسم الانسان:

- هناك وحدات متعددة للطاقة والقدرة تستخدم للتعبير عنها في الجسم، وكمثال على ذلك، فان الفسيولوجيين يستعملون الكيلو كالوري (Kcal) للتعبير عن طاقة الطعام، وكذلك الكليوكالوري/ دقيقة للتعبير عن معدل الطاقة المنتجة .
- كما ان الوحدات الفيزيائية الاكثر شيوعا للتعبير عن الطاقة هي $m.N$ او J ، كما ان القدرة تعطى S/J او الواط (W). وتعتبر الوحدة الملائمة للتعبير عن معدل اختزان الطاقة داخل جسم الانسان (met) وتعرف وحدة ال (met) بانها تساوي 50كليوكالوري/ m^2 في الساعة الواحدة وفقا لمساحة سطح الجسم.
- بالنسبة للشخص العادي فان ($1met$) تساوي الطاقة المخزنة في الجسم في حالات السكون والاسترخاء، مع اعتبار ان مساحة السطح للشخص العادي هي ($2m1,85$) وان مساحة السطح بالنسبة للمرأة هو ($2m1,40$)
- لذلك فان ($1met$) عند الرجل عبارة عن 92 كالوري/ساعة (50كليوكالوري/ $m^2 \times 2m1.85$).



Resting Metabolic Rate (RMR) & Indirect Calorimetry



وكما هو معلوم ان التاكسد يتم ويحدث داخل خلايا جسم الانسان كما اثبتة العلماء، لذا فإن في حالات التأكسد بالاحتراق تنطلق الحرارة ، وفي عمليات التأكسد داخل جسم الانسان فإن الحرارة تنطلق كطاقة بناءة للبروتوبلازما، ويسمى معدل هذا الاحتراق (metabolic rate) اي معدل الايض او التمثيل الغذائي، وعلى هذا الاساس فان هذا المعدل له علاقة بمعدل الطاقة الميكانيكية التي ترتبط بتغير حركة الجسم اثناء الاداء والتي تعطي دلالة لكفاءة الجسم البدنية وفقا للمعادلة الاتية:

الكفاءة البدنية = الطاقة الميكانيكية / الطاقة التمثيلية

تقييم الركض اللاهوائي باختبار الركض السريع وقانون القدرة: Running based anaerobic sprint test (RAST)

- المتغير الفسيولوجي الذي يرافق التدريبات اللاهوائية هو (التعب) !
- كيف يمكن ان قياس مؤشر التعب باختبار الركض اللاهوائي السريع والقدرة؟
- قانون مؤشر التعب (دليل التعب) = (اقصى قدرة - اقل قدرة) ÷ مجموع الازمان
- من خلال قانون القدرة $3t \div 2d \times m =$
- ونطبق قانون القدرة على المثال الاتي:



يتبع



W 1008 إذا تكون القدرة لأول مسافة هي

W 869 للثانية

W 782 للثالثة

W 658 للرابعة

W 572 للخامسة

W 525 للسادسة

W 1008 أقصى قدرة

W 525 أقل قدرة

W 736 المتوسط الحسابي للقدرات

وصف الاختبار:

الركض القصوي 6 مرات لـ 35 m ، راحة بينهما 10 s .
قياس Mass اللاعب (76Kg).

القياسات الأخرى

Speed (s/m) - acceleration (s/s/m)

Force (acceleration × mass)

Power (s/m.N) او (mass ÷ distance² ÷ time³)

إذا كان زمن قطع أول 35m = 4.5 s

ثاني = 4.75 s

ثالث = 4.95 s

رابع = 5.21 s

خامس = 5.46 s

سادس = 5.62 s



دليل التعب = اكبر قدرة - اقل قدرة ÷ مجموع الازمان

$$s \ 30.48 \div W \ 525 - W \ 1008 =$$

$$s \ 30.48 \div W \ 483 =$$

$$s/W \ 15.8 =$$

اذا كان مؤشر التعب اكبر من $s/W \ 10$ فان ذلك دليل

الى حاجة الرياضي لتطوير قابليته اللاكتيكية.

اما اذا كان المؤشر اقل من $s/W \ 10$ فان القابلية

اللاكتيكية للرياضي جيدة وبالتالي انجازه جيد.

هذا الاختبار يصلح لجميع الالعاب بدون استثناء



- و يمكننا كخطوة لاحقة ربط ناتج مؤشر التعب هذا بمستوى الانجاز الرقمي او ربطها بتحقيق الهدف سواء كان مرتبط بالقدرة او بمعدل الانجاز مثل الدقة او الاستمرار بالأداء (خطة لعب من خلال جملة خطية) او كما في فعاليات الجمباز مثلا مرتبط بسلسلة حركية تامة.
- في مجال الميكانيكا الحيوية تقسم الحركات الى نوعين اساسيين الحركات الوحيدة (المنفصلة) و هي الحركات التي تظهر فيه اجزاء الحركة الثلاث التحضيرية و الرئيسي و الختامي بشكل واضح و لمرة واحدة، و الحركات المستمرة (المتصلة) التي تمثل مهارة متكررة الاداء بحيث يكون الجزء الختامي هو الجزء التحضيرية للحركة التالية.
- و طبعا هناك حركات مركبة تجمع بين النموذجين.
- و انطلاقا من ان مفهوم القدرة مرتبط بشكل اساسي بعامل الزمن او بعامل انتاج القوة اللحظية فيمكننا من خلال برامج التحليل الحركي الحاسوبية دراسة سرعة الانتقال بين اجزاء المهارة او اجزاء الجملة الحركية و يمكن هنا اعتبار القدرة مؤشرا للزمن او بالعكس فالحقيقة الاساسية ان كلما كانت المهارة تؤدي بسرعة مناسبة للهدف كلما تحقق هذا الهدف بفعالية اكبر او على الاقل سيصبح لدينا مؤشر رقمي للأداء المهاري يمكن تفسيره تبعا لأهداف مختلفة مرتبطة بعملية التعلم.

مقاربات فهم الشغل و القدرة الفيزيائية في التطبيقات الفسيولوجية

- يمكننا الآن و من خلال فهم فلسفة مفهوم الشغل الفيزيائي ان نتخيل الكثير من السيناريوهات الحركية-الرياضية التي يمكن تفسيرها انطلاقا من مفاهيم انتقال الجسم من نقطة الى أخرى نتيجة التأثير بقوة ما.
- فمن خلال حقيقة ان وحد قياس الجهد البدني فسلجيا هي السرعة.
- و بما ان الجول يساوي (نيوتن.متر) و هو وحدة قياس الجهد الميكانيكي.
- و كل 1 سرعة تعادل 4.2 جول كوحدة قياس ميكانيكي، أي ان كل سرعة تعمل على دعم شغل او بذل طاقة حركية تعادل 4.2 جول.
- فهنا نستطيع القول انه اذا بذل رياضي 300 جول عند أداء قفزة او جهد بدني معين فانه يستهلك 71.43 سرعة حرارية و بالمقابل اذا صرف رياضي 120 سرعة عند أدائه نشاط معين فانه يبذل 504 جول و وفق معادلة التحويل أعلاه (تحويل السرعة الى جول).
- يعرف الشغل على انه العمل و ناتج القوة مضروبة بالمسافة اما القدرة فهي النسبة بين الشغل المبذول الى زمن الأداء.
- فعند بذل قوة 50 نيوتن (5 كغم) لقطع مسافة 2 متر بزمن 0.5 ثا فان الناتج 100 نت.ثا (جول) كشغل او 10 كغم.متر أي ما يعادل 23.80 سرعة.
- من ما تقدم يمكننا الانطلاق لحل الكثير من المشكلات البحثية سواء المتعلقة بالمؤشرات الفسجلية التدريبية او المتعلقة بالصحة العامة و يمكن ايضا دمج مؤشرات النشاط القلبي كمحك مرجعي يثبت صحة الفرضيات المتعلقة بالنشاط البدني.

المصادر:

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؛ مبادئ 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).





- تذكير أساسي.....
- بأذن الله سبحانه سيكون امتحان النصف الثاني للكورس الدراسي الحالي في يوم الخميس المقبل الموافق 5 آذار..
- نتمنى التوفيق للجميع.



شكرا لطيب

الاستماع