البايوميكانيك وفسلجة التدريب
Biomechanics and Training Physiology



Prepared by:

Prof. Dr. Ahmed Waleed Abdulrahman

Postgraduate Studies (Ph.D)

2026- 2027



مدخل:

- مصطلح الكفاءة العضلية او كفاءة الليفه العضلية، يعني قياس اقتصاد الليفة العضلية، وهذا بمعناه ان الليفة 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 (سعرة)،
- 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) = F × D
- لذا فعند بذل قوة 50 نيوتن (5 كغم) لقطع مسافة (2 متر) فان الناتج = 100 N. m (J) أو 10m.Kg
على ذلك فهناك جدول تحويل القياسات الشائعه الى مايقابلها من الوحدات الميكانيكية:

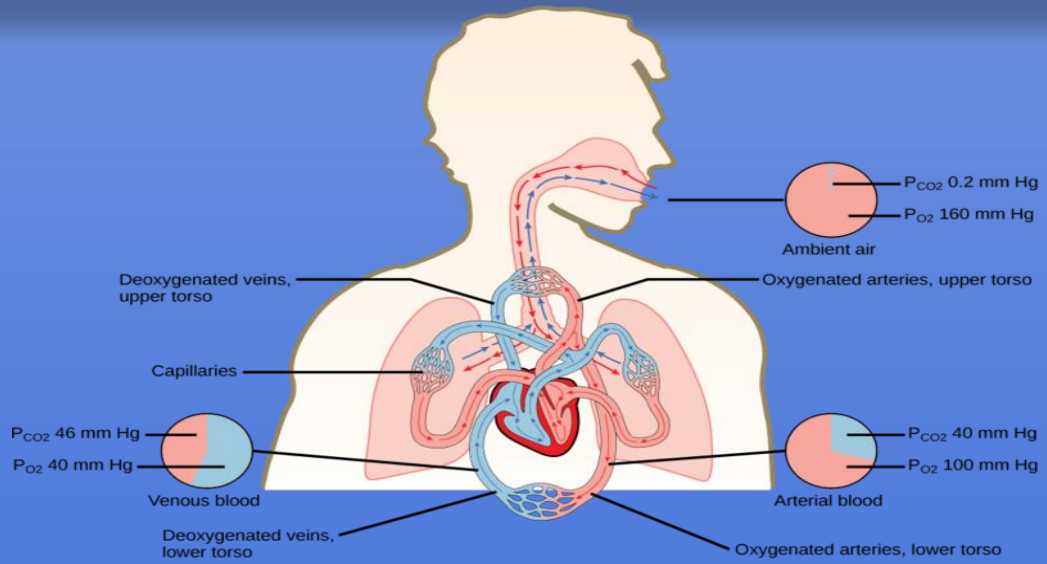
القياسات	التحويل
1 كيلو كالوري(سعرة)	4,2 كيلو جول
سعرة	4,2 جول
قوة الحصان	745,7 جول



- 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 أدينوسين ثلاثي الفوسفات (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 سعرة حرارية، معظمها يأتي من جلايكوجين العضلات، بينما يصل مجموع الطاقة الممكن الحصول عليها من الشحوم المخزنة في الجسم إلى قرابة 100 ألف سعرة حرارية.



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





- وحدة قياس الجهد البدني من الناحية الفسيولوجية هي السعرة
- وكل 1 سعرة تعادل 4.2 J.
- كل جول هو m × N
- اي ان كل سعرة تعمل على دعم بذل شغل او طاقة حركية تعادل4.2 J.
- اي اذا بذل رياضي 300 J عند اداء قفزه او جهد بدني معين فانه سيستهلك 71.43سعره وبالمقابل اذا صرف رياضي 120سعرة عند اداؤه جهد معين فانه يبذل 504جول
- 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 × الطاقة التمثيليه (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.





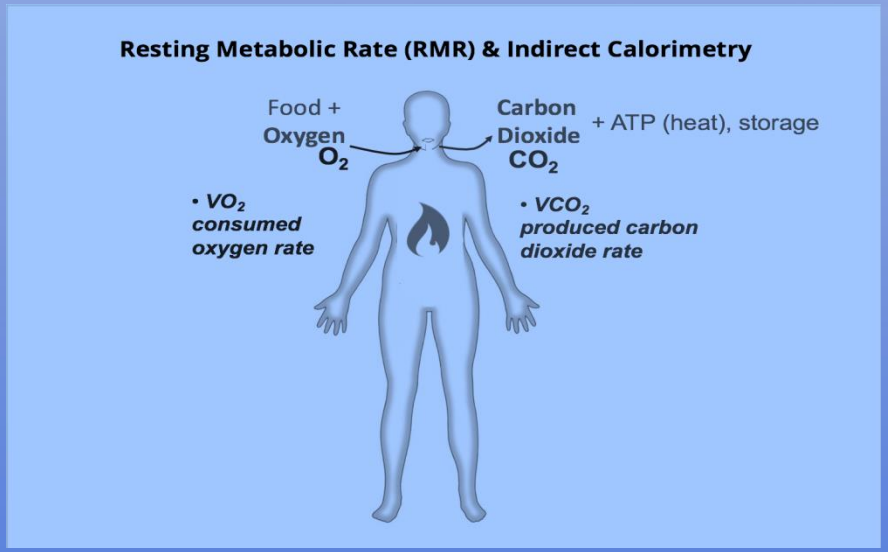
- تختلف حاجة الجسم من السعرات الحرارية بناءً على المتغيّرات المذكورة أعلاه، وعليه يمكن تقسيم ذلك للأشخاص البالغين سواء الذكور أو الإناث منهم بناءً على طبيعة الجهد المبذول، والّذي يمكن تقسيمه إلى:
- الجهد الخفيف: يقصد به العمل الموضعي الذي لا يحتاج إلى بذل مجهود بدني عالٍ مثلاً، وهو ما يتعارف عليه بجهد العمل المكتبي أو المنزلي؛ حيث يتراوح عدد السعرات الحرارية المطلوبة لهذا العمل ما بين (1600 -2500) سعرة حرارية يومياً.
- الجهد المتوسط: يقصد به العمل الّذي يحتاج إلى حركة موضعية وتنقليّة، ولكن دون بذل جهد بدني وقوّة بدنية عالية مثل عمل العمل اليومي، والرياضة المعتدلة؛ حيث يتراوح عدد السعرات الحرارية المطلوبة لهذا العمل ما بين (1800-3000).
- الجهد الكبير: يقصد به العمل الشاق الذي يحتاج إلى قوّةٍ ومجهود بدني عالٍ مثل: أعمال المهن الصناعية، والتدريب ذو الجهد العالي حيث يتراوح معدل السعرات الحرارية المطلوبة لهذا العمل ما بين (2200-3500) سعرة 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 الـ (met) بانها تساوي 50كليوكالوري/m^2 في الساعة الواحدة وفقا لمساحة سطح الجسم.
- بالنسبة للشخص العادي فان (1met) تساوي الطاقة المختزنة في الجسم في حالات السكون والاسترخاء، مع اعتبار ان مساحة السطح للشخص العادي هي ($1,85m^2$) وان مساحة السطح بالنسبة للمراة هو ($1,40m^2$)
- لذلك فان (1met) عند الرجل عبارة عن 92 كالوري/ساعة (50كليوكالوري/m^2 × $1.85m^2$).





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 = $m \times d^2 \div t^3$
- ونطبق قانون القدرة على المثال الاتي:

يتبع



وصف الاختبار:

الركض القصوي 6 مرات لـ 35 m ، راحة بينهما 10 s.

قياس Mass اللاعب (Kg76).

القياسات الاخرى

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

Force (acceleration × mass)

Power (s/m.N) او($mass .distance^{2} \div time^{3}$)

اذا كان زمن قطع اول 35m= 4.5 s

ثاني= 4.75 s

ثالث= 4.95 s

رابع= 5.21 s

خامس= 5.46 s

سادس= 5.62 s

لذا تكون القدرة لاول مسافة هي W 1022

للثانية W 869

للثالثة W 768

للرابعة W 658

للخامسة W 572

للسادسة W 525

اقصى قدرة W1022

اقل قدرة W 525

المتوسط الحسابي للقدرات W 736



دليل التعب = اكبر قدرة – اقل قدرة ÷ مجموع الازمان

= (W 1022 – W 525) ÷ 30.49s

= W 497 ÷ 30.49 s

= 16.3 W/s

- اذا كان مؤشر التعب اكبر من 10 W/s فان ذلك دليل الى حاجة الرياضي لتطوير قابليته اللاكتيكية.
- اما اذا كان المؤشر اقل من 10 W/s فان القابلية اللاكتيكية للرياضي جيدة وبالتالي انجازه جيد.
- هذا الاختبار يصلح لجميع الالعاب بدون استثناء



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؛ 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