الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محند أولحاج
- البويرة -
معهد علوم وتقنيات النشاطات الرياضية والبدنية

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Tasdawit Akli Muḥend Ulḥağ - Tubirett -
Institut des Sciences et Techniques
des Activités Physiques et Sportives

جامعة البويرة

قسم: التدريب الرياضي.

محاضرات في مقياس

فيزيولوجيا الجهد البدني

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة
المجلس العلمي
معهد علوم و تقنيات النشاطات البدنية والرياضية
رئيس المجلس العلمي
أ.د شريفي مسعود

محاضرات خاصة بالسداسي الأول

ماستر 1 تخصص: تدريب رياضي نخبوي

ميدان: علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

إعداد: د. برجم رضوان

السنة الجامعية 2018-2019

المجلس العلمي

معلومات حول المقياس والمطبوعة

اسم المقياس: فيزيولوجيا الجهد البدني

المستوى الدراسي: أولى ماستر.

طبيعية المقياس: سداسي [ ] سنوي [×]

أهداف المقياس:

- معرفة القواعد الأساسية والمعارف النظرية والتطبيقية المرتبطة بالطاقة ومصادرها والأنظمة الطاقوية.
- معرفة التغيرات الفيزيولوجية المصاحبة للجهد البدني.
- اكتساب طرق لقياس الطاقة.
- الربط بين الطاقة والتقلص العضلي.

عدد المحاور: 04

عدد المحاضرات: 14

عدد الأسابيع: 14

عدد صفحات المطبوعة: 55

عدد المراجع المعتمدة: 20

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة * معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية * المجلس العلمي

فهرس المحتويات

الرقم	المحور	المحاضرة	إسم المحاضرة	الصفحة	الأسبوع
01	الطاقة في جسم الإنسان مصدرها وأنواعها	محاضرة رقم 01	مفهوم ومصادر الطاقة.	05	الأول
		محاضرة رقم 02	وحدات قياس الطاقة.	09	الثاني
		محاضرة رقم 03	استعادة مصادر الطاقة.	11	الثالث
02	القدرة الهوائية والقدرة اللاهوائية	محاضرة رقم 04	مفهوم وتنمية القدرة الهوائية	14	الرابع
		محاضرة رقم 05	النظام الطاقوي الهوائي	16	الخامس
		محاضرة رقم 06	ماهية وتنمية القدرة اللاهوائية	20	السادس
		محاضرة رقم 07	النظام الفوسفوكرياتين والنظام اللاهوائي الحمضي	22	السابع
		محاضرة رقم 08	التحمل اللاهوائي	25	الثامن
03	طرق قياس الطاقة المستهلكة	محاضرة رقم 09	كيفية قياس الطاقة المصروفة من قبل الجسم.	30	التاسع
		محاضرة رقم 10	بعض طرق قياس استهلاك الطاقة.	34	العاشر
04	التقلص العضلي	محاضرة رقم 11	بنية العضلة الهيكلية.	37	الحادي عشر
		محاضرة رقم 12	آلية التقلص العضلي.	43	الثاني عشر
		محاضرة رقم 13	تابع : آلية التقلص العضلي.	47	الثالث عشر
		محاضرة رقم 14	التعب العضلي.	51	الرابع عشر

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة
* معهد علوم و تقنيات النشاطات البدنية و الرياضية *
المجلس العلمي

المحور الأول: الطاقة في جسم الإنسان مصدرها وأنواعها

1.1- مفهوم الطاقة.

2.1- تعريفات الطاقة.

3.1- أشكال الطاقة.

4.1-مصادر الطاقة أثناء النشاط الرياضي.

5.1- وحدات قياس الطاقة.

6.1- استخدامات الطاقة في المجال الرياضي.

7.1- تأثير الأنشطة البدنية على إنتاج الطاقة.

8.1-إستعادة مصادر الطاقة.

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة
المجلس العلمي
معهد علوم و تقنيات النشاطات البدنية و الرياضية

المحور الأول: الطاقة في جسم الإنسان مصدرها وأنواعها

المحاضرة 1 الأسبوع 1

1.1- مفهوم الطاقة:

الطاقة Energy مفهوم عام.

اختلف في مدلولها عبر التطور البشري للإنسان فهي الحرارة، وهي القوة أو الحركة أو الجهد المبذول.

1.2- تعريفات الطاقة:

الطاقة هي السعة أو القدرة على أداء الشغل.

3.1-أشكال الطاقة:

للطاقة ستة أشكال مختلفة هي:

- الطاقة الحرارية.
- الطاقة الضوئية.
- الطاقة الميكانيكة.
- الطاقة الكهربائية.
- الطاقة الكيميائية.
- الطاقة الذرية.

والطاقة كالمادة، لا تفنى ولكنها تتحول من شكل إلى آخر فمثلا .. تخزن الطاقة في جسم الإنسان على هيئة كيميائية تتحول إلى طاقة حرارية وميكانيكية أثناء الانقباض العضلي أو على شكل كهربائي لتوصيل الإشارات العصبية الحركية والحسية.

تأخذ الطاقة أشكالا متعددة، منها الطاقة الكيميائية، والطاقة الكهربائية، والطاقة الكهرومغناطيسية، والطاقة الميكانيكية، والطاقة النووية. وطبقا لقوانين الديناميكا الحرارية، فان الطاقة لا تفنى بل تتحول من شكل إلى شكل آخر، فالطاقة الكيميائية على سبيل المثال يمكنها أن تتحول إلى طاقة كهربائية تخزن في البطارية التي تستخدم بدورها في لإنتاج الطاقة الميكانيكية. كذلك بالنسبة للعمليات الحيوية داخل الإنسان نجد أن الطاقة الكيميائية الموجودة على هيئة أدينوسين ثلاثي الفوسفات (Adenosine triphosphate) أو فوسفات الكرياتين (Creatine phosphate) تتحول إلى طاقة ميكانيكية (على هيئة عمل ناتج عن انقباض العضلات) وأخرى حرارية (حرارة منبعثة من الجسم). بالإضافة الانقباض العضلي، فان الطاقة داخل الجسم الإنسان تستخدم لأغراض عدة، حيث تستخدم الطاقة الحرة لبناء خلايا جديدة وترميم الخلايا التالفة، كما تستخدم بغرض عمليات النقل النشط للعديد

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة
المجلس العلمي
معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

منة المواد مثل الغلوكوز والكالسيوم عبر غشاء الخلية.(محمد نصر الدين رضوان، 1998، ص53).

4.1- مصادر الطاقة أثناء في جسم الإنسان:

إن مصدر الطاقة لدى الإنسان هو الطعام المتناول، الذي يتكون بشكل رئيسي من الكربون والأوكسجين بالإضافة إلى النتروجين في حالة البروتينات. ومن المعلوم أن الروابط الجزيئية في الطعام تعد ضعيفة، وبالتالي فهي لا توفر إلا طاقة محدودة عند فكها، لذا فان الطاقة المخزنة في الطعام تتحلل كيميائيا داخل خلايا الجسم وتخزن على هيئة مركب غني بالطاقة يدعى أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) الذي يستخدم في عمليات الأيض، ثم ينتهي به الأمر وقد تحول إلى أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) الذي يعاد شحنه مرة أخرى ليصبح أدينوسين ثلاثي الفوسفات ذو طاقة عالية.

إن الوقود المستخدم لإنتاج الطاقة في الجسم يتكون من مواد الكربوهدراتية والدهنية، بينما يكون الدور الرئيسي للبروتينات هو بناء الخلايا وترميم التالف منها، وبالتالي فان البروتينات لا تستخدم إلا في حالات نادرة كمصدر للطاقة وذلك عندما ينتهي المخزون من الكربوهيدرات والدهون كما في حالات المجاعة. على أن الأحماض الأمينية التي هي المكون الأساسي للبروتينات يمكن أن تستخدم كمصدر للوقود أثناء الجهد البدني التحملي ولكن على نطاق محدود لا تتجاوز نسبته 5% . ويوضح الجدول رقم (01) المخزون من الطاقة في جسم الإنسان المتوسط الوزن والذي لديه نسبة طبيعية من الشحوم (15% من وزن الجسم)، ويظهر من الجدول أن مجمل الطاقة القادمة من مخزون الجسم من الكربوهيدرات لا تتجاوز 2000 كيلو سعر حراري، معظمها يأتي من غلايكوجين العضلات، بينما يصل مجموع الطاقة الممكن الحصول عليها من الشحوم في الجسم إلى قرابة 100 ألف كيلو سعر حراري، وهي طاقة تكفي الشخص من الناحية النظرية لأن يجري 40 سباقا للمراطون بشكل متواصل.

المجلس العلمي

نوع الطاقة		مقدار المخزون بالغرام	مقدار المخزون بكيلو سعر حراري
الكربوهيدرات	غلايكوجين الكبد	110	451
	غلايكوجين العضلات	350	1435
	غلوكوز في سوائل الجسم	15	62
	المجموع	475	1948
الدهون	شحوم تحت الجلد	10500	95550
	شحوم داخل العضلات	200	1820
	المجموع	10700	97370

جدول رقم(01): مقدار المخزون من الطاقة في جسم الإنسان الذي يزن 70 كغ ولديه نسبة من الشحوم تبلغ 15%.

يعطي كل غرام من الدهون عند أكسدته بالكامل (أي حرقه في وجود الأوكسجين) طاقة حرارية (9.4 كيلو سعر حراري) أكبر ما يعطيه غرام واحد من الكربوهيدرات (4.1 كيلو سعر حراري)، لكن الدهون في المقابل تستهلك كمية أكبر من الأوكسجين عن حرقها واستخدامها كمصدر للطاقة داخل جسم الإنسان، الأمر الذي يجعل استخدام الكربوهيدرات كوقود أكثر اقتصادية من استخدام الدهون (أي توفيرا للأكسجين)، وبالتالي تعطينا طاقة حرارية اكبر من الدهون مقابل لتر واحد من الأوكسجين (5.06 مقابل 4.68 كيلو سعر حراري/ لتر(O_2)، أو 21.2 مقابل 19.6 كيلو جول/ لتر(O_2). أما إذا كان الوقود خليطا من الدهون والكربوهيدرات، كما هو حاصل في معظم الأنشطة البدنية المعتدلة الشدة، فان كل لتر من الأوكسجين المستهلك يعطي 20.3 كيلو جول في الدقيقة (4.85 كيلو سعر حراري).(Westerterp K. Saris W.,1992,p112)

وكتلخيص لما سبق يمكن القول بأن:

المواد الكربوهيدرائية والدهون تمثل المصادر الأساسية لإنتاج الطاقة أثناء النشاط الرياضي، بينما تستخدم المواد البروتينية بدرجة أقل في إنتاج الطاقة.

ويعتبر الجلوكوز، وغليكوجين العضلة، والأحماض الدهنية وحامض اللاكتيك من أهم مصادر الطاقة خلال النشاط الرياضي .

- غلوكوز الدم :

يعتبر المصدر الرئيس للوقود (الطاقة) بالنسبة للمخ. وعندما ينخفض مستوى الجلوكوز في الدم بقوم الكبد بإمداد الدم بالجلوكوز بطريقة غير مباشرة بعد عمليات الأكسدة اللاهوائية وخروج حامض اللاكتيك إلى الدم، ومنه إلى الكبد، حيث يتحول إلى جلوكوز أو يخزن على هيئة غليكوجين.

المجلس العلمي

- **غليكوجين العضلة:**

يشكل غليكوجين العضل أهم صورة من صور الكربوهيدرات المستخدم في إنتاج الطاقة، ويؤدي نفاذ كمية المخزون إلى حدوث ظاهرة التعب .

- **الأحماض الدهنية:**

تعتبر الأحماض الدهنية الحرة Free fatty acids المصدر الأساسي للطاقة من الدهون، والتي تختزن في العضلات على هيئة جليسرين ثلاثي Triglycarids وتشكل هذه المصادر الدهنية للطاقة ما يوازي **11-22%** من مجموع الطاقة في التمثيل الهوائي .

-حامض اللاكتيك:

يساهم حامض اللاكتيك في إنتاج الطاقة أثناء النشاط الرياضي بعدة صور أهمها ما يلي :

أ. تحول جزء كبير من حامض اللاكتيك إلى حامض البيروفيك، وانكسار الأخير في وجود الأكسجين داخل بيت الطاقة إلى ثاني أكسيد الكربون وماء وطاقة حرة.

ب. نفاذ حامض اللاكتيك خارج محيط العضلة إلى العضلات الأخرى لاستخدامه من قبلها في إنتاج الطاقة.

ت. انتقال حامض اللاكتيك إلى الكبد عن طريق الدم وتحوله إلى غليكوجين هناك.

وقد يتحول الغليكوجين إلى غلوكوز في الكبد ، وينتقل عبر الدم إلى العضلات مرة أخرى، حيث تسمى هذه العملية بدائرة كوري Cori Cyde . وهذه الظاهرة هامة أثناء استعادة الاستشفاء والتخلص من حامض اللاكتيك المسبب للتعب.

المحور الأول: الطاقة في جسم الإنسان مصدرها وأنواعها

المحاضرة 02 الأسبوع 02

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة * معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية * المجلس العلمي

1-وحدات قياس الطاقة :

- السعر الحراري Calorie (Cal):

ونعني بها وحدة العمل أو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية، عندما تكون درجة حرارة الماء 15 درجة مئوية.

1Kcal = 1000 cal

ويعتبر السعر الحـراري هو مقيـاس الطاقـة في شكلها الحراري.

- الكيلو جول Kilojoule (KJ):

يعبر هذا المقياس عن مقدار الطاقة والعمل معا.

1KJ = 1000 j = 0.23889 cal

1 cal = 4.18 KJ

- ليتر اكسجيني Oxygen liter :

ونعني به مقدار الطاقة المستهلكة من الأكسجين باللليتر .

1 Liter(L) = 1000 miui liter (ml)

1Oxygen liter = 5.05 cal = 15.575 F/p

foot / pound

pound 2.205 = kg / m = 21.14 kj 1 kj 2123 =

foot 2,28 = m1

- تكافؤ التمثيل الغذائي Metabolic Equiva lit (MET):

ونقصد به كمية الأكسجين المطلوبة في الدقيقة والتي يستهلكها الجسم لكل كيلو جرام من وزنه خلال ظروف الراحة العادية وهي تساوي 3.5 مللي ليتر أكسجين/ كيلو غرام من وزن الجسم في الدقيقة.

- العمل :

هو مقدار الجهة أو القوة المبذولة خلال مسافة معينة . **(Westerterp K. Saris W.,1992,p112)**

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة * معهد علوم و تقنيات النشاطات البدنية و الرياضية * المجلس العلمي

Work = Force x laistance

(W) =(d) x (F)

2-استخدامات الطاقة في المجال الرياضي:

حسب رأي فوكس (fox) هناك خمسة استخدامات أساسية للطاقة هي :

1. **في برامج التدريب الرياضي:**

عن طريق تطوير النواحي الفيزيولوجية والكيميائية والمهارات الحركية لغرض تزويد أجهزة الحركة بالطاقة اللازمة لإتمام عملها.

2. **في منع أو تأخير حدوث التعب:**

بواسطة تقنين سرعة الأداء وتفادي الشعور بالتعب المبكر أو تأخير ظهوره على الأقل.

3. **في مراقبة وزن الجسم:**عن طريق المحافظة على توازن الطاقة_بالجسم . وهذا بطبيعة الحال يستلزم ضرورة مراقبة الوزن بإتباع أساليب وقواعد محددة في التغذية وبما يتناسب مع تركيبة الجسم ونوعية العمل المؤدى.

4. **في المحافظة على ثبات درجة حرارة الجسم:**

يتطلب ثبات درجة حرارة الجسم إنتاج كمية من الطاقة بواسطة الجسم نفسه ، وبالرغم من ارتفاع درجة حرارة الجسم لدى الرياضي بشكل ملموس أثناء القيام بمجهود رياضي ، إلا أن هذا الارتفاع لا يسبب أي أضرار لجسم الرياضي نتيجة وجود آليات أخرى تعمل على خفض درجة الحرارة مثل التبخر والتعرق.

5. **في الغذاء وتحسين الكفاءة (الأداء):**

عن طريق الاختيار العلمي لنوعية الغذاء، وتنظيم وجبات الطعام بحيث تعطي السعرات الحرارية المطلوبة للطاقة.

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة
المعهد العلوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

المحور الأول: الطاقة في جسم الإنسان مصدرها وأنواعها

المحاضرة 03 الأسبوع 03

1-استعادة مصادر الطاقة:

يؤدي عدم استعاده مصادر الطاقة بين أجزاء العملية التدريبية إلى هبوط مستوى الأداء لدى اللاعب وينبغي على المدرب تجديد فترات الراحة البينية أثناء التدريب، مع منح اللاعب راحة من التدريب خلال الأسبوع بمقدار يوم واحد أو يومين لغرض استعادة تكوين مصادر الطاقة حسب أنظمة الطاقة المستخدمة في التدريب.

طرق التعويض: يتم التعويض بإحدى الطرق التالية:

- **تعويض فوسفات العضلة:**

يتم عن طريق منح اللاعب فترات راحة بينية وجيزة أثناء عملية التدريب بمقدار **2-3** دقائق .

- **تعويض غليكوجين العضلة:**

يتم بصورة كاملة خلال فترة الاستشفاء وبعد فترة عمل طويلة ومستمرة عن طريق تناول اللاعب لوجبة غنية بالكربوهيدرات، حيث يتم استعاضة ما يقرب من 20% من مخزون الغليكوجين في العضلة خلال الساعات الخمس الأولى من فترة الاستشفاء، وترتفع نسبة التعويض إلى حوالي 60% بعد مرور عشر ساعات من فترة الاستشفاء.

ويمكن مضاعفة مخزون الغليكوجين عن طريق إجراء تدريب مجهد، ثم إعطاء راحة للعضلة لمدة ثلاثة أيام مع إتباع برنامج غذائي غني بالكربوهيدرات.

وفي الأنشطة الرياضية عالية الشدة وقصيرة المدة يحتاج الجسم إلى **24** ساعة فقط لتعويض غليكوجين العضلة.

وتتميز الألياف العضلية السريعة بسرعة تعويض الغليكوجين مقارنة بالألياف العضلية البيضاء.

- **تعويض أكسجين الميوغلوبين:**

يقوم الميوغلوبين Myoglobin بدور هام في تخزين الأكسجين في العضلات الهيكلية، وتشكل عملية إنتاج الطاقة أثناء النشاط الرياضي وخاصة في بداء الأداء الوظيفة الرئيسية. للميوغلوبين. ويتواجد الميوغلوبين بكميات كبيرة في الألياف العضلية البيضاء .

ويتم تعويض الأكسجين المستهلك خلال فترة الاستشفاء في مدة زمنية بسيطة لا تتعدى الدقيقتين تقريبا .

- **تعويض الدين الأكسجيني:**

يُقصد بالدين الاوكسجيني كمية الأكسجين المستهلك خلال فترة الاستشفاء. ويتكون من جزئين هما:

أ – **الدين الأوكسجيني اللاكتيكيLactic:** وهو الجزء الأكبر والأبطئ في الدين الأكسوجيني والذي يمد الجسم بالطاقة اللازمة لتخليص العضلة والدم من حامض اللاكتيك. وتستغرق فترة التعويض من 30 دقيقة إلى 60 دقيقة تقريبا.

ب – **الدين الأكسجيني بدون اللاكتيك Alactic:** يقدر حجمه في حدود 2 – 3.5 لتر، وهو الذي يمد الجسم بالطاقة اللازمة لاستعادة الفوسفات وتستغرق فترة التعويض حوالي 3 – 5 دقائق. **(Westerterp K. Saris W.,1992,p112)**

2-تأثير الأنشطة البدنية على إنتاج الطاقة:

- عند زيادة شدة الحمل البدني وانخفاض مدة دوامه تشكل المواد الكربوهيدراتية المصدر الرئيسي للطاقة.
- في حالة انخفاض شدة الحمل وطول فترة دوامه فإن المواد الدهنية تصبح المصدر الرئيسي للطاقة.
- يكون إستهلاك المواد الكربوهيدرائية في بداية النشاط الرياضي كبيرا، ثم يقل الاستهلاك له تدريجيا مع إستمرارية النشاط الرياضي وطول فترة الأداء، بحيث يتجه نحو المواد الدهنية.

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة * معهد علوم و تقنيات النشاطات البدنية و الرياضية *
المجلس العلمي

المحور الثاني: القدرة الهوائية والقدرة اللاهوائية.

القدرة الهوائية:

1.2-تعريف بعض المفاهيم.

2.2-ماهية القدرة الهوائية.

3.2-مستويات القدرة الهوائية.

4.2-تنمية القدرة الهوائية (النظام الطاقوي الهوائي).

القدرة اللاهوائية:

5.2-تعريف بعض المفاهيم.

6.2-ماهية القدرة اللاهوائية.

7.2-تنمية القدرة اللاهوائية (النظام الفوسفوكرياتين، والنظام اللاهوائي الحمضي).

8.2- التحمل اللاهوائي.

9.2- التحمل اللاهوائي وطرق تأخير التعب.

جامعة محمد أولحاج البويرة * معهد علوم و تقنيات النشاطات البدنية * المجلس العلمي

المحور الثاني: القدرة الهوائية والقدرة اللاهوائية.

المحاضرة 04 الأسبوع 04

القدرة الهوائية:

1.2-تعريف بعض المفاهيم:

-**العتبة الفارقة اللاهوائية:** تعرف بأنها الحمل البدني الذي يزيد عنده معدل انتقال حمض اللاكتيك من العضلات إلى الدم بدرجة تزيد من معدل التخلص منه. أي بمعنى أنها نقطة الانتقال من مرحلة الحصول على مصادر الطاقة من العمليات الأيضية الهوائية إلى مرحلة الحصول على مصادر الطاقة من العمليات الأيضية اللاهوائية. (حسام الدين وآخرون، 1998، ص23).

-**القدرة الهوائية القصوى (الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين $Vo_{2\ Max}$):** هي أقصى قدرة للجسم في استنشاق ونقل الأوكسجين ومن ثم استهلاكه في العضلات العاملة، ويعبر عن ذلك بمقدار الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين $Vo_{2\ Max}$ والذي يعني أقصى حجم للأوكسجين المستهلك باللتر أو بالملي لتر في الدقيقة الواحدة نسبة إلى وزن الجسم بالكيلوغرام. (سيد، 2003، ص218).

-**التهوية الرئوية:** هي عبارة عن حجم الهواء الذي يدخل الرئتين في الدقيقة الواحدة والذي يساوي (كمية الهواء الذي يدخل الرئتين في دورة تنفسية واحدة × عدد الدورات في الدقيقة الواحدة).(سلامة، 1994، ص310).

2.2-ماهية القدرة الهوائية:

يحتوي مصطلح القدرة الهوائية على كلمتين:

الأولى(قدرة): ويعني مقدار الطاقة التي ينتجها الجسم بالجول خلال زمن معين.

الثانية (هوائي): وتعني العمل العضلي الذي يعتمد بشكل أساسي على الأوكسجين في إنتاج الطاقة. أي إنتاجه بالعضلة بالطريقة الهوائية.

وهي تختلف عن القدرة اللاهوائية التي يتم من خلالها إنتاج الطاقة بدون الاعتماد على الأوكسجين والتي سرعان ما يحدث فيها التعب مع أنها تتميز بسرعة إنتاج الطاقة وذلك في الأنشطة الرياضية التي تتطلب عنصري السرعة والقوة العظمى، أما في حالة الأنشطة الرياضية التي تتطلب طبيعة الأداء فيها الاستمرار في العمل العضلي لفترة طويلة تزيد عن 5 دقائق فان إنتاج الطاقة اللاهوائي لا يعتبر المصدر الرئيسي للطاقة ولذلك تلجأ العضلة للاستعانة بالأوكسجين لإنتاج الطاقة اللازمة للأداء، وبهذا يمكن الاستمرار في العمل العضلي لفترة طويلة قبل الإحساس بظهور التعب، وهذه الأنشطة يطلق عليها أنشطة التحمل أو التحمل الهوائي وتتمثل في

جميع مسابقات الجري والسباحة الطويلة والدراجات وغيرها، والقدرة الهوائية يتم قياسها عندأقصى كمية أوكسجين يستطيع الجسم استهلاكها خلال وحدة زمنية معينة وهو ما يطلق عليه أيضا الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين.(الروبي، 2007، ص163).

ويعرف العمل العضلي بأنه العمل الذي يتم بسرعة معتدلة أو بطيئة بحيث تكون كمية الأوكسجين التي يستهلكها الشخص كافية للجهد الذي يبذله، لذا نجد أنه قادر على الاستمرار في تكرار النشاط لمدة طويلة.

يدخل ضمن العمليات الفيزيولوجية اللازمة لذلك عمليتان أساسيتان هما:

-عملية نقل الأوكسجين حيث يقوم الجهازان التنفسي والدور والدم بمهمة نقل الأوكسجين إلى العضلات.

-العملية الثانية هي قيام العضلات باستهلاك ما يصل إليها من الأوكسجين فنتاج الطاقة الهوائية.

وتظهر كفاءة القدرة الهوائية أو التحمل الهوائي في عدة مظاهر من أهمها:

-الاقتصاد الوظيفي عند أداء العمل العضلي بمعنى إمكانية أداء نفس المستوى من العمل العضلي ولكن مع الاقتصاد في الطاقة المستهلكة أو الارتفاع بمستوى الداء عند استهلاك نفس مستوى الطاقة.

-إمكانية الاحتفاظ بمستوى أداء ثابت للعمل البدني مع إمكانية الارتقاء به وتطويره.

-قطع المسافات أو اتخاذ الأعمال البدنية في زمن أقل.

المحور الثاني: القدرة الهوائية والقدرة اللاهوائية.

المحاضرة 05 الأسبوع 05

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة
المجلس العلمي

3.2-مستويات القدرة الهوائية :

تختلف مستويات القدرة الهوائية ما بين الحد الأقصى لها وما يقل عن ذلك المستوى حيث يطلق مصطلح (الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين كمقياس للقدرة الهوائية القصوى Maximum Aerobic power) ويعبر ذلك عن أقصى مقدار من الطاقة الهوائية التي يستطيع الفرد إنتاجها خلال الدقيقة الواحدة غير أن القدرة القصوى ليست هي الأساس الرئيسي لأداء معظم الأنشطة الرياضية حيث أن الكثير من تلك الأنشطة يؤدى عند مستويات أقل من الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين في حدود ما يقل عن 80% منه ولذلك يطلق على هذه القدرة العتبة الفارقة اللاهوائية وفيما يلي نتناول موضوعي الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين والعتبة الفارقة اللاهوائية بشيء من التفصيل.

أولا: الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين (Vo2 max):

لا تستطيع العضلات الاستمرار في العمل العضلي بدون الأوكسجين (لا هوائي) أكثر من عشرات الثواني في حين يمكن أن يستمر العمل العضلي لأكثر من دقيقة في حالة الاستمرار في إمداد العضلة بالأوكسجين عن طريق نقله من الرئتين إلى العضلات العاملة وكلما زادت شدة الحمل زادت سرعة استهلاك الأوكسجين ويطلق على اكبر حجم لاستهلاك الأوكسجين أثناء العمل العضلي باستخدام أكثر من 50% من عضلات الجسم الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين أو القدرة الهوائية.

ويرتبط التحمل الهوائي للعضلة بقدرتها على الاستمرار في العمل لأطول فترة ممكنة اعتماداً على انتاج الطاقة الهوائية، وهذا بالطبع يعني زيادة كفاءة العضلة في استهلاك الأوكسجين، إلا إننا في هذا الجزء نشير إلى دور العضلة في هذا الموضوع فقط فنؤكد على أن الألياف العضلية البطيئة هي المسئولة عن الأداء العضلي لفترة طويلة واستهلاك الأوكسجين في غضون ذلك، وترجع كفاءة الألياف العضلية البطيئة في التمثيل الغذائي الهوائي إلى الأسباب التالية:

1- تحتوي الألياف العضلية البطيئة على كمية كبيرة كم الميوغلوبين تزيد بمقدار 2 – 5 مرات أكثر من الألياف السريعة، وهذا هو سبب لون هذه الألياف الحمراء.
2- زيادة الميتوكوندريا في الألياف العضلية البطيئة مع زيادة الإنزيمات المساعدة على التمثيل الغذائي الهوائي يقلل من تجمع حامض اللاكتيك نتيجة زيادة أكسدة حامض البيروفيك.
3- تحتوي الألياف البطيئة على عدد اكبر من الشعيرات الدموية المحيطة بكل ليفه مما يسمح بزيادة إنتشار الأوكسجين وسرعة التخلص من فضلات التمثيل الغذائي.

4- تحتوي الألياف البطيئة على دهون أكثر وزيادة في الإنزيمات المساعدة على أكسدتها مما يقلل من الاعتماد على غليكوجين العضلة والمحافظة على مستواه. ومن المعروف أن الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين يعبر عن قدرة الجسم الهوائية وتقوم بهذه المسؤولية ثلاثة أجهزة أساسية في الجسم هي الجهاز التنفسي والجهاز الدوري والجهاز العضلي، وبالرغم من أهمية عمل هذه الأجهزة وتعاونها إلا إن أهمها هو الجهاز العضلي حيث يمكن اعتباره العامل المحدد لكفاءة الإنسان الهوائية.

ثانياً : العتبة الفرقة اللاهوائية:

العتبة الفارقة الهوائية هي حالة فسيولوجية يصل إليها اللاعب أثناء الأداء الرياضي ولهذه الحالة مواصفات فسيولوجية خاصة كما إن لها علاقة بنظم إنتاج الطاقة وكفاءة الجسم في هذه العمليات وبصفة خاصة في العلاقة بين تكوين حامض اللاكتيك وسرعة التخلص منه والحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين، وكذا التهوية الرئوية حيث يصل اللاعب إلى هذه الحالة عندما تزيد لديه سرعة إنتاج حامض اللاكتيك بمعدل اكبر من سرعة التغلب عليه والتخلص منه في الدم، ويطلق مصطلح العتبة الفارقة اللاهوائية على مستوى شدة الحمل البدني يزيد عندها معدل انتقال حامض اللاكتيك من العضلات إلى الدم بدرجة تزيد عن معدل التخلص من إلى الدم .

ويعرفها (ماثيوس وفوكس) بأنها شدة الحمل أو استهلاك الأوكسجين مع زيادة سرعة التمثيل الغذائي اللاهوائي. بينما يعرف لامب بانها النقطة العليا لانكسار التهوية الرئوية وفي تعريف أخر (للامب) أنها مستو الحمل البدني الذي يزيد عنده إنتاج الطاقة اللاهوائية من خلال نظام حامض اللاكتيك لزيادة تركيزه في الدم.

***العتبة الفارقة والحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين:**

لا يستطيع اللاعب في الواقع أن يؤدي العمل العضلي باستخدام الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين بنسبة **100%**، ولكن غالباً ما يكون عند مستوى **95%-90**، كما انه لا يستطيع أن يستمر الأداء عند هذا المستوى المرتفع الأكثر من **10-15** دقيقة وبناء على ذلك فن اللاعب لا يعتمد على الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين بالدرجة الأساسية عند أداء الأنشطة البدنية لفترات طويلة ولذلك فان العتبة الفارقة اللاهوائية تعتبر العامل الذي يميز بين لاعبي التحمل في حالة فيما إذا كانت كفاءتهم متساوية في مقدار الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين، وعلى سبيل المثال ... إذا كان هناك سباحان متساويان في مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين (**5** لتر/دقيقة لكل منهما) ففي حالة قيامهما بالسباحة بسرعة تتطلب استخدام **85%** من أقصى حد لاستهلاك الأوكسجين، فان السباح الذي تزيد لديه العتبة الفارقة اللاهوائية يستطيع المحافظة على مستوى سرعة سباحته لوقت أطول نظراً لقلة تجمع حامض اللاكتيك، بينما تزيد الحمضية لدى السباح الآخر الذي يقل مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية لديه، لأنه ينتج حامض لاكتيك بصورة أكبر كفاءة عمليات التخلص منه، أي يصل إلى أسرع إلى العتبة الفارقة اللاهوائية ومن هذا المنطلق فان تنمية الفارقة اللاهوائية تعد أكثر أهمية من تنمية الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين، وقد لوحظ هذه الحقيقة لدى عدد كبير من اللاعبين أمثال

(دريك كلايتون Derek Clayton) لاعب الماراثون الذي لوحظ إنخفاض مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين لديه عن منافسيه إلا أن العتبة الفارقة اللاهوائية لديه تزيد عنهم حيث تبلغ 90% من الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين، ولذلك فانه يتفوق عل منافسيه حيث يجري عند مستوى عال من الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين دون زيادة في تجميع حامض اللاكتيك.

وبناء على ما سبق يمكن أن نشير إلى أن التحمل الهوائي لا يعتمد فقط عل الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين، حيث أن مثل هذا العامل لا يعتبر هو العامل المميز بين اللاعبين ذوي المستويات العليا المتقاربة الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين، وبذا يصبح مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية هو العامل المميز بينهم. **(الكيلاني، 2010، ص127).**

4.2-تنمية القدرة الهوائية (النظام الطاقوي الهوائي): يقصد بها قدرة الجسم على إنتاج الطاقة الهوائية من خلال استهلاك الأكسجين والاستمرار في أداء العمل العضلي في مستويات عالية من أقصى استهلاك للأكسجين ($Vo_{2\ Max}$)، فكلما زادت قدرة اللاعب على استهلاك O_2 كلما زادت قدرته على إنتاج الطاقة على مستويات أعلي. وهو بذلك يعني كمية الأكسجين التي تستخدم من قبل العضلات والأنسجة كما أن استهلاك O_2 يمكن أن يصل إلى ما يزيد عن 80% من الحد الأقصى بما يعادل 305-4 لتر/د في مباراة كرة القدم، فكلما كانت لياقة اللاعب عالية كان التحسن في الاستهلاك الأقصى للأكسجين في التدريب أقل، ولا تستطيع العضلات الاستمرار في العمل العضلي بدون O_2 (لا هوائي) لفترة طويلة وكلما زادت شدة الحمل البدني زادت سرعة الاستهلاك O_2 .

في الواقع اللاعب لا يصل إلى 90-95% من $Vo_{2\ Max}$ كما لا يستطيع الاستمرار في الأداء عند هذا المستوى لمدة أطول من **10-15** دقيقة. فلا يستطيع خلال النشاط استهلاك O_2 عند حده الأقصى فانه يؤدي إلى مستويات اقل فانه يتأثر بمستوى العتبة الفارقة اللاهوائية.

هناك ثلاثة أجهزة رئيسية في الجسم تكون مسئولة عن مؤشر القدرة الهوائية هي (الجهاز التنفسي، الجهاز الدوري، الجهاز العضلي) فاستنشاق الأوكسجين من الهواء الخارجي يتم بواسطة الأنف والفم لينتقل عبر القصبة الهوائية إلى الرئتين لتحدث عملية التبادل الغازي ليصل إلى الشعيرات الدموية ثم يقوم الجهاز الدوري بعمله في نقله إلى كافة أنحاء الجسم فالجهاز العضلي وخاصة العضلات الهيكلية التي تلعب الدور الكبر بذلك فهي التي تستهلك كمية الأوكسجين الواصلة إليها لكنها عاجزة عن استهلاك كل ما يصل اتليها من الأكسجين حتى بالأداء بأقصى شدة من هذا وجب استخدام نفس نوع النشاط الرياضي التخصصي بحيث تعمل الألياف العضلية نفسها لغرض حدوث التكيفات المطلوبة التي تؤمن تحقيق الإنجاز، أما فيما يخص الجهازين الآخرين فتدريبات التحمل العام كفيلة بتطوير كفائتها ويلاحظ ذلك من خلال قدرة القلب على دفع أكبر من الدم في

المجلس العلمي

الدقيقة الواحدة وقابلية الجسم على توصيل الأكسجين إلى الخلايا. (أبو العلا، 1993، ص83).

النظام الأوكسجيني (الهوائي):

يتم من خلال هذا النظام إعادة بناء **36-38** جزئية من ATP ، وان تفاعلاته تحدث بوجود الأوكسجين. ومن نواتج هذا التفاعل أيضا CO_2 و H_2O

$$C_6H_{12}O_6 + CO_2 \longrightarrow 38\ ATP + 6\ O_2 + 6\ H_2O + 686\ Kcal$$

إن حدوث تفاعلات هذا النظام يعتمد على المصدر الغذائي المتكون من الكربوهيدرات وهو الغلايكوجين والغلوكوز المخزن في الكبد والعضلة بوجود الأوكسجين.

وكذلك يتم إعادة بناء (ATP) من مصادر غذائية أخرى كالدهون والبروتينات، ولكن التركيز يكون فقط في إعادة بناء ATP من الدهون.

المحور الثاني: القدرة الهوائية والقدرة اللاهوائية.

المجلس العلمي

المحاضرة 06 الأسبوع 06

القدرة اللاهوائية:

5.2-مفهوم القدرة اللاهوائية:

يرجع مصطلح القدرة الهوائية إلى العمل العضلي الذي يعتمد على إنتاج الطاقة اللاهوائية، وبما أن الإنسان لا يستطيع أن يقوم بأي حركة أو حتى الثبات في وضع معين دون الاعتماد على الانقباض العضلي الذي لا يحدث إلا بتوفر الطاقة اللازمة له والتي إما أن تكون لا هوائية أي بدون الأوكسجين أو الطاقة هوائية أي بوجود الأوكسجين، لذا تختلف الطبيعة الفيزيولوجية بين كلا النوعين من نظم إنتاج الطاقة، فعندما يتطلب الأداء الحركي عملا عضليا بأقصى سرعة أو أقصى قوة فان عمليات توصيل الأكسجين إلى العضلات العاملة لا تستطيع أن تلبي حاجة العمل العضلي السريعة من الطاقة، وعلى هذا الأساس يتم إنتاج الطاقة بدون الأوكسجين أي بطريقة لا هوائية. وهناك نوعين من نظم إنتاج الطاقة اللاهوائية أحدها نظام إنتاج الطاقة الفوسفاتي والآخر نظام حمض اللاكتيك. (محمد حسن علاوي،1997، ص72).

وبنظرة تحليلية لأنشطة النظام اللاهوائي الفوسفاتي نجد تلك الأنشطة التي تتطلب الأداء بالسرعة القصوى إذا كان العمل العضلي من نوع المتحرك، أو الانقباض الأقصى إذا كان العمل العضلي من النوع الثابت، فمن الممكن أن يندرج تحت هذا النظام الصفات البدنية التالية:

-القوة العظمى المتحركة.

-القوة العظمى الثابتة.

-السرعة.

-القدرة أو القوة المميزة بالسرعة.

كما يمكن أن يندرج تحت نظام حمض اللاكتيك الصفات البدنية التالية:

-تحمل السرعة.

-تحمل القوة المتحرك.

-تحمل القوة الثابت.

ويلاحظ بمقارنة كلا النظامين (الفوسفاتي- حمض اللاكتيك) أن أهم متطلبات الأداء فيهما هو التركيز على إطلاق أقصى طاقة ممكنة في أقل زمن ممكن وليس مواجهة التعب كما في النظام الهوائي.

6.2-أنواع القدرة اللاهوائية:

تنقسم القدرة اللاهوائية إلى نوعين هما:

1-القدرة اللاهوائية القصوى: وهي القدرة على إنتاج أقصى طاقة أو عمل ممكن بالنظام اللاهوائي الفوسفاتي، وتتضمن جميع الأنشطة البدنية التي تؤدي بأقصى سرعة أو قوة وفي أقل زمن ممكن يتراوح مابين (5-10) ثواني.

2-السعة اللاهوائية: ويطلق عليها أيضا التحمل اللاهوائي وهي القدرة على الاحتفاظ أو تكرار انقباضات عضلية قصوى اعتمادا على إنتاج الطاقة اللاهوائية بنظام حمض اللاكتيك وتتضمن جميع الأنشطة البدنية التي تؤدي بأقصى انقباضات عضلية ممكنة سواء ثابتة أو متحركة مع مواجهة التعب على دقيقة أو دقيقتين.

المحور الثاني: القدرة الهوائية والقدرة اللاهوائية.

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة * معهد علوم و تقنيات النشاطات البدنية و الرياضية * المجلس العلمي

المحاضرة 07 الأسبوع 07

7.2-نظم إنتاج الطاقة في حالة القدرة اللاهوائية:

1-نظام فوسفات الكرياتين:

يمد الـ (ATP) خلايا الجسم بالطاقة، ولكن كميته في الجسم محدودة، فهي تبلغ حوالي **3** مول، وهذه الكمية لا تكفي الجسم أن يعدو الفرد مسافة **100** متر بأقصى سرعة له، ولهذا نجد أن الجسم في حاجة إلى تصنيع وإعادة تركيب (ATP) من جديد وذلك لإمداد الجسم بصفة مستمرة بالطاقة.

ولإعادة تصنيع الـ (ATP) في الجسم يلزم وجود الطاقة، وهذه الطاقة تستمد من انقسام فوسفات الكرياتين (PC) Phospho Creatine وهو مركب فوسفاتي غني بالطاقة. وهو يوجد في الخلايا العضلية، وهو يشبه الـ (ATP) في خاصية واحدة وهي أن الطاقة المخزونة في كليهما توجد في الروابط الكيميائية الخاصة بهما. ولذلك فعندما تتحلل الروابط الكيميائية في فوسفات الكرياتين يحدث الآتي:

فوسفات الكرياتين (PC) ⟵ الكرياتين(C) + الفوسفات (P_i) + الطاقة (Energy)

وتستخدم الطاقة المتبقية من تحلل الروابط الكيميائية لمركب فوسفات الكرياتين في إعادة تصنيع مركب الـ (ATP) في العضلات وفقا للآتي:

ثنائي فوسفات الأدينوزين (ADP) + فوسفات (P_i) + الطاقة (Energy) ⟵ ثلاثي فوسفات الأدينوزين(ATP)

إذن عملية تصنيع الـ (ATP) تتم وفق المعادلتين السابقتين وهذا في انعدام وجود الأوكسجين وتتم العملة خلال زمن قدره 10 ثواني.

ومما سبق يتبن أن الطاقة اللازمة لإعادة تكوين الـ (ATP) تأتي من تكسير الروابط الكيميائية لـ (PC) حيث تنطلق منه طاقة لا هوائية تستخدم في إعادة تصنيع الـ (ATP) من جديد في أنسجة الجسم.

وهكذا يتضح أن مركب الـ (ATP) ومركب (PC) هما مصدر الطاقة المباشر في الجسم وهي طاقة لا هوائية أي في انعدام الأوكسجين، ولهذين المركبين أهمية خاصة بالنسبة للعديد من الأنشطة الرياضية، فهما مصدر الطاقة الأساسي في الأنشطة الرياضية التي تمتاز بالقوة والسرعة التي تستمر لمدة 5 إلى 10 ثواني، معنى هذا أن الفرد الرياضي الذي يجري 100 متر لا يستطيع أن يحتفظ بأقصى سرعة له في السباق لأكثر من 10 ثواني.

فمن المعروف أن الكميات المخزونة في العضلات من مركبي (ATP) و (PC) تعد قليلة جدا، لذلك فان الطاقة المستخلصة من هذا النظام تعتبر طاقة محدودة للغاية، فإذا قام الفرد بعدو 100 متر مثلا بأقصى سرعة له فان مخزون الفوسفات في (ATP) و (PC) سوف ينتهي في نهاية العدو، ولكن القيمة الحقيقية للفوسفات في هذين المركبين تكمن في سرعة إنتاج الطاقة وذلك بالرغم من عدم توافر هذا المركب بكميات كبيرة في العضلات، لذلك يعتبر مركب ثلاثي فوسفات الأدينوزين (ATP) وفوسفات الكرياتين (PC) من مصادر الطاقة في الأنشطة التي تتطلب الأداء لمدة ثواني قليلة مثل أنشطة العدو السريع، ورفع الأثقال والسباحة لمسافات قصيرة...، حيث تعرف الطاقة المنبعثة في هذا النظام بالطاقة اللاهوائية. (السيد، 2003، ص205).

إعادة تصنيع الـ(PC) في خلايا العضلة:

$$(ATP) \longrightarrow (Energy) + (P_i) + (ADP)$$

$$(Energy) + (P_i) + (C) \longrightarrow (PC)$$

تعاد عملية تصنيع فوسفات الكرياتين (PC) وفق المعادلتين السابقتين بعد عملية الاسترجاع أو الاستشفاء وهذا أخذ فترة حالة لا تقل عن 2 إلى 3 دقائق.

2-نظام حمض اللاكتيك:

يعتبر حمض اللاكتيك ($C_3H_6O_3$) عنصرا هاما لتوفير الطاقة اللازمة للعضلات، وينتج حمض اللاكتيك من الأكسدة اللاهوائية للغلوكوز (سكر الدم) الذي يصل إلى العضلات عن طريق الدم، او يأتيها عن طريق الغليكوجين المخزون في العضلة، ويقصد بالأكسدة اللاهوائية أكسدة السكر في غياب الأوكسجين، ويحدث ذلك عندما يكون أوكسجين الهواء الجوي الواصل إلى العضلة غير كاف في الأنشطة عالية الشدة التي تستغرق وقتا طويلا نوعا ما.

الغليكوجين (Glycogen) ⟵ حمض اللاكتيك (Lactic Acid) + طاقة (Energy)

وحينما يتجمع حمض اللاكتيك في العضلة وفي الدم ويصل إلى مستوى عال ينتج عن ذلك تعب وقتي، ويعتبر عائقا محدودا يسبب التعب العضلي.

ويعرف هذا النظام باسم الأكسدة اللاهوائية، الأكسدة اللاهوائية يعني تحليل (تفتيت) المواد الكربوهيدراتية لا هوائيا كمصدر لإنتاج الطاقة لتصنيع ثلاثي فوسفات الأدينوزين (ATP) في خلايا العضلات، حيث ينتج عن هذه العملية حمض اللاكتيك. ولذلك يطلق على هذه العملية اسم نظام حمض اللاكتيك.

ويحدث هذا النظام في الأنشطة التي تتطلب الأداء لمدة من دقيقة إلى ثلاثة دقائق حيث ينتهي مخزون فوسفات الكرياتين في النسيج العضلي.

وتحدث عملية الأكسدة اللاهوائية عندما يدخل جزئ الغلوكوز إلى الخلية فانه يستخدم كمصدر لتوليد الطاقة بدون الحاجة إلى O_2 أوكسجين الهواء الجوي، فهو يمر بسلسلة من التفاعلات الكيميائية التي تهدف إلى الحصول على الطاقة، وهذه العملية تسمى باسم الجلكزة (**Glycolysis**) أو الطاقة الغذائية اللاهوائية.

وتكون جزيئ الغلوكوز من **6** ذرات أوكسجين، و**12** ذرة من الهيدروجين، وتحدث الجلكزة اللاهوائية كالتالي:

1-تكسير الروابط الكيميائية في سكر الغلوكوز بفعل أنزيم خاص فتنفصل ذرات الكربون ويتكون حمص البروفيك كالتالي:

الغلوكوز ——————— حمض البيروفيك

وتحدث عملية التحول في منطقة داخل الخلية تعرف بالميتوكوندري وهي أجسام سيتوبلازمية في الخلية وتعتبر مركز للأنزيمات اللازمة لتحويل المواد الغذائية إلى طاقة، ولذلك يطلق عليها اسم بيوت الطاقة.

2-تنفصل مجموعة ذرات الهيدروجين عن جزء الغلوكوز، وينتج عن ذلك طاقة تستخدم في إعادة تصنيع الـ **ATP** داخل الخلية.

ومن الملاحظ أن إنتاج الطاقة في النظامين الأول والثاني (**ATP-PC**) و (**LA**) المنبعثة من النظام الثالث في وجود أوكسجين الهواء الجوي وهي طاقة هوائية. (السيد، **2003**، ص**205**).

المحور الثاني: القدرة الهوائية والقدرة اللاهوائية.

المجلس العلمي

المحاضرة 08 الأسبوع 08

8.2-التحمل اللاهوائي:

ويقصد به قدرة العضلة على العمل لأطول فترة ممكنة في إطار إنتاج الطاقة اللاهوائية التي تتراوح فترتها من 5 ثواني إلى أقل من دقيقة أو دقيقتين وهذا العمل العضلي أما أن يكون من النوع المتحرك أو النوع الثابت، فمثلا تحتاج سباقات عدو المسافات المتوسطة والقصيرة إلى التحمل اللاهوائي المتحرك بينما تحتاج رياضة الجمباز إلى التحمل الثابت عند اتخاذ الأوضاع الثابتة (مثلا زاوية أو ارتكاز على المتوازي، تعلق في وضع التقاطع على الحلق).

ويتطلب هذا النوع من التحمل كفاءة في قدرة العضلة على تحمل نقص الأوكسجين وزيادة في قدرتها على استخدام نظم الطاقة اللاهوائية مع تحمل زيادة حمض اللاكتيك الذي يكون له أهمية خاصة. حيث ان زيادة حمض اللاكتيك في العضلة نتيجة للجلكزة اللاهوائية تؤدي إلى سرعة التعب وبطء الأداء الحركي وانخفاض مستوى قوته. (رضوان، 1998، ص44).

9.2-التحمل اللاهوائي وطرق تأخير التعب:

تزداد كفاءة التحمل اللاهوائي للاعب من خلال تأخير ظهور التعب، ويتم تأخير التعب في غضون أنشطة التحمل اللاهوائي بواسطة ثلاث طرق مهمة تتمثل:

1-تقليل معدل تجمع حمض اللاكتيك:

يمكن تقليل تجمع حمض اللاكتيك عن طريق معدل إنتاجه في العضلات مع زيادة معدل التخلص منه في نفس الوقت في هذه العضلات، وتعلل إنتاج حمض اللاكتيك أثناء النشاط البدني عند زيادة استهلاك الأوكسجين وعند ذلك تتم أكسدة كميات أكبر من أيون الهيدروجين وحمض البيروفيك. الناتجة عن التمثيل الغذائي اللاهوائي تتحول إلى الميتوكوندي إلى ثاني أوكسيد الكربون وماء. أما في حالة عدم كفاية الأوكسجين فان البيروفيك وأيون الهيدروجين يتحدان لتكوين حمض اللاكتيك، كما يمكن إزالة بعض البيروفيك من العضلات العاملة عند اتحادها مع الأمونيا لتكوين الحمض الأميني الألانين Aianin الذي يمكنه أن ينتشر في الدم ثم التحول إلى غلوكوز في الكبد.

وقد لوحظ زيادة الألانين في عضلات الحيوانات كما لاحظ بعض الباحثين زيادة في الدم لدى الإنسان أثناء أداء النشاط البدني (كارلتين وآخرون Carliten et.al1962) و (فليج و وران، Felig and 1971 Wahren)

جامعة العربي بن مهيدي أم البواقي * مجلس الكلية * المجلس العلمي * معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

وزيادة معدل تحول البيروفيك إلى الألانين هو العامل الرئيسي لتأخير ظهور التعب الناتج عن زيادة في إنتاج اللاكتيك أثناء النشاط البدني، وقد قدر (فليج و وران 1971) هذه العملية بإمكانية تقليل حمض اللاكتيك بنسبة 35 إلى 60 بالمئة من الأشخاص المدربين. حيث لاحظ الباحثين إن إنتاج الألانين يزيد في بمقدار 50% في العضلات الإرادية للطرف السفلي عند أداء نشاط بدني ذي شدة مرتفعة. وعموما فان أي تدريب رياضي يؤدي زيادة القدرة على استهلاك الأوكسجين فانه بالتالي يؤدي إلى تقليل إنتاج حمض اللاكتيك، كما انه قد يؤدي أيضا إلى تحول البيروفيك الألانين. (رضوان، 1998، ص44).

2-زيادة التخلص من حمض اللاكتيك بالعضلات:

ينتشر حمض اللاكتيك من الخلايا العضلية إلى الدم أو الفراغات خارج الخلايا Faltacel Lular Spaces، وثم انتشار بعض الحمض إلى خلايا الألياف العضلية الأخرى غير العاملة وذلك لاستهلاكه كمصدر للطاقة، كما يتم دفع جزء منه إلى الدم حتى يتم نقله إلى القلب والكبد فيستهلكه القلب بينما يقوم الكبد بتحويله إلى غلايكوجين وبالتالي فان زيادة تخلص العضلة من حمض اللاكتيك يؤدي إلى تأخير انخفاض درجة الـ Ph لعضلة متسببة في حدوث التعب. ونظرا لحداثة فكرة زيادة التخلص من حمض اللاكتيك في العضلة، وعلى الرغم من أهمية هذه العملية إلا أنه لا توجد حقائق مؤكدة في إمكانية استخدام التدريب بالرياضي بهدف كفاءة العضلة في ذلك وأي طرق التدريب يمكن استخدامها لتحقيق هذا الهدف؟ وعموما فان ليس من الصعب افتراض إن التدريب الرياضي سوف يزيد من معدل التخلص من حمض اللاكتيك في العضلة. فقد ثبت زيادة الأنزيمات المسئولة عن التنظيم الغذائي لحمض اللاكتيك في العضلات والأعضاء الأخرى نتيجة التدريب الرياضي.

ويساعد الجهاز الدوري من التخلص حمض اللاكتيك عن طريق زيادة توصيل الدم إلى العضلات العاملة نتيجة لزيادة الدفع القلبي وكثافة الشعيرات الدموية وتوزيع سريان الدم، وكل ذلك يعمل على سريان الدم خلال العضلات لفترة زمنية معينة مما يسمح بزيادة انتشار اللاكتيك منها والى الدم خلال العضلات لفترة زمنية معينة مما يسمح بزيادة إنتشار حمض اللاكتيك منها إلى الدم الذي يقوم بنقله إلى القلب والكبد والعضلات الأخرى الغير العاملة، وقد دلت دراسة (دولكبلر و كينل Dolkeppler and Kenl، 1972) على إن الرياضيين أصحاب القلوب الكبيرة (كبيرة الحجم) تكون فرصتهم أفضل في إزالة حمض اللاكتيك من الدم نتيجة قيام الألياف العضلية للقلب باستهلاك هذا الحمض، وبذلك يقلل مستوى تركيزه في الدم، وعادة يزيد حجم القلب بواسطة التدريب الرياضي وهذا يؤكد أهمية تدريبات التحمل العام للاعبي المسافات القصيرة والسرعة. ويساعد نشاط

أنزيم (LDH) Lactate De-Hydrogenate في التمثيل الغذائي لحمض اللاكتيك، ولهذا فان أي زيادة في نشاط هذا الإنزيم يصحبها زيادة إلى التخلص من حمض اللاكتيك. (أبو العلا، 1993، ص83).

هناك نوعان أساسيان من أشكال هذا الإنزيم لدى الإنسان: أحدهما في العضلة (M.LDH) والثاني في القلب (H.LDH)، حيث يقوم إنزيم العضلة بتشكيل اللاكتيك من البيروفيك بينما يقوم إنزيم القلب (H.LDH) بتنظيم التفاعل العكسي أي يتحول اللاكتيك إلى بيروفيك، وهذا الإنزيم ينتشر في ألياف عضلة القلب كما يوجد في الألياف العضلة البطيئة، فيما يوجد الإنزيم الخاص بالعضلة في ألياف العضلة الهيكلية، ويجب إن يؤخذ في الاعتبار أن هذه الملاحظة تعتبر الملاحظة إلى حد ما نظرية، حيث انه من الممكن أن يقلل نشاط أنزيم (H.LDH) نتيجة زيادة الحمضية ولا توجد دلائل محددة في تأثير التدريب الرياضي على هذا الإنزيم حيث سجلت إحدى الدراسات نقصا في نشاط إنزيم (LDH) بينما سجلت دراسة أخرى عدم حدوث تغيرات، وقد أظهرت دراسة (جولنيك وسيمون، 1967) زيادة في نشاط إنزيم (H.LDH) في عضلة القلب لدى فترات التجارب بعد تجاربها لعدة أسابيع على التحمل في السباحة، في الوقت الذي لوحظ فيه نقص نشاط إنزيم (H.LDH) في العضلات الهيكلية. وعموما فان الباحثين في هذا الموضوع إجراء لمزيد من الدراسات للتعرف على ما إذا كانت زيادة إنزيم (H.LDH) يصاحبها نقص في نشاط إنزيم (H.LDH)؟ وقد تتأثر عملية إزالة حمض اللاكتيك أيضا بنشاط إنزيم آخر يقوم بتنظيم نقل حمض اللاكتيك خارج العضلات ويسمى هذا الإنزيم Lactate Dermease ، إلا أنا الدراسات مازالت قليلة في هذا المجال.

3-زيادة تحمل اللاكتيك:

عندما يزيد تجمع اللاكتيك في العضلة وتحدث الحمضية Acidosis يشعر اللاعب بالألم، وعند ذلك يستطيع اللاعب المدرب على تحمل هذا الألم الاستمرار في الأداء مع تحمل زيادة تجمع حمض اللاكتيك والاحتفاظ بمستوى عال من السرعة الأداء الحركي ويتم ذلك من خلال تحسين سعة المنظمات الحيوية Buffering Capacity وزيادة تحمل الألم وينعكس تحسن المنظمات الحيوية في المحافظة على مستوى (pH) ضد زيادة الحمضية. وقد دلت دراسات كثيرة على إمكانية تحسن سعة المنظمات الحيوية عن طريق التدريب الرياضي. في حين لم يذكر المراجع الفيزيوليوجية الكثير عن عامل تحمل الألم. ولكن الجدير بالذكر أن دوافع التي يستخدمها المدرب لزيادة فاعلية اللاعبين في أداء التدريبات اللاهوائية تساعد كثيرا في تنمية عامل تحمل الألم. ويمكن قياس التحمل اللاهوائي باستخدام بعض الطرق الميدانية التي يمكن أن يقوم بها المدرب في المعلب مثل أداء تمرين الجلوس على الأربع من الوقوف، وتمرين الشد على العضلة، وتمرين ثني الذراعين من الانبطاح المائل، أو ثني الذراعين من الوقوف مع الارتكاز على المتوازي بالذراعين وفي جميع هذه التمرينات يتم حساب أقصى عدد من التكرارات في اقل زمن ممكن. (أبو العلا، 1993، ص83).

10.2-طرق التخلص من حمض اللاكتيك:

من المعروف ان زيادة تجمع حمض اللاكتيك الناتج عن الجلكزة اللاهوائية يؤدي إلى حدوث التعب ولذا فان الاستشفاء الكامل من التعب يتم إذا ما تخلص الجسم من الكمية الزائدة منه في العضلات وفي الدم، وبالنسبة لسرعة التخلص من حمض اللاكتيك فقد دلت النتائج إلى النتائج إن ساعة واحدة تكفي لإزالة معظم حمض اللاكتيك المتجمع بعد التدريبات ذات الشدة القصوى فترة زمنية في حدود 25 دقيقة، ويعني ذلك إن التخلص من **95%** من حمض اللاكتيك يتم خلال ساعة وربع بعد أداء التدريبات ذات الشدة القصوى بينما يقل الزمن في حالة انخفاض شدة أداء التمرينات، ويتم التخلص من حمض اللاكتيك بواسطة أربع طرق رئيسية هي:

1-خروج حمض اللاكتيك مع البول والعرق: ويتم ذلك بدرجة طفيفة جدا.

2-تحول حمض اللاكتيك إلى غلوكوز أو غلايكوجين: ويتم ذلك في الكبد حيث يتحول إلى حمض اللاكتيك الى غلايكوجين وغلوكوز وفي العضلات يتحول إلى غلايكوجين للمساعدة في الإمداد في الطاقة مع ملاحظ أن عملية تحويل اللاكتيك الىغلايكوجين يتم بصورة بطيئة بعملية التخلص منه.

3- تحول حمض اللاكتيك إلى بيروتين: يمكن تحوي كمية قليلة من حمض اللاكتيك إلى بروتين مباشرة في الفترة الأولى للاستشفاء بعد التدريب.

4-أكسدة حمض اللاكتيك: تتم أكسدة حمض اللاكتيك لتحويله إلى ثاني أوكسيد الكربون والماء لاستخدامه في نظام إنتاج الطاقة الهوائي، ويتم معظم ذلك بواسطة العضلات الهيكلية إلا أن أنسجة القلب مع المخ والكبد والكلى تشترك أيضا في هذه الوظيفة، ففي وجود الأوكسجين يتحول حمض اللاكتيك أولا إلى حمض البيروفيك ثم إلى ثاني أوكسيد الكربون والماء من خلال دائرة كريبس ونظام النقل الإلكتروني على التوالي وهذا يمثل الجزء الكبر للتخلص من حمض اللاكتيك.(سلامة، 2000، ص166).

المحور الثالث: طرق قياس الطاقة المستهلكة

المجلس العلمي

1-كيف يتم صرف الطاقة؟

2-كيفية قياس الطاقة المصروفة من قبل الجسم.

3-بعض طرق قياس استهلاك الطاقة.

المحور الثالث: طرق قياس الطاقة المستهلكة

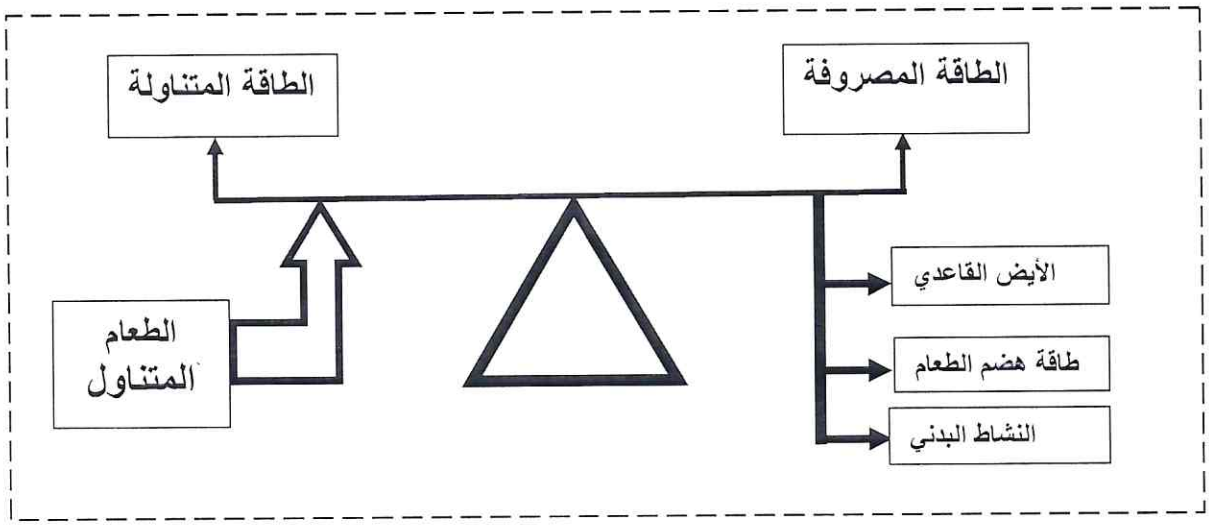
المحاضرة 09 **الأسبوع 09**

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة * معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية * المجلس العلمي

-كيف يتم صرف الطاقة:

إن لمعادلة اتزان الطاقة طرفان، الطرف الأول هو الطاقة المستهلكة أو المتناولة، وهي الطاقة الحرارية المتناولة من قبل الجسم (الطعام المتناول)، بينما يمثل الطرف الثاني الطاقة المصروفة(**Energy intake**). ويمكن تقسيم الطاقة المصروفة إلى ثلاثة أجزاء، هي الطاقة المصروفة أثناء الراحة (**RMR**)، والطاقة المصروفة من جراء استهلاك الطعام (**Thermal effect of food**) ، وأخيرا الطاقة المصروفة في جراء النشاط البدني اليومي، سواء كان نشاطا حياتيا اعتياديا آو نشاط رياضيا.

ويوضح الشكل رقم(01) عناصر كل من الطاقتين المصروفة والمتناولة . والمعروف أن مصروف الطاقة في الراحة يمثل النسبة الأكبر من الطاقة المصروفة في اليوم حوالي 6%، وهو المصروف اللازم للوفاء باحتياجات الجسم الحيوية أثناء الراحة، مثل عمليات– التنفس وعمل القلب، وضخ الدم، واتزان السوائل، ونشاط الجهازين العصبي والعضلي. (Westerterp K. Saris W.,1992, p123.)



شكل رقم01 :معادلة اتزان الطاقة في الجسم، والعناصر المكونة لكل من الطاقتين المصروفة والمتناولة

أما الطاقة المصروفة في استهلاك الطعام وهضمه وامتصاصه وتخزينه فتقدر بحوالي10 % من مجموع الطاقة الكلية المتناولة في اليوم من قبل الشخص، ويتأثر هذا الجزء بعدد مرات تناول الطعام، وكميته، ونوعه. وتعد الطاقة المصروفة من خلال النشاط البدني الأكثر تفاوتاً بين الأفراد، والأكبر تأثيراً على توازن الطاقة في الجسم، ويدخل ضمن ذلك الطاقة المصروفة نتيجة النشاط البدني والحركي المبذول في المنزل وفي العمل وفي الرياضة والترويح) أنظر الشكل رقم ٢ .(والمعروف أن زيادة مقدار الطاقة المتناولة أو انخفاض النشاط البدني) أو

كلاهما (يقودان إلى البدانة، كما أن انخفاض النشاط البدني يؤدي بدوره إلى انخفاض اللياقة البدنية، وكذلك فإن زيادة البدانة تقود بدورها إلى انخفاض اللياقة البدنية،وعليه فإن النشاط البدني يؤثر على البدانة ويتأثر بها.

المجلس العلمي

النشاط البدني	Physical Activity 20-30%
طاقة هضم الطعام	Thermal Effect of Food 10%
الأيض القاعدي	Basal Metabolic Rate 60-70%

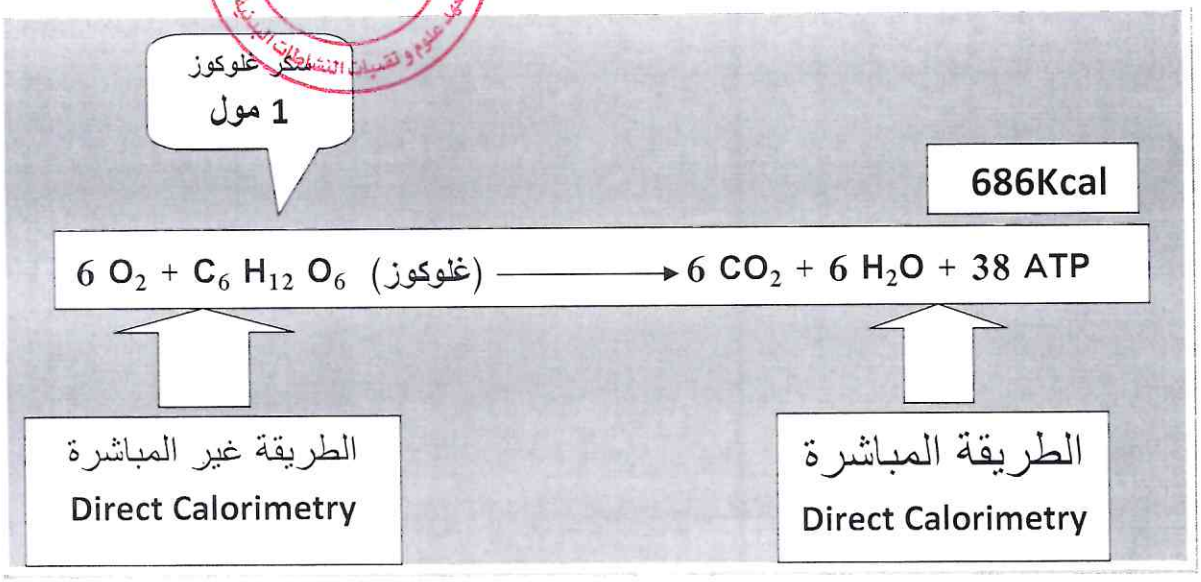
الجدول رقم (01): مكونات الطاقة المصروفة ونسبة مشاركة كل مكون منها ضمن الطاقة الكلية.

ويتفاوت معدل الطاقة الكلية المصروفة من قبل الأفراد تبعاً لمعدل نشاطهم البدني، لكن من المعتقد أن الحد الأدنى من معدل الأيض في الجسم هو 1.4 أضعاف معدل الأيض القاعدي أو الأساسي (BMR) ، ويدخل في ذلك الطاقة اللازمة للأيض القاعدي، والطاقة اللازمة لاستهلاك الطعام، والطاقة الضرورية للقيام بالحد الأدنى من الأنشطة البدنية اليومية. أما الحد الأعلى للطاقة المصروفة من قبل الجسم، فنلاحظها لدى بعض الرياضيين الذين ينخرطون في تدريبات بدنية شاقة ومنافسات رياضية حادة، مثل طواف فرنسا للدراجات،الذي يتكون من 20 مرحلة ويدوم ثلاثة أسابيع، حيث يصل معدل الطاقة المصروفة من قبل هؤلاء الرياضيين إلى معدل عال يبلغ 3.5-5.5 ضعف ما هو عليه معدل الأيض القاعدي، علماً بأن الطاقة المصروفة في اليوم (متوسط معدل الأيض في اليوم على معدل الأيض القاعدي) لدى عامة الناس يتراوح من 1.2-2.5 .

-كيفية قياس الطاقة المصروفة من قبل الجسم:

إن جميع العمليات الحيوية داخل جسم الإنسان يتم فيها استخدام الطاقة وينتج عنها حرارة. ويقوم الجسم بالتخلص من الحرارة المنبعثة من جراء عمليات الأيض هذه بوسائل عدة، منها الحمل، والإشعاع، والتوصيل، وتبخر العرق. والمعروف أن تحويل الطاقة الكيمائية داخل العضلات (الناتجة من التمثيل الغذائي داخل الجسم) إلى طاقة ميكانيكية (عمل عضلي) يتم بكفاءة لا تزيد عن 25% ، مما يعني أن ما يربو على 75 % من الطاقة الكيمائية داخل الجسم تتحول إلى حرارة يتم التخلص منها من قبل الجسم .ويعتبر معدل إنتاج الحرارة في الجسم مؤشرا دقيقا على معدل العمليات الأيضية (الحيوية) التي تجري داخل الجسم، أي مؤشرا لمعدل الطاقة المصروفة من قبل الجسم . ويوضح الشكل رقم (02) معادلة التنفس الخلوي (أكسدة الغلوكوز بوجود الأوكسجين)، المؤدية لإنتاج الطاقة داخل خلايا الجسم، حيث تستخدم عموما كل من المواد الدهنية

والكربوهيدراتية (وبنسبة ضئيلة جدا يمكن استخدام الأحماض الأمينية) في عمليات إنتاج الطاقة. إن مقدار الطاقة الحرارية المنتجة من عملية التنفس الهوائي عند حرق مول واحد من الجلوكوز (بواسطة الأكسجين) تقدر بما يساوي 686 كيلو سعر حرارية. هذه الحرارة المنبعثة من التحلل الجلوكوزي ترتبط ارتباطاً وثيقا مع مقدار الوقود المستخدم) في هذه الحالة الجلوكوز (وبالتالي مقدار الأكسجين المستخدم، وعليه فكلما كان الأكسجين المستخدم في حرق الوقود أكبر كانت الطاقة الحرارية أكبر.



شكل رقم (02): معادلة التنفس الخلوي (أكسدة الغلوكوز بوجود الأوكسجين)

ولقياس الطاقة الحرارية المنبعثة مباشرة من الجسم، يلزمنا استخدام ما يسمى بمقياس أي قياس الطاقة الحرارية المنبعثة مباشرة (Direct calorimeter) ، الطاقة الحرارية المباشر من الجسم، وهذا الإجراء يتطلب وجود غرفة خاصة مجهزة لهذا الغرض، تكون معزولة عن المحيط الخارجي، يتم بداخلها قياس مقدار الحرارة المنبعثة من الجسم، سواء كان ذلك أثناء الراحة أم أثناء النشاط البدني .وعادة ما تكون هذه الغرفة معزولة تماماً عن الوسط الخارجي ومجهزة بأنابيب من الداخل يمر فيها تيار مائي، ويتم قياس الفرق بين درجة حرارة تيار الماء الداخل إلى الغرفة والتيار المائي الخارج منها (أنظر الشكل رقم 03)، ومن ثم يتم تحويل ذلك إلى سعرات حرارية، حيث يدل انخفاض درجة حرارة لتر واحد من الماء درجة مئوية واحدة على فقدان كيلو سعر حراري واحد. علما بأنه يتم الأخذ بالحسبان الحرارة المنبعثة من بخار الماء في تيار الهواء الداخل إلى الغرفة.

وفي وقتنا الحاضر، لا يوجد في كل دول العالم إلا مجموعة محدودة من غرف القياس المخصصة لرصد الحرارة المنبعثة من الجسم، وتستخدم بشكل رئيسي في أغراض البحث العلمي. وفي الآونة الأخيرة حدث تطور في قياس الحرارة المنبعثة من الجسم عن طريق تصنيع بذلة تحتوي أنابيب يمر فيها الماء، ويمكن لبسها من قبل المفحوص، وبالتالي قياس الحرارة المنبعثة منه سواء أثناء الراحة أو أثناء النشاط البدني، لكنها تظل أكثر تعقيداً مما يمكن تصوره، وبالتالي فهي ليست في الواقع طريقة عملية عدا لأغراض البحث العلمي. (Westerterp K. Saris W.,1992, p125.)

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة * معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية * المجلس العلمي

شكل رقم(03) :الغرفة الحرارية لقياس الحرارة المنبعثة من الجسم أثناء الجهد البدني.

ونظرا لصعوبة استخدام الطريقة المباشرة لقياس الحرارة المنبعثة من الجسم، يتم اللجوء إلى ما يسمى بالطريقة غير المباشرة لقياس الحرارة المنبعثة من الجسم ومن ذلك قياس معدل استهلاك الأكسجين وإنتاج ثاني أكسيد الكربون من قبل ، (Indirect calorimetry) الجسم، سواء كان ذلك في الراحة أم أثناء الجهد البدني، فالمعروف أن الأكسجين المستنشق يتم استخدامه من قبل الجسم في حرق الوقود (المواد الكربوهيدراتية، والدهون، وإلى حد أقل البروتينات) من خلال عمليات أيضية هوائية (عمليات التمثيل الغذائي داخل الخلايا)، ويتم إنتاج ثاني أكسيد الكربون كناتج أيضي يخرج عن طريق هواء الزفير، بالإضافة إلى إنتاج الماء . ويمكن بدقة ويسر تقدير الطاقة المصروفة أثناء الجهد البدني من خلال معرفة معدل استهلاك الأكسجين ومقدار المعامل التنفسي الخلوي(RQ) ، خاصة في حالة الاستقرار(Steady state) حيث يكون المعامل التنفسي الخلوي يساوي 1 صحيح في حالة حرق الكربوهيدرات 100% وحوالي 0.7 في حالة حرق الدهون 100% كما هو موضح في المعادلات التالية:

$$6\ O_2 + C_6H_{12}O_6\ \text{(سكر غلوكوز)} \longrightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 38\ ATP$$

$$C_{16}H_{32}O_2\ \text{(حمض دهني)} + 23\ O_2 \longrightarrow 16\ CO_2 + 16\ H_2O + 129\ ATP$$

يختلف مقدار المعامل التنفي الخلوي(RQ) تبعا لنوع الوقود المستخدم، فالدهون تستهلك كمية أكبر من الأوكسجين مقابل كمية ثاني أوكسيد الكربون المنتج.

وتتناسب في الواقع عملية استخدام الأكسجين تناسباً طردياً مع الطاقة المنتجة من قبل الجسم. كما نلاحظ أثناء الجهد البدني المتدرج وجود علاقة خطية قوية بين استهلاك الأكسجين وشدة الجهد البدني المبذول.

المحور الثالث: طرق قياس الطاقة المستهلكة

المحاضرة 10 **الأسبوع 10**

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة * معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية و الرياضية * المجلس العلمي

-بعض طرق قياس استهلاك الطاقة :

تستخدم عدة طرق في قياس استهلاك الطاقة ، ويمكن تقسيم هذه الطرق إلى قسمين رئيسيين هما :

3-1- الطرق المباشرة Direct Methods

تعتمد على قياس الطاقة الحرارية أثناء قيام الجسم بأداء مجهود معين ، وتسمى بالقياس الكالوري ميتري المباشر Direct Calooimetry ، ويعبر عنه بالسعرات الحرارية .

- **المميزات :**

- الدقة

- **العيوب :**

- طول مدة الملاحظة.
- صعوبة الاستخدام في الأنشطة الرياضية أو المهنية للإنسان.
- ارتفاع ثمن الأجهزة المستخدمة.
- صعوبة النقل.

- **الأجهزة المستخدمة:**

1 – المسعر التنفسي:

عبارة عن حجرات ذات جدران مزدوجة ، يفصل بينها مواد عازلة للحرارة ، ومزودة بنوافذ مزدوجة تمنع تسرب الهواء أو الحرارة إلى خارج الغرفة . وهذه الغرف مزودة بأنابيب يجري بداخلها ماء ، وتروموميترات كهربائية (لقياس حرارة الماء)، وعدادات (لقياس كمية الماء)، وأسطوانات أكسجين مضغوط، وزجاجات تحتوي على حامض الكبريتيك وجير الصودا.

- **طريقة الحساب:**

تكمن في قياس كمية الأكسجين الذي يستنشقه الشخص داخل الغرفة وكمية ثاني أكسيد الكربون الذي يخرجه الجسم حيث تعادل كمية الحرارة التي يفقدها الشخص داخل الحجرة (عند قيامه ببذل مجهود معين) كمية الحرارة التي يمتصها الماء داخل الأنابيب المارة بالغرفة . (رضوان،1998، ص77).

3-2- الطرق الغير مباشرة Methods Indirect:

وهي الطرق المعتمدة على حساب حجم الأكسجين الذي يستهلكه الشخص خلال فترة زمنية محددة لأكسدة كمية معينة من الغذاء.

Indirect Methods وهذه الطرق هي الشائعة في الغالب وتعرف بطرق القياس الكالوري ميتري الغير مباشر، وتختلف كمية الطاقة المتحررة تبعا لنوع المصدر الغذائي المستخدم فإنتاج الطاقة ، فمثلا:

- يعطي الليتر الوحدات الأكسجين المستخدم لأكسدة المواد الكربوهيدراتية طاقة مقدارها 5.05 سعر حراري.

- بينما البروتينات تعطي 4.7 سعر حراري .

- في حين تعط الدهون حوالي 4.7 سعر حراري . وهذا يعني أن الدهون تحتاج إلى قدر أكبر من الأكسجين لإنتاج نفس الكمية من السعرة الحرارية مقارنة بالكربوهيدرات.

الأجهزة المستخدمة:

تنقسم إلى نوعين هما:

1. أجهزة الدائرة المغلقة Closed-circuit devices

تعتمد على قياس حجم أكسجين المستهلك في عملية التنفس خلال فترة زمنية محدودة، ثم تنقية هواء الزفير من ثاني أكسيد الكربون والماء، وإعادة استنشاقه مرة أخرى وتكرار العملية. Closed-circuit devices وهذه الطريقة تسمى بطريقة الدائرة المغلقة لتحليل الغاز وتتم من خلال قيام الشخص المراد فحصة باستنشاق الأكسجين عبر أنبوبة وقناع ، الزفير من خلال أنبوبة أخرى ، ثم حساب مقدار الأكسجين المستهلك.

2. أجهزة الدائرة المفتوحة OPEN-circuit devices

تتم من خلال استنشاق الأكسجين من هواء الشهيق عبر الأنف أثناء أداء الحمل البدني ، وطرد هواء الزفير عبر الفم ثم وتجميعه في أكياس دوجلاس (Douglas Bags) ثم حساب الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في هواء الشهيق والزفير وتمديد مقدار الأكسجين المستهلك .

وتتميز هذه الطريقة بأنها أكثر دقة من طريقة الدائرة المغلقة، حيث تشكل نسبة الخطأ فيها حوالي 1 % مقابل 15 % لطريقة الدائرة المغلقة. (رضوان،1998، ص77).

المحور الرابع: التقلص العضلي

أولا: نظرية التقلص العضلي

1-العضلة.

2-التقلص العضلي.

ثانيا: التعب العضلي

1-مفهومه وأنواعه.

2-آلية حدوث التعب العضلي فيزيولوجيا ووظيفيا.

4-الاستشفاء من التعب العضلي.

جامعة اكلي محند أولحاج البويرة
المجلس العلمي
معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

المحور الرابع: التقلص العضلي

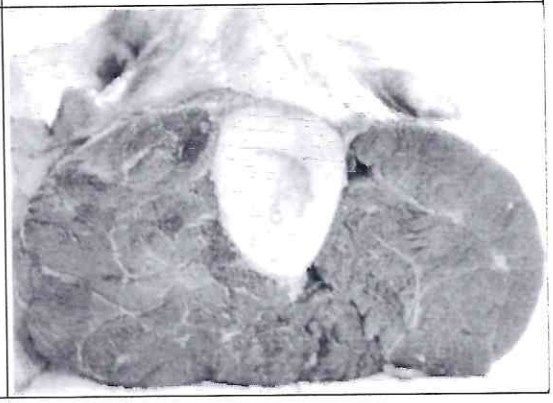
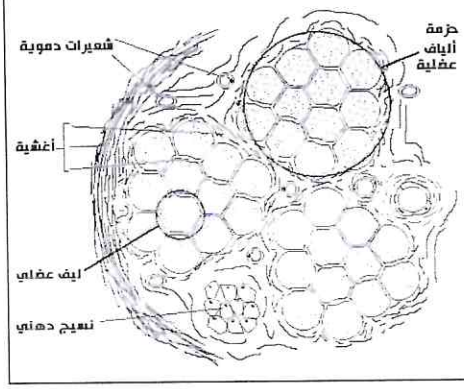
الأسبوع 11

المحاضرة 11

أولا: نظرية التقلص العضلي:

1-العضلة:

بنية العضلة الهيكلية المخططة:

مقطع عرضي لعضلة طرية	رسم تخطيطي لمقطع عرضي لعضلة
	

تتكون العضلة من عدة ألياف عضلية Myofibres على شكل حزم، ذات لون أحمر لاحتوائها على الخضاب العضلي وهو بروتين متخصص في نقل الغازات التنفسية وهناك أيضا وجود أوعية دموية وأعصاب.
تمثل العضلات وسائل لتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية لذا فإنها تلعب دورا مهما في استجابة الحيوان وتلاؤمه مع المحيط الخارجي، وهنالك 3 أنواع رئيسية من العضلات تختلف عن بعضها في التركيب نسيجيا وفي الموقع تشريحيا وفي الوظيفة فسيولوجيا وكذلك في نوع الألياف العصبية المتصلة بها:

1. العضلات الملساء Smooth muscles: وتدعى أيضا بالعضلات غير المخططة أو الحشوية أو اللاإرادية وتتميز أليافها بأنها خالية من التخطيطات العرضية ولو إن فيها تخطيطات طولية لا تكاد ترى إلا بصعوبة وبأنها مغزلية الشكل تحتوي على نواه واحدة مركزية الموقع. وهي توجد في جدران الأعضاء الداخلية وتكون مزودة بألياف عصبية ذاتية.

2. العضلات القلبية Cardiac muscles:عضلات لا إرادية ومزودة بألياف عصبية ذاتية تتميز خلاياها بأنها مخططة ومتصلة مع بعضها مكونة ما يدعى المندمج Syncytium.

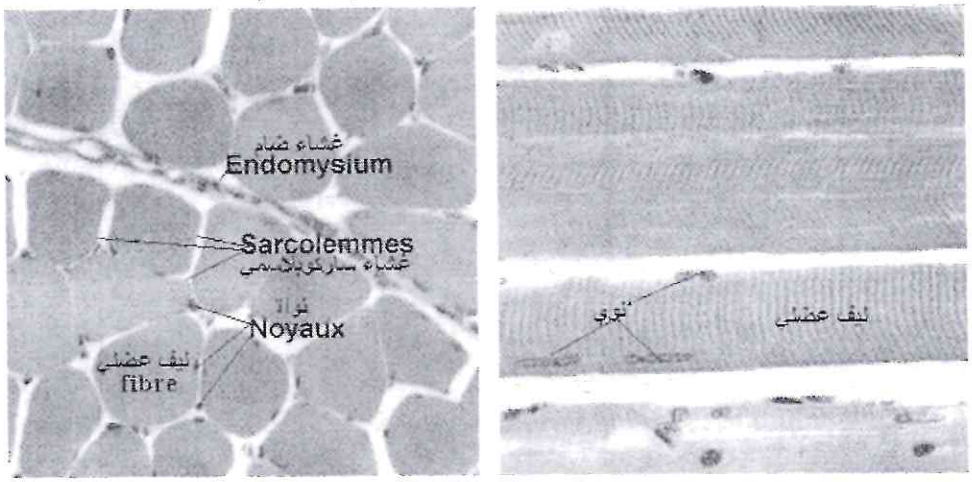
3. العضلات الهيكلية Skeletal muscles: عضلات مخططة إرادية أليافها اسطوانية ذات عدة نوى وهي متصلة بالعظام وتتزود بألياف عصبية جسمية.

*التشريح العام للعضلة الهيكلية:

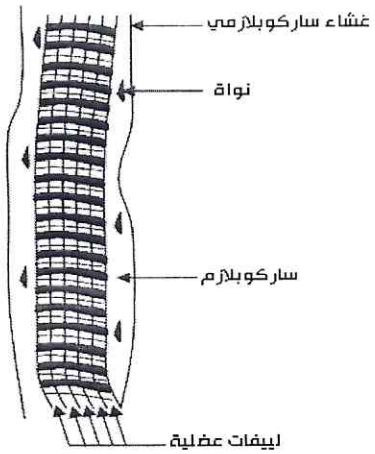
تتألف العضلة الهيكلية من آلاف من الألياف العضلية Muscle fibers الاسطوانية، يحيط الليف العضلي غشاء رقيق يدعى Sarcolemma وهو مملوء بمادة هلامية هي الساركوبلازم Sarcoplasm، وعند فحص الألياف العضلية الهيكلية بواسطة المجهر الضوئي يمكن مشاهدة مناطق داكنة وأخرى فاتحة على طول الليف العضلي وهذا الشيء يعطي الليف العضلي صفة التخطيط العرضي Cross striation وتختلف المناطق الداكنة عن المناطق الفاتحة في خواصها الضوئية لذا تدعى المناطق الداكنة بالأحزمة A-bands (Anisotropic bands) والمناطق الفاتحة بالأحزمة I bands (Isotropic bands)، وتقسم كل حزم I الى نصفين بواسطة غشاء يدعى الخط Z (Z-line or Z-disk) وبذلك يقسم الليف العضلي الى عدد من الوحدات تدعى Sarcomeres والساركومير الواحد هو ذلك الجزء من الليف العضلي الواقع بين خطين من خطوط Z اما الحزام A فتمر في وسطه منطقة افتح لونا تدعى حزام هنزن او حزام H (Hensen band, H-band).

بنية الليف العضلي:

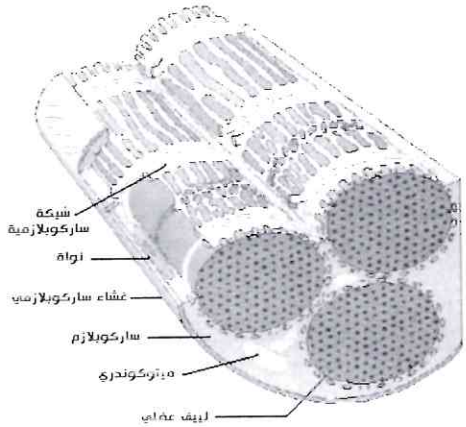
مقطع طولي لألياف عضلية مقطع عرضي لألياف عضلية



http://www.biomultimedia.net/archiv/muscle.htm



رسم تخطيطي جزئي ثلاثي الأبعاد لخلية عضلية= ليف عضلي



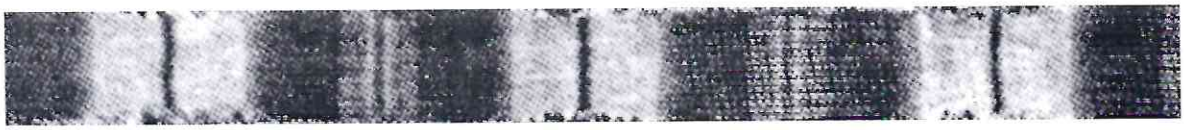
يمثل كل ليف عضلي خلية ضخمة متعددة النوى، يصل طولها إلى عدة سنتمترات، محاطة بغشاء ساركوبلازمي، وتحتوي على سيتوبلازم (ساركوبلازم) يوجد به العديد من الميتوكوندريات، وشبكة ساركوبلازمية كثيفة غنية بالكالسيوم،كما يحتوي على كمية من الغليوكوجين والخضاب العضلي. ويبقى المكون الرئيسي لليف العضلي هو الليفات العضلية التي تعطي المظهر المخطط للعضلات.

وأظهر فحص الليف العضلي بالمجهر الالكتروني إن الساركومير يحتوي على نوعين من التراكيب الخيطية تدعى الخيوط السميكة Thick filaments والخيوط الرفيعة .Thin f ونهايات هذه الخيوط لا تلتقي بل توجد فسحة بين كل خيطين متقابلين، كما تبين ان الحزم A (الداكنة) يحتوي على الخيوط السميكة والرفيعة بينما الحزم I فيحتوي على خيوط رفيعة فقط أما الخط H فيحتوي على خطوط سميكة فقط .

كما وجد ان هنالك نوع ثالث من التراكيب الخيطية تمتد من الخيوط السميكة إلى الخيوط الرفيعة تسمى الجسور ما بين الخيوط Inter-filamental bridges تساهم في عملية التقلص. (أبو العلا، 1997، ص 88)

بنية الليف العضليmyofibrille:

تمثل الوثيقة التالية صورة مجهرية جزئية لليف عضلي.

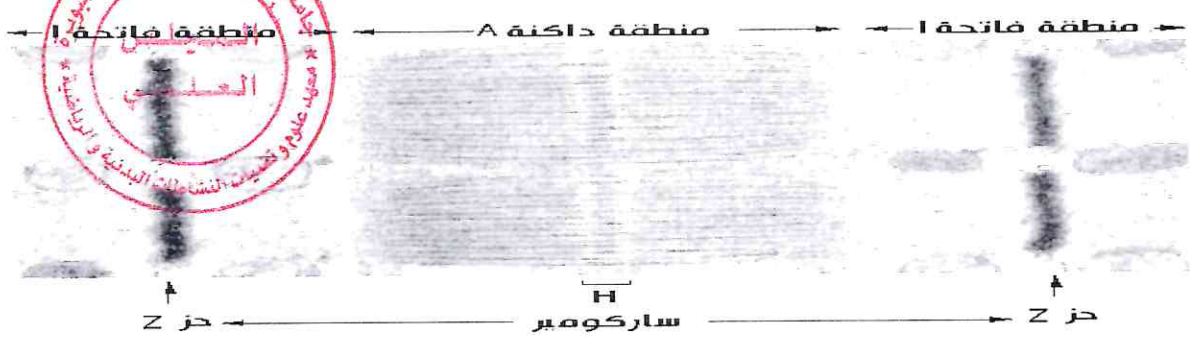


يتشكل كل ليف عضلي من تناوب أشرطة فاتحة I أي Isotropic وأشرطة داكنة A أي Anisotropic.

يظهر وسط كل شريط داكن منطقة فاتحة تدعى المنطقة H مشتقة من الكلمة الألمانية Heller وتعني مضيء.

وسط كل شريط فاتح خط قاتم يدعى الحز Z مشتقة من الكلمة الألمانية Zwischenscheibe وتعني القرص الأوسط.

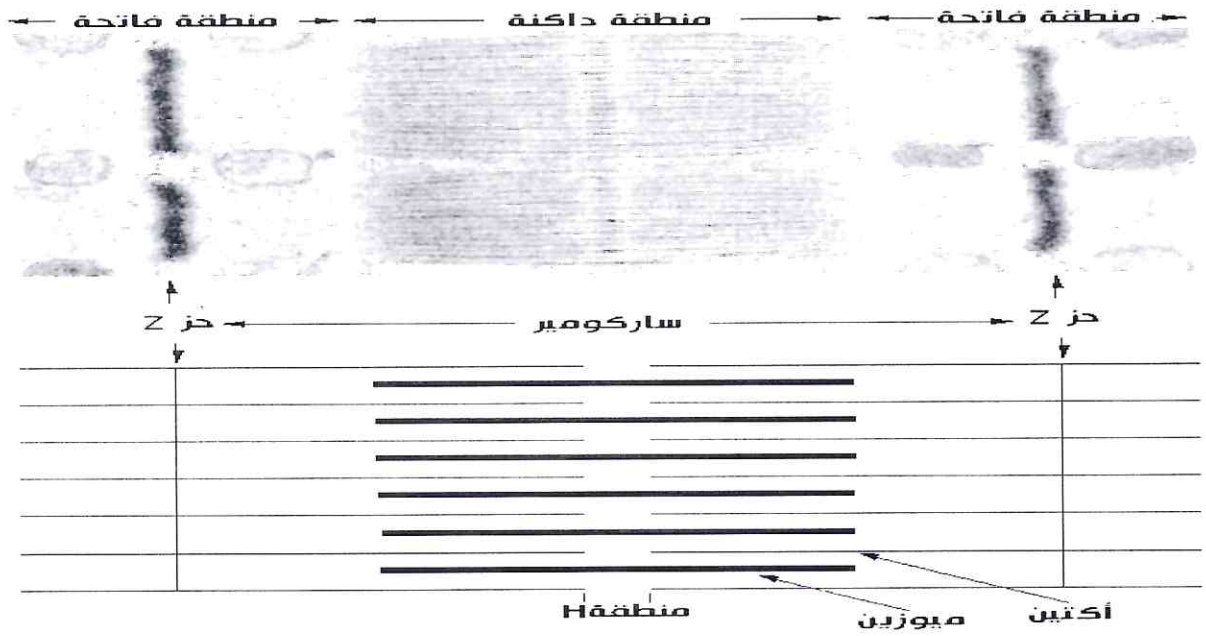
تسمى المنطقة المحصورة بين حزي Z متتالين ساركومير، ويعتبر هذا الأخير الوحدة البنيوية والوظيفية لليف العضلي.



ملا

حظة بتكبير 20.000

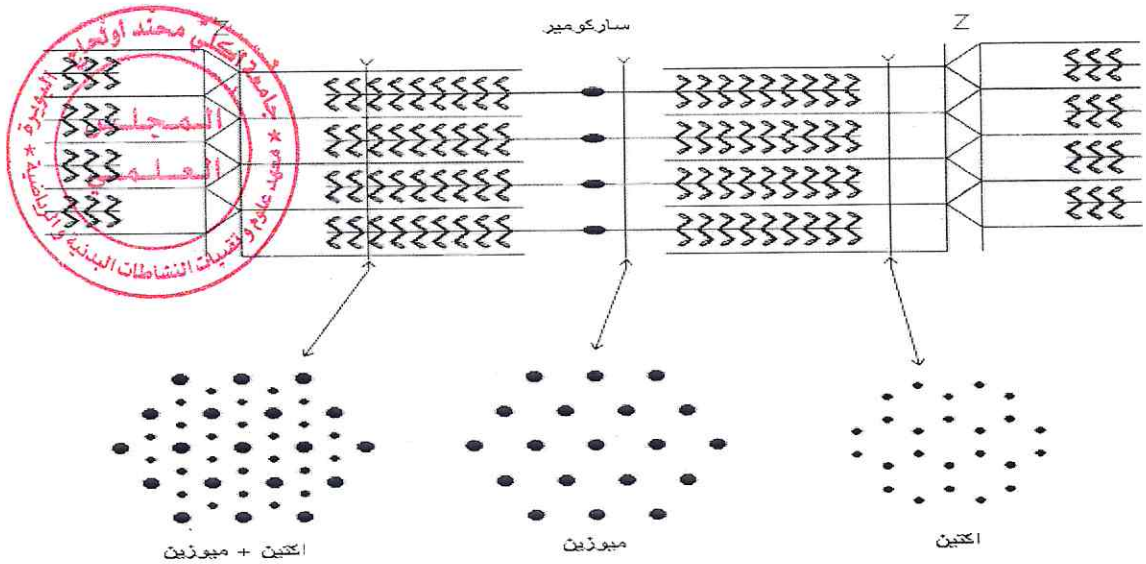
فوق بنية الليف العضلي Myofibrille :



يتشكل كل ليف عضلي من صنفين من الخيوط العضلية Myofilaments:

. خيوط سميكة مكونة من بروتين يدعى ميوزين

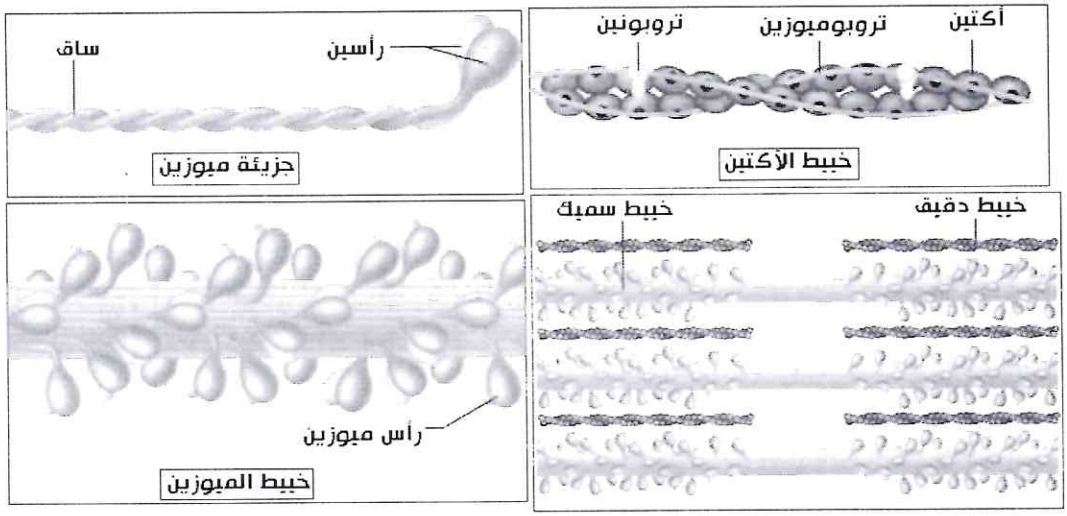
. خيوط دقيقة مكونة من بروتين يدعى أكتين



الشريط الفاتح I مكون فقط من الأكتين أما الشريط القاتمA يتكون من النوعين من الخييطات باستثناء المنطقة H حيث يتواجد الميوزين فقط.

فوق بنية الخييطات العضلية:

تمثل الوثيقة التالية، فوق بنية الخييطات العضلية.



. انطلاقا من الوثيقة، صف فوق بنية الليفات العضلية.

*** وصف بنية الليفات العضلية:**

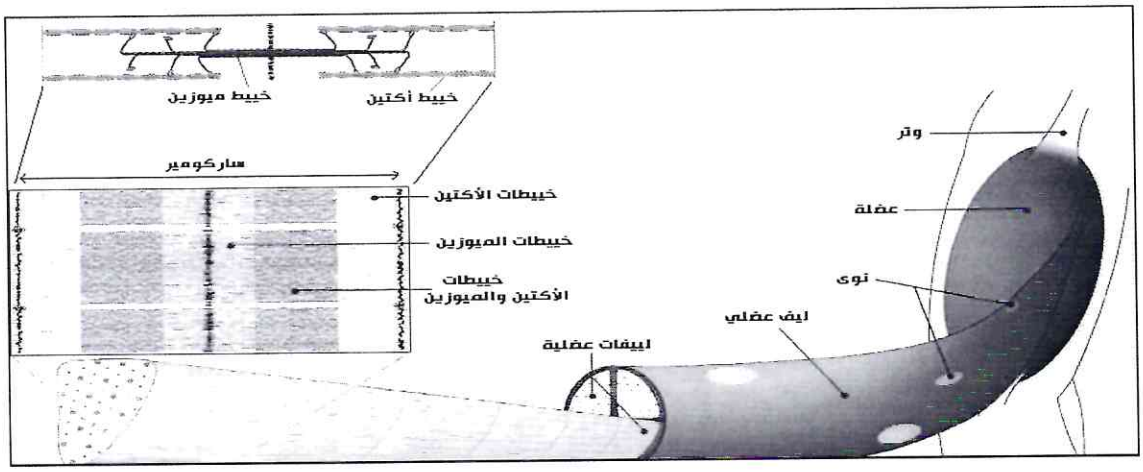
تم تشخيص 4 أنواع من الليفات العضلية التي تسهم في التقلص العضلي والتي لا توجد في الخلايا الاعتيادية:

1. المايوسين Myosin: وزنه الجزيئي حوالي 500 الف ويشكل مادة الخيوط السميكة ويكون بشكل جزيئات طويلة لها رؤوس مكورة.

2. الاكتين Actin: وزنه الجزيئي 45 ألف ويشكل الخيوط الرفيعة وهو بروتين خيطي(شبيه بالمسبحة) يأخذ شكل حلزون أو لولب مزدوج.

3. التروبومايوسين Tropomyosin: وزنه الجزيئي 60-70 ألف وهو بروتين ليفي يتمركز في ثنايا أو أخاديد لولب الاكتين.

4. التروبونين Troponin: عبارة عن معقد مكون من 3 جزيئات بروتينية كروية هي TNI و TNTو TNC تقع في أخاديد حلزون الاكتين فوق جزيئات التروبومايوسين. وكل منها له وظيفة محددة حيث يقوم TNIبمنع ارتباط المايوسين مع الاكتين في حالة الاسترخاء. أما TNC فانه يحتوي على مواقع ربط ايونات الكالسيوم. أما TNT فيقوم بربط التروبومايوسين والتروبونين على خيوط الاكتين. (أبو العلا، 1997، ص 96)



المحور الرابع: التقلص العضلي

جامعة العلي محند أولحاج البويرة * معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية * المجلس العلمي

المحاضرة 12 الاسبوع 12

2-التقلص العضلي:

تمهيد:

يقوم لاعب كرة القدم بحركات ناتجة عن تقلص عضلاته، ويستلزم ذلك طاقة كيميائية (ATP) يحصل عليها من خلال تفكيك المادة العضوية.

تساؤل:

كيف يمكن تحويل الطاقة الكيميائية ATP إلى تقلص عضلي(طاقة ميكانيكية)؟

. دراسة تجريبية للتقلص العضلي(الظواهر الميكانيكية):

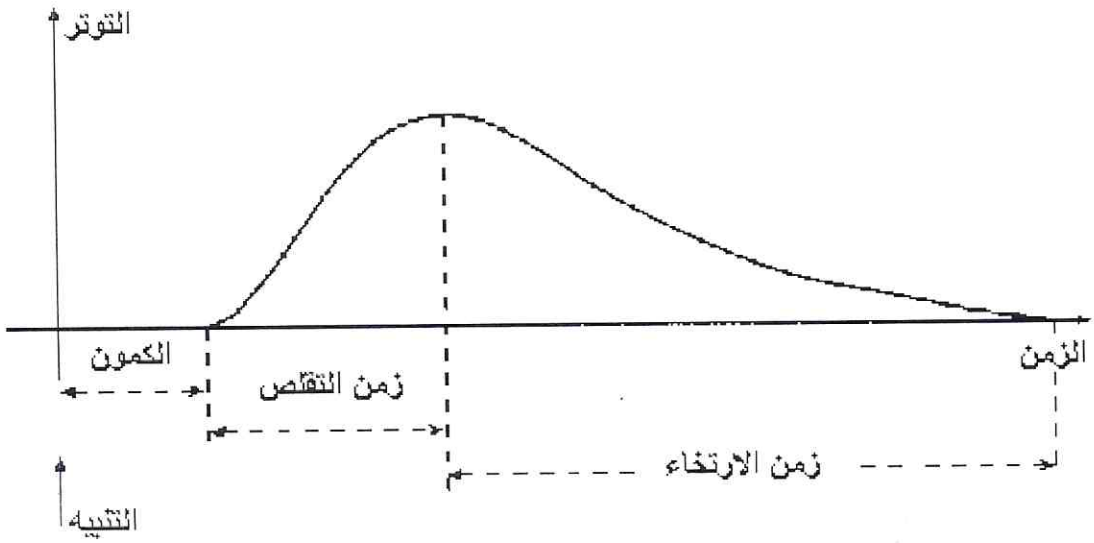
العضلات الهيكلية هي كل العضلات المرتبطة بالهيكل العظمي، وتمكن من القيام بالحركات عن طريق التقلص (الانقباض). وتتميز بصفة عامة بالمرونة، والاهتياجية (القدرة على الاستجابة لعامل مهيج منبه) و القدرة على التقلص.

- العدة التجريبية:

توصل عضلة بطن الساق لضفدعة مخربة الدماغ والنخاع الشوكي بجهاز تسجيل التقلص العضلي الذي يسمى راسمة عضلية ثم نهيج العضلة إما بطريقة مباشرة أو غير مباشرة (تهييج العصب الوركي) فنحصل على تسجيلات تسمى رسوما تخطيطية عضلية.

1 - 2 - تحليل التسجيلات العضلية:

- استجابة العضلة لإهاجة واحدة:



جامعة أكلي محند أولحاج البويرة * معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية و الرياضية * المجلس العلمي

استخرج من الوثيقة مراحل الاستجابة العضلية.

مراحل استجابة العضلة أي الإنقباض العضلي:

مرحلة الكمون: مدتها حوالي 5 مللي ثانية وتأتي بعد التنبيه مباشرة.

يحدث فيها تغيرات عصبية، كهربائية وكيميائية.

عصبية: وصول إشارة عصبية صادرة من الجهاز العصبي لاستثارة الألياف العضلية

كهربائية: تتمثل في انعكاس أو زوال الاستقطاب أي انعكاس فرق الجهد (الكمون) الكهربائي لجدار الحلية العضلية بما يعادل 110 مللي فولط (80 مللي فولط في فترة الراحة) ويسمى ذلك فرق جهد الحركة ويظهر الكالسيوم من شبكة الساركوبلازم.

كيميائية: ويعبر عنها بإفراز مادة الأستيل كولين من النهايات العصبية عند وصول الإشارة العصبية إليها.

مرحلة التقلص (الانقباض): مدتها حوالي 40 مللي ثانية

يحدث فيها تغيرات كيميائية-حرارية و ميكانيكية.

كيميائية حرارية: عندما يصل الاستقطاب (الإثارة العصبية) ينطلق الكالسيوم داخل السيركوبلازم، حينئذ يرتبط الكالسيوم بالتروبونين وبالتالي تحرر جزيئة الـ ATPومن تم انشطارها إلى ADP + جزيئة واحدة من الفوسفات + حرارة.

ميكانيكية: تتمثل في النظرية الإنزلاقية وعملية تداخل الأكتين والميوزين وبالتالي حدوث الانقباض

مرحلة الارتخاء: مدتها حوالي 50 مللي ثانية

ظهور مرحلة الارتخاء مرتبط عدة نقاط منها:

-استجابة العضلة لإهاجة (تنبيه)واحدة أو عدة إهاجات (تنبيهات).

-كمية الطاقة ATP المحررة.

-كمية شوارد الكالسيوم المستعملة في التقلص.

- حجم التوصيل العصبين ومن ثم قوة الإنقباضة الواحدة. (أبو العلا، 1993، ص68).

2-مصدر الطاقة في التقلص العضلي:

المصدر المباشر للطاقة اللازمة للتقلص العضلي هي حلمأة جزيئة ATP

$$ATP + H_2O \text{ ----------> } ADP + P_i + 7,3Kcal$$

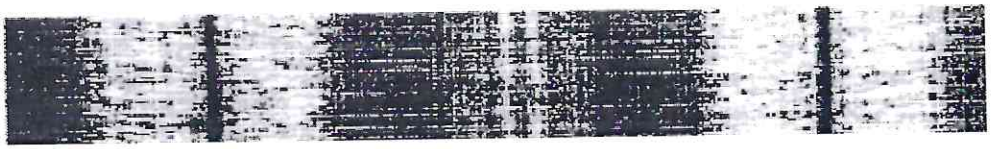
جزء من هذه الطاقة يستعمل في التقلص العضلي والجزء الآخر يضيع على شكل حرارة التقلص.(محمد نصر الدين رضوان، 1998، ص73).

فكيف يتم تحويل الطاقة الكيميائية ATP إلى تقلص عضلي (طاقة ميكانيكية)؟

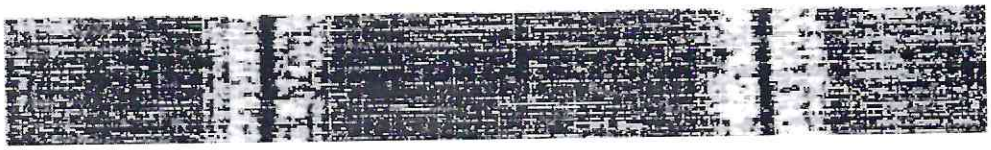
- ملاحظات مجهرية:

للكشف عن بعض التغيرات التي تطرأ على الليف العضلي خلال التقلص نقترح المعطيات التالية:

يمثل الشكل1 من الوثيقة الموالية ملاحظة مجهرية لليف عضلي في حالة راحة بينما يمثل الشكل2 ليف في حالة تقلص.



الشكل1



الشكل2

1 . اعتمادا على مقارنة الشكلين1 و2 استخرج التغيرات التي تطرأ على الليف العضلي خلال التقلص.

2 . اقترح تفسيرا لهذه التغيرات.

-آلية التقلص العضلي Mechanism of muscle – contraction :

من الخصائص المعروفة للألياف العضلية الهيكلية هو أنها تتميز بوجود أقراص باهته وأخرى معتمة بالتبادل وتعرف المناطق الباهتة بالمناطق المتجانسة أو (I – band) لأنها شفافة وذات انكسار ثنائي ضعيف فتسمح بمرور الضوء .

وتعرف المناطق المعتمة بالمناطق غير المتجانسة أو شريط (A – band) لأنها ذات انكسار ثنائي حاد ولا تسمح بمرور الضوء.

يمر في منتصف كل شريط I خط داكن ويعرف Z-line ف حين يمر في كل شريط A خط باهت H-line ويطلق على الجزء الممتد بين كل خطين Z متتابعين بالقطعة العضلية Sarrcomere.

يتكون عند اتحاد الاكتين والميوسين مركب الاكتومايوسين Actomyosin الذي يتقلص في وجود ايونات البوتاسيوم والادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP ، ولوحظ عند انقباض الليف العضلي ان الشريط I يقصر طوله في حين يبقى شريط A ثابتا و أدى ذلك إلى وضع العالم هوكسلي Houxley فرضية تعرف بفرضية الخيوط

المنزلقة Sliding-Filament hypothesis تعمل على تفسير ميكانيكية التقلص العضلي وتقضي هذه الفرضية بان كل ليف عضلي يحوي نوعين من الخيوط هما :

1- خيوط رفيعة من الاكتين توجد في شريط I وتمتد الى الشريط A وتكون نهايتها غير مقابلة للجزء المتوسط من شريط I وإنما تترك مسافة فيما بينها تمثل المنطقة H .

خيوط سميكة من مادة الميوسين توجد في شريط A فقط فعند انقباض القطعة العضلية يقل طول الشريط I ويظل A ثابتا وذلك لان خيوط الاكتين الرفيعة ينزلق مقتربة من بعضها البعض حتى تلتقي في المنطقة H ولذا تختفي هذه المنطقة في العضلة المنقبضة . وعند ازدياد معدل الانقباض تستمر خيوط الاكتين في الانزلاق حتى تتداخل مع بعضها البعض وعندئذ تغدو المنطقة H معتمة ومن هذا يتضح بأنه على الرغم من التقلص العضلي إلا أن طول الخيوط فيها لا يتغير فهي تنزلق فقط وتتداخل بين بعضها البعض. تخضع جميع العضلات لقانون الكل أو اللاشئ أي أنها إما تنقبض بكامل قوتها أو لا تنقبض على الإطلاق. (سلامة، 1994، ص102).

المحور الرابع: التقلص العضلي

المحاضرة 13 الأسبوع 13

جامعة أكلي محند أولحاج البويرة * معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية * المجلس العلمي

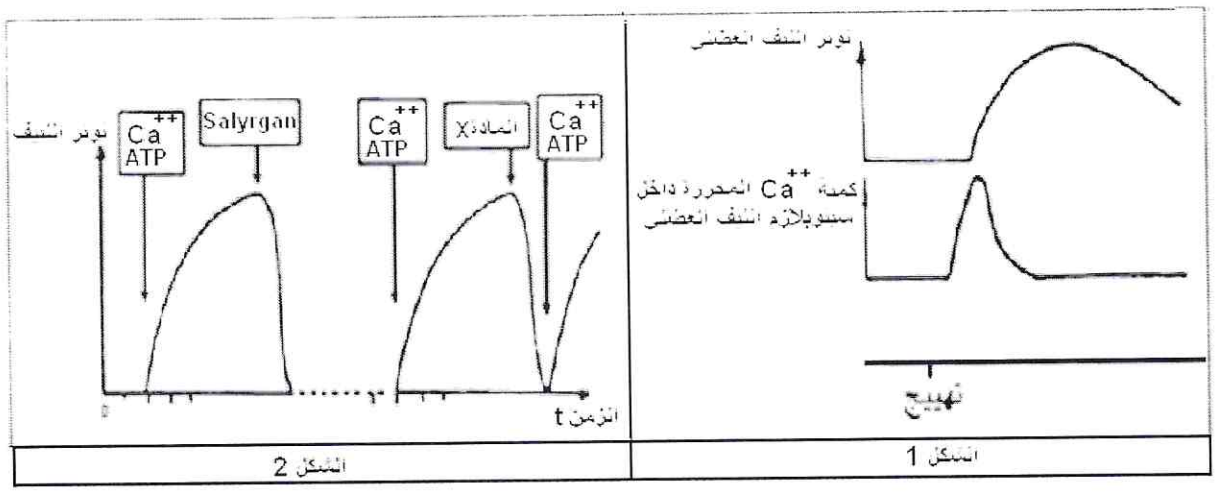
أ . شروط التقلص العضلي:

لتعرف شروط التقلص العضلي نقترح المعطيات التجريبية التالية:

. التجربة1: نقيس كل من الكالسيوم داخل ساركوبلاسم الخلية العضلية وتوترها بعد تهييجها. النتائج المحصل عليها ممثلة في مبيان الشكل1.

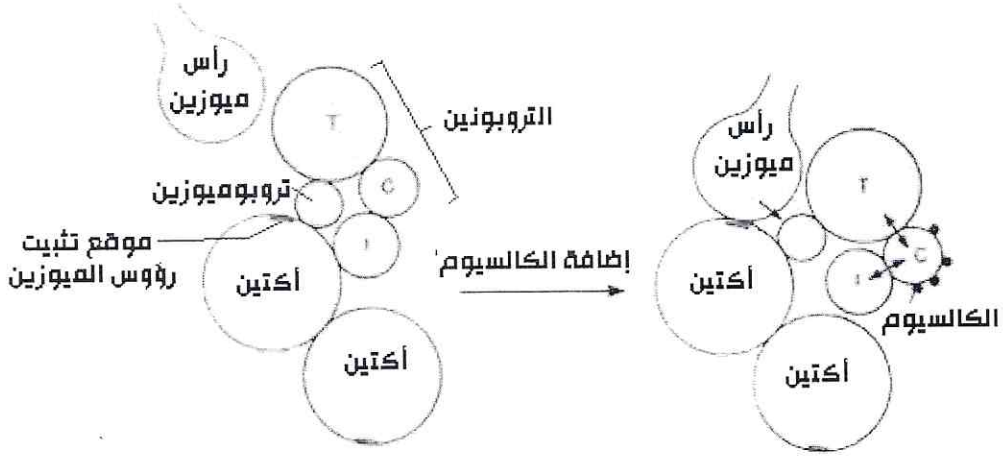
. التجربة2: نقيس توتر لييف عضلي بعد كل من مادة Salyrgan الكابحة لحلمأة ATP، ومادة كيميائية X ترتبط بالكالسيوم وتمنع فعله.

يعطي مبيانا الشكل2 نتائج التجربة.



الشبكة الساركوبلاسمية الداخلية غنية بالكالسيوم.

. التجربة3:تتم إضافة الكالسيوم إلى خيبطات الاكتين والميوزين. تمثل الوثيقة التالية النتيجة المحصل عليها:



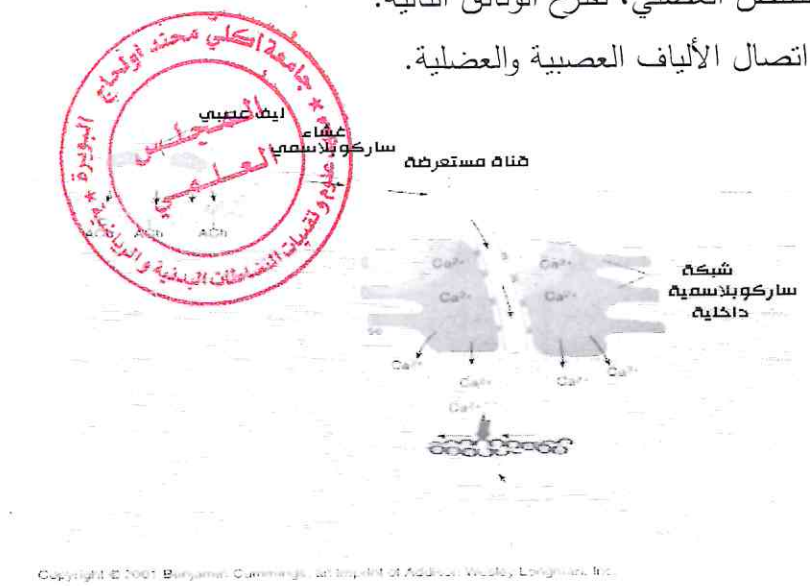
1 . باستنادك إلى التجربتين1 و2، استخلص شروط التقلص العضلي.

2 . اعتمادا على نتائج التجربة3، استنتج دور الكالسيوم.

ب . مراحل التقلص العضلي:

للكشف عن مراحل التقلص العضلي، نقترح الوثائق التالية:

تمثل الوثيقة1 منطقة اتصال الألياف العصبية والعضلية.



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

تمثل الوثيقة2 مختلف مرحل التقلص العضلي.

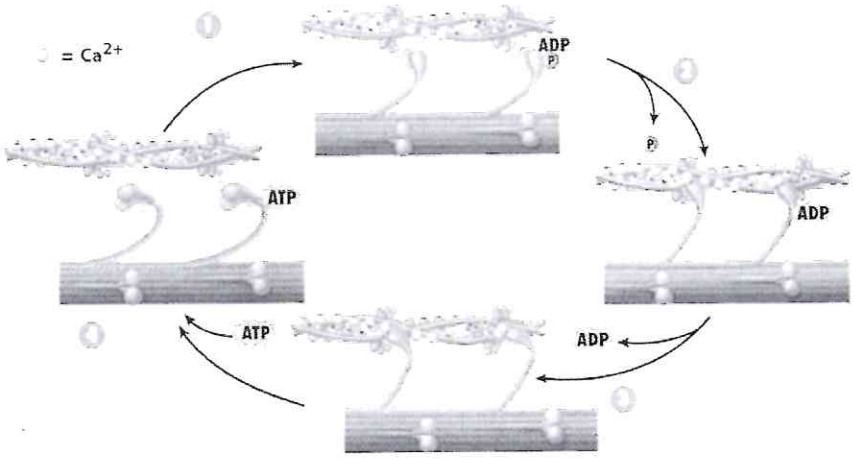


Figure 10-7 Principles of Anatomy and Physiology, 11/e
© 2006 John Wiley & Sons

. انطلاقا من الوثيقتين1 ،2، استخرج مراحل التقلص العضلي.

*** نظرية الانزلاق الخيطي Sliding filament theory:**

هي النظرية التي تفسر آلية التقلص العضلي ويعزى فيها التقلص إلى انزلاق الخيوط السميكة فوق الخيوط الرفيعة وتعزى هذه الحركة إلى اتصال الجسور العرضية للمايوسين بخيط الاكتين ويمكن إيجازها بالاتي:

1. تكون خيوط المايوسين والاكتين متوازية وتمتد الجسور العرضية للمايويسين باتجاه خيوط الاكتين ولكنها تمنع من الاتصال بالمواقع الفعالة من خيوط الاكتين لكونها مغطاة بالتروبومايوسين.

2. عند تنبيه العضلة الهيكلية يسري جهد الفعل في غشاء الليف العضلي الى الداخل وعند وصوله الى الشبكة الساركوبلازمية يتحرر Ca^{+2} من داخلها ويرتبط مع TNC الذي يتغير شكله ويقوم بإزاحة TNI من موقعه و سحب خيط التروبومايوسين فتنكشف المواقع النشطة للاكتين وترتبط رؤوس الجسور العرضية بخيط الاكتين.

3. يقوم رأس الجسر العرضي بالانتقال من موقع فعال إلى أخر على طول خيط الاكتين وفي الوقت نفسه يدور حول نفسه فيولد شدا في الجسر ينتقل الشد المتولد إلى الخيط الغليظ فينسحب خيط الاكتين لينزلق فوق المايوسين.

4. يتحلل ATP لتوفير الطاقة لفك ارتباط رأس الجسر العرضي مع خيط الاكتين في كل مرة يتم الاتصال بينهما ليصبح الرأس حرا من جديد.

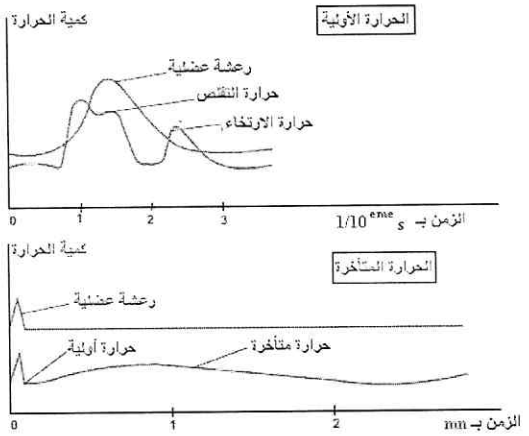
5. ولحين ورود جهد فعل أخر تعود ايونات الكالسيوم الى داخل الشبكة الساركوبلازمية تاركة TNC ليعود الى شكله الطبيعي فيرجع كل من التروبونين والتروبومايوسين الى موقعهما وتنفصل الجسور العرضية للمايوسين عن الاكتين ويحدث ارتخاء العضلة.

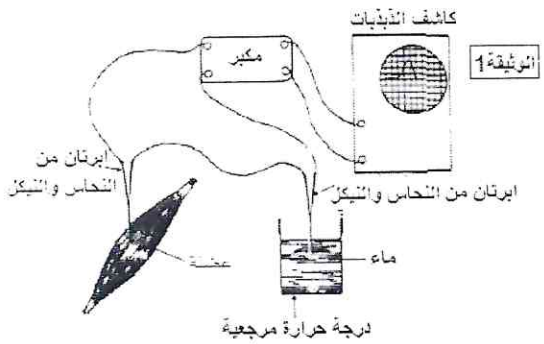
تحول العضلة الطاقة الناتجة عن حلمأة ATP (طاقة كيميائية) إلى انزلاق خيبطات الأكتين بالنسبة للميوزين (طاقة ميكانيكية) ويصرف جزء من هذه الطاقة على شكل حرارة (طاقة حرارية) فالعضلة إذن محول للطاقة من حالتها الكيميائية إلى حالتها الميكانيكية والحرارية. (سلامة، 2000، ص98).

2 . الظواهر المرافقة للتقلص العضلي:

للكشف عن الظواهر المصاحبة للتقلص العضلي نقترح المعطيات التالية:

تمثل الوثيقة 1 العدة التجريبية لقياس درجة حرارة العضلة خلال النشاط العضلي وكذا نتائج هذا القياس:





تمثل الوثيقة 2 مقارنة لبعض العناصر على مستوى العضلة في حالة راحة وحالة نشاط.

الوثيقة2	خلال ساعة بالنسبة لـ 1Kg من العضلة	
	في حالة راحة	في حالة نشاط
حجم الدم الذي يعبر العضلة(l)	12.220	56.325
حجم O_2 المستهلك (l)	0.307	5.207
حجم CO_2 المطروح (l)	0.220	5.950
كمية الكليكوز المستهلكة(g)	2.042	8.432
البروتيدات المستهلكة(g)	0	0
الدهون المستهلكة(g)	0	0

1 . باستغلالك للوثيقتين 1و2، استخلص الظواهر المصاحبة للتقلص العضلي.

* **إنتاج الحرارة في العضلة Heat production of muscle**

1. الحرارة الأولية Initial H: تتبعث خلال فترة تقلص وارتخاء العضلة وتقسم إلى نوعين:

أ. **حرارة الانكماش Shortening H.**: تكون قوية وتدوم لفترة قصيرة مصدرها تحول ATP إلى ADP.

ب. **حرارة الارتخاء Relaxation H.**: **اقل** شدة من سابقتها وتدوم لفترة زمنية أطول وسببها احتكاك ألياف العضلة مع بعضها عند الارتخاء.

2. الحرارة المتأخرة أو حرارة الترميم Delay or Recovery H.: هي الحرارة التي تتبعث حتى بعد ارتخاء العضلة وتعزى إلى تمثيل الكلوكوز والكلايكوجين وإعادة تكوين ATP و ADP.

جامعة الطارف المجلس العلمي كلية علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية البويرة

المحور الرابع: التقلص العضلي

المحاضرة 14 الأسبوع 14

ثانيا: التعب العضلي

1-مفهومه وأنواعه:

تعريف التعب العضلي:

عدم القابلية على استمرارية المحافظة على إنتاج القدرة أو القوة خلال تكرار تقلصات العضلة، التعريف الأخر للتعب العضلي هو انخفاض مؤقت في قابلية أداء العضلات.

مفهوم التعب العضلي:

يتعرض الرياضي عند الاستمرار في أداء جهد بدني (شدة عالية بوقت قصير، أو شدة تحت القصوى بوقت طويل) إلى ما يعرف بظاهرة التعب والذي تتضح معالمه في صورة انخفاض في مستوى كفاءة العمل.

وللتعرف على ظاهرة التعب الميكانيكي و الفسيولوجيا الخاصة به، لوحظ وجود اتجاهين لتفسير هذه الظاهرة، البعض يرى أن الاتجاه الأول للتعب يكمن داخل الجهاز العصبي المركزي ويدعى (بالتعب المركزي)، إن هذا التعب ينتج من جراء انخفاض كفاءة عمل المراكز العصبية بما يؤدي إلى ظهور حالة التعب، أما البعض الأخر فيرى أن الاتجاه الثاني للتعب يكمن داخل العضلة العاملة نفسها إذ تتجمع نواتج الاحتراق خلال العمل البدني. (حشمت، 2003، ص65)

أنواع التعب:

قسم أبو العلا عبد الفتاح التعب إلى أربع أنواع :

1- التعب الذهني.

2- التعب الحسي.

3- التعب الانفعالي.

4- التعب البدني.

أ- التعب الموضعي.

ب- التعب الجزئي.

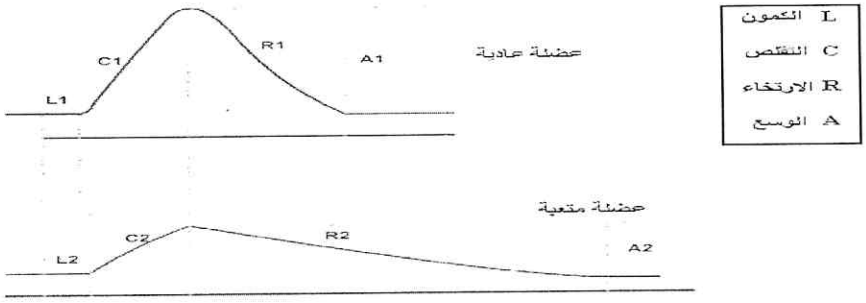
ج- التعب الكلي.

حتى يمكن التخلص من التعب الناتج عن التدريب أو المنافسة وتحديد وسيلة الاستشفاء المناسبة يجب التعرف على أنواع التعب المختلفة، فالتعب ليس مجرد ظاهرة من نوع واحد لا تتغير مظاهره أو أسبابه من نشاط

رياضي إلى آخر، ولكن على العكس من ذلك فان التعب ظاهرة متعددة الأوجه و الأسباب، فكما إن أنشطة الإنسان تتنوع و الأعمال التي ترتبط بدرجة عالية من التركيز الحسي وغيرها، تختلف أيضا أسباب حدوث التعب تبعا لمتطلبات الأداء البدنية والفسيولوجية والتي تختلف تبعا لطبيعة النشاط المستخدم ذاته. (حشمت، 2003، ص65)

2-آلية حدوث التعب العضلي فيزيولوجيا ووظيفيا:

نخضع العضلة لتنبيه واحد فنحصل على رعشة عضلية1، بعد ذلك نخضعها لسلسلة من الاهاجات غير مسجلة، وفي النهاية نخضعها لتنبيه أخير فنحصل على المخطط 2.



1 . باستغلالك للوثيقة، استخلص مميزات التعب العضلي.

2-1-العوامل الميكانيكية للتعب:

إن العامل الميكانيكي الرئيسي للتعب الذي له علاقة بالتعب هو "دورة الجسور المستعرضة"، الذي يعتمد عملها على:

-الانسجام الوظيفي بين اللاكتين و المايوسين.

-توفر Ca^{++} لكي يرتبط مع التروبوتين (troponin- بروتين التقلص) الذي يعمل على تقوية الترابط مع اللاكتين.

-توفير ATPالذي يحتاج له في تنشيط الجسور المستعرضة لإحداث حركة تلاحم وتحرير الجسر المستعرض من اللاكتين.

- التركيز العالي H^+ (أيون الهيدروجين) نتيجة تجزئه حامض اللاكتيك (إلى H^+ و لاكتيك)، يساهم في التعب بطرق مختلفة).

أ- خفض القوة في الجسور المستعرضة.

ب- خفض القوة المتولدة من تركيز معين لـ Ca^{++}، إذ يعمل كعازل للترابط بين Ca^{++} وبروتين التقلص- troponin.

ج- يعمل على كبح الشبكة الهيولية من إطلاق Ca^{++}.

2-2-العوامل الكيمائية للتعب:

التعب ببساطة هو نتيجة عدم التوازن بين حاجة العضلة من ATP وقابليتها على تكوين ATP. عند بداية التمرين تزداد الحاجة إلى ATP وتظهر سلسلة من ردود الأفعال لتكوين ATP وإعادة توفره مرة ثانية. خلال استهلاك الجسور المستعرضة لـ ATP وتكوين ناتج ADP يبدأ مباشرة بتزويد PC (فوسفات كرياتين) لإعادة تكوين ATP (ADP+ PC ATP +C)، وعندما يبدأ PC بالتناقص يستمر ADP بالتراكم، عند إذن يظهر رد فعل خميرة العضلة (Myokinase) لتكوين ATP. يؤدي تراكم هذه المنتجات إلى التحفيز بتحليل السكر لتكوين ATP إضافي مما ينتج عنه تراكم +H، أثناء زيادة الحاجة لتكوين ATP تظهر ردود أفعال مختلفة في الخلية تعمل على تحديد الشغل داخل الخلية من أجل حمايتها من الضرر، هذه إحدى الآليات لحماية العضلة من التعب، ماهي الإشارات التي ترسل إلى العضلة بالتباطيء في استخدام الطاقة وخفض أدائها؟ عندما لا تحافظ الميكانيكية على تكوين ATP واستمرارية استخدامه، يبدأ الفسفور اللاعضوي Pi بالتراكم في الخلية (توقف تحويل Pi و ADP إلى ATP)، زيادة Pi يبدأ في تثبيط القوة القصوى، إذ يعمل Pi بصورة مباشرة على الجسور المستعرضة ويخفض من ارتباطه مع اللاكتين، من المثير إن الخلايا لا ينفذ منها ATP، حتى في حالات التعب الشديد جدا، حيث لا يخفض مستوى ATP عن **70%** في الخلايا مقارنتا مع مستواه قبل التمرين، إن العوامل المسببة للتعب تؤدي إلى خفض كمية استخدام ATP مقارنتا مع نسبة استمرار تكوينه لذا يحافظ ATP على تركيز.

2-3- الخصائص الفسيولوجية للتعب:

1- التعب ناتج عن ميكانيكية الإعاقة التي تسببها المراكز العصبية من جراء الإنهاك الوظيفي.
2- نتيجة التعب العضلي تحدث إعاقة في منطقة الحركة في القشرة المخية في الدماغ.
3- نتيجة التعب يختل توازن نظام العمليات العصبية.
4- يعمل التعب على تغير نظام تبادل المواد داخل الخلية العصبية لذا تحدث ردود أفعال معقدة داخل الجهاز العصبي المركزي.
5- نتيجة التعب يحدث انخفاض في وصول الأوكسجين إلى الخلايا مما يؤدي إلى انخفاض الإشارة.

4-الاستشفاء من التعب العضلي:

إذا حفزت العضلة بصورة مستمرة لفترة من الزمن فإنها سرعان ما تعجز عن القيام بالتقلص بالرغم من استمرار التحفيز وتدعى هذه الظاهرة بالإعياء وتزول هذه الحالة بترك العضلة بدون تحفيز لمدة من الزمن. وللإعياء أسباب كثيرة أهمها:

1. تراكم الفضلات مثل حامض اللاكتيك وغيره من الألياف العضلية.

2. نقص الغلايكوجين والكلوكوز أو ATP والأوكسجين أو نفاذ الاسيتل كولين عند الاندماج العضلي العصبي.

المـراجــع باللغة العربية:

1- أبو العلا أحمد عبد الفتاح السيد، فيسيولوجيا اللياقة البدنية، ط1، دار الفكر العربي، القاهرة، 1993.

2- محمد نصر الدين رضوان، طرق قياس الجهد البدني في الرياضة، ط1 مركز الكتاب للنشر، القاهرة، 1998.

3- أحمد عبده خليل، بكر محمد سلام، دراسة تأثير تراكم مستويات عالية من حمض اللاكتيك، مجلة التربية البدنية، العراق، 2004.

4- محمد حسن علاوي، علم التدريب الرياضي، ط3، دار المعارف، القاهرة،1997.

5- أحمد نصر الدين السيد، فسيولوجيا الرياضية، نظريات وتطبيقات، ط1، دار الفكر العربي، القاهرة، 2003.

6- بهاء الدين سلامة، فسيولوجية الرياضة والأداء البدني لاكتات الدم ، دار الفكر العربي، القاهرة، 2000.

7- هزاع بن محمد الهزاع، فسيولوجيا الجهد البدني، ج2، الرياض، 2009.

8- أبو العلا احمد عبد الفتاح، التدريب الرياضي الأسس الفسيولوجية، دار الفكر العربي، القاهرة، 1997.

9- كاظم جابر أمير، الاختبارات والقياسات الفسيولوجية في المجال الرياضي، ط2، منشورات ذات السلاسل، الكويت، 1999.

10- أبو العلا احمد عبد الفتاح، بيولوجيا الرياضة وصحة الرياضي، دار الفكر العربي، القاهرة، 2000.

11- بهاء الدين سلامة، فسيولوجيا الرياضة، ط2، القاهرة، دار الفكر العربي، 1994.

12- حسين أحمد حشمت ونادر محمد شلبي . فسيولوجيا التعب العضلي، ط1، مركز الكتاب للنشر، القاهرة ،2003.

13- محمد حسن علاوي، أبو العلا احمد، فسيولوجيا التدريب الرياضي، القاهرة، دار الفكر العربي . 2000 .

14- محمد رضا حافظ الروبي، برامج التدريب وتمرينات الإعداد. ط1، ناهي للنشر والتوزيع وخدمات الكمبيوتر، الإسكندرية، 2007.

15- الكيلاني عدنان هاشم، فيسيولوجيا الجهد البدني والتدريبات الرياضية، ط1، دار المعارف، القاهرة،

.2010

المـراجـــع باللغة الأجنبية:

16- ASTRAND,P-O. & RODAHL,K. Textbook of Work Physiology, Published by McGraw-Hill Book company, New York . 1977

17- FOX.E. & MATHEWS, D. The Physilogical Basis of Physical Education and Athletics. 3rd. ed. Saunders College Publishing , Philadelphia . 1981

18- Landor, A. Maaroos, J. Vider, J, Laepir, M. 2003 Thw Effteet of physical exercise of Different Intensity on the blood parameters in athketes, papers on Anthropologg.

19- Scottk Powers,Edward.T.howly:Exercise physiology. Ed.,New Yourk.mograw.2001.

20- Westerterp K. Saris W. Limite of energy turnover in relation to physical performance, achievement of energy balance on a daily bases. Landon,1992.