جامعة محمد خيضر – بسكرة–
معهد علوم و تقنيات النشاطات البدنية و الرياضية

المقياس: فسيولوجيا الجهد البدني. المستوى: الثانية ليسانس. الأستاذ: بن شعيب أحمد

المحاضرة التاسعة: التكيف مع أنظمة الطاقة

المقدمة:

نظرا لارتباط الطاقة بالانقباضات العضلية المسئولة عن تنفيذ اللاعب للمتطلبات الحركية للعبة سواء البدنية أو المهارية أو الخططية فإن موضع الطاقة يعتبر من الموضوعات الضرورية والهامة التي يجب على المدرب أن يراعيها جيدا ويضعها في الاعتبار عند تخطيطه لبرامج التدريب و اختياره للتدريبات وطرق التدريب المناسبة لتنفيذ تلك البرامج لتحقيق الهدف منها، وذالك لضمان الارتقاء بمستوي اللاعب ووصوله لمستويات الرياضية العالية .

إن حجم الطاقة الأساسية للاعب يتوقف على عوامل كثيرة أهمها وزن اللاعب، والطول، والسن، وحالة الجهاز العصبي العضلي وتوافقه مع الجهاز الهرموني، بالإضافة إلى المجهود المبذول حيث يزداد حجم الطاقة الناتجة أثناء المجهود البدني أو الحركي أضعاف ماكانت عليه أثناء الراحة بما يتناسب مع حمل المجهود .

ويشير كل من: لامب 1984 و فوكس 1984 أبو العلاء 1985 أن تلاقي أدينوزين الفوسفات (ATP) هو المصدر المباشر لأتناج الطاقة ويعد أحد أشكال الطاقة الكيميائية وعند انشطاره يحرك زوائد فتائل المايوسين لتجذب معها في حركاتها للداخل فتائل اللاكتين داخل الليفة العضلية ليتم الانقباض العضلي، ولكن مخزون (ATP) بنفس سرعة استهلاكه لاستمرارية إنتاج الطاقة وتتم بإعادة بناء (ATP) عن طريق جزيئات الوقود المخزونة في الجسم المتمثلة في فوسفات الكرياتين (PC) كمصدر كيميائي والكربوهيدرات والدهون والبروتين كمصدر غذائي غير مباشر عن طريق عدة عمليات كيميائية للتمثيل الغذائي اللاهوائي والهوائي

1– مفهوم الطاقة

– هي القدرة للأداء الشغل، والشغل هو الجهد المبذول خلال مسافة محددة .

– أو هي القوة المحركة وهي الجهد المبذول وهي الحيوية وهي الحركة وهي الحرارة

2– أشكال الطاقة:

الطاقة الميكانيكية –الطاقة الكيميائية – الطاقة الحيوية – الطاقة النووية – الطاقة الشمسية الطاقة الضوئية.

– ويمكن أن تتحول هذه الأشكال من الطاقة إلى شكل آخر ، وما يهمنا في المجال الرياضي هو تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة الميكانيكية ،

والطاقة لا تفني ولكنها تغير أشكالها من شكل إلى آخر، وفي جسم الإنسان تخزن الطاقة في شكلها الكيميائي على شكل مواد غذائية كربوهيدراتيه ودهنية ومواد فوسفاتية وتحول الى طاقة حرارية وميكانيكية أثناء الانقباض العضلي كما تستخدم الطاقة

في شكلها الكهربائي لتوصيل الإشارات العصبية الحركية والحسية

3- مصادر الطاقة الحيوية:

بناء على قانون الطاقة فإنها لا توجد من العدم، كما أنها لا تفنى وتتحول من شكل إلى أخر ، ونظرا لكون مصدر الطاقة الأصلى في الحياة هو الشمس والتي تقوم بنقلها إلى التربة، حيث تنقل إلى النبات الذي يأكله الإنسان والحيوان وبذلك يحصل على مركبات الطاقة في شكلها الغذائي وهو الغلوكوز و الأحماض الدهنية و الأحماض الامينية ويتناولها الإنسان في شكل الكربوهدرات والبروتين والدهون، ومن خلال عملية الهضم والتمثيل الغذائي تتحول إلى مكوناتها الأساسية الجلوكوز والأحماض الامينية ويقوم الجسم بتخزينها أو استخدامها وتحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقة بواسطة التمثيل الغذائي ، وهذه المواد لا يتم تحويلها إلى طاقة ميكانيكية بشكل مباشر لكي تحرك الجسم وتحقق الانقباضات العضلية ولكنها أساسا تستخدم لبناء مصدر كيميائي غني بالطاقة وهو الذي يعطي الطاقة الميكانيكية المطلوبة لحدوث الانقباض العضلي وهو الادينوسين ثلاثي الفوسفات

ATP

يعتبر أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP مصدر مباشر للطاقة

4- نظم الطاقة الحيوية:

لا يمكن أن يحدث الانقباض العضلي المسئول الحركة أو عن تثبيت أوضاع الجسم بدون إنتاج طاقة، ونحن هنا نقول تجاوزا (مصطلح إنتاج الطاقة) وفي الحقيقة هو (تحويل الطاقة) ، وليست الطاقة المطلوبة لكل انقباض عضلي أو لكل أداء رياضي متشابهة أو بشكل موحد، فالطاقة اللازمة للانقباض العضلي السريع تختلف عن الطاقة اللازمة للانقباض العضلي المستمر لفترة طويلة، حيث يشمل الجسم على نظم مختلفة لإنتاج الطاقة السريعة أو الطاقة البطيئة تبعا لاحتياجات العضلة وطبيعة الأداء الرياضي، ولذلك فإن تدريب نظم الطاقة ورفع كفاءتها يعني رفع كفاءة الجسم في إنتاج الطاقة، أى رفع كفاءة الجسم الرياضي ، ولذلك أصبحت طرق التدريب الرياضي وأهدافه واختيار مستوي الرياضي وتوجيهه ووصف الغذاء المناسب له والحافظة على وزنه، كل هذه العمليات الأساسية التي يقوم عليها التدريب الرياضي تقوم أساسا على الفهم التطبيقي لنظم الطاقة وأصبحت نظم الطاقة وتنميتها هي لغة التدريب الرياضي الحديث والمدخل المباشر ارفع مستوي الأداء الرياضي دون إهدار للوقت والجهد الذي يبذل في اتجاهات تدريبية أخري بعيدة كل البعد عن نوعية الأداء الرياضي التخصصي .كما تختلف هذه النظم فيما بينها في سرعة تحويل الطاقة، وتهدف هذه النظم جميعا إلى إعادة تكوين المركب الكميائيATP

5- الطاقة اللازمة للانقباض العظلي:

من المعروف أنه لا يمكن للانقباض العضلي أن يحدث بدون توفر عدة عناصر تتمثل في وجود الأكتين (الخيوط البروتينية الدقيقة)، و الميوسين (الخيوط البروتينية الغليظة)، وآيونات الكالسيوم ومركب أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP، وأنزيم أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATPaseفي ظل وجود هذه العناصر، فإن السيال العصبي يمكن أن يقود إلى تنبيه . العضلات وبالتالي حدوث الانقباض العضلي. إن عملية انزلاق خيوط الميوسين نحو الآكتين لا يمكن أن تتم بدون وجود أدينوسين ثلاثي الفوسفات بالقرب من خيوط الميوسين، وبحدوث الانقباض العضلي فإن الأدينوسين ثلاثي الفوسفات، وهو المركب الغني بالطاقة، يتحول بعد تحريره للطاقة إلى أدينوسين ثنائي الفوسفات ADP كما هو موضحاً في **الشكل البياني رقم (1)**.

ولكي يستمر الانقباض العضلي، لا بد من إعادة شحن أدينوسين ثنائي الفوسفات ADP ليصبح مرة أخرى أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP حيث أن عملية ا ص 62 ٔدينوسين ثلاثي الفوسفات ثم إنتاجه هي عملية مستمرة، كما هو مبيناً في الشكل رقم (3)غير أن الكمية المخزنة (الجاهزة) من أدينوسين ثلاثي الفوسفات لا تكفي إلا لبضع انقباضات عضلية تدوم حوالي ثانية واحدة فقط، ولذا لا بد من إعادة شحنه باستمرار، وتتم عملية الشحن هذه من خلال مصادر لاهوائية وأخرى هوائية.

أولا: نظام ATP – PC

يتميز هذا النظام بسرعة تحويل الطاقة، ويعتبر أسرع من نظام الطاقة العامة، لأنه يعتمد على إعادة بناء ATP عن طريق مادة كيميائية أخري مخزونة تسمي الفسفوكرياتين PC فعمد تكسر ATP لتحرير الطاقة الميكانيكية والحرارية فيتبقي من هذه العملية ADP والذي يستخدم لإعادة بناء ATP مرة أخري ويتم ذلك حين يتكسر الفسفوكرياتين ويتحول إلى فوسفات وكرياتين بواسطة إنزيم كرياتينكينز، وتتميز هذه العملية بسرعة إنتاج الطاقة ، ويعتبر هذا النظام أساسيا لتحويل الطاقة عند أداء العمل العضلي الأقصى في حدود 10-30 ثانية ، حيث لا تكفي PC لإعادة بناء ATP عند زيادة طول فترة العمل عن ذلك، حيث تتجه عضلات إلى تحويل الطاقة اللاهوائية عن طريق نظام حامض اللاكتيك ، ويمكن أن يتم تحرير الطاقة من ADP لإعادة بناء ATP نظرا لكونه مازال يحتوي على رابطة فوسفات قوية و يتم ذلك باستخدام جزئين من ADP لبناء جزئ ATP ويتبقي أدينوسين مونو فوسفات (AMP) وهولا يستخدم في الطاقة، وهذا النظام هو المسئول عن الطاقة فى الأنشطة الرياضية المميزة بالسرعة القصوى والقوة العظمي والقوة المميزة بالسرعة، مثل العدو مسافات قصيرة أو البداية في مسابقات المضمار والسباحة، وفي كرة القدم عند الحركات السريعة كالركل والوثب بأنواعه، وفي هذه الأنشطة تكون الحاجة إلى سرعة تحويل الطاقة أكثر من كميتها وتكمن سرعة هذا النظام فيما يلي :

1- لا يعتمد على تفاعلات كيميائية طويلة

2- لا يعتمد على نقل أكسجين الهواء الجوى إلى العضلات العامة

3- ماتحتاج إليه العضلة من مخزون مصادر الطاقة ATP-PC مخزون بها

إن من أهم مصادر الطاقة اللاهوائية والقادرة على إعادة شحن أدينوسين ثنائي، الفوسفات إلى أدينوسين ثلاثي الفوسفات لهو مركب فوسفات الكرياتين (PC) حيث يتحلل فوسفات الكرياتين إلى مادتي كرياتين وفوسفات مع انطلاق طاقة من عملية التحلل تستخدم فيدمج أدينوسين ثنائي الفوسفات مع الفوسفات اللاعضوي، كما هوموضحاً في الشكل البياني (3). ومن المعروف أن مخزون فوسفات الكرياتين في العضلة يبلغ حوالي 5 أضعاف كمية الأدينوسين الثلاثي الفوسفات المخزن في العضلة. هذا ويصل معدل تحلل فوسفاتالكرياتين أقصاه بعد ثانيتين من بدء الجهد البدني الأقصى، ثم ينخفض بعد ذلك بمقدار 50% عند 10ثواني من الجهد البدني الأقصى، أما في الجهد البدني الأقصى الذي يدوم لمدة 30ثانية ، فيعتقد أن معدل تحليل فوسفات الكرياتين في العشر ثواني الأخيرة من الجهد ينخفضإلى حوالي 2 % من معدل تحلله الأقصى في الثواني الأولى من الجهد

ثانيا: نظام حامض اللاكتيك:

يتم إنتاج الطاقة اللازمة للانقباض العضلي باستخدام هذا النظام أيضا بدون استخدام الأكسجين غير أن مصدر إنتاج الطاقة هنا ليس PC ولكن مصدر غذائي هو الغلكوجين، وهو في الأصل ينتج عن طريق المواد

الكربوهيدراتيه التي يتناولها الإنسان فتتحول خلال عمليات الهضم إلى سكر غلوكوز ثم يخزن هذا سكرالغلوكوز في العضلات والكبد، ولكن تخزين هـ لا يكون في شكل سكر الغلوكوز ولكن في شكل مركب أكثر تعقيدا هو الغلكوجين، حيث ينشطر الغليكوجين ويتحول إلى سكر غلوكوز ثم إلى حامض اللاكتيك ويساعد على إعادة بناء ATP لإنتاج الطاقة اللازمة، ونظرا لتوقف سلسلة التفاعلات الكيميائية حتي مستوي حامض اللاكتيك، يسمى هذا النظام بنفس الاسم أو الغلكزة اللاهوائية.

وتتم هذه التحولات من خلال سلسلة تتكون من 12 تفاعلا كيميائيا ، وكل من هذه التفاعلات له أنزيمه الخاص اكتشفها العالمان الألمانيان جوستاف أيمبدنوأتومايرهوفخلال الثلاثينيات من القرن العشرين، ويرجع سبب توقف هذا النظام عند حامض اللاكتيك، نظرا لأن تراكم حامض في العضلة يؤدى إلى انخفاض درجة Ph داخل اخلايا العضلية مما يؤدي إلى تنشيط إنزيم فسفوفركتوكينيز وهو الإنزيم المسئول عن تفاعلات الغلكزة اللاهوائية، ويجب التفرقة بين تركيب كل من حامض اللاكتيك واللاكتات ، حيث إن اللاكتات هو ناتج حامض اللاكتيك بعد تخلصه من الهدروجين واتحاد الباقى مع الصوديوم أو البوتاسيوم لتكوين الملح، ويتم أنتاج حامض اللاكتيك من خلال الغلكزوالاهوائية ولكنه بسرعة ينفصل وتكون ملح اللاكتيك .ويتم بناء عدد قليل من جزيئات ATP مقارنة بالتمثيل الغذائي الهوائى، حيث يمكن إعادة بناء عدد 3مول ATP من كمية مقدرها 170 غراما من الغليكوجين ، وعلى العكس من ذلك في حالة توافر الأكسجين تنتج نفس الكمية 39 جزء ATP

ولكن سرعة إنتاج الطاقة في هذا النظام أقل من نظام الفوسفات ولكنها تتميز بزيادة فترة استمرار الأداء تحت هذا النظام والذي يمكن أن يتراوح مابين 30 ثانية حتي 6 دقائق، ويعتبر هذا النظام مسئولا عن تحديد تحمل الأداء في مسابقات 100 م، 200 م، 1000م ، و400م

ثالثا:النظام الأكسجيني:

يعتمد هذا النظام لتحويل الطاقة على ثلاثة مصادر لإعادة بناء ATP عن طريق أكسدة المواد الكربوهيدراتيه والدهون والبروتين، ونظرا لتوافر متطلبات هذا النظام من الأكسجين في الهواء الجوى ومصادر الطاقة المخزونة في الجسم فإنه يتميز بمقدرته على تحويل قدر كبير من الطاقة ولفترة طويلة، ولذلك فهو يعتبر النظام السائد في الأنشطة البدنية التي تستمر لفترة طويلة وهى أنشطة التحمل، كما أنه أيضا يعتبر قاعدة أساسية لأنشطة القوة والسرعة اللاهوائية لكونه عاملا مساعدا على سرعة الاستشفاء خلال فترات الراحة البينية، وتعتمد الأنشطة البدنية اليومية العادية على هذا النظام ، ويصل معدل الاستهلاك إلى مستواه الأقصى خلال بضعة دقائق، كما يرتبط هذا النظام أيضا بعمل أجهزة أخرى مسئولة عن توفير الأكسجين كالجهاز الدوري والجهاز التنفسي والدم، ولذلك أصبح الاهتمام بتدريبات العمل الهوائي لا تقتصر على الرياضيينفقط ،بل أصبحت التدريبات الهوائية هي أساس برامجممارسة الرياضة بهدف الوقاية الصحية وتحسين وظائف القلب والأوعية الدمويةوالجهاز التنفسي وضبط الوزن، وهذا يرجع أيضا لانخفاض شدة الحمل البدني المستخدمة في تشكيل هذا النوع من التدريب.

وبمقارنة هذا النظام بالنظام اللاهوائى نجد أن سرعة إنتاج لطاقة في هذا النظام يوجد في الأنشطة التي تتطلب الأداء لفترة طويلة مثل سباقات الجري 5000 متر و 10000 متر والمارثون والسباحة لمسابقات

800 ، 1500 متر كما يعتبر قاعدة أساسية لكل الأنشطة الرياضية المختلفة

6- تعاون نظم الطاقة أثناء الجهد البدني:

إذا كان للانقباض العضلي من أن يستمر لفترة أطول بوتيرة عالية (أي أن شدة الجهد البدني مرتفعة)، فلا بد من مشاركة مصادر أخرى غير فوسفات الكرياتين، ومن تلك المصادر مشاركة جليكوجين العضلة (أو سكر الجلوكوز الموجود في الدم الذي يدخل بدوره إلى العضلة)، حيث يتحلل أي منهما من مركب ذي ك 6 ذرات ربون إلى مركب أخر هو حمض البيروفيك ذي الثلاث ذرات من الكربون. وتحلل أي من الجليكوجين أو الجلوكوز إلى حمض البيروفيك ليس هو نهاية المطاف، حيث أن حمض البيروفيك ما هو إلا خطوة يتم بعدها اتجاهه إلى تحلل لاهوائي ينتهي بحمض اللبنيك ويطلق عدد محدود من أدينوسين ثلاثي الفوسفات بشكل سريع جداً، أو يتجه إلى التحلل الهوائي، كما هو موضحاً في الشكل رقم (4)،

لكن ما الذي يحدد اتجاه حمض البيروفيك إلى التحلل اللاهوائي أو الهوائي؟ إن الذي يحدد ذلك هو في الواقع شدة الطلب على الطاقة، أي شدة الاحتياج للأدينوسين ثلاثي الفوسفات، والذي يرتبط بشدة الجهد البدني، فإن كان الطلب على الطاقة عالياً جداً كما في الجهد البدني المرتفع الشدة، فإن معظم حمض البيروفيك لزاماً أن يتحول إلى حمض اللبنيك وينتج بذلك ثلاثة من أدينوسين ثلاثي الفوسفات (في حالة البدء بالجلوكوز نحصل على اثنين من أدينوسين ثلاثي الفوسفات، نظراً لأنه يتم فقدان أدينوسين ثلاثي الفوسفات واحد أثناء خطوات تحلل الجلوكوز، وهي خطوة تحويل الفراكتوز)

أثناء العمل العضلي تسع كل أنظمة الطاقة معا لتوليد الطاقة المطلوبة غير أن نسب هذه المساهمة تختلف تبعا لشدة العمل العضلي مرتفع الشدة وبالتالي قصير الدوام .

تكون النسبة الكبرى للنظامين اللاهوائي ين ولكن بنسبة أقل لنظام الأكسجين الهوائي والعكس كلما قلت شدة العمل العضلي وطالت فترة داومه، كانت النسبة الأكبر للنظام الهوائي مع مساهمة بسيطة للنظامين اللاهوائيين، ويجب التركيز على إنتاج ATP يتم بناءا على تعاون النظم المختلفة أثناء الأداء الرياضي وكمثال على ذلك فإن 90% من الطاقة اللازمة لأداء سباق 100 متر عدوا، تأتي من خلال نظام الطاقة اللاهوائي والعكس من ذلك في سباق الماراتون بالنسبة لسباق الماراتون تأتي معظم الطاقة من النظام الهوائي.

7- المشاركة النسبية لأنظمة الطاقة تبعاً لشدة الجهد البدني

يوضح الجدول رقم (1) ملخصاً لقدرات أنظمة الطاقة وسعاتها، ويجدر في هذا المقامأن نشير إلى أن القدرة تعني أقصى معدل لتزويد العضلة بالطاقة، وهي مرتبطة بالزمن، أماالسعة فتعني أقصى كمية متوفرة من الطاقة عن طريق ذلك المصدر أو النظام بغض النظرعن معدل تزويد العضلة بالطاقة. ويتضح من الجدول رقم (١) أن المصدر السريع – المتمثلالأدينوسين ثلاثي الفوسفات المخزن بالقرب من خيوط الميوسين وفوسفات الكرياتين – يملكأعلى قدرة لكن سعته محدودة (أي المخزون منه قليل) حيث لا تتعدى المدة التي يمكنه فيهامن تزويد العضلة بالطاقة أثناء الجهد البدني العنيف أكثر من 20 ثانية، بينما نجد أن المصدرالقصير الأمد – المتمثل بالتحلل اللاهوائي للجليكوجين والجلوكوز والذي ينتهي بحمض اللبنيك – يمتلك قدرة متوسطة وسعة متوسطة تصل إلى دقيقة أو تزيد قليلاً، أما المصدرالطويل الأمد (الهوائي) والذي يتمثل بالتحلل الهوائي للجليكوجين والجلوكوز وأكسدة

الدهونفيمتلك قدرة منخفضة وسعة عالية (أي معدل تزويد العضلة بالأدينوسين ثلاثي الفوسفات يعدمنخفض، بينما كمية المخزون تعد مرتفعة)

كما ويستعرض **الشكل البياني رقم (1)** نسبة مشاركة كل من الطاقة الهوائية واللاهوائية أثناء الجهد البدني تبعاً لمدته، ويتضح من الشكل أنه كلما ازداد زمن الجري انخفضت مساهمة النظام الهوائي في تزويد العضلات بالطاقة (أي كلما انخفضت شدة الجهد البدني كما في سباق الماراثون ازداد الاعتماد أكثر على الطاقة الهوائية)، والعكس صحيح، كلما أصبح زمن الجهدالبدني قصير ازدادت نسبة مشاركة النظام اللاهوائي (أي كلما ازدادت شدة الجهد البدني كما في سباق 100م أو 200 متر عدو ازداد الاعتماد على الطاقة من المصدر اللاهوائي).

ويبين الجدول رقم (2) المساهمة النسبية في مقدار الطاقة المصروفة بالكيلو سعر حراري لكل من نظامي الطاقة الهوائي واللاهوائي أثناء الجهد البدني الذي تتراوح مدته من 10 ثواني حتى 60 دقيقة ، ويتضح من الجدول أنه كلما ازدادت مدة الجهد البدني (أي أصبح الجهد البدني يتطلب شدة أقل) ازدادت مشاركة الطاقة القادمة من المصدر الهوائي وانخفضت مساهمة الطاقة القادمة من المصدر اللاهوائي.