

أنظمة إنتاج الطاقة :

ا.م.د شيماء محمد ابوزيد

يعتبر موضوع الطاقة من أهم الموضوعات العلمية في مجال التربية الرياضية والتدريب الرياضي نظراً لارتباط الطاقة بحياة الإنسان بصفة عامة وبحركات وأوضاع الجسم في النشاط البدني بصفة خاصة ، فتنوع حركات الجسم والأنشطة البدنية المختلفة يقابله ايضاً تنوعاً كبيراً في نظم إنتاج الطاقة ، فالطاقة هي مصدر الانقباضات العضلية المسؤولة عن حركات وأوضاع الجسم المختلفة.

وهناك ستة أشكال للطاقة هي .:

(1) الطاقة الكيميائية (2) الطاقة الميكانيكية (3) الطاقة الحرارية

(4) الطاقة الضوئية (5) الطاقة الكهربائية (6) الطاقة النووية

وللطاقات مصادر كثيرة وتعتبر الشمس هي المصدر الأم لكل مصادر الطاقة ، فالشمس تمد الأرض بأسباب الطاقة التي اختزنت فيها على أشكال مختلفة ، فتحوي أوراق النبات الخضراء على جزء من هذه الطاقة القادمة من أشعة الشمس لتأخذ شكلاً آخر من أشكال الطاقة الكيميائية التي تتحرر خلال أنشطة المواد الغذائية لا تستخدم بطريقة مباشرة وحينما نأكل النبات وغيره من المصادر الحيوانية الأخرى تحدث عملية تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة ميكانيكية، ولذا فإن ما يعيننا هنا من اشكال الطاقة ، الطاقة الميكانيكية والكيميائية.

فالطاقة التي تتحرر خلال أنشطة المواد الغذائية لاتستخدم بطريقة مباشرة في اداء أي عمل حركي ولكنها تستخدم في تكوين مركب كيميائي يسمى ثلاثي فوسفات الأدينوسين وهذا المركب الكيميائي يخزن في جميع خلايا الجسم ، وتقوم خلايا الجسم بوظائفها اعتماداً على الطاقة الناتجة عن أنشطة هذا المركب الكيميائي (ATP) وهو يتكون من احد المكونات المركبة وهو الأدينوسين بالإضافة الى

ثلاثة اجزاء اقل تركيباً تسمى المجموعة الفوسفاتية ، وحينما ينشطر احد مكونات المجموعات الفوسفاتية فإن هذا يؤدي الى انتاج كمية كبيرة من الطاقة حوالي من 7 الى 12 سعر حراري كبير (كيلو كالوري) بالإضافة الى ثنائي فوسفات الاديوسين بالإضافة الى فوسفات غير عضوي (pi) ، وهذه الطاقة التي تتحرر خلال أنشطة (ATP) تعتبر المصدر المباشر للطاقة الذي تستخدمه العضلة في اداء الشغل المطلوب. الا ان كمية (ATP) المخزون في العضلة قليلة جداً لا تكفي لانتاج طاقة تتعدى بضعة ثوان وهنا فإنه بدون وجود (ATP) في الخلية العضلية لن تكون هناك طاقة وبالتالي لن تكون هناك حركة او انقباض عضلي ولذا فإنه يتم بصفة مستمرة اعادة بناء (ATP) .

وهناك ثلاثة أنظمة لاعادة بناء (ATP) وهي

1. النظام اللاأوكسجيني أو (اللاهوائي) ويسمى الفوسفاجيني .
2. النظام المختلط (نظام حامض اللاكتيك) .
3. النظام الاوكسجيني أو (الهوائي) .

التخطيط التوضيحي لتوزيع الفعاليات الرياضية حسب الزمن ومصدر الطاقة المستخدم

4 دقائق فما فوق	2_4 دقائق	10 ثواني فما دون 90 ثانية
النظام الهوائي	النظام المختلط	النظام اللاهوائي
1. المسافات الطويلة والمتوسطة	1. الملاكمة	1. القفز العالي
2. كرة السلة	2. المصارعة	2. قذف الثقل
3. كرة القدم	3. هوكي الجليد	3. الارسال في التنس
4. السباحة للمسافات الطويلة	4. 800م _ 1500م	4. الكولف
5. التزحلق لمسافات طويلة على الجليد	5. 200م _ 400م سباحة	5. الضربة الساحقه في كرة الطايره
6. التجديف	6. الهجوم في كرة السلة	6. 100م ركض
		7. رفع الاثقال
		8. 50 _ 90م سباحة
		9. 200 _ 400م

7. تسلق الجبال		ركض 10. الجمناستيك 11. المبارزه 12. الركض في كرة السله
-----------------------	--	---

النظام اللاأوكسجيني (الفوسفاجيني)

يعتبر فوسفات الكرياتين من المركبات الكيميائية الغنية بالطاقة ويوجد في الخلايا العضلية مثله في ذلك مثل ATP وعند أنشطاره تتحرر كمية كبيرة من الطاقة تعمل هذه الطاقة على إستعادة بناء ATP المصدر المباشر للطاقة حيث يتم إستعادة مول (ATP مول) مقابل أنشطار CP. ومن المعروف أن الكمية الكلية لمخزون ATP و CP في العضلة قليلة جداً وهي تقدر بحوالي 0.3 مول عند السيدات و 0.6 مول عند الرجال وهذا بالتالي يحد من إنتاجية الطاقة بواسطة هذا النظام ، فيكفي أن يعدو اللاعب 100م بأقصى سرعة لينتهي مخزون ATP _ CP غير أن القيمة الحقيقية لهذا النظام تكمن في سرعة إنتاج الطاقة أكثر من وفرتها وهناك أنشطة رياضية كثيرة تحتاج الى سرعة الإداء والذي يتم خلال عدة ثواني مثل العدو والوثب وسباحة المسافات القصيرة ، كل هذه الأنشطة تعتمد على هذا النظام في إنتاج الطاقة لما يتميز به هذا النظام من سرعة إنتاج الطاقة دون الاعتماد على الأوكسجين ، ولذا يطلق على هذا النظام بأنه لا هوائي .

ويمكن تلخيص مميزات هذا النظام فيما يلي :-

1. لايعتمد على الأوكسجين الجوي خلال الأداء .
2. يعمل هذا النظام في الفعاليات ذات الشدة العالية والزمن القصير وفي بداية كل فعالية تقريباً .
3. مدة دوام هذا النظام قصيرة جداً تتراوح من 1 _ 30 ثا تقريباً .
4. الطاقة المنتجة من هذا النظام قليلة قياساً بالأنظمة الأخرى لأن تحلل CP يعطينا ATP واحد فقط .
5. هذا النظام غير معقد ويحتاج الى تفاعل واحد لإنتاج الطاقة .
6. لايعتمد على مركبات الطاقة الغذائية (كلوكوز أو حامض دهني) .
7. يحدث التفاعل في الساييتوبلازم منطقة عمل الخيوط الأنقباضية (المايوسين والآكتين) .

8. خزين ATP و CP في النسيج العضلي قليل .
9. أن التدريب المنتظم والمستمر لهذا النظام يزيد من كمية ATP و CP التي تخزن في العضلات .

نظام حامض اللاكتيك

ويعتمد هذا النظام أيضا على إعادة بناء ATP لا هوائياً بواسطة عملية الجلوكزة اللاهوائية ، ويختلف هنا مصدر الطاقة حيث يعتبر مصدراً غذائياً يأتي من التمثيل الغذائي للكربوهيدرات التي تتحول الى صورة بسيطة بشكل سكر الكلوكوز الذي يمكن استخدامه مباشرة لإنتاج الطاقة أو يمكن أن يخزن في الكبد أو العضلات على هيئة كلايكوجين لاستخدامه فيما بعد . وعند استخدام الكلايكوجين أو الكلوكوز لإنتاج الطاقة في غياب الأوكسجين ، فإن ذلك يؤدي الى تراكم حامض اللاكتيك في العضلة والدم وهذا بدوره يؤدي الى التعب العضلي عند زيادته .

ويتم إستعادة بناء ATP من خلال الأنشطة الكيميائية للكلايكوجين ليمر بعد تفاعلات كيميائية حتى يصبح حامض اللاكتيك وخلال ذلك تتحرر الطاقة اللازمة لإعادة بناء ATP ومن نواحي القصور في هذا النظام والتي ترجع الى أتمام التفاعلات الكيميائية في غياب الأوكسجين مما ينتج عنه قلة كمية ATP التي يمكن أستعادتها من أنشطار السكر بالمقارنة في حالة أتمام التفاعلات الكيميائية في وجود الأوكسجين ، وعلى سبيل المثال فأن كمية الكلايكوجين التي مقدارها 180 غرام تؤدي الى أستعادة بناء 3 مول ATP فقط في حالة غياب الأوكسجين (لاهوائي) بينما على العكس من ذلك ففي حالة وجود الأوكسجين (هوائي) تعطي نفس هذه الكمية من الكلايكوجين لأستعادة بناء 39 مول ATP إلا أن النشاط البدني الذي يعتمد على الجلوكزة اللاهوائية لا يحتاج الى إعادة كمية كبيرة من ATP حيث لا تزيد حاجة الجسم من 1_1.2 مول ATP ويرجع السبب في ذلك الى العضلة والدم تستطيع أن تتحمل وجود حوالي من 60 _ 70 غرام من حامض اللاكتيك قبل ظهور التعب ، فأذا ماتم أنشطار كل كمية الكلايكوجين التي مقدارها 180 غرام فأن

العضلة والدم لا يستطيعان تحمل كل هذه الكمية من حامض اللاكتيك 180 غرام وبذا فإن حامض اللاكتيك في هذه الحالة يعتبر معوقاً للإداء العضلي .
ويتميز استخدام هذا النظام لإنتاج الطاقة بسرعة أمداد العضلة بالمصدر المباشر للطاقة ATP ، فعلى سبيل المثال فإن الأنشطة الرياضية التي تؤدي بالسرعة القصوى وخلال فترة زمنية من 1 _ 3 دقائق تعتمد بالدرجة الكبرى على النظام الفوسفات وعلى نظام حامض اللاكتيك ، ومن هذه الأنشطة العدو 400م و800م .

ويمكن تلخيص مميزات هذا النظام بما يلي :-

1. لا يعتمد على الأوكسجين لتحرير الطاقة .
2. الكربوهيدرات المصدر الأساسي لعمل هذا النظام .
3. عمل هذا النظام يؤدي الى تراكم حامض اللاكتيك .
4. يعمل هذا النظام في الفعاليات ذات الشدة العالية وبفترة عمل طويلة نسبياً ما بين 30 ثا _ 3 دقائق .
5. يحتاج الى مجموعة من التفاعلات الكيميائية تصل الى 10 تفاعلات .
6. كمية الطاقة المنتجة من هذا النظام قليلة قياساً الى النظام الثالث .

النظام الاوكسجيني :

يتميز هذا النظام عن النظامين الآخرين لإنتاج الطاقة بوجود الاوكسجين كعامل فعال خلال التفاعلات الكيميائية لإعادة بناء ATP وفي وجود الأوكسجين يمكن استعادة بناء 39 مول ATP بواسطة التفسير الكامل لجزيء كلايوجين ليصبح ثاني أوكسيد الكربون وماء وتعتبر هذه أكبر كمية لإعادة بناء ATP ومثل هذا يتطلب مئات التفاعلات الكيميائية ومئات من النظم الأنزيمية والتي تزيد في تعقيدها بدرجة كبيرة عن إنتاج الطاقة اللاهوائي بالنظامين السابقين ، ويتم نظام الأوكسجين في داخل الخلية العضلية ، ولكن في حيز محدد وهو ما يسمى الميتوكوندريا وهي عبارة عن أجسام تحمل المواد الغذائية للخلية ويكثر

تواجدها في الخلايا العضلية ، ويمكن تقسيم التفاعلات الكيميائية للنظام الهوائي أو نظام الأوكسجين الى ثلاث سلسلات رئيسية هي :-

1. **الجلكزة الهوائية** :- سلسلة التفاعلات التي تشارك في تكسير الكلايكوجين وتحويله الى ثاني أوكسيد الكربون وماء بوجود الأوكسجين وتنتهي بتكوين حامض البايروفيك .

2. **دائرة كربس** : هي سلسلة التفاعلات الكيميائية التي تتم بنهايتها الأكسدة الكاملة ، وسميت نسبة الى مكتشفها العالم كربس وفي نهاية دوره يتكون 2ATP مول وكربون وهيدروجين وهنا يتحد الكربون مع الأوكسجين ليكون ثاني أوكسيد الكربون الذي يخرج من العضله الى الدم ومنها الى الرئتين لأخراجه مع هواء الزفير .

3. **سلسلة نقل الإلكترون** : سلسلة تفاعلات كيميائية ترتبط بدوره كربس ((حيث يتحد الهيدروجين الناتج من الجلكزة ودوره كربس مع اثنين من الكوا أنزيم NAD و FAD وهما يحملان ذرات الهيدروجين الى سلسلة نقل الإلكترون حيث يفصلانه الى بروتونات والكترونات وفي نهاية السلسلة يتحد الهيدروجين مع الأوكسجين مكوناً ماء وبهذا يحمي الخلية من الحمضية وتمر الإلكترونات المنفصلة من الهيدروجين خلال سلسله نقل الإلكترون لتوفير طاقة لإعادة ATP من ADP .

وفي حالة الجلكزة الهوائية فأنها تختلف عن الجلكزة اللاهوائية بأنها لاتتم إلا بوجود الأوكسجين وهذا يؤدي الى عدم تراكم حامض اللاكتيك ولكن يعيد بناء ATP وخلال الجلكزة الهوائية ينشطر جزء كلايكوجين الى جزئين من حامض البروفيك وبذلك تتوفر كمية كافية من الطاقة لإعادة بناء 3 مول من ATP ويتم بعد ذلك استمرار حامض البيروفيك الى سلسله تفاعلات كيميائية تسمى دائرة كربس نسبة الى العالم الذي أكتشفها والذي نال جائزة نوبل بفضل هذا الأكتشاف عام 1953م وتعرف بأسم دائرة حامض ستريك وهناك تغييران أساسيان يحدثان خلال هذه الدورة :-

1. إنتاج ثاني أوكسيد الكربون .

2. الأكسدة بمعنى عزل الألكترونات .

وينتقل ثاني أكسيد الكربون الى الدم الذي يحمله الى الرئتين ليتخلص الجسم منه بينما تتم عملية الأكسدة بعزل الألكترونات في شحنة ذرات الهيدروجين عن ذرات الكربون التي يتكون منها حامض البيروفيك وكذلك الكلايكوجين ويستمر التحويل النهائي للكلايكوجين حتى يأخذ الشكل النهائي له صورة ماء بواسطة أيونات الهيدروجين والكترونات التي عزلت بواسطة دائرة كريس وأوكسجين هواء التنفس وتسمى سلسلة التفاعلات الكيميائية التي تشكل الماء نظام النقل الألكتروني أو السلسلة التنفسية .

وفيما سبق تم مناقشة النظام الهوائي لإنتاج الطاقة بتكسير الكلايكوجين فقط ولكن هناك نوعان آخرا من المواد الغذائية يمكن أن تنشط بالنظام الهوائي لتتحول الى ثاني أكسيد الكربون والماء مع إنتاج الطاقة اللازمة لإعادة بناء ATP غير أن البروتين عادة لا يستخدم كمصدر للطاقة فأن التركيز فقط سيكون على المواد الدهنية ويتم تحويل المواد الدهنية الى أحماض دهنية تدخل ضمن دائرة كريس ونظام النقل الألكتروني لإنتاج الطاقة، غير ان اكسدة الدهون تتطلب كمية اوكسجين اكثر حيث تبلغ كمية الاوكسجين اللازمة لاعادة بناء مول ATP حوالي لتر اذا كان مصدر الطاقة هو الكلايكوجين ، بينما تبلغ كمية الاوكسجين 4 لتر في حالة ما اذا كان مصدر الطاقة هو الدهون ويلاحظ اننا نستهلك اثناء الراحة ما بين 200 الى 300 مللتر اوكسجين في الدقيقة ، وبذلك نعيد بناء جزئ ATP الذي يحتاج الى 3.5 او 4 لتر خلال 12 دقيقة ولكن سرعة اعادة مول ATP تزيد مع زيادة سرعة استهلاك الاوكسجين والتي تحدث اثناء النشاط الرياضي ، حيث يمكن اعادة جزئ ATP كل دقيقة لدى معظم الاشخاص بينما يمكن زيادة هذه الكمية الى 1.5 مول ATP كل دقيقة لدى اللاعبين المدربين على أنشطة التحمل ولايؤدي استخدام النظام الهوائي الى حدوث التعب نتيجة لوجود مخلفات مثل حامض اللاكتيك وبالطبع فأن هذا النظام يصلح عند الحاجة الى انتاج ATP

لفترة طويلة مثل أنشطة التحمل وعلى سبيل المثال فان اللاعب يحتاج الى 150 مول ATP خلال 2.5 ساعة ليتمكن من انتاج الطاقة اللازمة لجري سباق المارثون (42.2 كيلو متر) .

ويمكن تلخيص مميزات هذا النظام بما يلي :

1. يعتمد على وجود الأوكسجين في إنتاج الطاقة .
2. يعمل في الفعاليات ذات الشدة المعتدلة ولفترات زمنية طويلة تتراوح ما بين 3 د _ 3 ساعة أو اكثر .
3. تستخدم الكربوهيدرات لإنتاج الطاقة عن طريق الأكسدة باستخدام O_2 .
4. تستخدم الدهون والبروتينات في أحيان نادرة جداً لإنتاج الطاقة .
5. الطاقة المتولدة من هذا النظام كبيرة جداً إذ أن جزيئة واحدة من الكلوكوز تعطي 39 مول من ATP في حين تعطي 2 مول من ATP في النظام المختلط .
6. أن تحرير الطاقة في هذا النظام تحتاج الى فترة زمنية أطول من بقية الأنظمة
7. لغرض إنتاج الطاقة في هذا النظام يجب أن تحدث عدة تفاعلات كيميائية معقدة قد تصل الى 36 تفاعل .