

## أنظمة إنتاج الطاقة

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 أيضاً 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 أنشطار 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 يعنينا هنا من اشكال الطاقة ، الطاقة الميكانيكية والكيميائية.

فالطاقة التي تتحرر خلال أنشطار المواد الغذائية لا تستخدم 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 **انشطار هذا المركب الكيميائي (ATP)** وهو يتكون من احد المكونات المركبة وهو الأدينوسين بالإضافة الى ثلاثة اجزاء اقل تركيبياً تسمى المجموعة الفوسفاتية ، وحينما ينشطر احد مكونات المجموعات الفوسفاتية فأن هذا يؤدي الى انتاج كمية كبيرة من الطاقة حوالي من 7 الى 12 سعر حراري كبير (كيلو كالوري) بالإضافة الى ثنائي فوسفات الادينوسين 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 فأنه بدون وجود (ATP) في الخلية العضلية لن تكون هناك طاقة وبالتالي لن تكون هناك حركة او انقباض عضلي ولذا فأنه 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 ) .

**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 و0.6 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 أيضاً 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 كلايوجين لأستخدامه فيما بعد . وعند أستخدام الكلايوجين أو الكلوكوز لإنتاج الطاقة في غياب الأوكسجين ، فان ذلك يؤدي الى تراكم حامض اللاكتيك في العضلة والدم وهذا بدوره يؤدي الى التعب العضلي عند زيادته . ويتم إستعادة بناء ATP من خلال الأنشطار الكيميائي للكلايوجين 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 الكلايوجين 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 الكلايوجين لأستعادة بناء 39 مول ATP إلا أن النشاط البدني الذي يعتمد على الجلوكزة اللاهوائية لايحتاج الى إعادة كمية كبيرة من ATP حيث لاتزيد حاجة الجسم من 1.2\_1 مول ATP ويرجع السبب في ذلك الى العضلة والدم تستطيع أن تتحمل وجود حوالي 60 \_ 70 غرام من حامض اللاكتيك قبل ظهور التعب ، فأذا ماتم أنشطار كل كمية الكلايوجين التي مقدارها 180 غرام فأن العضلة والدم لا يستطيعان تحمل كل هذه الكمية من حامض اللاكتيك 180 غرام وبذا فأن حامض اللاكتيك في هذه الحالة يعتبر معوقاً للإداء العضلي .

ويتميز أستخدام هذا النظام لإنتاج الطاقة بسرعة أمداد العضلة بالمصدر المباشر للطاقة ATP ، فعلى سبيل المثال فأن 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 لانتاج الطاقة بوجود الاوكسجين كعامل فعال خلال التفاعلات الكيميائية لإعادة بناء ATP وفي وجود الأوكسجين يمكن أستعادة بناء 39 مول ATP بواسطة التفسير الكامل لجزيء كلايكوجين 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 أنتاج 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. الجلزمة الهوائية .

2. دائرة كريس .

3. نظام النقل الألكتروني .

وفي حالة الجلزمة الهوائية فأنها تختلف عن الجلزمة اللاهوائية بأنها لاتتم إلا بوجود الأوكسجين وهذا يؤدي الى عدم تراكم حامض اللاكتيك ولكن يعيد بناء ATP وخلال الجلزمة الهوائية ينشطر جزء كلايكوجين الى جزئين من حامض البروفيك وبذلك تتوفر كمية كافية من الطاقة لإعادة بناء 3 مول من ATP ويتم بعد ذلك أستمرار حامض البيروفيك الى سلسله تفاعلات كيميائية تسمى دائرة كريس 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. أنتاج ثاني أوكسيد الكربون .

2. الأكسدة بمعنى عزل الألكترونات .

وينتقل ثاني أوكسيد 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 سلسله التفاعلات الكيميائية التي تشكل الماء نظام النقل الألكتروني أو السلسله التنفسية .

وفيما سبق تم مناقشة النظام الهوائي لأنتاج الطاقة بتكسير الكلايكوجين فقط ولكن هناك نوعان آخران من المواد الغذائية يمكن أن تنشطر بالنظام الهوائي لتتحول الى ثاني أوكسيد الكربون والماء مع أنتاج 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 لأنتاج 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 الكلايوجين ، 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 أنتاج الطاقة .
2. يعمل في الفعاليات ذات الشدة المعتدلة ولفترات زمنية طويلة تتراوح ما بين 3 د \_ 3 ساعة أو اكثر .
3. تستخدم الكربوهيدرات لأنتاج الطاقة عن طريق الأكدسة بأستخدام  $O_2$  .
4. تنتستخدم الدهون والبروتينات في أحيان نادرة جداً لأنتاج 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 أنتاج الطاقة في هذا النظام يجب أن تحدث عدة تفاعلات كيميائية معقدة قد تصل الى 36 تفاعل .