أنظمـة أنتـاج الطاقـة

يعتبر موضوع الطاقة من أهم الموضوعات العلمية في مجال التربية الرياضيـــة والتدريـــب الرياضي نظراً لارتباط الطاقة بحيـــاة الأنسان بصفة عامـــة وبحركـــات وأوضاع الجسم في النشـاط البدني بصـفة خاصـة ، فتنوع حركات الجسم والأنشـطة البدنية المختلفة يقابله ايضـاً تنوعاً كبيراً في نظم أنتاج الطاقة ، **فالطاقة هي مصدر الانقباضات العضلية المسؤلة 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 كثيـرة وتعتبـر **الشمس** هي المصدر الأم لكل مصادر الطاقـة ، فالشمس تمد الأرض بأســباب الطاقة التي اختزنت فيها على أشــكال مختلفة ، فتحتوي أوراق النبات الخضراء على جزء من هذه الطاقـة القادمـة من أشعـة الشمس لتأخـذ شكلاً آخر من أشكال الطاقة الكيميائية التي تتحرر خلال أنشطار المواد الغذائيـــة لا تستخدم بطريقة مباشرة وحينما نأكل النبات وغيره من المصادر الحيوانيـــة الأخرى تحدث عملية تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة ميكانيكية، ولذا فأن ما يعنينا هنا من اشكال الطاقة ، الطاقة الميكانيكية والكيميائية.

فالطاقة التي تتحرر خلال أنشطار المواد الغذائية لاتستخدم بطريقة مباشرة في اداء أي عمل حركي ولكنها تستخدم في تكوين مركب كيميائي **يسمى ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP)** وهذا المركب الكيميائي يخزن في جميع خلايا الجسم ، وتقـوم خلايـــا الجسم بوظائفها اعتماداً على الطاقة الناتجة عن انشـــطار هذا المركب الكيميائـــــــي (ATP) وهو يتكون من احد

المكونات المركبة وهو الأدينوسين بالأضافة الى ثلاثة اجزاء اقل تركيباً 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) بالأضافة الى ثنائي فوسفات الادينوسين بالأضافة 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 انظمة 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 وCP في العضلة قليلة جداً وهي تقدر بحوالي 0.3 مول عند السيدات و0.6 مول عند الرجال وهذا بالتالي يحد من أنتاجية الطاقة بواسطة هذا النظام ، فيكفي أن يعدو اللاعب 100م بأقصى سرعة لينتهي

مخزون ATP _ CP غير أن القيمة الحقيقية لهذا النظام تكمن في ســـرعة أنتاج الطاقة أكثر من وفرتها وهناك أنشـطة رياضـية كثيرة تحتاج الى سـرعة الإداء والذي يتم خلال عدة ثواني مثل العدو والوثب وسـباحة المسـافات القصـيرة ، كل هذه الأنشـطة تعتمد على هذا النظام في أنتاج الطاقة لما يتميز به هذا النظام من سـرعة أنتاج الطاقة دون الأعتماد 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 الشـدة العالية والزمن القصـير وفي بداية كل فعالية تقريبٍا .**
3. **مدة دوام هذا النظام قصيرة جداً تتراوح من 1 _ 30 ثا تقريباً .**
4. **الطاقة المنتجة من هذا النظام قليلة قياسـاً بلأنظمة الأخرى لأن تحلل CP يعطينا ATP واحد فقط .**
5. **هذا النظام غير معقد ويحتاج الى تفاعل واحد لأنتاج الطاقة .**
6. **لايعتمد على مركبات الطاقة الغذائية (كلوكوز أو حامض دهني) .**
7. **يحدث التفاعل في السـايتوبلازم منطقة عمل الخيوط الأنقباضـية (المايوسـين 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

يعتمد هذا النظام أيضـا على إعادة بناء ATP لا هوائياً بواسـطة عملية الجلكزة اللاهوائية ، ويختلف هنا مصـدر الطاقة حيث يعتبر مصـدراً غذائياً يأتي من التمثيل الغذائي للكربوهيدرات التي تتحول الى صورة بسيطة بشكل سكر الكلوكوز الذي يمكن أستخدامه مباشرة لأنتاج الطاقة أو يمكن أن يخزن في الكبد أو العضـلات على هيئة كلايكوجين لأسـتخدامه فيما بعد . وعند أسـتخدام الكلايكوجين أو الكلوكوز لأنتاج الطاقة في غياب الأوكسـجين ، 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 للكلايكوجين ليمر بعد تفاعلات كيميائية حتى يصـبح حامض اللاكتيك وخلال ذلك تتحرر الطاقة اللازمة لأعادة بناء ATP ومن نواحي القصـور في هذا النظام والتي ترجع الى أتمام التفاعلات الكيميائية في غياب الأوكسـجين مما ينتج عنه قلة كمية ATP التي يمكن أسـتعادتها من أنشـطار السـكر بالمقارنة في حالة أتمام التفاعلات الكيميائية في وجود الأوكسـجين ، وعلى سـبيل المثال فأن كمية الكلايكوجين التي مقدارها 180 غرام تؤدي الى أسـتعادة بناء 3 مول ATP فقط في حالة غياب الأوكسـجين (لاهوائي) بينما على العكس من ذلك ففي حالة وجود الأوكسـجين (هوائي) تعطي نفس هذه الكمية من الكلايكوجين لأسـتعادة بناء 39 مول ATP إلا أن النشـاط البدني الذي يعتمد على الجلكزة اللاهوائية لايحتاج الى إعادة كمية كبيرة من ATP حيث لاتزيد حاجة الجسـم من 1.2_1 مول ATP ويرجع السبب في ذلك الى العضـلة والدم تستطيع أن تتحمل وجود حوالي من 60 _ 70 غرام من حامض اللاكتيك قبل ظهور التعب ، فأذا ماتم أنشـطار كل كمية الكلايكوجين التي مقدارها 180 غرام فأن العضـلة والدم لايسـتطيعان تحمل كل هذه الكمية من حامض اللاكتيك 180 غرام وبذا فأن حامض اللاكتيك في هذه الحالة يعتبر معوقاً للإداء العضلي .

ويتميز أستخدام هذا النظام لأنتاج الطاقة بسرعة أمداد العضلة بالمصدر المباشر للطاقة ATP ، فعلى سبيل المثال فأن الأنشطة الرياضية التي تؤدى 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. **الكاربوهيدرات المصدر الأساسي لعمل هذا النظام .**
3. **عمل هذا النظام يؤدي الى تراكم حامض اللاكتيك .**
4. **يعمل هذا النظام في الفعاليات ذات الشـدة العالية وبفترة عمل طويلة نسـبياً مابين 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 الاوكســـجين كعامل فعال خلال التفاعلات الكيميائية لأعادة بناء ATP وفي وجود الأوكسجين يمكن أستعادة بناء 39 مول ATP بواسطة التكسير الكامل لجزيء كلايكوجين ليصبح ثاني أوكسيد الكربون وماء وتعتبر هذه أكبر كمية لأعادة بناء ATP ومثل هذا يتطلب مئات التفاعلات الكيميائية ومئات من النظم الأنزيمية والتي تزيد في تعقيدها بدرجة كبيرة عن أنتاج الطاقة اللاهوائي بالنظامين الســابقين ، ويتم نظام الأوكســجين في داخل الخلية العضــلية ، ولكن في حيز محدد وهو مايســمى الميتوكندريا وهي عباره عن أجســام تحمل المواد الغذائية للخلية ويكثر تواجدها في الخلايا العضــلية ، ويمكن تقســيم التفاعلات الكيميائية للنظام الهوائي أو نظام الأوكسجين الى ثلاث سلسلات رئيسية هي :-

1. الجلكزة الهوائية .
2. دائرة كربس .

3. نظام النقل الألكتروني .

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 الجلكزه الهوائية ينشطر جزء كلايكوجين الى جزئين من حامض البروفيك وبذلك تتوفر كمية كافية من الطاقة لأعادة بناء 3 مول من ATP ويتم بعد ذلك أستمرار 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 تغيران 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 كربس وأوكسجين هواء التنفس وتسمى سلسلة التفاعلات الكيميائية التي تشكل الماء نظام النقل الألكتروني أو السلسلة التنفسية .

وفيما سبق تم مناقشة النظام الهوائي لأنتاج الطاقة بتكسير الكلايكوجين فقط ولكن هناك نوعان آخران من المواد الغذائية يمكن أن تنشط بالنظام الهوائي لتتحول الى ثاني أوكسيد الكربون والماء مع أنتاج الطاقة اللازمة لأعادة بناء ATP غير أن البروتين عادةً لايستخدم كمصدر للطاقة فأن التركيز فقط سيكون على المواد الدهنية ويتم تحويل المواد الدهنية الى أحماض دهنية تدخل ضمن دائرة كربس 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 الكلايكوجين ، بينما تبلغ كمية الاوكسجين 4 لتر في حالة ما اذا كان مصدر الطاقة هو الدهون ويلاحظ اننا نستهلك اثناء الراحة مابين 200 الى 300 مللتر

اوكسـجين في الدقيقة ، وبذلك نعيد بناء جزئ ATPالذي يحتاج الى 3.5 او 4 لتر خلال 12 دقيقة ولكن سرعة اعادة مول ATP تزيد مع زيادة سرعة استهلاك الاوكسجين والتي تحدث اثناء النشـاط الرياضـي ، حيث يمكن اعادة جزئ ATP كل دقيقة لدى معظم الاشـخاص بينما يمكن زيادة هذه الكمية الى 1.5 مول ATP كل دقيقة لدى اللاعبين المدربين على انشـــطة التحمل ولايؤدي اسـتخدام النظام الهوائي الى حدوث التعب نتيجة لوجود مخلفات مثل حامض اللاكتيك وبالطبع فأن هذا النظام يصـــلح عند الحاجة الى انتاج ATP لفترة طويلة مثل انشـــطة التحمل وعلى ســـبيل المثال فان اللاعب يحتاج الى 150 مول ATP خلال 2.5 ســـاعة 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 الشـــدة المعتدلة ولفترات زمنية طويلة تتراوح مابين 3 د _ 3 ساعة أو اكثر .**
3. **تستخدم الكاربوهيدرات لأنتاج الطاقة عن طريق الأكسدة بأستخدام O_2 .**
4. **تتتستخدم الدهون والبروتينات في أحيان نادرة جداٍ 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 .**