أنظمة إنتاج الطاقة خلال النشاط الرياضي

1- النظام الفوسفاتي ATP - PC

2- النظام اللاهوائي (اللاأوكسجيني)

3- النظام الهوائي (الأوكسجيني)

للحصول على أفضل النتائج عند القيام بأي نشاط رياضي ، يجب توفر القدرات الفسيولوجية الخاصة واللازمة ، ومنها توفير الطاقة اللازمة لعمل العضلات ، إذ أن أداء العضلات أو مقدرتها على العمل يعتمد بشكل رئيسي على شكل الطاقة ومدى مصادرها ، وتستخدم العضلة مصادر متنوعة للطاقة وتنتج جزءا منها .

كما أن نوع النشاط يحدد شكل الطاقة اللازمة وكيتها ، فالطاقة اللازمة لرجل المسافات القصيرة للعدو بأقصى سرعة تختلف عن تلك اللازمة لسباق الماراثون ، وفهمنا لأنظمة صرف الطاقة يساعد على تفادي الإرهاق أثناء التمرين ، وعلى توفير شكل الطاقة المرغوب عن طريق تناول وجبات مناسبة.

يخزن الجسم الطاقة بأشكال مختلفة مثل أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP وفوسفات الكرياتين CP، وجلايكوجين العضلات ، والدهن المخزون في االنسيج الدهني، وتستخدم الطاقة في انقباض العضلات وحركتها من خلال تفاعلات بيوكيميائية في العضلات يمكن تصنيفها إلى ثلاثة أنظمة رئيسية هي : نظام ATP-PC ، ونظام حمض اللاكتيك ، والنظام الأكسجين أو الهوائي .

أولا : نظام ATP- PC

ويعرف هذا النظام بنظام مولد الفسفور . وكما نعلم فان أدينوسين ثلاثي الفوسفات هو مصدر الطاقة الجاهز والسريع لانقباض العضلات ، وهو مركب غني بالطاقة التي تتحرر لتحلل الروابط الفسفورية ، ويخزن في العضلات ، ولكن مخزون الجسم من هذا المركب محدود جدا ويجب تعويضه بسرعة إذا استمر عمل العضلات ، وفوسفات الكرياتين هو أيضا مركب غني بالطاقة ويخزن في الخلايا العضلية ويستخدم كمصدر سريع لإنتاج ATP ، فعند نزع مجموعة الفوسفات منه تنتج طاقة تستخدم في تركيب ATP ، وينتج جزئ واحد من ATP عند تحلل جزئ واحد من PC

ومخزون العضلات من هذين المركبين ، أي أدينوسين ثلاثي الفوسفات وفوسفات الكرياتين ضئيل ، ويقدر بنحو (0.3) جزئ عند الإناث و (0.6) جزئ عند الذكور ، وهذا يعني أن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من هذا النظام محدودة جدا وتكفي لبضع ثوان فقط، فمثلا عند عدو مائة متر يحتمل نفاذ مخزون الجسم من هذين المركبين بناية النشاط ، إلا أن أهمية هذا النشاط تكمن في سرعة أو جهوزية توفير الطاقة وليس كميتها ، وهذا ضروري لأنواع الرياضة التي تتطلب بضع ثوان لإنهائها مثل القفز ، وبما أن مولدات الفسفور سريعة النفاذ ، فيجب أن يكون هناك بديل ، وفي هذه الحالة يأتي دور مصادر الطاقة الأخرى.

وطريقة الفوسفوكريتين أو الفوسفاجن (ATP-PC) والفوسفوكريتين (PC) مادة كيماوية مخزونة داخل الألياف العضلية ومحتوية على طاقة عالية ، تنتج بصورة سريعة جداً ، لإعادة بناء وتكوين الـ ATP ، حيث يتم تحلل الـ PC وإنتاج طاقة تعيد بناء الـ ATP

إن الـ ATP المشكل بهذا الأسلوب يمكن الاعتماد عليه لفترة زمنية قصيرة (حوالي 10 ثوان) 0 وبالرغم من أن كمية الـ ATP المشكلة قليلة جداً إلا أن هذا النظام يعتبر مهماً جداً خاصة في السباقات والفعاليات الرياضية التي يحتاج أدائها إلى سرعة كبيرة مثل سباقات العدو ورفع الأثقال ورمي القرص 000الخ 0 وبدون هذا النظام لا يمكن تأدية مثل هذه الأنشطة البدنية التي تحتاج إلى السرعة والقدرة ، وهذا يتطلب توفر طاقة بصورة سريعة بدلاً من توفر هذه الطاقة بكميات عالية 0

وعن نظام الفوسفوكريتين (PC) يعرف بالنظام الأسرع في إنتاج الطاقة ، ويعتقد بعض الباحثين أن تنمية هذا النظام عن طريق التدريب عليه تساؤلات كبيرة 0 ويعود هذا الاعتقاد إلى أن صفة السرعة والتي هي عبارة عن تحريك أجزاء الجسم بسرعة عالية تعتمد على نوعية الألياف العضلية التي يمتلكها الرياضي 0 فكلما كانت نسبة الألياف العضلية السريعة (FT) أكبر من نسبة الألياف العضلية البطيئة (ST) ، كلما كانت السرعة عالية 0 ونوعية الألياف هذه لها علاقة بالوراثة ، ومن هنا فإن القول " لاعب السرعة يولد ولا يصنع " قد يكون صحيحاً 0 وبالرغم من ذلك فإن التدريب لتنمية هذا النظام السريع في إنتاج الطاقة يجب أن يتم عندما لا يكون الرياضي مجهداً أو متعباً ، وتشير بعض التقارير إلى أن رياضي المستويات العليا بحاجة إلى ما بين 24-36 ساعة راحة أو تدريب منخفض الشدة قبل

أداء التدريبات السريعة 0 وينصح أن يكون عدد مرات التكرار ما بين 4-5 ، وإعطاء فترة راحة ما بين التكرارات لا تقل عن 2-3 دقائق ، وفترة راحة ما بين المجموعات لا تقل عن 8-10 دقائق 0 وفترات الراحة هذه مهمة جداً لإعطاء الفرصة للخلايا لإعادة بناء كل من الـ ATP والـ PC 0 كما وتشير بعض الدراسات العلمية والتي أشار إليها فوكس وزملاؤه ، 1989 (Foxetal , 1989)إلى أن إعادة بناء الـ ATP والـ PC ، تتم بصورة سريعة ، وقد وجد أنه خلال 30 ثانية من فترة الاستشفاء يعاد بناء حوالي 50% من الـ PC ، وخلال دقيقة واحدة يعاد بناء 75% من الـ PC وخلال 1.5 دقيقة يعاد بناء 87% من الـ PC وخلال 3 دقائق يعاد بناء جوالي 98% من الـ PC 0 ومن هنا فإن إعطاء 2-3 دقائق راحة بين التكرارات ضرورية جداً للوصول إلى الاستشفاء 0 ولذلك فإنه لا يحبذ زيادة عدد مرات التكرار لأكثر من 4 مرات أو ما يعادل 600 م مجموع المسافة المقطوعة في كل وحدة تدريبية 0

ثاينا : نظام حمض اللاكتيك

لا يستخدم هذا النظام مباشرة كمصدر لطاقة انقباض العضلات، ولكنه سريع في تعويض ATP إذا دعت الحاجة ، ويعرف هذا النظام بالتحلل السكري اللاهوائي ، وفي هذا النظام يتحلل جلايكوجين العضلات لا هوائيا وينتج عن ذلك ATP بشكل سريع ، ولكن ينتج حمض اللاكتيك .

وهذا النظام ضروري للتمارين التي يجب أن تنفذ خلال مدة أقصاها دقيقة إلى ثلاث دقائق ، وهو النظام الرئيسي الذي يعتمد عليه عدو مسافة 400- 800م وفي الدورة الأخيرة من سباق 1500م وغيرهما ، ومن مساوئ هذا النظام أن يوفر كمية قليلة من ATP إذ ينتج 3 جزيئات ATP من تحلل 180جرام جلايكوجين لاهوائي مقابل 39 جزيئا من التحلل الهوائي لنفس الكمية ، هذا بالإضافة إلى تراكم حمض اللاكتيك في الدم والعضلات ، وإذا زادت كمية هذا الحمض في الجسم نتج عنه إرهاق عضلي مبكر ومؤقت.

ودلت نتائج دراسات استراند وكوهين وكرانفورد وهجرمان وغيرهم على انخفاض مستوى حامض اللاكتيك في الدم لدى الإناث عند أداء نفس التحمل البدني الذي يقوم به الرجال ، وفي نفس الوقت يكون مستوى الأداء منخفضاً لدى الإناث ويلاحظ هنا زيادة الفرق بين الجنسين بالمقارنة بالنظام الأول لإنتاج الطاقة ، ويتضح هذا في السباقات التي نستمر في أدائها من 1-4 دقائق (400-1500 متر جري أو 100-400 متر سباحة).

و نظام التحلل السكري اللا أوكسجيني أو نظام حامض اللاكتيك (Anaerobic Glycolysis) آلي الـATPتحدد نظام الطاقة المطلوب وبذلك فأن الالياف العضلية تتحول آلي نظام الطاقة اللائم والمناسب 0وهذا النظام يعتمد على تحلل ذرات السكر المخزنة في الألياف العضلية لإنتاج طاقة وحامض لاكتيك ،وهذا الحامض مسؤول عن التعب والإرهاق الذي يظهر على اللاعبين بعد المسابقات والفعاليات الرياضية التي تعتمد على هذا النظام 0ويتحلل السكر المخزن بتفاعلات كيماوية لإعادة بناء الـATP

عند تحلل السكر بسلسلة طويلة من التفاعلات الكيماوية يتم إنتاج ما يعادل تقريباً 3 ذرات ATP وكمية عالية من حامض اللاكتيك 0 وبالرغم من قلة الـ ATP المشكلة بهذا الأسلوب ، إلا أنه يعتبر مهماً جداً خاصة خلال الأنشطة البدنية التي يتطلب أداؤها شدة عالية ولفترة زمنية ما بين 1-3 دقائق مثل 400م و 800 م 0

ولتنمية هذا النظام يقترح أن يكون عدد مرات التكرار ما بين 1-3 مرات وبشدة حمل عالية (عدد ضربات القلب أكثر من 180 نبضة لكل دقيقة) ولفترة زمنية تتراوح ما بين 40 ثانية – دقيقتين (300 – 600م مجموع المسافة المقطوعة) ، ويجب التذكير إلى فترة الاستشفاء ، إذ يجب أن تكون ما بين 20-30 دقيقة وهذه الفترة تكون مصحوبة بتمرينات تهدئة مستمرة (Excrcise Recovery) مثل الجري الخفيف بشدة تتراوح ما بين 40-60% لأن ذلك يساعد على سرعة الاستشفاء والتخلص من حامض اللاكتيك المتراكم بسرعة وخلال 30 دقيقة تقريباً 0 أما إذا كانت فترة الاستشفاء عبارة عن جلوس أو مشي أو استلقاء على الأرض (Rest – Recovery) فإن سرعة التخلص من حامض اللاكتيك (Lactic Acid) تنخفض وسوف تستغرق وقتاً طويلاً (1-2 ساعة) ،وهذا يؤدي إلى تأخير الاستشفاء والتخلص من التعب والإرهاق 0

ثالثا : النظام الأوكسجيني (الهوائي)

وهذا النظام كنظام حمض اللاكتيك لا يستخدم مباشرة كمصدر لطاقة انقباض العضلات ، ولكنه يوفر كميات كبيرة من ATP من مصادر الطاقة الأخرى ، فبوجود الأكسجين يتحلل 180 جزيئا من ATP ، وتتم هذه التفاعلات في داخل الخلايا العضلية ، ولا ينتج عن هذا التحلل أية مركبات تسبب الإرهاق ، فثاني أكسيد الكربون يطرح خارج الجسم بعملية الزفير ، بينما الماء الناتج يعتبر ضروريا للخلايا ، كما أن هذا النظام لا يتطلب نوعا معينا من الأغذية لأنه يقتصر فقط على الجلايكوجين ، بل يمكن الاستفادة من الدهون والبروتينات التي تدخل دورة كربس من نقاط عديدة ، وبمعنى آخر فان مصادر ATP متعددة وتشمل جلايكوجين العضلات والكبد وسكر الدم والجلسريدات الثلاثية الموجودة في العضلات والأحماض الدهنية الحرة والجلسريدات الثلاثية الموجودة في الدم والجلسريدات الموجودة في النسيج الشحمي ، إضافة إلى بروتين الجسم ، وتدخل هذه المواد إلى الخلايا على شكل جلوكوز وأحماض دهنية حرة وأحماض أمينية ، من خلال سلاسل معقدة من التفاعلات البيوكيميائية بوجود الأكسجين .

والنظام الأكسجيني ضروري للأنشطة طويلة الأمد ، فعلى سبيل المثال يتطلب سباق الماراثون ، الذي يتطلب قطع مسافة 42كم حوالي 150 جزيئا من ATP خلال فترة سباق مدتها ساعتين ونصف ، ويمكن إنتاج هذه الكمية من النظام الهوائي بوجود كميات كافية من الجلايكوجين والدهون والأكسجين ، وهو لا يؤدي إلى إرهاق مبكر ، ويبين الجدول التالي خصائص أنظمة صرف الطاقة.

خصائص انظمة الطاقة		
ATP-CP	حمض اللاكتيك	النظام الهوائي
لاهوائي	لاهوائي	هوائي
سريع جدا	سريع	بطيء
طاقة كيميائية CP	طاقة الغذاء جلايكوجين	طاقة الغذاء جلايكوجين، دهن ، بروتين
إنتاج محدود جدا من ATP	إنتاج محدود جدا لـ ATP	إنتاج غير محدود لـ ATP
المخزون العضلي محدود	حمض اللاكتيك يسبب إرهاق	لا ينتج مركبات تسبب الإرهاق
يستعمل في أنشطة لا تزيد مدتها عن 30 ثانية	يستعمل في الأنشطة التي مدتها 1 – 3 دقائق	يستعمل في الأنشطة التي تزيد مدتها على ثلاث دقائق
يستخدم في العدو بأقصى سرعة ولمسافات قصيرة ، وعند الانطلاق في بقية الألعاب، أو الألعاب التي تحتاج إلى قوة انفجارية ولا تستمر لفترة طويلة	يعتمد عليه بشكل رئيسي في الجمباز والملاكمة والعدو لمسافات 200 ،400،800م	يستخدم في رياضات التحمل مثل الماراثون ، الدراجات