المحاضرة الرابعة

النظام الطاقوي اللاهوائية اثناء التدريب:

اهداف المحاضرة:

1- مصادرالطاقة اثناء التدريب

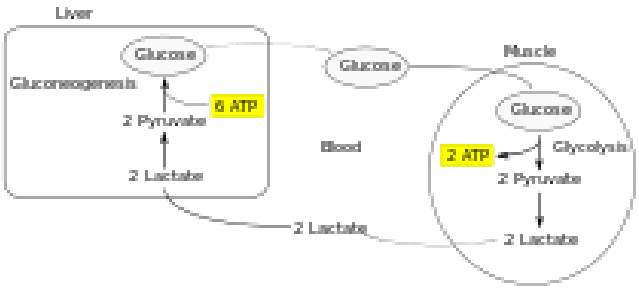
تتحول المواد الغذائية، الكربوهيدرات والدهون والبروتينات إلى مواد أخرى بسيطة يسهل على الجسم امتصاصها خلال عملية الدم ثم يقوم بتحويلها داخل الخلية إلى ATP المصدر المباشر للطاقة الحيوية وهي تستخدم بصفة يومية لتوفير الطاقة أثناء العمل وأثناء الراحة، فمثلا يخزن الكبد حوالي 2000 حريرة كبيرة، وهي مقدار من الطاقة يكفي لقطع 22 كيلومتر عدو بينما تخزن في الدهون طاقة تعادل حوالي(70.000) سبعين ألف سعر كبير كما يحتوي الغرام الواحد من الكربوهيدرات على حوالي 4 سعر كبير، ومن الدهون على 9 سعرات حريرية كبيرة، ومن البروتين على 4 سعرات حرارية كبيرة.

2- **المصادر الإضافية للطاقة**. يتم إعادة بناء ATP عن طريق بعض المصادر الأخرى خلافا للمواد الغذائية والتي يتم تكوينها داخل الجسم مثل الفسفوكرياتين ومن خلال حامض اللاكتيك والحامض الأميني ألانين Alanine وهو اسرع مصدر لإعادة بناء ATP دون الحاجة إلى أكسجين.

- **دورة كوري (cycle de cory).**

دورة ايضية تنسب تسميتها الى كل من Carl And Gerty Cori وهما عالما الكيماء الحيوية والصيدلة الأمريكيين المولودين عام 1896 ، وهي باختصار دوران حامض اللاكتيك والكلوكوز بين العضلات والكبد . عند الإجهاد والعمل الشاق تستخدم الأنسجة العضلية الأوكسجين على نحو أسرع مما هو متوفر لديها بواسطة الدم ولهذا فأن الخلايا العضلية تعمل بطريق الايض اللاهوائي . تحت هذه الظروف تتوقف عملية ايض الكلوكوز عند تكوين مركب ثلاثي ذرات الكربون ، إلا وهو حامض اللاكتيك باختزال حامض البايروفيك الى حامض اللاكتيك في ظروف لاهوائية وعن طريق الدم يذهب حامض اللاكتيك الى الكبد حيث يتم تخليق أو تكوين الكلوكوز من حامض اللاكتيك بعملية تدعى تخليق الكلوكوز Gluconeogenesis، وهي عملية عكس العملية التي تم فيها تحلل الكلوكوز الى حامض اللاكتيك في العضلة وهي عملية تحليل الكلوكوز. Glycolysis

ويعود الكلوكوز المتكون مرة ثانية الى الخلايا العضلية عن طريق الدم ويتم تحلله مرة ثانية بعملية تحليل الكلوكوز وهكذا فأن الكلوكوز وحامض اللاكتيك يدوران بين العضلات والكبد بدورة تدعى دورة كوري وباختصار فأن الدورة عبارة عن دخول الكلوكوز الى العضلة وخروج حامض اللاكتيك منها بينما يأتي أو يدخل الكبد حامض اللاكتيك ويخرج على هيئة كلوكوز وهكذا تستمر الدورة.



شكل رقم 5 يمثل دورة كوري **cycle de cory**

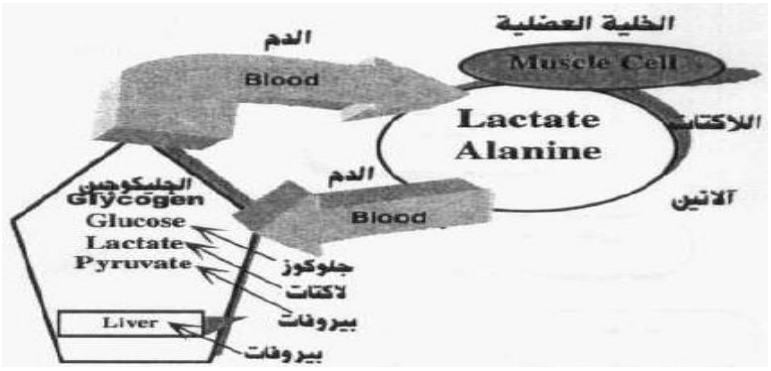
- **الحامض الاميني ألانين Alanine.**

هو أحد الأحماض الأمينية المشهورة المتواجدة في البروتينات، ويوجد أحيانا بشكل حر في البلازما وصيغته الكيميائية تعطى على الشكل التالي(CH3CH(NH2)COOH)، ويتم إنتاجه خلال عملية الجلكزة، ويلعب هذا الحامض دورا هاما في بناء البروتين ويكون مخزنا في العضلات ويظهر في وقت الالمجاعة أو التدريبات الطويلة، حيث ينقله الدم الى الكبد في هذه الحالة الذي يقوم بتحويله إلى غلوكوز بواسطة عملية استحداث الغلوكوز ثم يعود مرة أخرى إلى العضلة.

نظم الطاقة في مجال التدريب

يمكن أن يحدث الانقباض العضلي المسئول عن الحركة أو عن تثبيت أوضاع الجسم دون أنتاج طاقة، ليست الطاقة المطلوبة لكل انقباض عضلي أو لكل أداء رياضي متشابهة أو بشكل موحد، فالطاقة اللازمة للانقباض العضلي السريع تختلف عن الطاقة للانقباض العضلي المستمر لفترة طويلةحيث يشمل الجسم على نظم مختلفة لإنتاج الطاقة السريعة أو البطيئة تبعا لاحتياجات العضلة وطبيعة الأداء الرياضي، لذلك فإن تدريب نظم الطاقة ورفع كفاءتها يعني رفع كفاءة الجسم في الأداء الرياضي ولذلك أصبحت برامج التدريب كلها تقوم حول أسس تنمية أنظمة الطاقة، فأصبحت طرق التدريب الرياضي و أهدافه واختيار مستوى الرياضي وتوجهه ووصف الغذاء المناسب له والمحافظة على وزن، كل هذه العمليات التي يرتكز عليها التدريب الرياضي تقوم أساسا على الفهم التطبيقي لنظم الطاقة، فاصبحت نظم الطاقة وتنميتها هي لغة التدريب الحديث والمدخل المباشر لرفع مستوى الأداء الرياضي دون اهدار الوقت والجهد الذي يبذل في اتجاهات تدريبية أخرى بعيدة كل البعد عن نوعية الأداء للبرياضي التحصصي.

تختلف هذه النظم فيما بينها في سرعة تحويل الطاقة، وتهدف هذه النظم جميعا إلى الى إعادة تركيب المركب الكيميائي ATP المخزون أصلا بكمية قليلة في الجسم، بحيث لا يمكن للرياضي الاستمرار في المجهود البدنيلبضعة ثواني، لذلك تعمل نظم الطاقة على إعادة تركيب الـ ATP بعد إنشطاره حتى يستمر في توليد الطاقة اللازمة للانقباض العضلي، كما تختلف أنظمة الطاقة في غملية استعادة تكوين مرطب ادينوزين ثلاثي الفوسفات حيث تتم هذه العملية دون أكسجين وهي الطريقة الأسرع أو بالأكسجين وهي الطريقة الأبطأ، فيتجدد النظام المستخدم طبعا لطبيعة الأداء البدني نفسه



شكل رقم6 يمثل دورة كوري لتحويل اللاكتيك والالانين إلى جلايكوجين في الكبد وعودته إلى العضلة في شكل غلوكوز

3- النظام الفوسفاتي **système phosphagene ATP-PC**

يعتبر فسفات الكرياتين PC من المركبات الكميائية الغنية بالطاقة تراكمها يفوق تراكم الـ ATP بأربع إلى ست مرات داخل العضلة ، وعند إنشطار الـATP تتحررکمية كبيرة من الطاقة تعمل على استعادة بناء ATP المصدر المباشر لها، حيث يتم استعادة مول من ATP مقابل انشطار مول من فوسفات الكرياتين، ومن المعروف أن كمية الكمية الكلية لمخزون ATP و PC في العضلة قليلة جدا التي تقدر بحوالي 0.3 مول في السيدات و0.2 في الرجال وهذا بالتالي يحد من انتاجية الطاقة بواسطة هذا النظام. تتحول مجموعة الفوسفات الغنية بالطاقة وتتحول إلى ADP بتدخل الكرياتين كيناز. فيكفي أن يجري الرياضي 100 متر بأقصى سرعة لينتهي مخزون ATP-PC غير أن القيمة الحقيقية لهذا النظام تكمن في سعة إنتاج الطاقة أكثر من وفرتها،

- و يمكن توضيح ذلك من خلال المعادلتين التاليتين:

-1ثلاثي فوسفات الأدينوسين ثنائي الأدينوسين + فوسفات عضوي + طاقة.

ATP ADP + pi +E

عند انفصال أحد جزئيات ثلاثي فوسفات الأدينوسين تتحرر طاقة هي ثنائي فوسفات و جزئ واحد من الفوسفات غير العضوي بالتالي تنتج طاقة.

-ثنائي فوسفات الأدينوسين أحادي فوسفات الأدينوسين + فوسفات + طاقة

ADP A MP + P + E

-عند تكسير رابطة واحدة من ثنائي فوسفات الأدينوسين تعطي طاقة صغيرة نسبيا فيتحول إلي أحادي فوسفات الأدينوسين و فوسفات و طاقة.

ويمكن تلخيص مميزات النظام الفسفاتي فيما يلي:

لا يعتمد هذا النظام على سلسلة طويلة من التفاعلات الكميائية.

لا يعتمد على انتظار تحويل اكسجين هواء التنفس إلى العضلات العاملة

تختزن العضلات كلا من ATP و PC بطريقة مباشرة.

- و يمكن توضيح ذلك من خلال المعادلتين التاليتين:

-1ثلاثي فوسفات الأدينوسين ثنائي الأدينوسين + فوسفات عضوي + طاقة.

ATP ADP + pi + E

-

عند انفصال أحد جزئيات ثلاثي فوسفات الأدينوسين تتحرر طاقة هي ثنائي فوسفات و جزئ واحد من الفوسفات غير العضوي بالتالي تنتج طاقة.

-ثنائي فوسفات الأدينوسين أحادي فوسفات الأدينوسين + فوسفات + طاقة

ADP A MP + P + E

-عند تكسير رابطة واحدة من ثنائي فوسفات الأدينوسين تعطي طاقة صغيرة نسبيا فيتحول إلي أحادي فوسفات الأدينوسين و فوسفات و طاقة

4- القدرة اللاهوائية القصوى دون تكوين حمض اللبن.

هي الكمية الاجمالية المتوفرة أنطلاقا من من مخزونات الـATP والفوسفوكرياتين

والتي تتراوح بين 15 إلى 30 كيلوجول بالنسبة للأطراف السفلية وفقا لدرجة التدريب والحجم العضلي تغد هذه الكمية ضئيلة، و تدوم القدرة اللاهوائية القصوى حوالي من 6 إلى 10 ثواني، وعند تجاوز هذا الوقت تنخفض القدرة إلى القدرة اللاهوائية دون تكوين حمض اللبن تحت القصوى، يتدخل هذا الجهاز

بصفة مهيمنة خلال 15 إلى 20 ثانية الأولى من أجل إعادة تركيب الـ ATP الذي يناوبه تدريجيا الجلكزة اللاهوائية.

بعد نهاية التمرين يعاد تركيب مخزون الفسفوكرياتين أنطلاقا من الـATP التي بدورها يعاد تركيبها من طرف الجهاز الهوائي خصوصا أكسدة الغلوكوز أثناء تسديد الدين الاكسجيني وذلك بزيادة التمثيل الهوائي مع التكيفات القلبية التنفسية، إعادة التركيب هذه يتم تنفيذها بسرعة 50% خلال حوالي 15 إلى 20 ثانية و بالنسبة لـ 90% خلال 2 إلى 3 ثواني، لكن بالنسبة لاسترجاع الاستعدادات لانجاز الحركة القصوى الخاطفة ذات النوعية العالية تعود الى استرجاع التحكم الحركي وهو العامل المركزي الذي يتطلب 6 دقائق.

يعتبر الجهاز اللاهوائي ركيزة تمثيل تمرينات القوة، القدرة، السرعة، في تدريبات التقوية العضلية، القفز، الرمي والعدو السريع.

نظام حامض اللاكتيك : système de l'acide lactique

وهو النظام الذي يعمل من دون وجود الاوكسجين اذ يتم تحويل السكر الى كلوكوز بإنتاج الـ (ATP) لتوفير الطاقة بسبب سرعة العمل الحركي سوف ينتج حامض البيروفيك الذي يتحول الى لاكتيك وتراكم هذا الحامض سوف يؤدي الى التعب العضلي الموضعي، يمكن الحصول على طاقة مقدارها (3) مول من الـ (ATP) من خلال تحطم (180) غم من الجلايكوجين في هذا النظام في حين يمكن الحصول على طاقة مقدارها (39) مول من الـ (ATP) من نفس كمية الجلايكوجين في حالة توفر الاوكسجين وتكون سرعة انتاج الطاقة في هذا النظام ابطأ من النظام الفوسفاتي لكنه يتميز بطول فترة عمله حيث يتراوح من (30) ثانية الى (6) دقائق.

هناك بعض الصفات البدنية تندرج تحت هذا النظام مثل تحمل السرعة وتحمل القوة (الثابتة والمتحركة) ويطلق عليها التحمل اللاهوائي وهي القدرة على الاحتفاظ او تكرار انقباضات عضلية قصويه اعتمادا على انتاج الطاقة اللاهوائية بنظام حامض اللاكتيك، وهذا يشير إلى تحويل السكر إلى كلوكوز بدون وجود الأوكسجين لإنتاج (ATP) من مصدره الرئيسي الكربوهيدرات من خلال التحلل اللا أوكسجيني لكل من جلايكوجين العضلات وكلوكوز الدم بعد دخوله العضلة، إن تحلل السكر بسلسلة طويلة من التفاعلات الكيميائية (تفاعلات يتم إنتاج ما يعادل 3 ATPمن خلال سكر الدم، تتحكم بالتفاعلات الكيميائية العاملة في هذا النظام إنزيمات متعددة أكثرها تطرقاً هو إنزيم التفاعل الأول (الهيكو كاينيز ((HK)وإنزيم التفاعل الثالث (فوسفوا فركتو كاينيز (PFK) (وأنزيم التفاعل العاشر (بايروفيت كاينيز ((BK)وأكثر هذه الأنزيمات أهمية إنزيم (PFK) إذ يشار إليه بأنه مفتاح عمل هذا النظام إذ إن زيادة نشاطه يؤدي إلى التحلل السريع للكلوكوز إلى جانب تكوين حامض (LA) وإعادة بناء (ATP) وحيث تدخل الكثير من الفعاليات الرياضية ضمن حدود نظام الجلايكوجين لإنتاج الطاقة، وتعتمد التدريبات اللاهوائية بدرجة كبيرة على هذا النظام من خلال تطوير المطاولة اللاهوائية وزيادة القابلية اللاهوائية لأجهزة الجسم كافة.

يبدأ عمل نظام حامض اللاكتيك بعد مرحلة تحلل (CP) ويشمل كافة الفعاليات التي تنتهي ضمن هذا الوقت وتتم آلية عمله بانشطار الجلايكوجين المخزون في العضلة ليتحول إلى كلوكوز الذي يستعمل آنذاك لتوليد الطاقة وتتم هذه العملية بدون توفر الأوكسجين، فعند تحلل السكر ينشطر كل جزيء جلكوز إلى جزيئين من حامض الباي روفيك وتتحرر الطاقة وتتولد أربع جزيئات ATP من كل جزيء كلوكوز اصلي.

وعند انتهاء كمية الأوكسجين الموجودة في خلايا العضلة تأتي مرحلة تأكسد الباي روفيك ليتحول بعد ذلك إلى حامض اللاكتيك الذي ينتشر في السائل الخلوي خارج الخلايا العضلية في الدم، وعلى هذا الأساس فان معظم جلايكوجين العضلة يتحول إلى حامض اللاكتيك الذي يؤدي بدوره إلى حدوث تعب شديد نتيجة تراكمه في سوائل الجسم، ولكن خلال هذه العملية يتم إنتاج طاقة كبيرة منATP من دون استهلاك الأوكسجين .

مميزات نظام حامض اللاكتيك.

لا يعتمد على الأوكسجين لتحرير الطاقة.

الكربوهيدرات هي المصدر الأساسي لعمل هذا النظام.

عمل هذا النظام يؤدي إلى تراكم حامض اللاكتيك.

يعمل هذا النظام في الفعاليات ذات الشدة العالية وبفترة عمل طويلة نسبياً ما بين (30 ثانية - 3 دقائق) ويحتاج إلى مجموعة من التفاعلات الكيميائية.

كمية الطاقة المنتجة في هذا النظام قليلة قياساً إلى النظام الثالث .

يمكن إعادة بناء ATP 3 نتيجة التحلل في العضلات وATP2 نتيجة التحلل في الدم.

التخلص من حامض اللاكتيك في الدم والعضلات

ان زيادة تجمع حامض اللاكتيك الناتج عن الجلكزة اللاهوائية يؤدي الى حدوث التعب ولذلك فان الاستشفاء الكامل من التعب يتم اذا ما تخلص الجسم من هذا الحامض الزائد في العضلات وفي الدم ، ويتم التخلص منه عن طريق ما يأتي:

التحول الى جلايكوجين وكلوكوز ويتم ذلك في الكبد وذلك من خلال دورة بين العضلات والدم والكبد تعرف بدورة كوري.

اكسدة حامض اللاكتيك بالطرق الهوائية حيث يتحول الى ثاني أوكسيد الكاربون وماء لاستخدامه كوقود في انتاج الطاقة الهوائية بواسطة العضلات الارادية .

التحول الى بروتين ويتم ذلك بشكل قليل جداً خلال الفترات الأولى من عملية الاستشفاء.

التحول الى البول والعرق ويتم ذلك بشكل بسيط من خلال الجهاز الإخراجي.

تزداد سرعة إزالة حامض اللبنيك من العضلة والدم في حالة أداء اللاعب لتمرينات خفيفة بعد الجهد مباشرة في نهاية الوحدة التدريبية (أي استخدام الراحة الإيجابية) وتجدر الإشارة الى ان حامض اللبنيك يتحول اثناء فترة الراحة الى جلايكوجين عضلي او جلايكوجين يخزن بالكبد او كلوكوز في الدم او حامض الباي روفيك الذي يمكن استخدامه بوصفة وقود لنظام الطاقة الهوائي، الا ان تحويل حامض اللبنيك الى طاقة يتطلب العودة الى النظام الهوائي.

العوامل المؤثرة في القدرة اللاهوائية الفوسفاجينية واللاكتيكية

توجد الكثير من العوامل التي تؤثر في القدرة اللاهوائية منها:

معدل إنتاج ثلاثي فوسفات الادينوسين في العضلات.ATP

محتوى العضلة من الجلايكوجين.

القدرة على تحمل مستوى عال من حامض اللبنيك.

القدرة على تحمل حموضة عالية للدم الشرياني.

فكلما كانت نسبة الألياف العضلية السريعة، عالية كان احتمال امتلاك قدرة لا أوكسيجينية عالية.

قدرة الجهاز القلبي الدوري على ضخ أكبر كمية من الدم إلى العضلات العاملة.

5- **تدريب نظام حامض اللاكتيك**

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 – 600 م مجموع المسافة المقطوعة)، ويجب التذكير إلى فترة الاستشفاء إذ يجب أن تكون ما بين 20-30 دقيقة وهذه الفترة تكون مصحوبة بتمرينات تهدئة مستمرة 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.

أما إذا كانت فترة الاستشفاء عبارة عن جلوس أو مشي أو استلقاء على الأرض فإن سرعة التخلص من حامض اللاكتيك تنخفض وسوف تستغرق وقتاً طويلاً (2-1 ساعة)، وهذا يؤدي إلى تأخير الاستشفاء والتخلص من التعب والإرهاق..

العتبة الفارقة اللاهوائية.

هو مصطلح يطلق على مستوى شدة الحمل البدني الذي يزيد بعدها معدل انتقال حامض اللاكتيك أسد (حامض اللبنيك) من العضلات الى الدم بدرجة تزيد عن معدل التخلص منه في الدم.

فتمثل العتبة الفارقة اللاهوائية للفرد هي اعلى معدل حيوي يبقى عنده تركيز اللاكتيك أسد (حامض اللبنيك) في حالة ثباته اثناء التدريب.

لذلك نرى ان تطوير الحد الأقصى لاستهلاك الاوكسجين للرياضي من الضرورات ليس من اجل تطوير القابلية الهوائية فحسب بل لعلاقته المباشرة بالعتبة الفارقة اللاهوائية التي تكون العامل الرئيس الذي يعتمد عليه الرياضي طول زمن المنافسة ويتراوح معدل القلب عند مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية ما بين 170-180 ضربة / دقيقة وهذا يعتبر مؤشراً للمدرب للتأكد على ان تأثير احماله التدريبية في هذا المستوى لتحسين وتطوير تحمل اللاعب الهوائي.

كما ويمكن إن تنتج الطاقة عن طريق أكسدة البروتينات والذي لم يتم تناوله كمصدر للطاقة بسبب إن استخدام البروتين يمكن استخدامه كمصدر لإنتاج (ATP) إلا إن الفعاليات أو الأنشطة التي تكون بشدة عالية أو بفترات زمنية طويلة جداً تصل إلى أربع ساعات من الجهد البدني المستمر وبنسبة من(7-10%). إذ إن 39 ATPيتكون من خلال التحلل اللاهوائي (اللا أوكسجيني) - 36ATPمن خلال التحلل الهوائي (الأوكسجيني) دورة كريبس.

القدرة اللاهوائية (ATP-CP)

1. يكون لاهوائياً (لا يعتمد على الأوكسجين في تمرير الطاقة.)
2. يعمل في الحركات ذات الشدة العالية والزمن القصير ويتراوح من (10-15 ثانية(
3. يعتمد على ATP-CP المخزون في الخلايا الداخلية.
4. الطاقة المحررة قليلة جدا .
5. فترة دوام هذا المؤشر حوالي (10ثانية.(
6. سريع في تحرير الطاقة.

القدرة اللاهوائية (حامض اللبنيك)

7. يكون لاهوائياً (لا يعتمد على الأوكسجين في تحرير الطاقة.(

8. يعمل في الحركات ذات الشدة العالية وذات زمن يتراوح ما بين (30 ثا -أقل من 2 أو3 د.(
9. الكربوهيدرات هي المصدر الأساسي لإنتاج الطاقة.
10. الطاقة الناتجة قليلة.
11. يحتاج إلى مجموعة كبيرة من التفاعلات الكيميائية.
12. سريع في تحرير الطاقة ويؤدي إلى تراكم حامض اللبنيك في الدم.

جدول رقم 02 **مقارنة بين النظام الفوسفاجاني والنظام اللاكتيكي.**

مقارنة بين نظم انتاج الطاقة في جسم الانسان

وجه المقارنة	النظام الفوسفاتي	نظام حمض اللاكتيك	نظام الأكسجين
طريقة إنتاج الطاقة سريع الإنتاج	لا هوائي سريع الإنتاج	لا هوائي سريع الإنتاج	هوائي بطيء
نوع المصدر كمية A.T.P الناتجة	كيميائي A.T.P محدودة جداً	غذائي (جليكوجين) محدودة	غذائي (كربوهيدرات) غير محدودة (كبيرة)
كمية المخزونة من A.T.P	محدودة	متوسطة ويحدث تعب نتيجة ارتفاع اللاكتيك	أكبر ولا يحدث تعب
طريقة النشاط الرياضي	أنشطة السرعة والقوة التي تستخدم فترة زمنية قصيرة	أنشطة تستغرق من ١-٣ دقيقة	أنشطة التحمل أكثر من ٤ دقائق