

الباب الثالث

الطاقة ومتطلبات الأداء فى كرة اليد

الطاقة

نظم الطاقة

التغيرات التمثيلية فى العضلات أثناء الأداء الحركى

اختلاف نسب مساهمة نظم الطاقة أثناء الأداء فى كرة اليد

تعويض مصادر الطاقة

obeikandi.com

الطاقة ومتطلبات الاداء فى كرة اليد

الطاقة : ENERGY

نظراً لارتباط الطاقة بالانقباضات العضلية المسؤولة عن تنفيذ اللاعب للمتطلبات الحركية للعبة سواء البدنية أو المهارية أو الخططية؛ فإن موضوع الطاقة يعتبر من الموضوعات الضرورية والهامة التى يجب على المدرب ان يراعيها جيداً ويضعها فى الاعتبار عند تخطيطه لبرامج التدريب واختياره للتدريبات وطرق التدريب المناسبة لتنفيذ تلك البرامج لتحقيق الهدف منها، وذلك لضمان الارتقاء بمستوى اللاعب ووصوله للمستويات الرياضية العالية.

ان حجم الطاقة الاساسية للاعب يتوقف على عوامل كثيرة اهمها وزن اللاعب، والطول، والسن، وحالة الجهاز العصبى العضلى وتوافقه مع الجهاز الهرمونى، بالاضافة الى المجهود المبذول، حيث يزداد حجم الطاقة الناتجة اثناء المجهود البدنى أو الحركى أضعاف ما كانت عليه اثناء الراحة بما يتناسب مع حمل المجهود.

ويشير كل من : لامب (١٩٨٤)، وفوكس (١٩٨٤)، وابو العلا (١٩٨٥) ان ثلاثى ادينوزين الفوسفات (ADINOSINE TRIPHOSPHATE (ATP هو المصدر المباشر لانتاج الطاقة ويُعد أحد اشكال الطاقة الكيميائية، وعند انشطاره يحرك زوائد فتائل المايوسين لتجذب معها فى حركاتها للداخل فتائل الاكتين داخل الليفة العضلية ليتم الانقباض العضلى، ولكن مخزون (ATP) فى العضلات قليل جداً يكفى ان تستهلكه العضلة إذا ما انقبضت بأقصى قوة لها خلال ثوان محدودة، ولذلك فالجسم لديه القدرة على إعادة بناء (ATP) بنفس سرعة استهلاكه لاستمرارية انتاج الطاقة، وتتم إعادة بناء (ATP) عن طريق جزئيات الوقود المخزونة فى الجسم المتمثلة فى فوسفات الكرياتين (PC) كمصدر كيميائى، والكربوهيدرات والدهون والبروتين كمصادر غذائية غير مباشرة عن طريق عدة عمليات كيميائية للتمثيل الغذائى اللاهوائى والهوائى.

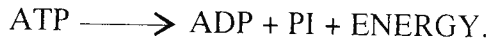
نظم الطاقة THE ENERGY SYSTEMS :

تنوع حركات الجسم والانشطة البدنية المختلفة يقابلها تنوعاً في نظم انتاج الطاقة. ويتفق كل من : هولمان وهتنجر HOLLMANN & HETINGER (١٩٧٦)، وكونسلمان COUNSILMAN (١٩٧٧)، سيسل كولين CECIL (١٩٧٦)، وفوكس وفاتيس COLWIN (١٩٧٧)، وفوكس (١٩٨٤)، ولامب LAMB (١٩٨٤)، وعلاوى وابو العلا (١٩٨٤) على أن هناك ثلاثة انظمة اساسية لانتاج الطاقة هي :

- النظام الفوسفاتي THE PHOSPHAT SYSTEM.
 - نظام حامض اللاكتيك LACTIC ACID SYSTEM.
 - نظام الاكسجين أو النظام الهوائى OXYGEN OR AEROBIC SYSTEM.
- النظام الفوسفاتي :

يعتبر فوسفات الكرياتين CREATINE PHOSPHATE من المركبات الكيميائية الغنية بالطاقة، وهو يوجد في الخلايا العضلية، وعند انشطاره تتمرر كمية كبيرة من الطاقة تعمل على استعادة بناء ثلاثى ادينوزين الفوسفات المصدر المباشر للطاقة، ويشير فوكس (١٩٨٤) انه في بداية العمل العضلى تعتمد العضلات في حصولها على الطاقة لانجاز العمل العضلى على مزيج من المركبات ذات الطاقة العالية HIGH ENERGY COMPOUNDS المتمثلة في (ATP. PC). شكل (١).

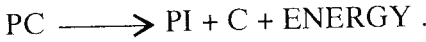
ويؤكد كل من : فوكس (١٩٨٤)، وفوكس وفاتيس (١٩٨١) على ان (ATP) يعتبر من أهم المركبات ذات الطاقة العالية في الجسم ويتكون من الادينوزين ADENOSINE بالإضافة الى ثلاث اجزاء فوسفات TRIPHOSPHATE وعند تحلل مركب ينتج عنه ثنائى ادينوزين الفوسفات (ADP) بالإضافة الى جزئ فوسفات "P"، وطاقة تعادل ٧.٠٠٠ - ١٢.٠٠٠ سعر حرارى .



ثلاثى ادينوزين الفوسفات ← ثنائى ادينوزين الفوسفات + فوسفات + طاقة

ويشير لامب (١٩٨٤)، وكارلسون KARLASSON (١٩٨٥) إلى أن حجم (ATP) قليل جداً يبلغ ٤ - ٦ على مللى مول / كجم من وزن العضلة، ولذا تعتمد

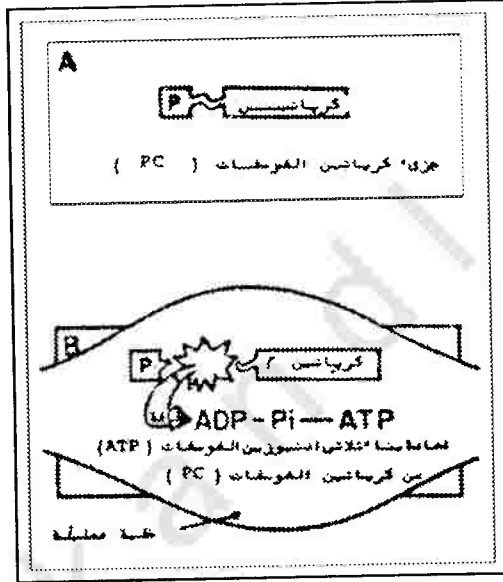
العضلة على فوسفات الكرياتين كمصدر للطاقة وعند تحلله ينتج كمية من الطاقة تساعد في اعادة بناء (ATP).



فوسفات الكرياتين ← فوسفات + كرياتين + طاقة .



ثنائي ادينوزين الفوسفات + فوسفات ← ثلاثي ادينوزين الفوسفات .



شكل ١

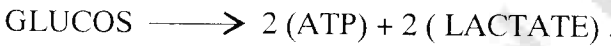
نظام الطاقة اللاهوائي (النظام الفوسفاتي)

ويذكر كل من دافيد لامب (١٩٨٤)، وفوكس (١٩٨٤)، ووليام وآخرون (١٩٨٦) أن الكمية الكلية لمخزون الطاقة العالية في العضلة (ATP.PC) قليل جداً لا يكفيان لعدد من الانقباضات العضلية القصوى في زمن يقدر من ٥ - ١٠ ثواني، غير أن القيمة الحقيقية لهذا النظام تكمن في سرعة إنتاج الطاقة أكثر من وفرتها، وذلك لأن هذا النظام لا يعتمد على سلسلة من التفاعلات الكيميائية والتي تتم بطريقة لاهوائية. وفي كرة اليد جميع حركات التمرير والتصويب بأنواعه سواء من الثبات أو

الحركة، والوثب أثناء التصويب أو الدفاع، بالإضافة إلى العدو السريع أثناء الهجوم الخاطف أو العودة للدفاع بسرعة تتم بناء على هذا النظام، بالإضافة الى أن هناك بعض الصفات البدنية تدرج أيضاً تحت هذا النظام مثل : القوة العضلية (المتحركة - الثابتة)، والسرعة، والقدرة (القوة المميزة بالسرعة، وكذلك عند تكرار أداء مقطوعات العمل (سرعة - قوة) بنظام انتاج الطاقة الفوسفاتى لعدة مرات مع وجود فترات راحة غير كاملة يمكن تنمية تحمل السرعة، وتحمل القوة (التحمل اللاهوائى).

نظام حامض اللاكتيك :

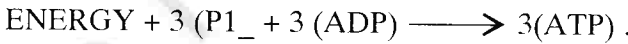
يعتمد هذا النظام على إعادة بناء (ATP) لاهوائياً بواسطة عملية الجللكزة اللاهوائية ANEROBIC CLYCOLYSIS نسبة إلى أنشطار الجلوكوز فى غياب الاكسجين . شكل (٢).



ويشير كل من : فوكس (١٩٨٤)، ووليام وآخرون (١٩٨٦) بأنه يتم استعادة بناء (ATP) من خلال الانشطار الكيميائى للجليكوجين بطريقة لاهوائية و انتاج حامض اللاكتيك بعد عدة تفاعلات كيميائية، وخلال ذلك تتحرر الطاقة اللازمة لإعادة بناء (ATP).



جليكوجين < حامض اللاكتيك + طاقة

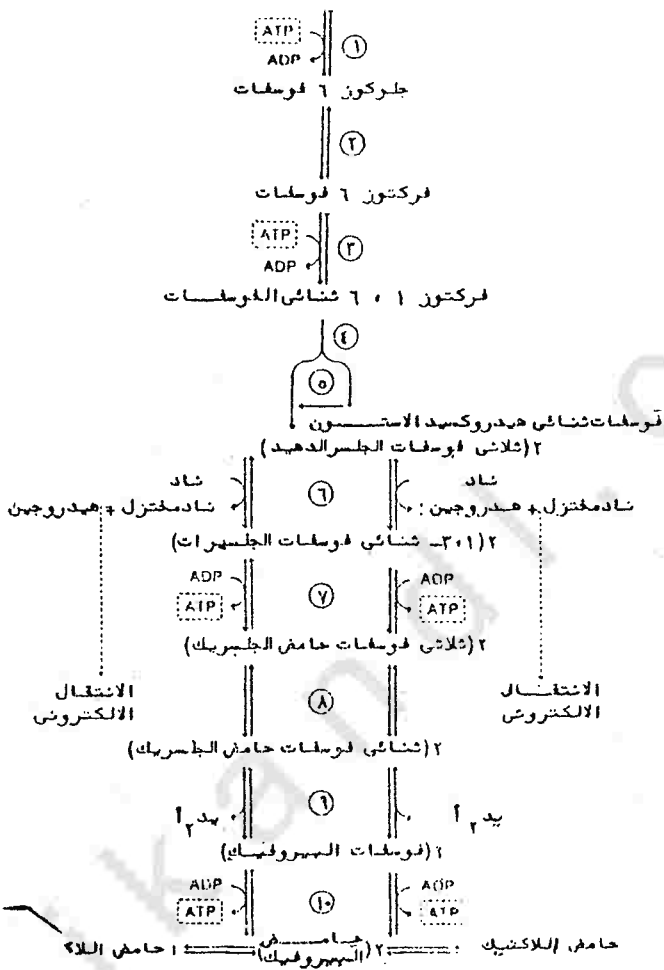


طاقة + ٣ (فوسفات) + ٣ (ثنائى ادينوزين الفوسفات) <—

٣ (ثلاثى ادينوزين الفوسفات).

ويعتبر حامض اللاكتيك الصورة النهائية لانشطار الجلوكوز، ويؤدى تراكمه فى العضلات الى حدوث التعب نتيجة تكوين ايونات الهيدروجين التى تغير من قلوية وسط الدم الحمضية مما يؤدى إلى هبوط كفاءة الأداء .

ويشير دافيد لامب (١٩٨٤) إلى أن كمية جزئيات (ATP) التى تنتج لاهوائياً من



شكل (٢)

نظام الطاقة اللا هوائى (نظام حامض اللاكتيك)

الجزئيات بالكمية التي تُنتج في وجود الاكسجين، حيث ينتج الانشطار الهوائي لنفس الكمية (١٨٠ جرام) طاقة تكفي لاعادة بناء ٣٨ جزئ (ATP). ويعتبر نظام حامض

* المول هو وزن الجرام الجزيئي، وهو عبارة عن المجموع الكلي للوزن الذري لمكونات المركب الكيميائي، ويستخدم المول كوحدة قياس للمركبات.

الكمية (١٨٠ جرام) طاقة تكفى لاعادة بناء ٣٨ جزئ (ATP). ويعتبر نظام حامض اللاكتيك عنصراً هاماً لتوفير الطاقة لاستعادة (ATP) للأنشطة التي تؤدي بأقصى سرعة والتي تستغرق فترة زمنية تتراوح ما بين ٣٠ ثانية - ٣ دقائق. وفي كرة اليد - جميع الحركات التي يقوم بها اللاعب بسرعة أثناء التحركات الهجومية أو الدفاعية، بالإضافة إلى العدو السريع أثناء الهجوم الخاطف أو العودة للدفاع بسرعة تتم بناء على هذا النظام، بالإضافة إلى أن هناك بعض الصفات البدنية تدرج تحت هذا النظام مثل : تحمل السرعة، تحمل القوة (الثابتة - المتحركة)، ويطلق عليها السعة اللاهوائية ANAEROBIC CAPACITY أو التحمل اللاهوائي ANAEROBIC ENDURANC وهي القدرة على الاحتفاظ أو تكرار انقباضات عضلية قصوى اعتماداً على إنتاج الطاقة اللاهوائية بنظام حامض اللاكتيك.

نظام الأكسجين :

يتميز هذا النظام لإنتاج الطاقة بوجود الأكسجين كعامل فعال خلال التفاعلات الكيميائية، حيث يمكن استعادة ٣٩ مول (ATP) بواسطة التأكسير الكامل لجزيئ جليكوجين ليحلل إلى ثاني أكسيد الكربون وماء، ويتم نظام الأكسجين داخل الخلية العضلية، وبالتحديد في جسيمات الميتوكوندريا MITOCHONDRIA. ويتفق كل من : فوكس ومايتوس (١٩٨١)، وفوكس (١٩٨٤)، ووليام وآخرون (١٩٨٦)، وريتشارد وآخرون RICHARD & OTHERS (١٩٨٧) على تقسيم التفاعلات الكيميائية للنظام الهوائي إلى ثلاثة سلاسل رئيسية هي : شكل (٣).

AEROBIC GLYCOLYSIS - المعجلزة الهوائية

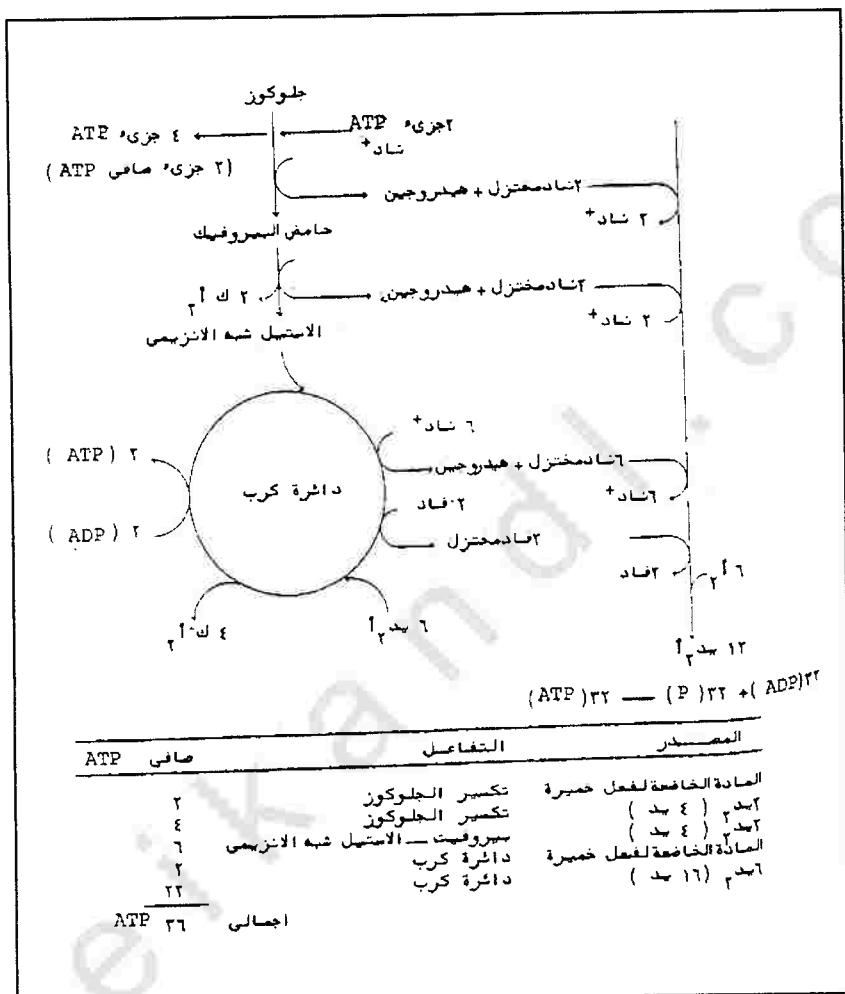
THE KREP'S CYCLE - دائرة كرب

THE ELECTRON TRANSPORT SYSTEM - نظام النقل الإلكتروني

وينشط جزئ الجلوكوز إلى جزيئين من حامض البيروفيك خلال المعجلزة الهوائية ، وبذلك تتوافر كمية من الطاقة لإعادة بناء ٢ مول من (ATP)، ويتم بعد ذلك تحليل حامض البيروفيك خلال سلسلة تفاعلات كيميائية تسمى دائرة كرب أو دائرة حامض الستريك CITRIC CYCLE ACID ويحدث تغيران أساسيان خلال هذه الدائرة.

- إنتاج ثاني أكسيد الكربون.

- الأكسدة بمعنى عزل الإلكترونات.



شكل ٣

نظام الطاقة الهوائي ودائرة كرب ونظام النقل الالكتروني

ويشير ابو العلا وشعلان (١٩٩٤) الى أن ثانى اكسيد الكربون ينتقل الى الدم الذى يحمله الى الرئتين ليتخلص الجسم منه، بينما تتم عملية الاكسدة بعزل الالكترونات فى شكل ذرات هيدروجين (H) عن ذرات الكربون (C) التى يتكون منها حامض البيروفيك والجليكوجين، ويستمر التحول النهائى للجليكوجين حتى يأخذ الشكل النهائى له فى صورة ماء بواسطة ايونات الهيدروجين والالكترونات التى عُولت بواسطة دائرة كرب واكسجين هواء التنفس، وتسمى سلسلة التفاعلات الكيميائية التى تشكل الماء نظام النقل الالكتروني أو السلسلة التنفسية.

ويشير كل من : لامب (١٩٨٤)، وعلاوى وأبو العلا (١٩٨٤)، ووليام وآخرون (١٩٨٦) بوجود صورة أخرى لنظام الطاقة الهوائية ترتبط بنوع الغذاء، فلا يقتصر انتاج الطاقة بالأكسدة على الجليكوجين وحده، بل ان الدهون والبروتينات تستخدم كمصادر للطاقة وتتحول الى ثانى أكسيد الكربون وماء. شكل (٤).

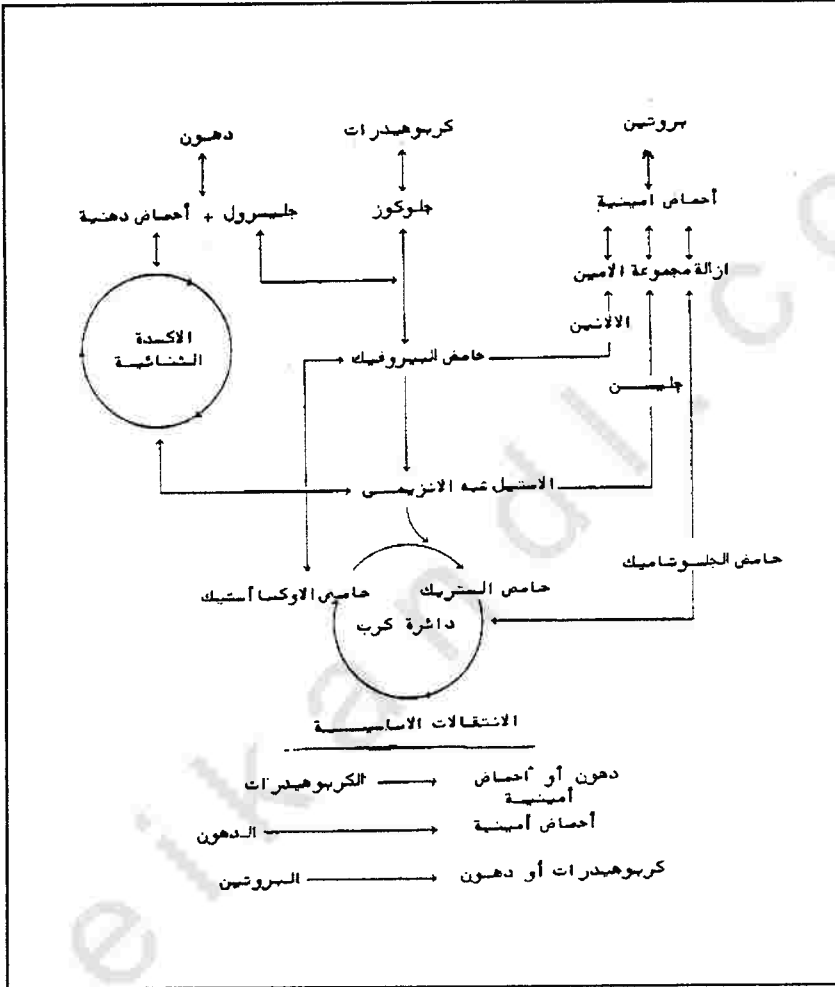
ويستخدم الجليكوجين والدهون أثناء النشاط الرياضى كمصدراً لانتاج الطاقة اللازمة لاعادة بناء (ATP)؛ وعملية تحويل الدهون الى أحماض دهنية تدخل ضمن دائرة كرب ونظام النقل الالكتروني لانتاج الطاقة، غير أن أكسدة الدهون تتطلب كمية من أكسجين أكثر، حيث تبلغ كمية الاكسجين اللازمة لاعادة بناء مول من (ATP) ٣.٥ لتر اذا كان مصدر الطاقة هو الجليكوجين، بينما تبلغ كمية الاكسجين ٤ لترات فى حالة ما إذا كان مصدر الطاقة هو الدهون. وهذا النظام (نظام الاكسجين) يساعد لاعب كرة اليد على مقاومة التعب خلال زمن المباراة التى تستغرق لمدة ٦٠ دقيقة أو أكثر، كما يساعد على توفير الاكسجين اللازم لسرعة استعادة الاستشفاء خلال التدريب أو المباراة، ويقلل من تأثير التعب الناتج عن نقص الاكسجين.

التغيرات التمثيلية فى العضلات أثناء الاداء الحركى :

التغيرات التمثيلية فى العضلات أثناء الاداء الحركى سواء البدنى أو المهارى أو الخططى تمثل أهمية خاصة نظراً لارتباطها بانتاج الطاقة، ويتفق كل من : لامب (١٩٨٤)، وفكس (١٩٨٤)، وبرسى ونوبلى BRUCE & NOBLE (١٩٨٦) على أن هناك نوعين من أنواع العمل هما:

- العمل اللاهوائى ANAEROBIC WORK.

- العمل الهوائى AEROBIC WORK.



شكل ٤
نظام الطاقة الهوائي للكربوهيدرات والدهون والبروتين

ويحتاج لاعب كرة اليد عند ممارسته للعبة كرة اليد إلى طاقة كيميائية حيوية تظهر في الملعب على هيئة مجهود بدني، وللطاقة المميزة لمجهود اللاعب - سواء البدني أو المهارى أو الخططى - صورتين أساسيتين هما : الطاقة الحيوية اللاهوائية (فى غياب الاكسجين) وهى الطاقة الناتجة عند بداية المجهود فى التدريب أو المباراة ولفترة وجيزة زمنياً، ثم يليها مباشرة الطاقة الحيوية الهوائية وتستمر خلال فترة التدريب أو المباراة وتعتمد على وجود الاكسجين لاستكمال خطواتها الكيميائية فى الجسم .

وتعتمد كرة اليد على العمل اللاهوائى فى الحصول على الطاقة اللازمة لأداء المتطلبات الحركية الضرورية أثناء التدريب أو المباراة سواء أثناء الهجوم أو الدفاع، كما تعتمد أيضاً على العمل الهوائى فى الحصول على الطاقة اللازمة التى تساعد اللاعب على مقاومة التعب أثناء التدريب أو المباراة التى تستغرق ٦٠ دقيقة أو أكثر، كما تساعد على توفير الاكسجين اللازم لسرعة استعادة الاستشفاء خلال اللعب، وتقليل التعب الناتج عن نقص الاكسجين .

العمل اللاهوائى :

يعرف لامب (١٩٨٤) العمل اللاهوائى بأنه عبارة عن التغيرات الكيميائية التى تحدث فى العضلات العاملة لانتاج الطاقة اللازمة لأداء المجهود البدنى مع عدم استخدام اكسجين الهواء الجوى . وتتم التغيرات الكيميائية فى العضلات العاملة لانتاج الطاقة باستخدام النظام الفوسفاتى (ATP. PC) فى الانشطة التى يتراوح فترة دوامها اقل من ٣٠ ثانية، وبنظام اللاكتيك فى الانشطة التى يتراوح دوامها ما بين ٣٠ ثانية - ٣ دقائق .

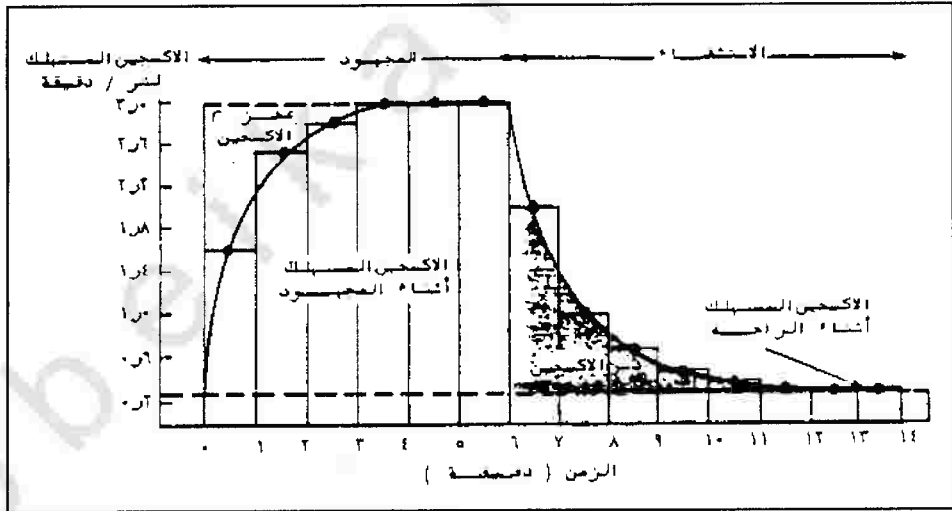
وفى كرة اليد يعتمد اللاعب على العمل اللاهوائى فى الحصول على الطاقة اللازمة لأداء الحركات القوية السريعة التى تتطلبها ظروف اللعب مثل التمرير، والتصويب بأنواعه، وحركات الوثب أثناء الهجوم أو الدفاع، كذلك العدو السريع كما يحدث فى الهجوم الخاطف، أو العودة السريعة للدفاع، بالإضافة إلى أداء العمل العضلى بأقصى قوة وسرعة وفى مواجهة التعب الناتج عن تراكم حامض اللاكتيك بالعضلة (التحمل اللاهوائى)، ويحتاج اللاعب الى ذلك خلال سير المباراة، حيث

بالعضلة (التحمل اللاهوائي)، ويحتاج اللاعب الى ذلك خلال سير المباراة، حيث يعتمد هذا العمل العضلى على انتاج الطاقة اللاهوائية، فالعمل العضلى اللاهوائى يؤدى إلى زيادة تجمع حامض اللاكتيك فى العضلة نتيجة الجللكزة اللاهوائية مما يؤدى الى سرعة التعب وبطء أداء اللاعب وانخفاض قدراته، ويذكر ابو العلا وشعلان (١٩٩٤) انه مع استمرار تنمية التحمل اللاهوائى للاعب تتحسن مقدرة العضلات على التخلص من حامض اللاكتيك وتحمله كما يلى :

- ١- تقليل معدل تجمع حامض اللاكتيك بتقليل معدل انتاجه فى العضلات مع زيادة معدل التخلص منه فى نفس هذه العضلات.
- ٢- زيادة قدرة العضلة على تحمل الألم الناتج عن تراكم حامض اللاكتيك والاحتفاظ بمستوى عال من سرعة الأداء الحركى.

الدين الاكسجين : THE OXYGEN DEBT

عرف كل من كاربوفيتش وسينج KARPOVICH & SINNING (١٩٨١) الدين الاكسجينى بأنه كمية الاكسجين المستهلكة لأكسدة المواد الناتجة عن العمل أثناء الاستشفاء مطروحاً منه كمية الاكسجين المستهلكة أثناء الراحة. شكل (٥).



شكل ٥

عجز الاكسجين ودين الاكسجين اثناء المجهود والاستشفاء

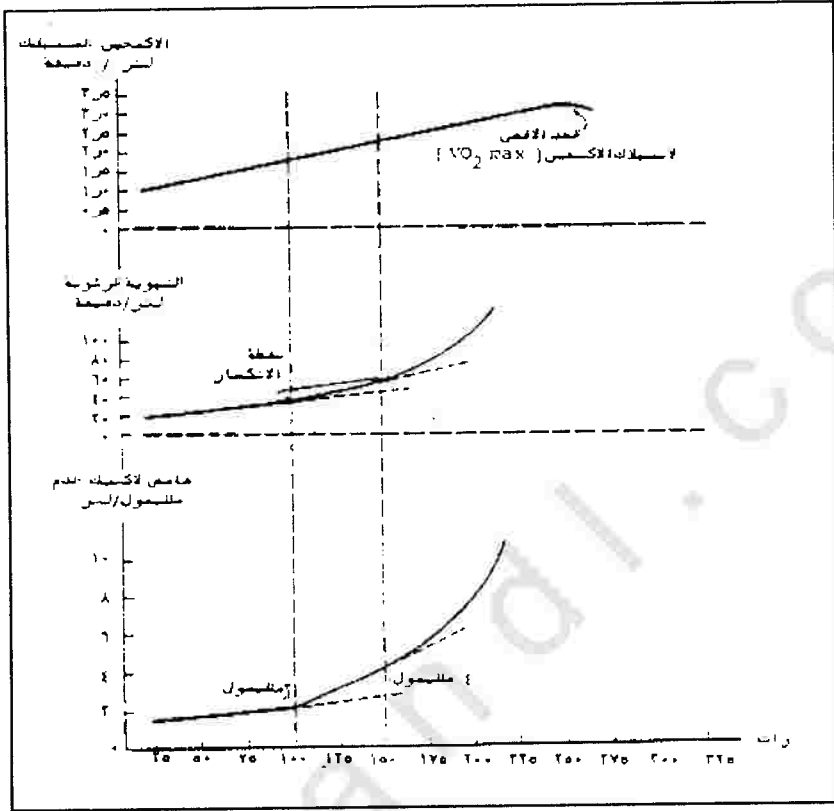
ويشير كل من : جراهام واندريس GRAHAM & ANDRESN (١٩٧٩)، ولامب (١٩٨٤)، وأبو العلا (١٩٨٥) أن الدين الأكسجيني يتكون من جزئين الأول يسمى لكتيكي وهو الذى يتم فيه استعادة الفوسفوكاريتين (PC) وثلاثى ادينوزين الفوسفات (ATP) كما يعوض نقص مخزون الميوجلويين وسوائل الجسم من الأكسجين، ويتم فى أول دقيقتين بعد الانتهاء من العمل، ويسمى الجزء الثانى لكتيكي LACTIC وهو الجزء الأكبر حيث يتم فيه التخلص من حامض اللاكتيك، حيث يتم أكسدة جزء منه بينما يتحول الجزء الباقى والأكبر إلى جليكوجين فى الكبد والعضلات، وقد يستمر ذلك لمدة يومين، ويضيف لامب (١٩٨٤) أن قدرة الدين الأكسجيني تستخدم للمقارنة بين الأفراد المدربين وغير المدربين فقد تصل قدرة الدين الأكسجيني للاعبين المدربين من ٢٠ - ٢٢ لتر، ولغير المدربين ما بين ٤ - ٧ لتر.

ولعبة كرة اليد تتطلب مستوى عالياً من اللياقة اللاهوائية، تمكن اللاعب من أداء متطلبات اللعبة تبعاً لظروف ومواقف اللعب السريعة والمتغيرة، مع تحميله للتعب الناتج عن نقص الأكسجين أثناء الأداء، ثم قدرة عضلاته وأجهزة الجسم على سرعة تسديد الدين الأكسجيني خلال فترات انخفاض معدل اللعب أو توقف المباراة أو خلال الراحة التى يأخذها اللاعب اثناء عمليات الخروج من الملعب للتبديل، أو الراحة بين الشوطين؛ بينما ينخفض معدل اللعب أو العمل العضلى لمستوى أقل من الأكسجين المستهلك يذهب الفارق الزائد إلى تعويض عجز الأكسجين.

العتبة الفارقة اللاهوائية ANAEROBIC THRESHOLD :

يشير كل من : ماجلشو MAGLISHO (١٩٨٢)، وعلاوى وأبو العلا (١٩٨٤) أن مصطلح العتبة الفارقة اللاهوائية (AT) يطلق على مستوى شدة الحمل البدنى الذى يزيد بعدها معدل انتقال حامض اللاكتيك من العضلات الى الدم بدرجة تزيد عن معدل التخلص منه فى الدم، كما يعرفها لامب (١٩٨٤) بأنها النقطة العليا لانكسار التهوية الرئوية. شكل (٦).

ويرى جوشيا وآخرون JOSHUA & OTHERS (١٩٨٦) بأن العتبة الفارقة اللاهوائية هى أقصى استهلاك للأكسجين تبدأ بعده تراكم اللاكتات فى الدم، وتؤدي إلى اختلال توازن الأس الهيدروجيني (PH) أثناء التدريب المتزايد، بينما يذكر توم



شكل ٦

العتبة الفارقة اللاهوائية أو نقطة انكسار التهوية الرئوية

وآخرون TOM & OTHERS (١٩٨٩) بأنها معدل العمليات الحيوية والتي يكون عندها معدل التخلص من لاکتات الدم أثناء التدريب في حده الامثل أعلى أو مساوياً لمعدل انتقال اللاكتات في الدم، حيث أن العتبة الفارقة للفرد هي أعلى معدل حيوي تبقى عنده تركيزات لاکتات الدم في حالة ثباته أثناء التدريب.

من التعاريف السابقة يلاحظ أن تسمية هذه الحالة بالعتبة الفارقة اللاهوائية تعتبر تسمية غير دقيقة، حيث ان إنتاج الطاقة اللاهوائي يتم قبل الوصول إلى العتبة الفارقة

اللاهوائية، ويفضل علاوى وأبو العلا (١٩٨٤) استخدام مصطلح نقطة انكسار التهوية الرئوية VENTILATION ACID ACCUMULATION أو لحظة تجمع حامض اللاكتيك ONSET OF BLOOD LACTIC ACID ACCUMULATION فهي حالة معينة يصل إليها الفرد أثناء التدريب، لها مواصفات فسيولوجية خاصة مرتبطة بنظم انتاج الطاقة وكفاءة الجسم، خاصة انتاج حامض اللاكتيك وسرعة التخلص منه، والحد الاقصى لاستهلاك الاكسجين والتهوية الرئوية، حيث أن العوامل التي تساعد على التخلص من زيادة حامض اللاكتيك فى الدم تساعد فى تأخير الوصول الى العتبة الفارقة اللاهوائية، وهذه العوامل هي :

- زيادة فاعلية التمثيل الغذائى الهوائى للعضلات، مما يقلل من الحاجة إلى التمثيل الغذائى اللاهوائى .

- انتشار حامض اللاكتيك خلال الياف العضلات غير العاملة .

- زيادة التخلص من حامض اللاكتيك بواسطة القلب والكبد والعضلات الاخرى لمواجهة سرعة انتاجه .

مما سبق يتضح أهمية تنمية الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين للاعب كرة اليد؛ ليس لأهميته فقط للقدرة الهوائية، ولكن لتأثيره المباشر وعلاقته بالعتبة الفارقة اللاهوائية التى تكون العامل الرئيسى الذى يعتمد عليه اللاعب طول زمن المباراة، ويتراوح معدل القلب عند مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية ما بين ١٧٠ - ١٨٠ ضربة/ دقيقة، وهذا يعتبر مؤشراً للمدرب للتأكد على أن تأثير أحماله التدريبية فى هذا المستوى لتحسين وتطوير تحمل اللاعب الهوائى .

اثر التدريب على التغيرات التمثيلية اللاهوائية :

يستطيع المدرب من خلال التدريب الرياضى زيادة كفاءة اللاعب فى أداء متطلبات لعبة كرة اليد - التى ذكرناها سابقاً - والتى تعتمد على نظام انتاج الطاقة اللاهوائى، وذلك نتيجة زيادة مقدرة انظمة انتاج الطاقة اللاهوائية، والتى أوضحها فوكس ومايتوى (١٩٨١) فيما يلى :

- زيادة مقدرة النظام الفوسفاتى (ATP. PC) لانتاج الطاقة نتيجة لتغيرتين اساسيين :

١- زيادة مستوى المخزون العضلى من ثلاثى ادينوزين الفوسفات والفوسفوكرياتين .

٢- زيادة نشاط انزيم كرياتين كينيز CREATINE KINASE والذي يساهم في انشطار الفوسفوكرياتين لاعادة بناء ثلاثي ادينوزين الفوسفات .

- زيادة كفاءة عمليات الجللكزة اللاهوائية (نظام حامض اللاكتيك) :

حيث يزيد التدريب الرياضى من قدرة العمل اللاهوائى والذي يعتمد على نظام حامض اللاكتيك نتيجة زيادة نشاط بعض الانزيمات الرئيسية المتحكمة فى عمليات الجللكزة اللاهوائية ، وأهمها انزيم فوسفوفروكت كينيز PHOSPHOFRUCTO KINASE والذي تضاعف نشاطه بعد التدريب مما يزيد من معدل كمية وسرعة تحلل حامض اللاكتيك وزيادة انطلاق الطاقة .

العمل الهوائى :

يعرف لامب (١٩٨٤) العمل الهوائى بأنه عبارة عن التغيرات الكيميائية التى تحدث فى العضلات العاملة لانتاج الطاقة اللازمة لأداء المجهود باستخدام اكسجين الهواء الجوى . وتتم التغيرات الكيميائية فى العضلات العاملة فى العمل الهوائى باستخدام الجليكوجين والدهون والبروتينات كمصادر غير مباشرة لانتاج الطاقة فى الأنشطة التى يتراوح فترة دوامها أكثر من ٣ دقائق .

فكما ذكرنا سابقاً أن معدلات اللعب فى كرة اليد عبارة عن نوبات سريعة وقصيرة من الحركات يؤدها اللاعب لتنفيذ متطلبات اللعبة أثناء الهجوم أو الدفاع سواء بالكرة أو بدونها، ويتطلب ذلك كفاءة عالية لانتاج الطاقة اللاهوائية؛ إلا أن استمرارية زمن المباراة لفترة ٦٠ دقيقة أو أكثر يتطلب من اللاعب قدراً معيناً من اللياقة الهوائية؛ والتي تعنى قدرة الجسم على إنتاج طاقة هوائية خلال استهلاك الاكسجين، والاستمرار فى أداء العمل العضلى فى مستويات عالية من أقصى استهلاك للاكسجين، فكلما زادت قدرة اللاعب على استهلاك الاكسجين كلما زادت قدرته على انتاج الطاقة على مستويات اعلى ، وهذا يعنى استمرار اللاعب فى العمل لاطول فترة ممكنة دون هبوط مستوى الأداء .

ويشير أبو العلا وشعلان (١٩٩٤) ان قدرة اللاعب على استهلاك اكسجين أكثر لا تقتصر فقط على مقدار الاكسجين المستهلك لإنتاج الطاقة اللازمة للأداء خلال المباراة فقط ؛ ولكن يمتد هذا الدور ليشمل أيضاً المساعدة فى عمليات تعويض

الاكسجين الذى ينقص اللاعب خلال تنفيذه لواجبات اللعب ويشكل ديناً اكسجينى، حيث خلال فترات التوقف يقل مستوى إنتاج الطاقة فى الوقت الذى يكون فيه استهلاك الاكسجين كبيراً مما يساعد على تعويض الدين الاكسجينى نظراً لأن هذا الأكسجين الزائد يقوم بهذه المهمة حينما لا تكون هناك أعمال عضلية تتطلب ذلك، ويطلق على اللياقة الهوائية أيضاً الطاقة الهوائية، وتقاس عادة بما يسمى « الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين» وذلك حينما يصل الشخص إلى استهلاك أقصى قدر تمكنه قدراته من الأكسجين بمستوى ١٠٠٪، غير أن طبيعة الأداء فى كرة اليد، واستمرارية زمن المباراة لفترة طويلة لا تمكن اللاعب من العمل دائماً عند مستوى ١٠٠٪ من أقصى استهلاك أكسجينى، وإنما يعمل عند مستويات أقل من ذلك ٧٠ - ٨٠٪، وهذا المستوى من العمل يرتبط بقدرة هوائية للعمل عند مستويات أقل من المستوى الأقصى ومواجهة التعب، ويطلق على هذه القدرة « العتبة الفارقة اللاهوائية».

الحد الأقصى لاستهلاك الاكسجين كمقياس للعمل الهوائى :

MAXIMUM OXYGEN CONSUMPTION (VO2 MAX)

يعرفه ماجلشو (١٩٨٢) بأنه مصطلح يستخدم للإشارة إلى كمية الأكسجين التى تمد العضلات، وهى تقاس بواسطة حساب كمية الأكسجين المستهلكة فى الدقيقة الواحدة. كما يعرفه لامب (١٩٨٤) بأنه أقصى حجم للاكسجين بالتر أو الميليلتر فى الدقيقة.

ويشير علاوى وأبو العلا (١٩٨٤) أن الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين يعتبر مؤشراً لكثير من الوظائف الفسيولوجية والتى تتلخص فيما يلى :

- كفاءة الجهاز الدورى والتنفسى فى توصيل هواء الشهيق إلى الدم.
- كفاءة عمليات توصيل الأكسجين إلى الأنسجة، ويرتبط ذلك بحجم الدم وعدد الكرات الحمراء، وتركيز الهيموجلوبين ومقدرة الأوعية الدموية على تحويل سريان الدم من الأنسجة غير العاملة إلى العضلات العاملة.
- كفاءة العضلات فى استهلاك الأكسجين، أى كفاءة عمليات التمثيل الغذائى وإنتاج الطاقة.

نستخلص مما سبق أن لاعب كرة اليد يحتاج إلى تنمية وتطوير الطاقة الهوائية لتكون خلفية جيدة لتسهيل إنتاج الطاقة اللاهوائية التي يعتمد عليها اللاعب عند أداء للحركات البدنية أو المهارية أو الخططية والتي تطلب سرعة، كما أن تعويض الدين الاكسجيني المستمر خلال الأداء من الخصائص التي تعتمد على مستوى جيد من الطاقة الهوائية؛ لذا يجب على المدرب عند تصميمه لتمرينات الطاقة الهوائية - عند تخطيطه لبرنامج التدريب - أن يراعى ضرورة تخلل تلك التمرينات فترات من العدو السريع.

أثر التدريب على التغيرات التمثيلية الهوائية :

يستطيع المدرب من خلال التدريب الرياضى زيادة كفاءة اللاعب فى أداء متطلبات لعبة كرة اليد - والتي ذكرناها سابقاً - والتي تعتمد اساساً على العمل الهوائى. فقد حدد فوكس (١٩٨٤) ثلاث تكيفات تمثيلية أساسية تحدث فى العضلات الهيكلية نتيجة للتدريب الهوائى وهى :

- زيادة الميوجلوبين INCREASED MYOGLOBIN

يتكون الميوجلوبين من أكسجين مرتبطاً بمادة ملونة توجد فى الانسجة وتشبه الهيموجلوبين، وعملها تخزين الأكسجين لتحسين القدرة الهوائية، بالإضافة إلى انتقال وانتشار الأكسجين من غشاء الخلية إلى الميتكوندريا.

- زيادة أكسدة الجليكوجين INCREASED GLYCOGEN OXIDATION

تزداد قدرة العضلات الهيكلية - نتيجة التدريب - على أكسدة الجليكوجين وتحلله إلى ثانى أكسيد الكربون وماء واعادة بناء (ATP) لانتاج الطاقة (دائرة كرب) ويتم ذلك عن طريق :

- زيادة عدد وحجم الميتكوندريا فى الألياف العضلية الهيكلية.

- زيادة مستوى نشاط وتركيز الأنزيمات المستخدمة فى دائرة كرب، ونظام النقل الالكترونى، وزيادة حجم الجليكوجين المخزون فى العضلات.

وقد أظهرت نتائج بعض الدراسات زيادة قدرة العضلات على استهلاك الجليكوجين نتيجة التدريب الهوائى.

- زيادة أكسدة الدهون INCREASED OXIDATION OF FATS

التدريب الرياضى يزيد من أكسدة الدهون وتحليلها إلى ثانى أكسيد الكربون وماء

لإعادة بناء (ATP) لإنتاج الطاقة (دائرة كرب)، واستخدام الدهون كمصدر للطاقة يزيد المقدرة على الأداء نتيجة خفض استهلاك جليكوجين العضلات وتراكم كميات ضئيلة من حامض اللاكتيك .

وتشير سلمى نصار وآخرون (١٩٨٢) أن زيادة قدرة العضلات على أكسدة الدهون نتيجة التدريب يرتبط بعاملين :

- تحرر وانطلاق الأحماض الدهنية FATLY ACID من الأنسجة الدهنية بالجسم .

- زيادة فاعلية ونشاط الانزيمات المستخدمة لنقل وتحلل الأحماض الدهنية خلال دائرة كرب، ونظام النقل الإلكتروني .

اختلاف نسب مساهمة نظم الطاقة أثناء الأداء في كرة اليد :

يعتمد العمل العضلي على كل من : نظام إنتاج الطاقة الهوائي، ونظام إنتاج الطاقة اللاهوائي، إلا أن زيادة نسبة الاعتماد على أى منهما ترتبط ببعض العوامل المختلفة مثل نوع وشدة ودوام الحمل البدني . فعند العمل العضلي لفترة طويلة مع الشدة المنخفضة فإن أكبر جزء من الطاقة يأتي نتيجة لأكسدة الكربوهيدرات والدهون، بينما على العكس من ذلك في حالة أداء الحمل البدني لفترة قصيرة مع ارتفاع الشدة، حيث يتم على حساب عمليات إنتاج الطاقة اللاهوائية، وينتج استهلاك لتر الأكسجين الواحد كمية من السعرات الحرارية تتراوح ما بين ٤ - ٥ سعر حراري، لذا فإن الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين يعبر عن أكبر مدى للسعرات الحرارية الناتجة عن العمليات الهوائية في وحدة زمنية معينة . وفي حالة الحمل البدني المرتفع الشدة ولفترة قصيرة فإن معظم الطاقة يكون مصدرها هو الاديونوزين ثلاثي الفوسفات والفوسفوكرياتين، إلا أنه في الوقت الحالى يُعد من الصعب القياس المباشر والدقيق للطاقة اللاهوائية، لذا فإن من الصعب تحديد نسب مساهمة عمليات إنتاج الطاقة الهوائية واللاهوائية بالنسبة لمجموع الطاقة الكلية الناتجة .

إلا أنه من الممكن حساب كمية الطاقة الهوائية - بالسعر الحراري - عن طريق حساب محتويات الاديونوزين ثلاثي الفوسفات والفوسفوكرياتين وحامض اللاكتيك

فى العضلة عند أداء الحمل البدنى ، وبناءً على نتائج كارلسون (١٩٨١) فإن أقصى معدل للطاقة اللاهوائية يبلغ حوالى ٣٠ سعراً حرارياً، وبناءً على نتائج كارلسون وغيره من الباحثين، وحيث ان الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين يبلغ حوالى ٥ لتر/ دقيقة؛ فإنه يمكن تحديد نسبة مساهمة الطاقة الهوائية واللاهوائية فى التمثيل الغذائى عند أداء الحمل البدنى الأقصى مع اختلاف استمرار الأداء.

وعادة يعتبر الزمن من ١٠ ثوانى إلى ٦٠ ثانية فترة زمنية قصيرة يعتمد فيها بنسبة أكبر على العمليات اللاهوائية، بينما يمكن أن يستمر اللاعب فى أداء الحمل باستخدام ٨٠ - ٩٠٪ من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين لمدة ٣٠ - ٦٠ دقيقة.

ولقد حدد علاوى وأبو العلا (١٩٨٤) النسب المئوية للطاقة الهوائية واللاهوائية عند أداء الحمل البدنى والأقصى مع اختلاف زمن الأداء كما يوضحه جدول (١).

جدول ١

النسبة المئوية والسعرات الحرارية للطاقة الهوائية واللاهوائية
عند أداء الحمل البدنى الأقصى مع اختلاف زمن الأداء

زمن الأداء	الطاقة بالسعرات الحرارية			النسبة المئوية	
	اللاهوائية	الهوائية	المجموع	اللاهوائية	الهوائية
١٠ ثوانى	٢٠	٤	٢٤	٨٣٪	١٧٪
١ دقيقة	٣٠	٢٠	٥٠	٦٠٪	٤٠٪
٢ دقيقة	٣٠	٤٥	٧٥	٤٠٪	٦٠٪
٥ دقائق	٣٠	١٢٠	١٥٠	٢٠٪	٨٠٪
١٠ دقائق	٢٥	٢٤٥	٢٧٠	٩٪	٩١٪
٣٠ دقيقة	٢٠	١٧٥	٦٩٥	٣٪	٩٧٪
٦٠ دقيقة	١٥	١٢٠٠	١٢١٥	١٪	٩٩٪

تعويض مصادر الطاقة :

فيما يتعلق بمخزون الطاقة المستنفذ خلال المجهود المبذول أثناء الأداء في كرة اليد فيشمل المخزون الفوسفاتي في الخلايا العضلية وهو ATP - PC ، وكذلك الجليكوجين المخزون بكميات كبيرة في العضلات وفي الكبد ، ولم تذكر هنا الدهون حيث أنها لا يعاد بناؤها خلال فترة الاستشفاء بطريقة مباشرة ولكنها تتكون بطريقة غير مباشرة خلال إعادة نقص الكربوهيدرات (الجلوكوز والجليكوجين).

ولقد حدد علاوى وأبو العلا (١٩٨٤) الحد الأدنى والحد الأقصى لفترات الراحة اللازمة للاستشفاء بعد أداء أنواع الأنشطة البدنية المختلفة كما يوضحه جدول (٢).

جدول ٢

أزمنة الاستشفاء بعد أداء التدريبات مرتفعة الشدة

فترات إعادة الاستشفاء		عمليات الاستشفاء
الحد الأقصى	الحد الأدنى	إعادة مخزون العضلة
٥ دقائق	٢ دقيقة	مخزون الفوسفات (ATP - PC)
٥ دقائق	٣ دقائق	الدين الأكسجيني بدون اللاكتيك
٤٦ ساعة	١٠ ساعات بعد النشاط المستمر	تعويض جليكوجين العضلة
٢٤ ساعة	٥ ساعات بعد النشاط المتقطع	
١٢-٢٤ ساعة	غير معروف	تعويض جليكوجين الكبد
١ ساعة	٣٠ دقيقة في حالة تمارينات	التخلص من حامض اللاكتيك في الدم والعضلة
٢ ساعة	التهدئة	
١ ساعة	١ ساعة في حالة الراحة	الدين الأكسجيني اللاكتيكي
١ دقيقة	٣٠ دقيقة	تعويض مخزون الأكسجيني