البـــــاب الثالـــــث

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

obeikandl.com

obeikandl.com

الطاقة ومتطلبات الاداء فى كرة اليد

الطاقة : ENERGY

نظراً لارتباط الطاقة بالانقباضات العضلية المسئولة 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 اعادة 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 فى نظم انتاج الطاقة. ويتفق كل من : هولمان وهتنجر HOLLMANN & HETINGER (١٩٧٦)، وكونسلمان COUNSILMAN (١٩٧٧)، سيسل كولين CECIL COLWIN (١٩٧٧)، وفوكس وماتيوس FOX & MATHEWS (١٩٨١)، وفوكس (١٩٨٤)، ولامب LAMB (١٩٨٤)، وعلاوى وابو العلا (١٩٨٤) على أن هناك ثلاثة انظمة اساسية لانتاج الطاقة هى :

- النظام الفوسفاتى THE PHOSPHAT SYSTEM .
- نظام حامض اللاكتيك LACTIC ACID SYSTEM .
- نظام الاكسچين أو النظام الهوائى OXYGEN OR AEROBIC SYSTEM .

النظام الفوسفاتى :

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

ويؤكد كل من : فوكس (١٩٨٤)، وفوكس ومايتوس (١٩٨١) على ان(ATP) يعتبر من أهم المركبات ذات الطاقة العالية فى الجسم ويتكون من الادينوزين ADENOSINE بالاضافة الى ثلاث اجزاء فوسفات TRIPHOSPHATE وعند تحلل مركب ينتج عنه ثنائى ادينوزين الفوسفات (ADP) بالاضافة الى جزئ فوسفات "P"، وطاقة تعادل ٧٫٠٠٠ - ١٢٫٠٠٠ سعر حرارى.

$$ATP \longrightarrow ADP + PI + ENERGY.$$

ثلاثى ادينوزين الفوسفات ⟵ ثنائى ادينوزين الفوسفات + فوسفات + طاقة

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

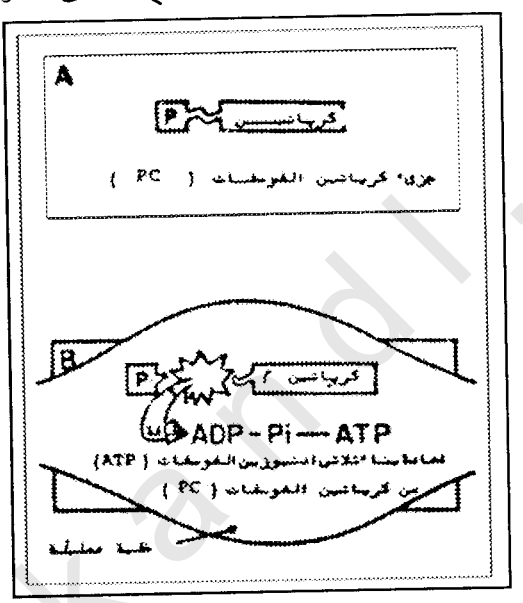
العضلة على فوسفات الكرياتين كمصدر للطاقة وعند تحلله ينتج كمية من الطاقة تساعد فى اعادة بناء (ATP).

$$PC \longrightarrow PI + C + ENERGY .$$

فوسفات الكرياتين ⟵ فوسفات + كرياتين + طاقة.

$$ADP + PI \longrightarrow ATD$$

ثنائى ادينوزين الفوسفات + فوسفات ⟵ ثلاثى ادينوزين الفوسفات.



شكل ١
نظام الطاقة اللاهوائى (النظام الفوسفاتى)

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

الحركة، والوثب أثناء التصويب أو الدفاع، بالاضافة إلى العدو السريع أثناء الهجوم الخاطف أو العودة للدفاع بسرعة تتم بناء على هذا النظام، بالاضافة الى أن هناك بعض الصفات البدنية تندرج ايضاً 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 الجلكزة اللاهوائية ANEROBIC CLYCOLYSIS نسبة إلى أنشطار الجلوكوز فى غياب الاكسچين. شكل (٢).

GLUCOS ⟶ 2 (ATP) + 2 (LACTATE) .

ويشير كل من : فوكس (١٩٨٤)، ووليام وأخرون (١٩٨٦) بأنه يتم استعادة بناء (ATP) من خلال الانشطار الكيميائى للچليكوچين بطريقة لاهوائية وانتاج حامض اللاكتيك بعد عدة تفاعلات كيميائية، وخلال ذلك تتحرر الطاقة اللازمة لاعادة بناء (ATP).

GLYCOGEN > LACTIC ACID + ENERGY.

جليكوچين > حامض اللاكتيك + طاقة

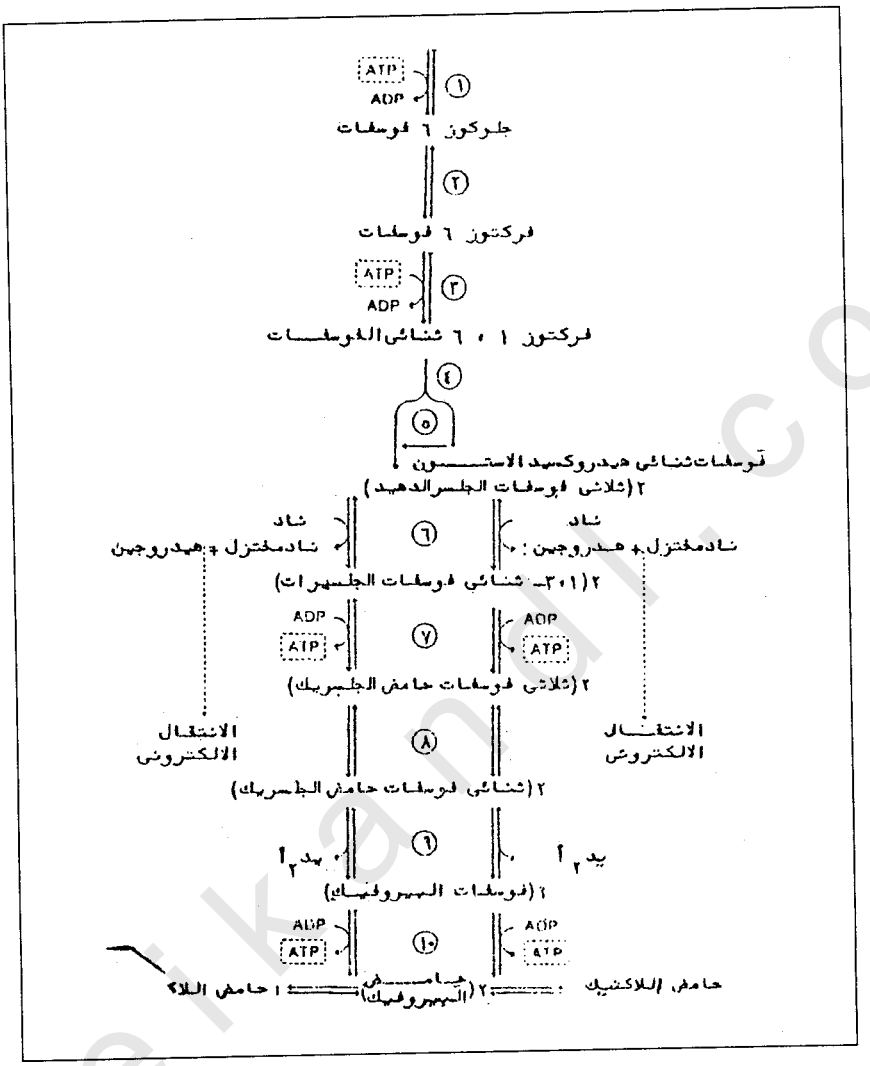
ENERGY + 3 (P1_ + 3 (ADP) ⟶ 3(ATP) .

طاقة + ٣ (فوسفات) + ٣ (ثنائى ادينوزين الفوسفات) ⟵

٣ (ثلاثى ادينوزين الفوسفات).

ويعتبر حامض اللاكتيك الصورة النهائية لانشطار الجلكوز، ويؤدى تراكمه فى العضلات الى حدوث التعب نتيجة تكوين ايونات الهيدروچين 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 التى تُنتج فى وجود الاكسچين، حيث ينتج الانشطار الهوائى لنفس الكمية (١٨٠ جرام) طاقة تكفى لاعادة بناء ٣٨ جزئ (ATP). ويعتبر نظام حامض

* المول هو وزن الجرام الجزيئى، وهو عبارة عن المجموع الكلى للوزن الذرى لمكونات المركب الكيميائى، 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) للانشطة التى تؤدى بأقصى سرعة والتى تستغرق فترة زمنية تتراوح ما بين ٣٠ ثانية - ٣ دقائق. وفى كرة اليد - جميع الحركات التى يقوم بها اللاعب بسرعة اثناء التحركات الهجومية أو الدفاعية، بالاضافة إلى العدو السريع أثناء الهجوم الخاطف أو العودة للدفاع بسرعة تتم بناء على هذا النظام، بالاضافة إلى أن هناك بعض الصفات البدنية تندرج تحت هذا النظام مثل : تحمل السرعة، تحمل القوة (الثابتة - المتحركة)، ويطلق عليها السعة اللاهوائية ANAEROBIC CAPACITY أو التحمل اللاهوائىANAEROBIC ENDURANC وهى القدرة على الاحتفاظ أو تكرار انقباضات عضلية قصوى اعتماداً على انتاج الطاقة اللاهوائى بنظام حامض اللاكتيك.

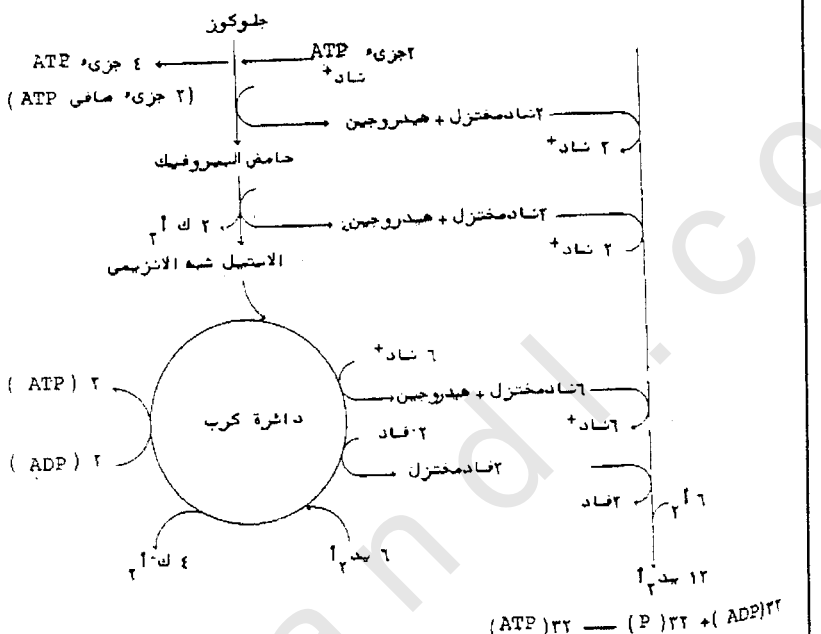
نظام الاكسچين :

يتميز هذا النظام لانتاج الطاقة بوجود الاكسچين كعامل فعال خلال التفاعلات الكيميائية، حيث يمكن استعادة ٣٩ مول (ATP) بواسطة التكسير الكامل لجزئى چليكوچين ليحلل الى ثانى اكسيد الكربون وماء، ويتم نظام الاكسچين داخل الخلية العضلية، وبالتحديد فى جسيمات الميتوكوندريا MITOCHONDRIA. ويتفق كل من : فوكس ومايتوس (١٩٨١)، وفوكس (١٩٨٤)، ووليام وأخرون (١٩٨٦)، وريتشارد وآخرون RICHARD & OTHERS (١٩٨٧) على تقسيم التفاعلات الكيميائية للنظام الهوائى الى ثلاثة سلاسل رئيسية هى : شكل (٣).

- المجلكزة الهوائية AEROBIC GLYCOLYSIS.
- دائرة كرب THE KREP'S CYCLE.
- نظام النقل الالكترونى THE ELECTRON TRANSPORT SYSTEM.

وينشطر جزئى الجلوكوز إلى جزيئين من حامض البيروفيك خلال الجلكزة الهوائية ، وبذلك تتوافر كمية من الطاقة لإعادة بناء ٢ مول من (ATP)، ويتم بعد ذلك تحلل حامض البيروفيك خلال سلسلة تفاعلات كيميائية تسمى دائرة كرب أو دائرة حامض الستريك CITRIC CYCLE ACID ويحدث تغيران اساسيان خلال هذه الدائرة.

- انتاج ثانى أكسيد الكربون.
- الاكسدة بمعنى عزل الالكترونات.



المصدر	التفاعل	صافي ATP
المادة الخاضعة لفعل خميرة أ يد٢ (٤ يد)	تكسير الجلوكوز	٢
أ يد٢ (٤ يد)	تكسير الجلوكوز	٤
المادة الخاضعة لفعل خميرة أ يد٢ (١٦ يد)	سيروفيت ← الاستيل شبه الانزيمي	٦
	دائرة كرب	٢
	دائرة كرب	٢٢
	اجمالى	ATP ٣٦

شكل ٣

نظام الطاقة الهوائى ودائرة كرب ونظام النقل الالكترونى

obeikandl.com

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 هيدروچين (H) عن ذرات الكربون (C) التى يتكون منها حامض البيروفيك والجليكوچين، ويستمر التحول النهائى للجليكوچين حتى يأخذ الشكل النهائى له فى صورة ماء بواسطة ايونات الهيدروچين والالكترونات التى عُزلت بواسطة دائرة كرب واكسچين هواء التنفس، وتسمى سلسلة التفاعلات الكيميائية التى تشكل الماء نظام النقل الالكترونى أو السلسلة التنفسية.

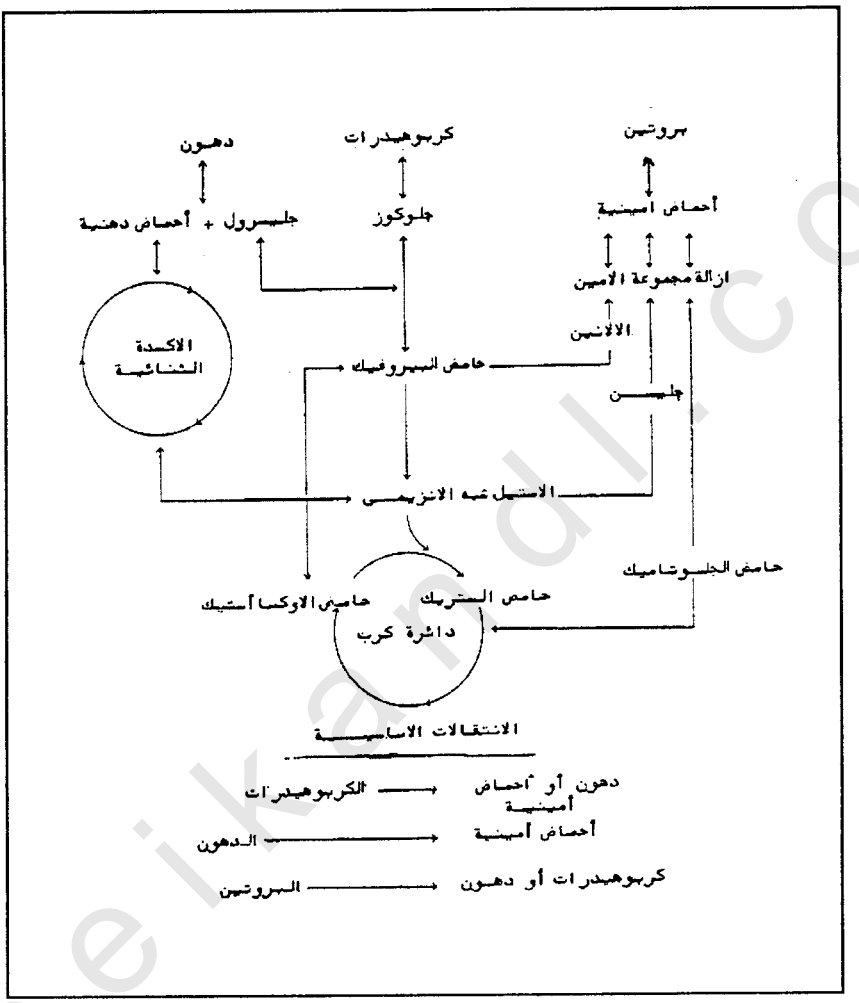
ويشير كل من : لامب (١٩٨٤)، وعلاوى وأبو العلا (١٩٨٤)، ووليام وآخرون (١٩٨٦) بوجود صورة أخرى لنظام الطاقة الهوائية ترتبط بنوع الغذاء، فلا يقتصر انتاج الطاقة بالأكسدة على الچليكوچين وحده، بل ان الدهون والبروتينات تستخدم كمصادر للطاقة وتتحول الى ثانى أكسيد الكربون وماء. شكل (٤).

ويستخدم الچليكوچين والدهون أثناء النشاط الرياضى كمصدراً لانتاج الطاقة اللازمة لاعادة بناء (ATP)؛ وعملية تحويل الدهون الى أحماض دهنية تدخل ضمن دائرة كرب ونظام النقل الالكترونى لانتاج الطاقة، غير أن أكسدة الدهون تتطلب كمية من أكسچين أكثر، حيث تبلغ كمية الاكسچين اللازمة لاعادة بناء مول من (ATP) ٣ر٥ لتر اذا كان مصدر الطاقة هو الچليكوجين، بينما تبلغ كمية الاكسچين 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 والتى تستغرق لمدة ٦٠ دقيقة أو أكثر، كما يساعد على توفير الاكسچين اللازم لسرعة استعادة الاستشفاء خلال التدريب أو المباراة، ويقلل من تأثير التعب الناتج عن نقص الاكسچين.

التغيرات التمثيلية فى العضلات أثناء الاداء الحركى :

التغيرات التمثيلية فى العضلات أثناء الأداء 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 الهوائى للكربوهيدرات والدهون والبروتين

obeikandl.com

ويحتاج لاعب كرة اليد عند ممارسته للعبة كرة اليد إلى طاقة كيميائية حيوية تظهر فى الملعب على هيئة مجهود بدنى، وللطاقة المميزة لمجهود اللاعب - سواء البدنى أو المهارى أو الخططى - صورتين اساسيتين هما : الطاقة الحيوية اللاهوائية (فى غياب الاكسچين) 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 الاكسچين 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 ايضاً على العمل الهوائى فى الحصول على الطاقة اللازمة التى تساعد اللاعب على مقاومة التعب اثناء التدريب أو المباراة التى تستغرق ٦٠ دقيقة أو أكثر، كما تساعد على توفير الاكسچين اللازم لسرعة استعادة الاستشفاء خلال اللعب، وتقليل التعب الناتج عن نقص الاكسچين.

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 اكسچين 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، بالاضافة 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

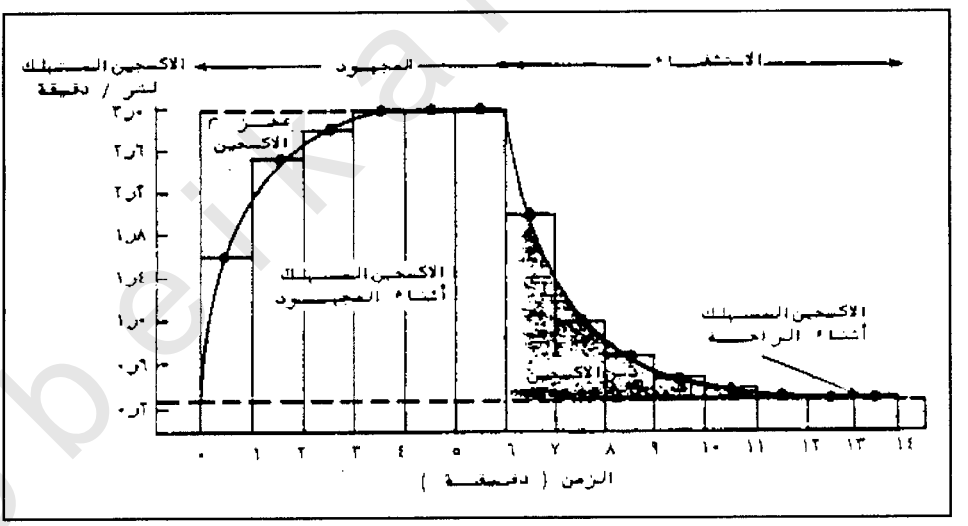
بالعضلة (التحمل اللاهوائى)، ويحتاج اللاعب الى ذلك خلال سير المباراة، حيث يعتمد هذا العمل العضلى على انتاج الطاقة اللاهوائية، فالعمل العضلى اللاهوائى يؤدى إلى زيادة تجمع حامض اللاكتيك فى العضلة نتيجة الجلكزة اللاهوائية مما يؤدى الى سرعة التعب وبطء أداء اللاعب وانخفاض قدراته، ويذكر ابو العلا وشعلان (١٩٩٤) 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 الاكسچين : THE OXYGEN DEBT

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



شكل ٥

عجز الاكسچين ودين الاكسچين اثناء المجهود والأستشفاء

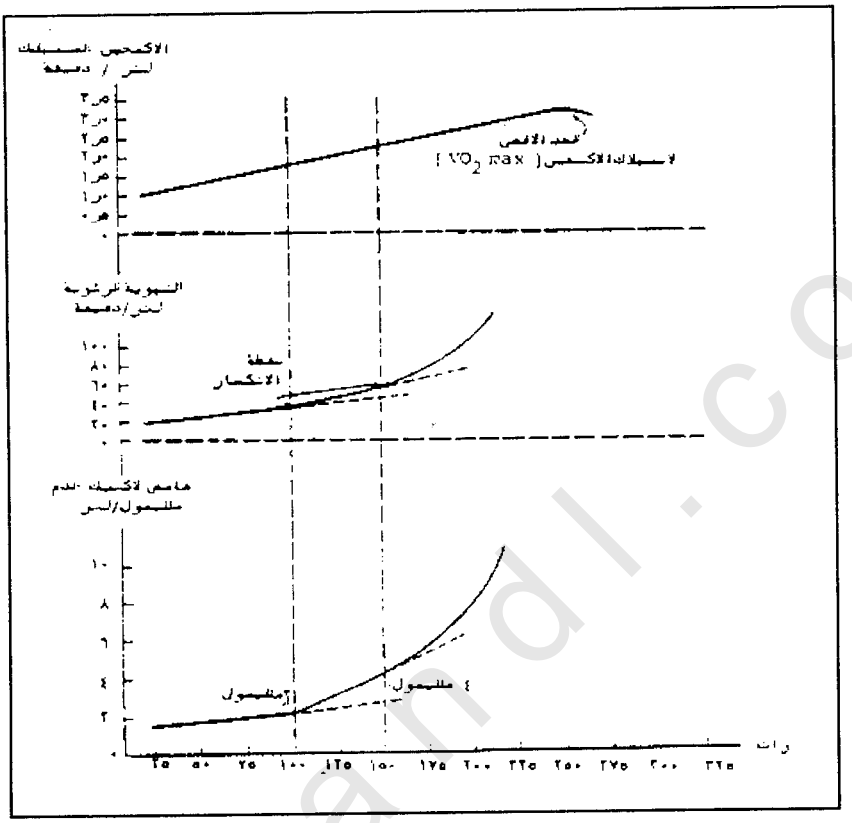
ويشير كل من : جراهام واندرس GRAHAM & ANDRESN (١٩٧٩)، ولامب (١٩٨٤)، وابو العلا(١٩٨٥) ان الدين الاكسچينى يتكون من جزئين الأول يسمى لاكلتيكى وهو الذى يتم فيه استعادة الفوسفوكاريتين (PC) وثلاثى ادينوزين الفوسفات (ATP) كما يعوض نقص مخزون الميوجلوبين وسوائل الجسم من الاكسچين، ويتم فى أول دقيقتين بعد الانتهاء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

ولعبة كرة اليد تتطلب مستوى عالياً من اللياقة اللاهوائية، تُمكن اللاعب من أداء متطلبات اللعبة تبعاً لظروف ومواقف اللعب السريعة والمتغيرة، مع تحمله للتعب الناتج عن نقص الأكسچين أثناء الأداء، ثم قدرة عضلاته وأجهزة الجسم على سرعة تسديد الدين الاكسجينى 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 الاكسچين المستهلك يذهب الفارق الزائد إلى تعويض عجز الأكسچين.

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 للاكسچين تبدأ بعده تراكم اللاكتات فى الدم، وتؤدى إلى اختلال توازن الأس الهيدروچينى (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 والتى يكون عندها معدل التخلص من لاكتات الدم أثناء التدريب فى حده الامثل أعلى أو مساوياً لمعدل انتقال اللاكتات فى الدم، حيث أن العتبة الفارقة للفرد هى أعلى معدل حيوى تبقى عنده تركيزات لاكتات الدم فى حالة ثباته أثناء التدريب.

من التعاريف السابقة يلاحظ أن تسمية هذه الحالة بالعتبة الفارقة اللاهوائية تعتبر تسمية غير دقيقية، حيث ان إنتاج الطاقة اللاهوائى 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 فهى حالة معينة يصل إليها الفرد أثناء التدريب، لها مواصفات فسيولوچية خاصة مرتبطة بنظم انتاج الطاقة وكفاءة الجسم، خاصة انتاج حامض اللاكتيك وسرعة التخلص منه، والحد الاقصى لاستهلاك الاكسچين والتهوية الرئوية، حيث أن العوامل التى تساعد على التخلص من زيادة حامض اللاكتيك فى الدم تساعد فى تأخير الوصول الى العتبة الفارقة اللاهوائية، وهذه العوامل هى :

- 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 الأكسچين للاعب كرة اليد؛ ليس لاهميته 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/ دقيقية، 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 - والتى 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 لتغيرين اساسيين :

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

٢- زيادة نشاط انزيم كرياتين كينيز CREATINE KINASE والذى يساهم فى انشطار الفوسفوكرياتين لاعادة بناء ثلاثى ادينوزين الفوسفات.

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

حيث يزيد التدريب الرياضى من قدرة العمل اللاهوائى والذى يعتمد على نظام حامض اللاكتيك نتيجة زيادة نشاط بعض الانزيمات الرئيسية المتحكمة فى عمليات الجلكزة اللاهوائية، وأهمها انزيم فوسفوفروكت كينيز PHOSPHOFRUCTO KINASE والذى 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 اكسچين الهواء الجوى. وتتم التغيرات الكيميائية فى العضلات العاملة فى العمل الهوائى باستخدام الجليكوچين والدهون والبروتينات كمصادر غير مباشرة لانتاج الطاقة فى الانشطة التى يتراوح فترة دوامها أكثر من ٣ دقائق.

فكما ذكرنا سابقاً أن معدلات اللعب فى كرة اليد عبارة عن نوبات سريعة وقصيرة من الحركات يؤديها 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؛ والتى تعنى قدرة الجسم على إنتاج طاقة هوائية خلال استهلاك الاكسچين، والاستمرار فى أداء العمل العضلى فى مستويات عالية من أقصى استهلاك للاكسچين، فكلما زادت قدرة اللاعب على استهلاك الاكسچين 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 اكسچين أكثر لا تقتصر فقط على مقدار الاكسچين المستهلك لإنتاج الطاقة اللازمة للأداء خلال المباراة فقط؛ ولكن يمتد هذا الدور ليشمل أيضاً المساعدة فى عمليات تعويض

الاكسچين الذى ينقص اللاعب خلال تنفيذه لواجبات اللعب ويشكل ديناً اكسچينى، حيث خلال فترات التوقف يقل مستوى إنتاج الطاقة فى الوقت الذى يكون فيه استهلاك الاكسچين كبيراً مما يساعد على تعويض الدين الاكسچينى نظراً لأن هذا الأكسچين 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 الأكسچين» وذلك حينما يصل الشخص إلى استهلاك أقصى قدر تُمكنه قدراته من الأكسچين 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 أكسچينى، وأنما يعمل عند مستويات أقل من ذلك ٧٠ - ٨٠٪، وهذا المستوى من العمل يرتبط بقدرة هوائية للعمل عند مستويات أقل من المستوى الاقصى ومواجهة التعب، ويطلق على هذه القدرة « العتبة الفارقة اللاهوائية».

الحد الأقصى لاستهلاك الأكسچين كمقياس للعمل الهوائى :

MAXIMUM OXYGEN CNSMPTION (VO2 MAX)

يعرفه ماجلشو (١٩٨٢) بأنه مصطلح يستخدم للإشارة إلى كمية الأكسچين التى تمد العضلات، وهى تقاس بواسطة حساب كمية الأكسچين المستهلكة فى الدقيقة الواحدة. كما يعرفه لامب (١٩٨٤) بأنه أقصى حجم للاكسچين باللتر أو الميلليلتر فى الدقيقة.

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

- كفاءة الجهاز الدورى والتنفسى فى توصيل هواء الشهيق إلى الدم.

- كفاءة عمليات توصيل الأكسچين 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 الأكسچين، 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 التى يعتمد عليها اللاعب عند أداءه للحركات البدنية أو المهارية أو الخططية والتى تطلب سرعة، كما أن تعويض الدين الاكسچينى المستمر خلال الأداء من الخصائص التى 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 - والتى ذكرناها سابقاً - والتى تعتمد اساساً على العمل الهوائى. فقد حدد فوكس (١٩٨٤) ثلاث تكيفيات تمثيلية أساسية تحدث فى العضلات الهيكلية نتيجة للتدريب الهوائى وهى :

- **زيادة الميوجلوبين** INCREASED MYOGLOBIN

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

- **زيادة أكسدة الجليكوچين** INCREASED GLYCOGEN OXIDATION

تزداد قدرة العضلات الهيكلية - نتيجة التدريب - على أكسدة الجليكوچين 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 الجليكوچين المخزون فى العضلات.

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

- **زيادة أكسدة الدهون** INCREASED OXIDATION OF FATS

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

obeikandl.com

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

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

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

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

اختلاف نسب مساهمة نظم الطاقة أثناء الأداء فى كرة اليد :

يعتمد العمل العضلى على كل من : نظام إنتاج الطاقة الهوائى، ونظام انتاج الطاقة اللاهوائى، إلا أن زيادة نسبة الاعتماد على أى منهما ترتبط ببعض العوامل المختلفة مثل نوع وشدة ودوام الحمل البدنى. فعند العمل العضلى لفترة طويلة مع الشدة المنخفضة فإن أكبر جزء من الطاقة يأتى نتيجة لأكسدة الكربوهيدرات والدهون، بينما على العكس من ذلك فى حالة أداء الحمل البدنى لفترة قصيرة مع ارتفاع الشدة، حيث يتم على حساب عمليات انتاج الطاقة اللاهوائية، وينتج استهلاك لتر الأكسچين الواحد كمية من السعرات الحرارية تتراوح ما بين ٤ر٧ - ٥ سعر حرارى، لذا فإن الحد الأقصى لاستهلاك الأكسچين يعبر عن أكبر مدى للسعرات الحرارية الناتجة عن العمليات الهوائية فى وحدة زمنية معينة. وفى حالة الحمل البدنى المرتفع الشدة ولفترة قصيرة فإن معظم الطاقة يكون مصدرها هو الادينوزين ثلاثى الفوسفات والفوسفوكرياتين، إلا أنه فى الوقت الحالى يُعد من الصعب القياس المباشر والدقيق للطاقة اللاهوائية، لذا فإن من الصعب تحديد نسب مساهمة عمليات انتاج الطاقة الهوائية واللاهوائية بالنسبة لمجموع الطاقة الكلية الناتجة.

إلا انه من الممكن حساب كمية الطاقة الهوائية - بالسعر الحرارى - عن طريق حساب محتويات الادينوزين ثلاثى 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 الأكسچين يبلغ حوالى ٥لتر/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 الأكسچين 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 فى كرة اليد فيشمل المخزون الفوسفاتى فى الخلايا العضلية وهو ATP - PC، وكذلك الجليكوچين المخزون بكميات كبيرة فى العضلات وفى الكبد، ولم تذكر هنا الدهون حيث أنها لا يعاد بناؤها خلال فترة الاستشفاء بطريقة مباشرة ولكنها تتكون بطريقة غير مباشرة خلال اعادة نقص الكربوهيدرات (الجلكوز والچليكوچين).

ولقد حدد علاوى وأبو العلا (١٩٨٤) الحد الادنى 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

عمليات الاستشفاء / إعادة مخزون العضلة	فترات أعادة الاستشفاء	
	الحد الأدنى	الحد الأقصى
مخزون الفوسفات (ATP - PC)	٢ دقيقة	٥ دقائق
الدين الاكسچينى بدون اللاكتيك	٣ دقائق	٥ دقائق
تعويض چليكوچين العضلة	١٠ ساعات بعد النشاط المستمر	٤٦ ساعة
	٥ ساعات بعد النشاط المتقطع	٢٤ ساعة
تعويض چليكوچين الكبد	غير معروف	١٢-٢٤ ساعة
التخلص من حامض اللاكتيك فى الدم والعضلة	٣٠ دقيقة فى حالة تمرينات التهدئة	١ ساعة
		٢ ساعة
الدين الاكسجينى اللاكتيكى	١ ساعة فى حالة الراحة	١ ساعة
تعويض مخزون الأكسچينى	٣٠ دقيقة	١ دقيقة