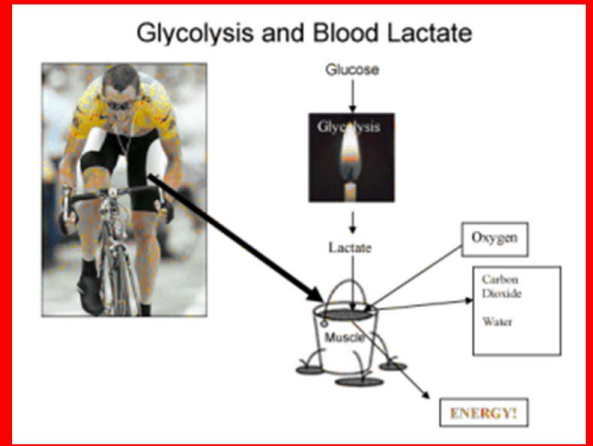
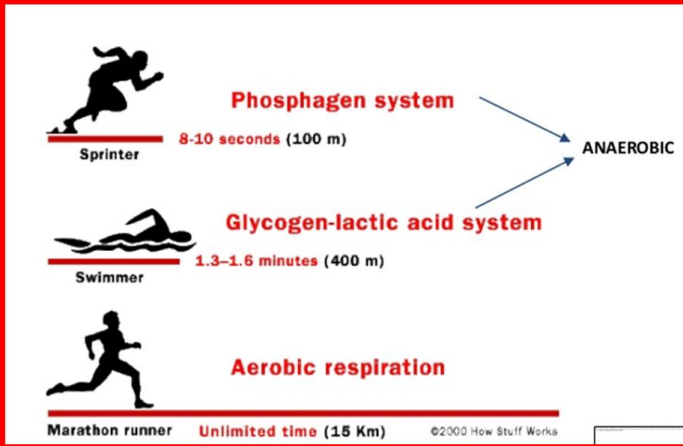


Anaerobic vs Aerobic أنظمة إنتاج الطاقة Energy Systems

أ.م.د فلاح حسن عبدالله الخفاجي
جامعة الكوفة - كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
الدراسات العليا (الماجستير)



الطاقة :

تعدّ الطاقة في جسم الإنسان هي مصدر الحركة وهي مصدر الانقباض العضلي وهي مصدر الأداء الرياضي بشتى أنواعه ولا يمكن أن يحدث الانقباض العضلي المسؤول عن الحركة دون إنتاج طاقة ، وليس الطاقة اللازمة للانقباض العضلي أو الأداء الرياضي هي متشابهة فالطاقة اللازمة للانقباض السريع تختلف عن الطاقة اللازمة للانقباض البطيء المستمر لفترة طويلة حيث يشمل الجسم على نظم مختلفة لإنتاج الطاقة السريعة والطاقة البطيئة .

ولكل رياضة من الرياضات متطلبات خاصة بها تختلف عن متطلبات الطاقة في الرياضات الأخرى وتستخدم الطاقة في كل منها بأسلوب مختلف لذا وجب على المدرب التعرف تماما على كيفية استخدام العضلات للطاقة المتاحة.

إذ يتطلب مثلا القيام بالأنشطة السريعة حجماً معيناً من الطاقة خلال فترة قصيرة من الزمن مثل أنشطة العدو (١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٤٠٠ م) والوثب بأنواعه وبعض أنواع السباحة ، وبالمقابل فإن أنشطة أخرى تحتاج إلى تغيير نوع الطاقة من دقيقة أخرى كما في ألعاب الكرة (قدم ، سلة ، طائرة ، يد) وكذلك اختراق الضاحية الماراثون. وهناك جملة من المفاهيم جاءت نتيجة للدراسات المتعمقة من قبل المهتمين بدراسة الطاقة ومن أبرز هذه المفاهيم هي :

❖ الطاقة هي القدرة على تحمل أداء معين ، وتوجد في الجسم على شكل جزئيات من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات .

❖ هي المقدرة على أداء عمل معين أو إنجاز شغلا

❖ ويعرف (هوكي) الطاقة : بأنها القدرة على القيام بعمل ويأتي بها الجسم من تحويل الحرارة والتي تقيسها بالكالوري / بينما يذكر (فوكس) بأنها المقدرة على القيام بشغل والشغل هو استخدام القدرة في حدود معينة ونتيجة لذلك لا يمكن فصل الشغل عن الطاقة.

ومن خلال الدراسات والبحوث والمتابعة الميدانية من قبل العلماء للطاقة أكدوا أن للطاقة أشكال مختلفة ومن هذه الأشكال هي :-

١-الكيميائية	٢- الحرارية	٣- الكهربائية	٤-الميكانيكية
٥-الضوئية	٦-النووية		

وقد يذكر (مفتي ، ١٩٩٨) أن الطاقة لا تفنى ولكنها قابلة للتحويل من شكل إلى آخر وانطلاقاً من ذلك فإن الطاقة الكيميائية تتحول إلى طاقة ميكانيكية داخل جسم الإنسان وتعدّ مصدر الحركة للإنسان الناتجة أصلاً عن تحول الطعام إلى كيميائية.

والملاحظ أن الطاقة المتحررة خلال انشطار المواد الغذائية بوجود الأوكسجين وإنتاج ثاني أوكسيد الكابرون + ماء والتي ، لا تستعمل مباشرة في أداء عمل حركي ولكنها تستعمل في تكوين مركب كيميائي (أدينوسين ثلاثي الفوسفات . Adenosine Tri phosphat) ويرمز له (ATP) والذي يعد المصدر الأساسي لإنتاج الطاقة للخلية العضلية ويخزن هذا المركب في داخل الخلية العضلية والذي يتركب من جزيئة أدينوسين ثلاثي الفوسفات . وعندما ينشطر هذا المركب فإنه يؤدي إلى إنتاج كمية كبيرة من الطاقة حوالي (٧-١٢) سعرة حرارية بالإضافة إلى ثنائي أدينوسين الفوسفات (ADP) بالإضافة إلى فوسفات غير عضوية (Pi) (وكما مبين في المعادلة التالية



وقد تعددت المصادر في تقسيم أنظمة إنتاج الطاقة :-

إذ قسمها ريسان خريبط ، بناءً على إعادة ATP إلى أربعة أنظمة هي :

- ❖ إعادة تكوين ال ATP عن طريق الفسفوكرياتين
- ❖ إعادة تكوين ال ATP عن طريق تحلل السكر اللاوأكسجيني
- ❖ إعادة تكوين ال ATP عن طريق العملية الهوائية (التحلل الاوكسجيني)

ويذكر صفاء المرعب بأنه للطاقة نظامين وهما .

- النظام اللاهوائي (Aneerobic system)
- النظام الهوائي (Aerobic system)

وقد أشارت أغلب المصادر إلى أن للطاقة ثلاثة أنظمة وهي

- ❖ النظام اللاهوائي : ويتألف من
 - النظام الفوسفاجيني (The Phosphagen system)
 - نظام حامض اللبنيك (Lactic A cid system)

❖ النظام الهوائي

❖ النظام المختلط

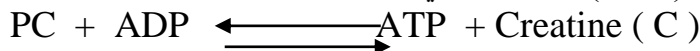
ويرى إبراهيم سلامة بأن نظم إنتاج الطاقة تنقسم على اربعة أنظمة وهي.

- ١- إنتاج الطاقة عن طريق ATP لاهوائياً .
- ٢- إنتاج الطاقة عن طريق (PC) فوسفات كرياتين لا هوائياً .
- ٣- إنتاج الطاقة عن طريق حامض اللبنيك لا هوائياً .
- ٤- إنتاج الطاقة عن طريق الأوكسجين .

النظام اللاهوائي :

النظام الفوسفاتي (ATP-PC)

يعدّ الفوسفوكرياتين (PC) مركباً فوسفاتياً غنياً بالطاقة ويوجد بالخلايا العضلية وعند انشطاره ينتج كمية كبيرة من الطاقة وتعمل هذه الطاقة على المساعدة في إعادة بناء ATP أو بمعنى آخر فمجرد انشطار ATP أثناء الانقباض العضلي يتم استعادته بصفة مستمرة من (ADP-PI) . وذلك بوساطة الطاقة التي تحررت خلال انشطار (PC) والتي يمكن استعادة جزيئة ATP مقابل انشطار جزيئة (PC) . ويذكر بهاء الدين سلامة " أن انشطار أحد المكونات المجموعة الفوسفاتية يؤدي إلى إنتاج كمية كبيرة من الطاقة حوالي (٧ – ١٢ سعرة حرارية) ويصبح هذا المركب بعد ذلك ثنائي الفوسفات Adenosin Di Phosphat ويرمز له (ADP) إلا أن كمية الـ (ATP) المخزون بالعضلات قليلة جداً لا تكفي لإنتاج طاقة تتعدى بضعة ثواني لذلك فإنه يتم بصفة مستمرة إعادة ATP وعند انشطاره تتحرر كمية من الطاقة تعمل على استعادة بناء ATP حيث يتم :- استعادة مول من ATP مقابل انشطار مول (PC) وكما مبين في المعادلة التالية .



وتقدر كمية ATP-PC المخزونة في العضلات للسيدات ٠,٣ مول وللرجال ٠,٦ مول وهذا بالتالي يحدد من قابلية إنتاج الطاقة في هذا النظام بفترة زمنية محدودة.

ويتفق كل من بهاء الدين سلامة ، وحلمي شحاته على أن الفترة الزمنية لهذا النظام أقل من ٣٠ ثانية بينما يشير كل من (Patti and Warren) إلى أن هذا النظام يستخدم من ١٠ - ٢٠ ثانية . وأما ريسان خريبط فيذكر ان الاحتياطي PC - ATP تؤمن تكوين الطاقة بكمية مقدارها ٨٤٠ مول / كغم تقريباً للنسيج العضلي وهي كافية للحفاظ على القوة بالقدرة القصوى لفترة زمنية ١٠ – ١٥ ثانية اما سرعة انشطار فوسفات الكرياتين فأنها تتناسب طردياً مع شدة التمرين المنفذ أو قيمة التوتر . ويرى عائد ملحم نقلاً عن (فوكس) وآخرون ، ١٩٨٨ أنهم وجدوا أن إعادة الـ ATP يتم بصورة سريعة وقد وجدوا أنه خلال ٣٠ ثانية من فترة الاستشفاء يعاد بناء حوالي (٥٠ %) من مركب فوسفات الكرياتين (PC) وخلال دقيقة واحدة يعاد حوالي (٧٥ %) من المركب وخلال (١,٥) دقيقة يعاد بناء (٨٧ %) وخلال (٣) دقائق يعاد بناء ٩٨ % ومن هنا فإن إعطاء (١ – ٣) دقائق راحة بين التكرارات ضرورية جداً للوصول إلى الاستشفاء الرياضي التام.

ويمكن تلخيص مميزات هذا النظام فيما يأتي

- ❖ لا يعتمد على سلسلة طويلة من التفاعلات الكيميائية .
- ❖ لا يعتمد على انتظار تحويل أوكسجين هواء التنفس إلى العضلات العاملة

تخزن العضلات كل من ATP و PC بطريقة مباشرة .

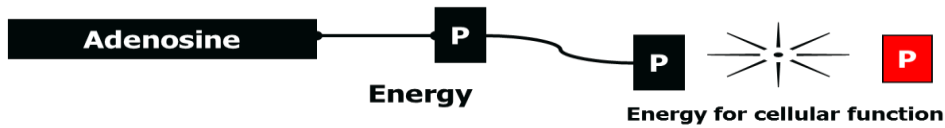
ATP-PC System النظام اللاهوائي الفوسفاتي

The ATP Molecule

a. Adenosine Triphosphate (ATP)



b. The breakdown of ATP:

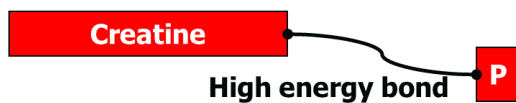


$ATP = ADP + \text{energy for biological work} + P$

(ADP = Adenosine Diphosphate)

The Immediate Resynthesis of ATP by CP

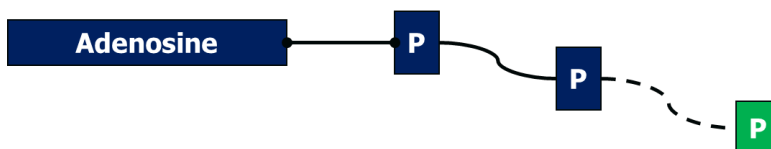
a. Creatine Phosphate (CP)



$CP = \text{Creatine} + \text{energy for resynthesis of ATP} + P$

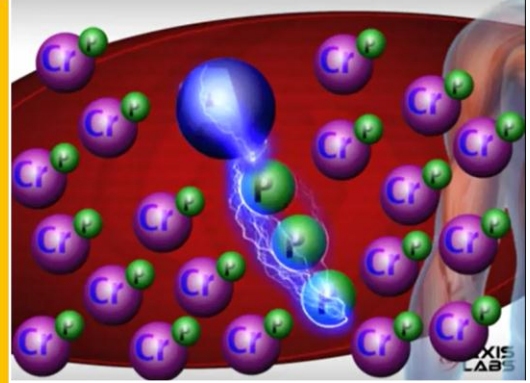


$ADP + \text{energy from CP} + P = ATP$ (reversal of $ATP = ADP + P + \text{energy for work}$)



تحميل الكرياتين كمكمل غذائي

- Creatine Loading Protocol
- 25-30 grams/day for 3-5 days
- 3-5 grams/day for maintenance
- or 3-5 grams/day for gradual loading
- typical dietary creatine = 1g/d
- cost (EAS Phosphagen, 3/02)

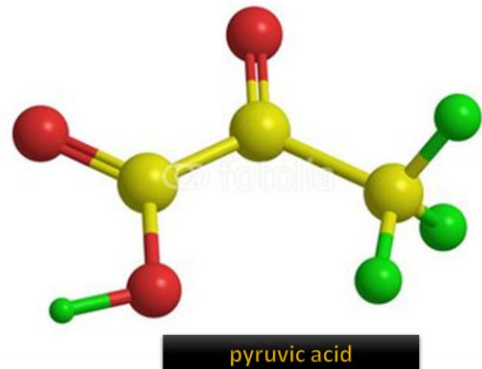
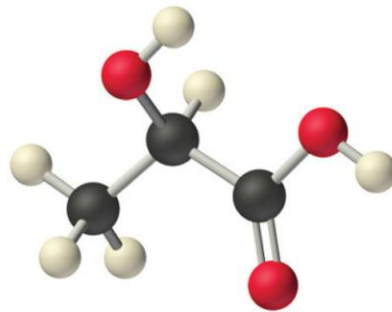
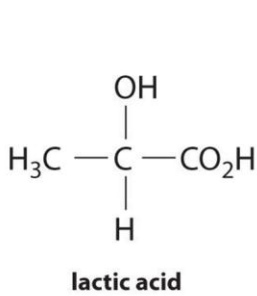


لماذا نعطي راحة كاملة (3 - 5) دقيقة خلال التدريب عندما يكون العمل فوسفاتياً

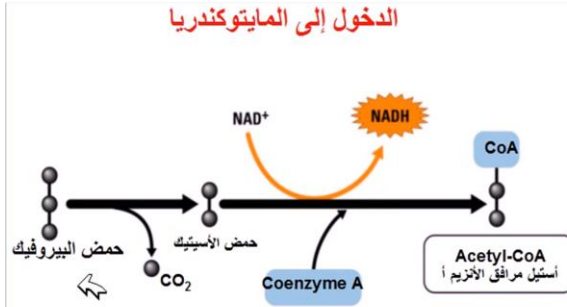
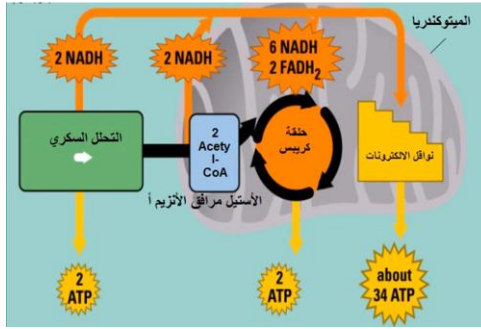
Recovery time	% of ATP replenished
30 seconds	50%
1 minute	75%
90 seconds	87%
2 minutes	93%
2:30	97%
3 minutes	98.50%

نظام اللاهوائي (حامض اللاكتيك)

إن النظام الآخر لإعطاء الطاقة بعد نفاذ الفوسفاجينات ولإعادة بناء ATP في داخل العضلات هو التحلل الأوكسجيني للكلايوجين مكونا حامض اللبنيك ، ومن هنا أطلق مصطلح (نظام حامض اللبنيك) وقد اكتشف هذا النوع من التفاعل عام ١٩٣٠ بواسطة اثنين من العلماء الألمان وهما (يوستاف أ-عيدون Gustaf E mben) (أوتومايرهوف Ottomeyrhof) .



المسالك الكيميائية لتحلل السكر في سايتوبلازم الخلية وداخل الميتوكوندريا



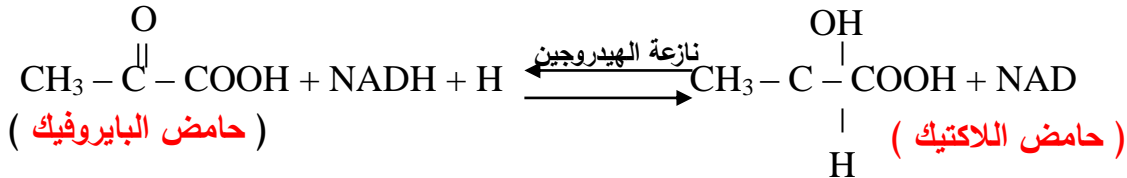
بعد أن تستهلك مركبات الفوسفات عالية الطاقة الموجودة في داخل الخلية العضلية نتيجة المجهود البدني ذو الشدة العالية جداً والذي يستمر لمدة قصيرة جداً بسبب قلة الكمية المتوفرة من مركب PC - ATP في داخل الخلية العضلية التي تعد من أهم مركبات إنتاج الطاقة وبشكل مباشر داخل الخلية العضلية عن طريق تحلل ATP و كذلك فوسفات الكرياتين PC لإنتاج الطاقة اللازمة للعمل العضلي ، وبعد استنفاد الخزين في داخل الخلايا العضلية لابد من وجود نظام آخر لإنتاج الطاقة وإلا تتوقف العضلات عن العمل العضلي ، لذلك يلجأ الجسم إلى إعادة بناء ATP عن طريق تحلل الكلايوجين بعدم وجود كمية كافية من الأوكسجين (لا هوائياً) ، ويطلق عليه إنتاج الطاقة بنظام حامض اللاكتيك الذي اكتشف هذا النوع من التفاعلات الكيميائية عام ١٩٣٠ العالمان الألمانيان (جوستاف أمبيدوف ، أتو مايرهوف) . وقبل التطرق إلى سلسلة التفاعلات الكيميائية الخاصة بهذا النظام لابد من إعطاء تعريف لهذا المركب إذ يعرف على أنه ((القدرة النهائية لاستهلاك الكلايوجين لا هوائياً إلا أن تلك النسبة تزيد عند أداء الأنشطة الرياضية ذات الشدة العالية ويرمز لحامض اللاكتيك)) . أما (Paul , Johnson) فهو يرى بأن حامض اللاكتيك ((عبارة عن حامض ينتج من الخلايا عن طريق سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي لا تحتاج إلى الأوكسجين أو تكون كمية الأوكسجين قليلة. ويمكن تعريف حامض اللاكتيك على أنه هو الناتج النهائي لعملية تحلل السكر لا هوائياً مع قلة الأوكسجين و الذي يغير من حالة الاستقرار ألتجانسي لأجهزة الجسم الداخلية ، نتيجة تراكم كميات كبيرة منه في العضلات و الدم ، بفعل المجهود البدني عالي الشدة . ومن الضروري معرفة أن حامض اللاكتيك و اللاكتات هما ليسا نفس المركب ، فحامض اللاكتيك هو عبارة عن حامض له تركيبة C3 H6 O8 و اللاكتات هي عبارة عن ملح من أملاح حامض اللاكتيك فعندما ينتج حامض اللاكتيك وبعد تخلصه من H⁺ فإن المركب المتبقي يتحد مع الصوديوم أو البوتاسيوم ليكون ملحاً. إذ أن الجسم يمتلك طريقتان لاستخدام و استهلاك الكلوكوز (glycolysis) وهي الهوائي و اللاهوائي ، وان التحلل الهوائي للكلوكوز هو الأكثر فائدة لأنه يؤدي إلى تحرير الالكترونات التي تستخدم أو تتحول إلى الأوكسجين وهذه الطريقة تنتج الطاقة على شكل مركب ATP الذي تستخدمه الخلية كطاقة وعندما لا تكون هناك كمية كافية من الأوكسجين فالخلية تحتاج إلى طريقة أخرى لتحويل تلك الالكترونات ، لا يتوقف على الخلية و بذلك تتحول تلك الالكترونات إلى حامض البيروفيك وهو مركب ناتج من تحلل الكلوكوز ويعتمد هذا النظام في إعادة ATP لاهوائياً على التمثيل الغذائي للكربوهدرات فقط المتمثلة بالتحلل اللاوكسجني لكل من كلايوجين العضلة و الدم إذ يتحلل عبر سلسلة من (١٢) تفاعلاً كيميائياً وكما موضح في الشكل إذ تتدخل عدة إنزيمات حيث يسهل كل تفاعل أنزيمات خاصة به . وتشير (خوله احمد ، ١٩٨٦) إلى أن الأنزيمات الأحد عشر الخاصة بانحلال السكر لا هوائياً في سايتوبلازم الخلية لبدء عملية انحلال السكر لا هوائياً فان أنزيم هيكسوكينيز يعمل على فسفرة لا عكسية للكلوكوز ٦ فوسفات مستهلكاً لهذا جزئي ATP وكما هو الحال لجميع عمليات الفسفرة فان ايون Mg⁴ يكون عاملاً مرافقاً ضرورياً ويكون التفاعل المحفز بأنزيم هيكسوكينيز احد التفاعلات الثلاثة الرئيسية تعمل على تنظيم سرعة التفاعلات انحلال السكر لا هوائياً .

أما الخطوة الثانية لتحلل السكر لاهوائياً في عملية تكوين المناظر (الممثل) فركتوفورانونز - ٦ - فوسفات من كلوكوبايرانوز - ٦ - فوسفات بتحفيز إنزيم ((كلوكوز فوسفات ايزوميريس)) . ثم يحفز أنزيم فوسفوفركتوز كينيس (PFK) عملية الفسفرة غير العكسية للفركتوز ٦,١ فوسفات فينتكون فركتوز ٦,١ ثنائي (داي) فوسفات . وهذا التفاعل يعمل أيضاً على تنظيم سرعة عملية أكسده السكر لاهوائياً)

الكلايكوليسيس) حيث تتأثر فعالية الأنزيم المنظم بعدد من المواد الوسيطة مثل الـ ATP وحامض الستريك التي تعمل كمؤثرات سالبة ، أي تثبيط عمل الإنزيم بينما يعمل ADP , AMP وفركتوز - ٦ - فوسفات على تحفيز هذا الإنزيم وتكون هذه المواد موجبة . وبذلك يمكن القول أن أنزيم PFK هو الأنزيم المسؤول عن سرعة التفاعلات الكيميائية لذلك فإن أي زيادة في نشاط هذا الأنزيم يصاحبه أكسدة السكر لا هوائياً ، أي يكون هنالك تراكم أكبر لحامض اللاكتيك . ويشير (Brian) إلى انه عند تحطيم جزيئة كلوكوز يتحرر حامض البايروفيك مع كمية قليلة من ATP ثم تتفاعل جزيئة البايروفيك مع الأوكسجين وكما في المعادلة الآتية

$$\text{كلوكوز} + 2\text{ADP} + 2\text{PO}_4 \rightarrow 2\text{ATP} + 4\text{H}^+ + \text{(حامض البايروفيك)}$$

وعندما تبدأ العضلة بالتقلص بشدة فعند هذه الحالة سوف تقل نسبة الأوكسجين في الدم وبذلك سوف يتحد البايروفيك مع ايونات الهيدروجين المتحررة لتكون حامض اللاكتيك وحسب المعادلة الآتية .



الذي ينتقل بعدها إلى الدم ومنه إلى جميع أنحاء الجسم . الشكل يوضح سلسلة التفاعلات الـ (١٢) .

Glucose	1
Glucose - 6 - phosphate	2
Fructose - 6 - phosphate	3
Fructose -1.6 - phosphate	4
Glyceradaehyde3-phosphate+Dinydrotya. cetone phosphate	5
1.3 Disphospho glycerat	6
Glyceradaehyde3-phosphate	7
3 -phospho glycerat	8
2 -phospho glycerat	9
Phospho enolpyruvate	10
pyruvate	11
Lactate	12

الشكل يوضح سلسلة التفاعلات الـ (١٢) لعملية تحلل السكر لا هوائياً

ويشير (غايتون وهول ، ١٩٩٧) إلى أن الشخص عندما يبدأ بالتنفس ثانية بعد مدة الاستقلاب لا هوائي ، يعاد تحويل حمض اللاكتيك بسرعة الى حامض البايروفيك ، NADH زائداً أبونات الهيدروجين ، و يؤكسد جزء كبيراً من هذه مباشرة لتكوين كميات كبيرة من ATP و تؤدي هذه ATP الفائضة الى تحويل ما يصل الى ثلاث أرباع حامض البايروفيك الباقي الى كلوكوز ثانية ، لهذا فان الكمية الكبيرة من حامض اللاكتيك المتركمة نتيجة تحلل السكر لا هوائياً لا تنفذ من الجسم لأنها عند توفر الأوكسجين مره ثانية فأما يتم تحويله الى كلوكوز أو استخدامه كطاقة و بشكل مباشر و تتم هذه العملية في الكبد وقد تحدث كميات صغيرة من ذلك في أنسجة أخرى و مما تقدم نلاحظ بان هناك علاقة عكسية ما بين حامض اللاكتيك و كمية الاوكسجين المتوفرة .

أما عن المدة الزمنية التي يوفرها نظام حامض اللاكتيك الطاقة اللازمة للعمل العضلي فقد أشار (حمة نجم ، ٢٠٠١) أن نظام اللاكتيكي يوفر طاقة لمدة زمنية من (١ - ٣ دقائق) .
أما (أبو العلا أحمد عبد الفتاح ، ٢٠٠٣) يرى بان المدة الزمنية لعمل هذا النظام لإعادة ATP عن طريق تحلل الكربوهيدرات هي ٣٠ ثانية حتى دقيقتين . و يؤكد (1994 ، costill) أن نظام حامض اللاكتيك لا يعطي كمية كبيرة من الطاقة (لا هوائياً) لذا فهي تعطي طاقة عالية الشدة و لكنها محدودة الزمن بسبب تجمع حامض اللاكتيك بالعضلات و الدم و يظهر ذلك في الجهد و الألعاب الرياضية التي تدوم (١ - ٢ دقيقة) .

العتبة الفارقة اللاهوائية : "AT"

استخدام مصطلح عتبة اللاكتات من قبل كثير من الدارسين والباحثين بطريقة نظرية اكثر من استخدامه بطريقة عملية ، اذ ان كثير ما يعبر عن عتبة اللاكتات بنقطة انكسار التهوية الرئوية او نقطة انكسار اللاكتات وحتى يتم توضيح عتبة اللاكتات في اختبارات معينة او عند اداء اعمال بدنية فلا بد من ان يتم ذلك من خلال جهد بدني متزايد بحيث لا يقل عن ثلاث دقائق ، كما اشارت عدة دراسات الى استخدام لاكتات الدم في تقويم الاداء البدني باستخدام عتبة اللاكتات (العتبة الفارقة اللاهوائية - العتبة الفارقة الهوائية) وغيرها التي تعبر عن عوامل التنبؤ بمعدل لاكتات الدم عند اداء التمرين البدني ، حيث اشارت هذه الدراسات الى ضرورة التعرف على اسباب عتبة اللاكتات وتوقيتها وطرق قياسها والدلالات العملية الخاصة باستجابة اللاكتات للتمرين البدني ، كما اهتمت معظم الدراسات التي اجريت في هذا المجال على عتبة اللاكتات وتركيز لاكتات الدم مقابل الحد الاقصى لاستهلاك الاوكسجين وكذلك معدل سرعة ضربات القلب .

استخدام مصطلح العتبة الفارقة اللاهوائية في مجال التدريب الرياضي على حالة معينة من التعب يصل اليها اللاعب اثناء الاداء البدني ، وهذه الحالة تختلف من حيث توقيت ظهورها لدى اللاعبين تبعاً لحالتهم التدريبية والوظيفية التي وصلوا اليها نتيجة عمليات التدريب المختلفة ، وهي في كل الاحوال تدل على زيادة الحمل البدني ، اذ ان زيادة شدة الحمل البدني فقط تؤدي الى ظهور حالة العتبة الفارقة اللاهوائية ، كما ان فترات الراحة القليلة البينية التي تقع بين تكرارات الاداء تؤدي الى ظهورها ايضاً وذلك لان قصر فترات الراحة سوف تعيق عمليات الاستشفاء وبالتالي تتيح الفرصة لظهور حالة العتبة الفارقة اللاهوائية) . وقد تعددت المفاهيم الخاصة بدراسة ظاهرة العتبة الفارقة اللاهوائية من قبل الباحثين والعاملين بمجال فسيولوجيا التدريب الرياضي ، فقد عرفها كل من (ماتيس و فوكس) بأنها "شدة الحمل او استهلاك الاوكسجين مع زيادة سرعة التمثيل الغذائي اللاهوائي" بينما عرفها (لامب-١٩٨٤) بأنها "النقطة العليا لانكسار التهوية الرئوية" . اما ابو العلا احمد فقد عرفها "بأنها زيادة شدة الحمل البدني الذي يزيد عندها معدل انتقال حامض اللاكتيك من العضلات الى الدم بدرجة تزيد عن معدل التخلص منه" او هي اللحظات التي يتجمع فيها حامض اللاكتيك بدرجة مضاعفة او اكثر من مضاعفة مما يؤخر فترة التخلص منه" . **فمن خلال هذه التعاريف تبين ان العتبة الفارقة اللاهوائية لها اتصال مباشر بحامض اللاكتيك وبالتمثيل الغذائي اللاهوائي للخلايا العضلية وبالحد الاقصى لاستهلاك الاوكسجين ، ومما سبق يمكن القول ان العتبة الفارقة اللاهوائية هي حالة معينة يصل اليها اللاعب اثناء الاداء الرياضي ، ولهذه الحالة مواصفات فسيولوجية خاصة وكذلك لها علاقة بنظم انتاج الطاقة وبكفاءة اللاعب البدنية وحالته التدريبية ، اذ يمكن من خلالها ان نفرق بين لاعب واخر في القدرة على مواصلة الاداء او الحمل البدني . ويرتبط ظهور العتبة الفارقة بالحد الاقصى لاستهلاك الاوكسجين ، اذ يمكن استخدام النسب المئوية الاقل من الحد الاقصى لاستهلاك الاوكسجين كمستويات يتحدد بها نقطة ظهور العتبة الفارقة اللاهوائية ، وبذلك فأنها تظهر متأخرة لدى اللاعبين المدربين على درجة عالية ، اذ يبدأ ظهورها عندما يصل استهلاك الاوكسجين الى حوالي (٨٥-٩٠%) من الحد الاقصى ، بينما تظهر مبكراً عن ذلك لدى غير المدربين ، **اذ تظهر عند مستوى (٥٠-٦٠%) من الحد الاقصى لاستهلاك الاوكسجين ، وتظهر لدى لاعبي السرعة او القوة بمستوى اقل من****

لاعبى التحمل حيث تظهر لديهم عند مستوى (٧٠-٧٥%) من الحد الاقصى لاستهلاك الاوكسجين ، ويرجع السبب في ذلك الى اختلاف نسبة الالياف البطيئة والسريعة لدى كل منهم ، اذ تنتج الالياف البطيئة كمية اقل من حامض اللاكتيك وهذا النوع من الالياف هو النوع الذي تغلب نسبته لدى لاعبي التحمل وبذلك يقل انتاجهم لحامض اللاكتيك .

العتبة الفارقة اللاهوائية ونسبة تركيز حامض اللاكتيك :-

من المعروف ان نسبة تركيز حامض اللاكتيك تزداد في الدم اثناء الجهد البدني نتيجة عملية التمثيل الغذائي للكربوهيدرات الموجودة في العضلات على شكل كلايوجين ، وعادة مايتراوح تركيز حامض اللاكتيك خلال الراحة ما بين (١-٢) ملي مول وعندما يزداد مستواه الى (٤) ملي مول فأن هذا المستوى اتفق عليه هو مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية ، اذ ان العمل العضلي في هذه الحالة لا يؤدي الى سرعة ظهور التعب ، ويمكن تحمل هذه الحالة لفترة طويلة ، حيث اعتبر البعض ان مستوى (٢) ملي مول هو الذي يمثل العتبة الهوائية بينما يمثل مستوى (٤) ملي مول العتبة اللاهوائية .

ومن هنا يمكن القول ان العوامل التي تساعد على التخلص من زيادة حامض اللاكتيك في الدم تساعد في تأخير الوصول الى العتبة الفارقة اللاهوائية ، " ومن هذه العوامل :-

- ١-زيادة فاعلية التمثيل الغذائي الهوائي للعضلات الارداية اثناء التدريب الرياضي .
- ٢-زيادة التمثيل الغذائي لحامض اللاكتيك في العضلات الارداية العاملة .
- ٣-انتشار تركيز حامض اللاكتيك في الانسجة والالياف العضلية غير العاملة يساعد على تأخير ظهور العتبة الفارقة اللاهوائية .
- ٤-زيادة التخلص من حامض اللاكتيك عن طريق استهلاك اكبر قدر منه بواسطة عضلة القلب والكبد .

OBLA

means

Onset of Blood Lactate
Accumulation

يقصد بها اللحظة التي يكون
انتاج حامض اللاكتيك اعلى
من التخلص منه

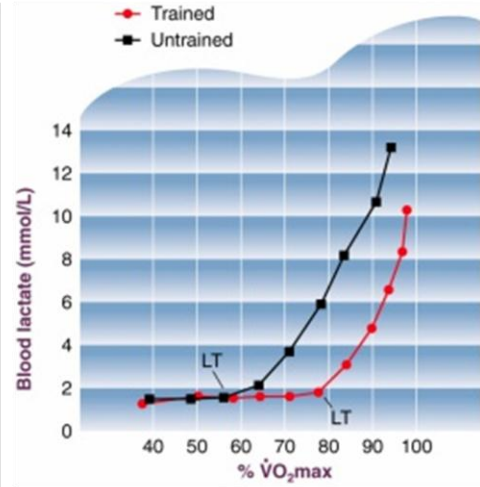
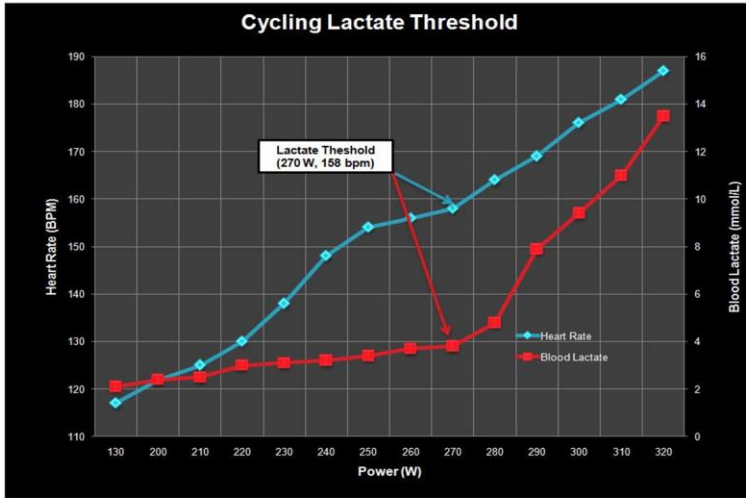
يتم تحديدها عندما يصل
مستوى التراكم في الدم الى ٤
ملمول / لتر

العتبة اللاكتيكية

بينما الشخص ذو الامكانية
التدريبية العالية يصل الى
العتبة بمستوى ٨٥% من الـ
vo2max

الشخص غير المتدرب او ذو
اللياقة البدنية الغير جيدة يصل
الى العتبة بمستوى ٥٠% من
vo2max

العتبة الفارقة اللاهوائية



حامض اللاكتيك و التدريب الرياضي .

يعد حامض اللاكتيك مؤشراً عن الحالة التدريبية للاعبين سواء أكانت نسبة حامض اللاكتيك قبل و بعد الجهد البدني أم بعده فضلاً عن أنه مؤشر مهم على شدة التدريب و كذلك قدرة العضلات و أجهزة الجسم الداخلية على مقاومة التعب الناتج عن المجهود البدني عالي الشدة ، لذلك فإن حامض اللاكتيك يستخدم في تقويم البرامج التدريبية و التعرف على تأثيرها في أنظمة إطلاق الطاقة الهوائية و اللاهوائية .

ويشير (ريسان خريبط ، علي تركي) إلى أن دراسة التدريب الرياضي و تطوير الاهتمام باستخدام حامض اللاكتيك أكثر من أي مؤشر آخر مثل الأوكسجين و استهلاك الأوكسجين و ذلك من أجل قياس و تقويم الحمل الزائد على التمثيل الغذائي الهوائي .

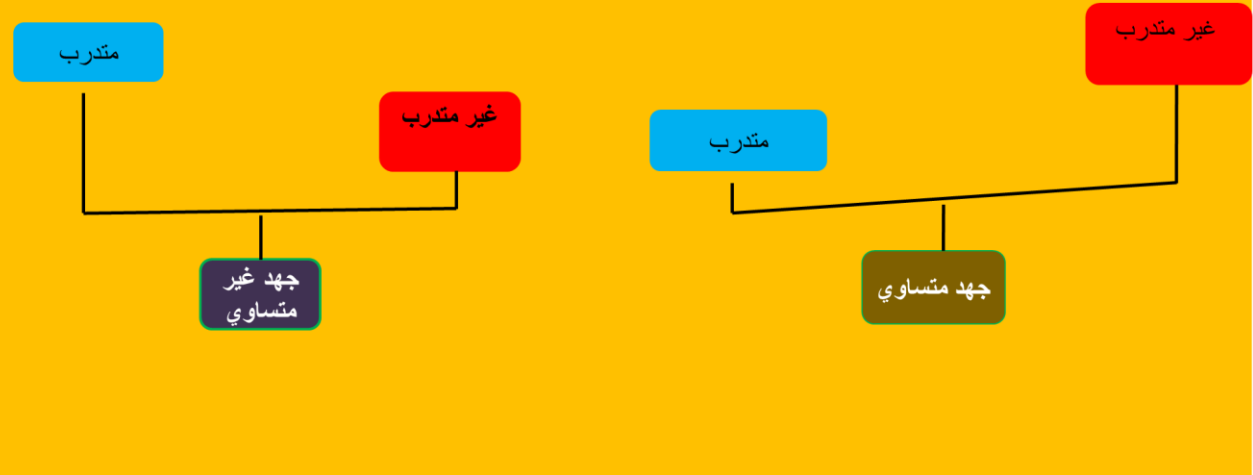
ونتيجة التدريب الرياضي يستطيع الرياضي تحمل نسبة مرتفعة من تركيز حامض اللاكتيك في الدم و يتفق مع ذلك كل من (ميكاردل و كاتش) على حدوث زيادة في تركيز حامض اللاكتيك في الدم بعد المجهود البدني وهذا يدل على تحسن الحالة الفسيولوجية للرياضيين و قدرتهم على الاستمرار في الأداء بالرغم من نسبة تركيز حامض اللاكتيك بالدم فزيادة تركيز حامض اللاكتيك في الدم يعد المجهود تدل على تحسن قدرة الرياضي على تحمل اللاكتيك كما أنها تدل على تحسن في القدرة على إنتاج الطاقة خلال التأثير اللاهوائي للكلايكوجين . و لأهمية قياس حامض اللاكتيك وجدت طريقة تدريب تسمى (تحمل اللاكتات) وهي إحدى الطرائق المباشرة في تأثيرها على المتغيرات الوظيفية لأنتاج اللاكتيك ، إذ أن تحديد مواصفات البرنامج الذي تريد استخدامه وفقاً لنوع النشاط الرياضي التخصصي يتم تحديد (شدته ، عدد تكراراته و عدد المجموعات ، و مدة الأداء إلى مدة الراحة و نوع الراحة) وفق أنظمة الطاقة (الفوسفاتية ، اللاكتيكية ، الهوائي) و على معدل النبض يعد مقياساً شائع الاستخدام و تقديراً للجهد الرياضي .

إذ يمكننا من خلاله معرفة الشدة و تأثيرها على عضلة القلب و هذا يمثل الصورة الخاصة بحمل التدريب الواقع على اللاعب ، لأن تحسن عمل عضلة القلب لا ينتج عنه بالضرورة تأقلم العضلات المشتركة في العمل العضلي ، في حين أن قياس نسبة تركيز حامض اللاكتيك هو قياس مباشر لشدة التدريب و تأثيرها على العضلة . ويرى (محمد عثمان ، ١٩٩٠) أن نسبة تركيز حامض اللاكتيك في الدم من المؤثرات الرئيسية التي تعمل على قدرة الفرد على الاستمرار في الأداء و يعني ذلك أن الفرد الذي تظهر عنده هذه النسبة بصورة أقل تكون عنده المقدرة أكبر على الاستمرار في الأداء من غيره الذي تظهر عنده نسبة تركيز هذا الحامض عالية . أما (هيثم الراوي ، ١٩٩٦) فيؤكد بأن التدريب الرياضي لمدة طويلة ينتج عنه انخفاض مستوى حامض اللاكتيك في الدم بعد أقصى حمل تدريب الرياضيين أو الأفراد المدربين بغير المدربين أظهرت النتائج أن المدربين يتميزون بالقدرة على الاحتفاظ بمستوى أقل من حامض اللاكتيك في الدم أثناء التدريب المنتظم وهذا يدل على تحسن الكفاية الكيميائية والحيوية بالتدريب . ويرى الباحث إن الرياضي يمكن أن تكون لديه نسبة تراكم عالية من حامض اللاكتيك بعد المجهود البدني العنيف مقارنة بغير

المدربين والسبب في ذلك يعود إلى إن مدة الأداء للرياضي أطول مما هي عند غير المدربين وهذا يعني أن هنالك زيادة في مدة العمل اللاهوائي فضلاً عن تكسير كمية كلايوجين أكثر مما هو عند غير المدربين لذلك يكون هنالك كمية تراكم أكبر من حامض اللاكتيك وهو يمكن أن يكون مؤشر إيجابي على تطور عمل الأنزيمات المؤكسدة وكذلك أجهزة الجسم الداخلية وقدرة العضلة في تحمل هذا التراكم .

حامض اللاكتيك والتدريب الرياضي

• يعد حامض اللاكتيك مؤشراً عن الحالة التدريبية للاعبين بعد الجهد البدني فضلاً عن أنه مؤشر مهم على شدة التدريب و كذلك قدرة العضلات و أجهزة الجسم الداخلية على مقاومة التعب الناتج عن المجهود البدني عالي الشدة ، لذلك فإن حامض اللاكتيك يستخدم في تقويم البرامج التدريبية و التعرف على تأثيرها في أنظمة إطلاق الطاقة الهوائية و اللاهوائية



تدريب تحمل اللاكتيك.

يطلق على هذا النوع من التدريب أيضاً تسميات وهي ((تحمل السرعة – التحمل اللاهوائي وقدرة التحمل)) إذ إن هذا النوع من التدريب يتطلب جهد عالي عند التدريبات الخاصة به فضلاً عن التأثيرات الكبيرة على أجهزة الجسم الداخلية ورفع الكفاءة البدنية للاعب . أن تدريب الرياضيين على زيادة القدرة على تحمل اللاكتيك الذي يتراكم في عضلاتهم في السباقات . يجعلهم قادرين على إنهاء السباق السريع مع المحافظة على السرعة لأطول مدة ممكنة فهذه التكتيفات الفسيولوجية تسمح بإنتاج المزيد من الطاقة اللاهوائية ويتم تنمية تحمل اللاكتيك من خلال :

- تحسين عمل المنظمات الحيوية بزيادة نشاط أنزيم LDH في العضلات

- زيادة تحمل الألام الناتجة عن تراكم الأحماض مما يساعد الرياضي على المحافظة على سرعته في السباق بالرغم من النقص التدريجي للأس الهيدروجيني (PH) الدم لذلك فإن القدرة على تحمل تراكم حامض اللاكتيك له أهمية خاصة في النجاح في السباقات خصوصاً في الثلث الأخير فيها وعدم التحسين في هذه العمليات الفسيولوجية يؤدي إلى ظهور مبكر لحامض اللاكتيك وبكميات كبيرة . ويؤكد (أبو العلا احمد ، ٢٠٠٣) على إن تنمية تحمل اللاكتيك تهدف إلى تنمية قدرة العضلة على تحمل الألم الناتج عن النظام اللاكتيكي أي تحمل السرعة ، وعند تصميم التمرينات في هذه الحالة . يجب ملاحظة إن أقصى شدة لتكوين حامض اللاكتيك تحدث بعد ١٥ – ٤٥ ثانية بعد بداية الفرد الاستمرار في الأداء لمدة طويلة ، غير أن التدريب يحسن هذه الكفاءة ويستطيع الرياضي الاستمرار بالعمل بالرغم من زيادة حامض اللاكتيك وبالرغم من الإحساس بالتعب لمدة أطول . وعندما يهدف التمرين إلى تنمية المقدره القصوى يكون زمن استمرارية التمرين ٣٠ – ٤٥ ثا وحتى ٦٠ – ٩٠ ثانية وعندما يكون الهدف تنمية سعة تحمل اللاكتيك يستمر العمل ٢ – ٤ دقائق ويمكن استخدام تمرينات قصيرة الدوام لتنمية الإمكانيات اللاكتيكية ٣٠ – ٦٠ ثانية إلا أن ذلك يتطلب زيادة عدد التكرارات في التمرينات في المجموعة الواحدة . بحيث يكون الزمن الكلي من ٣ – ٤ دقائق إلى ٥ – ٦ دقائق . ويشير (جبار رحيمة ، ٢٠٠٧) إلى أن تحسين قدرة نظم إنتاج الطاقة اللاواكسجينية (حامض اللاكتيك) يتطلب توجيه مكونات حمل التدريب بما يجعل معدل التراكم في

العضلات والدم اكبر من معدل التخلص منه وهذا يعني أن يكون تركيز حامض اللاكتيك اكبر من (٤ ملمول / لتر دم)، لضمان تجاوز العتبة اللاكتيكية ولخلق تكيفات وظيفية في أجهزة وأعضاء الجسم المختلفة وتجعلها قادرة على تحمل نقص الأوكسجين ومايصاحبه من نسبة تراكم لحامض اللاكتيك وارتفاع مستوى الدين الاوكسجيني وتغير قيمة PH الدم ، وهذا يؤدي إلى تحسين قدرة الرياضي على تحمل مثل تلك الظروف الفسيولوجية والكيميائية إثناء التدريب ، مما يجعل الرياضي يخوض المنافسات بكفاءة عالية لان ظروف التدريب أصبحت مشابهة أو أصعب من الظروف المنافسة ومن اجل تطور هذا النظام يجب أن تكون شدة التدريب متوافقا كما يلي

- شدة التدريب - ٨٠ - ٩٥ % من أفضل أنجاز وهذا يعني أن تؤدي التمارين بالشدة الأقل من الأقصى
- فترات الراحة بين التمارين بحيث يصل النبض إلى (١٢٠ - ١٣٠ ض / د) أي عدم استعادة الشفاء الكامل وذلك لضمان بناء نسبة من حامض اللاكتيك ، أما فترات الراحة بين المجموعات فقد تصل إلى (١٢٠) لضمان استعادة أكبر للاستشفاء قبل أداء المجموعات التالية .
- أن تنفيذ تدريبات حامض اللاكتيك تفرض على الجسم متطلبات عالية من تراكم من حامض اللاكتيك .
- ارتفاع مستوى الدين الأوكسجين ، و عالية فأن هذه التدريبات تكون بعد تدريب السرعة و القوة ، وهذا يعني عدم تقديمها في بداية الوحدة التدريبية . تفضل استخدام طريقة التدريب الفترتي المرتفع الشدة أو الفارتلك عند تدريب التحمل اللاكتيكي . و يذكر (عماد الدين ، ٢٠٠٥) إلى أن المسافات المحددة للركض تتراوح ما بين ٨٠ - ٩٠ م أي ما بين ٣٠ - ٩٠ م وفي العادة في الألعاب الجماعية تتراوح ما بين ٣٠ - ٦٠ م تقريباً طبقاً لنوع اللعبة الرياضية وهي المسافة التي يمكن أن يجريها اللاعب بسرعة عالية لكنها ليست قصوى ، إذ أن مسافة جري لاعبي كرة القدم تختلف عن كرة اليد ، السلة ، الهوكي الخ . أما بالنسبة لعدد مرات الجري فهو يشير إلى أن عدد مرات مقطوعات الجري تكون ما بين ٤ - ١٠ مقطوعات .

• الشدة ٨٠ - ٩٠ %

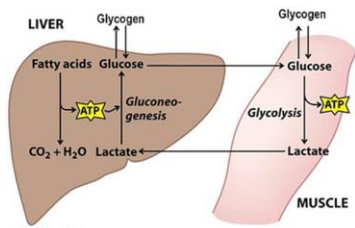
• الشدة ٨٥ - ٩٥ %

• الراحة غير كاملة على اساس عودة النبض الى ١٢٠ - ١٣٠

• الراحة غير كاملة على اساس عودة النبض الى ١٣٠ - ١٤٠

• الراحة كاملة بين مجموعة واخرى وتمارين واخر

حامض اللاكتيك خلال الاستشفاء (بعد الجهد)



The Cori Cycle

