الجامعة المستنصرية
كلية التربية البدنية وعلوم الرياضة
الدراسات العليا/ ماجســـــــــتير

حامض الاكتيك Lactic Acid

محاضرة لطلاب الماجستير لمادة الفسلجة

أ . د غصون فاضل هادي

مفهومه بشكل عام حامض اللاكتيك :

هو مركب كيمائي يطلق عليه أيضا حمض اللبن لأنه يوجد بوفرة في الحليب فسمي باسمه ويدخل في كل المنتجات اللبنية، يتكون حمض اللاكتيك من البيروفات، وعندما يرتفع الجهد البدني للجسم عند الإنسان فإن الجسم يحتاج إلى الطاقة حيث يتحلل جلايكوجين العضلات فيدخل في عضلات الجسم لينتهي بمركب يسمى حمض البيروفات.

ويعمل ذلك الحمض علي التحويل بشكل سريع إلى حمض اللاكتيك فعند زيادة الحمض في عضلة الجسم عند زيادة الجهد البدني الشديد، فهو مسئول عن حدوث الإرهاق في عضلة الجسم التي تقوم بالجهد البدني حيث يتواجد في الكبد.

كما ان زيادة الحامض تقلل من قابلية الكالسيوم في الالياف العضلية وتوثر على وظيفة التقلص العضلي . ان تراكم او تجمع حامض الاكتيك في الالياف العضلية يكون في مناطق الاتصال العضلي العصبي (المشبك) مما يؤدي الى اعاقة وصول الاشارات العصبية .

فوائد حمض اللاكتيك في الجسم:

١- يساعد على القيام بالنشاطات اليومية للجسم من خلال تحول حمض (ATP) إلى حمض اللاكتيك.

٢- يساهم في تخلص الجسم من الأملاح المفرطة.

٣- يساعد الجهاز الهضمي في نقل الطعام المهضوم إلى الأمعاء.

٤- يساعد الجسم على التخلص من الحديد الزائد والكالسيوم الذي يؤدي إلى ضرر حاد للجسم.

٥- يستخدمه الإنسان في الحفاظ على البشرة وحمايتها من ظهور التجاعيد.

٦- يحارب الشيخوخة المبكرة فهو يعمل على تأخر الشيخوخة في عمر العشرينات لأنه من (الألف هيدروكسي)، فهو أقوى الأحماض في تقشير البشرة أو الجلد الخارجي للجسم وذلك عن طريق تناول اللبن بانتظام واستمرارية وأكل الزبادي و تناول الفاكهة التي تحتوي على الحمض والخضروات.

٧- يساعد حمض اللاكتيك على الإقلال من نسبة الكوليسترول في الدم.

٨- يساعد الحمض على امتصاص المعادن الهامة للجسم خاصة عنصر البروتين والكالسيوم الذي يعمل على تقوية العظام

تخزين حمض اللاكتيك في الجسم :

يتم تخزين الحمض عن طريق تواجد غاز ثاني أكسيد الكربون والماء، وذلك لأنهما يساعدان على تكسير الحمض وتحوله بيرقات، فيتحول حمض اللاكتيك إلى جلوكوز ثم إلى جلايكوجين، فينتقل أخيرًا إلى أماكنه مثل كل عضلة في جسم الإنسان، فيتم تخزين الحمض في الكبد.

أسباب ارتفاع حمض اللاكتيك في الجسم :

١- ممارسة التمارين الرياضية ينتج عنها ارتفاع حاد لحمض اللاكتيك في الجسم بسبب العمل الشاق الذي يقوم جسم به ونقص التأكيد في جسم، فيكون الوضع الصحي للجسم صعب جدًا لان هناك اتصال بين مستوى حمض اللاكتيك والدم الحمضي.

٢- يرتفع الحمض عند التهاب عضلة القلب التى تؤثر على أكسجين الجسم لأن ارتفاع حمض اللاكتيك مرض تمثيلي غذائي.

٣- يحدث في حالة حدوث اضطراب في الأحماض العضوية.

كيفية الاقلال من مخاطر زيادة مستوى حمض اللاكتيك :

١- يجب المحافظة على نسبة الماء بالجسم فإن حمض اللاكتيك له قابلية للذوبان في الماء في الجسم، فإذا زادت نسبة الماء قل نسبة حمض اللاكتيك.

٢- الحرص على التنفس بعمق وبطريقة صحية لأن الأكسجين يساعد تقليل حمض اللاكتيك في العضلة المرهقة .

٣- النشاط المستمر للجسم وعدم الخمول الذي يؤدي إلى زيادة الحمض في العضلات، فكلما زاد مستوى الطاقة قل إفراز نسبة حمض اللاكتيك.

٤- تناول الطعام الذي يحتوي على كميات كبيرة من الماغنيسيوم مثل السبانخ، الكرنب، اللفت.

ألية تكوين الطاقة في نظام اللاكتيكي :

أن النظام اللاكتيكي (نظام حامض اللاكتيك) هو أكثر تعقيداً من النظام الأول (الفوسفاجيني) لكنه يكون أقل تعقيداً مقارنة بالنظام الثالث (الهوائي) لهذا يجب التركيز على طبيعة الية تكوين الطاقة في النظام اللاكتيكي من خلال الخطوات التاليه :

الخطوة الأولى : تحلل الكلوكوز بوجود أنزيم هيكسوكينيز يعمل على فسفرة غير العكسية للكلوكوز ٦ فوسفات مستهلكا لهذا جزئي ATP وكما هو الحال لجميع عمليات الفسفره فان ايون Mg4 يكون عاملا مرافقا ضروريا ويكون التفاعل المحفز بأنزيم هكسوكينيز احد التفاعلات الثلاثة الرئيسية تعمل على تنظيم سرعة التفاعلات انحلال السكر لا هوائيا .

الخطوة الثانية : تكوين المناظر (الممثل) فركتوفيورانوز - ٦ - فوسفات من كلوكوبايرانوز (كلوكوز فوسفات ايزوميريس)

الخطوة الثالثة : يحفز أنزيم فوسفوفركتوز كينيس (PFK) عملية الفسفرة غير العكسية للفركتوز ٦ فوسفات فيتكون فركتوز ١.٦ ثنائي (داي) فوسفات . وهذا التفاعل يعمل أيضا على تنظيم سرعة عملية أكسده السكر لاهوائيا (الكلايكوليسيس) حيث تتأثر فعالية الأنزيم المنظم بعدد من المواد الوسطية مثل الـ ATP وحامض الستريك التي تعمل كمؤثرات سالبه ، 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 فان أي زيادة في نشاط هذا الأنزيم يصاحبه أكسدة السكر لا هوائيا ، أي يكون هنالك تراكم اكبر لحامض اللاكتيك

الخطوة الرابعة : تحلل جلير دهايد مع ثنائي هيدروكسي استيون فوسفات مع ٣ ذرات فوسفات

(Glyceradaehyde3 -phosphate+Dinydrotya. acetone phosphate)

الخطوة الخامسة : يتحلل ثنائي هيدروكسي استيون فوسفات الى جلير دهايد ويعطينا ٣ ذرات فوسفات بوجود آنزيم تريوز ايزوميريز Trisose isomerase .

الخطوة السادسة : تحلل جلير دهايد مع ٣ ذرات فوسفات الى ١.٣ حامض ثنائي فوسفوجليسريك ، ويعتمد تحلل الكلوكوز على توفر نيوكيوتيدات (NAD) في الخلية التي

نظام الطاقة اللاكتيكي (Lactic Acid system)

ويعتمد هذا النظام على اعادة بناء ATP لاهوائيا بواسطة عملية الجلكزة اللاهوائية . ويختلف هنا مصدر الطاقة حيث يعتبر مصدرا غذائيا يأتي من التمثيل الغذائي (للكربوهيدرات)التي تتحول الى صور بسيطة في شكل سكر الجلوكوز الذي يمكن استخدامة مباشرة لانتاج الطاقة أو يمكن ان يخزن في الكبد أو العضلات على هيئة جليكوجين لاستخدامه فيما بعد . وعند استخدام الجليكوجين أو الجلكوز لانتاج الطاقة في غياب الاوكسجين، فأن ذلك يؤدي الى تراكم حامض اللاكتيك في العضلة والدم وهذا بدوره يؤدي الى التعب العضلي عند زيادتة. ويتم استعادة بناء ATP من خلال الانشطار الكيميائي للجليكوجين ليمر بعدة تفاعلات كيميائية حتى يصبح حامض اللاكتيك وخلال ذلك تتحرر الطاقة اللازمة لاعادة بناء ATP.

أن النظام اللاكتيكي يأتي بعد أستنفاذ الطاقة في النظام الفوسفاجيني بعد استنفاذ مركبي (ATP + PC) ليتم أنتاج الطاقة أيضاً بطريقة لاهوائية بعد ما يكون الأداء والانقباض العضلي يستمر أكثر من (٣٠) ثانية بحيث لايمكن للفرد الاستمرار بالأداء وفق النظام الفوسفاجيني وبالتالي يبدا هنا دور النظام اللاكتيكي والذي يتم إنتاج الطاقة اللازمة للانقباض العضلي باستخدام هذا النظام بعدم كفاية الأوكسجين ، وأن مصدر إنتاج الطاقة في هذا النظام هي مادة الكلايكوجين الناتجة عن طريق المواد الكاربوهيدراتية التي يتناولها الإنسان ، إذ تتحول خلال عمليات الهضم إلى سكر الكلوكوز ، ثم يخزن في العضلات والكبد على شكل كلايكوجين الذي ينشطر عند الحاجة إلى طاقة ، ويتحول إلى

سكر الكلوكوز ثم إلى حامض اللاكتيك ويساعد على إعادة بناء ال (ATP) لإنتاج الطاقة اللازمة .

ويعد هذا النظام المسؤول عن انتاج الطاقة عندما تتجاوز مدة العمل العضلي (٣٠) ثانية الى (٣) دقائق بوصفه نظاما مسيطرا.

يعتمد هذا النظام على إعادة بناء ATP لاهوائياً بوساطة عملية الجلكزة اللاهوائية ، ويختلف هنا مصدر الطاقة حيث يكون مصدرا غذائيا يأتي من التمثيل الغذائي للكربوهيدرات التي تتحول إلى صورة بسيطة في شكل سكر جلوكوز يمكن استخدامه مباشرة لإنتاج الطاقة ، أو يمكن أن يخزن في الكبد أو العضلات على هيئة كلايكوجين لاستخدامه فيما بعد .

وعند استخدام الكلايكوجين أو الجلوكوز لإنتاج الطاقة في عدم كفاية الأوكسيجين ، فان ذلك يؤدى إلى تراكم حامض اللاكتيك في العضلة والدم ، وهذا بدوره يؤدي إلى التعب العضلي عند زيادته . وتتم استعادة بناء ATP من خلال الانشطار الكيميائي للكلايكوجين ليمر بعدة تفاعلات كيميائية حتى يتحول إلى حامض اللاكتيك ، وخلال ذلك تتحرر الطاقة اللازمة لإعادة بناء APT ومن عيوب نظام حامض اللاكتيك قلة كمية ATP التي يمكن استعادتها من انشطار السكر مقارنة بحالة اتمام التفاعلات الكيميائية في وجود الأكسيجين ، وعلى سبيل المثال فان كمية الكلايكوجين التي مقدارها ١٨٠ جراما تؤدي إلى استعادة بناء ٣ مول ATP فقط في حالة عدم كفاية الأوكسيجين (لاهوائي) بينما تؤدي نفس هذه الكمية من الكلايكوجين إلى استعادة بناء ٣٩ مول ATP في حالة وجود الأوكسيجين (هوائي) ، إلا أن النشاط البدني الذي يعتمد على الجلكزة اللاهوائية لا يحتاج إلى إعادة كمية كبيرة من ATP اذ لاتزيد حاجة الجسم عن ١ - ١ ، ٢ مول ، ويرجع السبب في ذلك إلى إن العضلات والدم يمكنها تحمل وجود حوالي ٦٠ - ٧٠ غراما من حامض اللاكتيك قبل ظهور التعب ، ، فإذا ما تم انشطار كل كمية الكلايكوجين التي مقدارها ١٨٠ غراما فان العضلة والدم لا يستطيعان تحمل كمية حامض اللاكتيك المنتجة (١٨٠ جراما) ، ولذا فان حامض اللاكتيك في هذه الحالة يعد معوقا للأداء العضلي .

مميزات هذا النظام :

١- يحدث التعب العضلي نتيجة تراكم حامض اللاكتيك

٢- لا يحتاج الى وجود الاوكسجين

٣- يعتمد فقط على الكربو هيدرات كمصدر للطاقة (الجليكوجين – الجلكوز)

٤- ينتج كمية كافية من الطاقة لاستعادة عدد قليل من مولات ATP .

وهذا النظام هو عبارة عن (١٢) تفاعلات كيميائية بوجود (١١) أنزيم مساعد وتكون النتيجة النهائية من التحلل اللاهوائي لتحلل الكلوكوز أو الكلايكوجين هي حامض اللاكتيك وتبدأ عملية التحلل بالكلوكوز أو الكلايكوجين كما ذكرنا سابقاً وهي عبارة عن ٦ ذرات كاربون ($C_6H_{12}O_6$) وتنتهي بحامض البايروفيك ، ٣ ذرات كاربون ($C_3H_4O_3$)وفي نهاية التحلل ينتج حامض اللاكتيك ايضا ٣ ذرات كاربون($C_3H_6O_3$) وتحدث هذه التفاعلات في ساركوبلازم (سايتوبلازم) الليف العضلي وخلالها يتم تحرير طاقة كافية لإعادة بناء (٤) مركبات من ATP وذلك في التفاعل السابع والتفاعل العاشر ولكن في ذات الوقت تستهلك هذه التفاعلات طاقة لتنشيطها تعادل طاقة مركبين من ATP وذلك في التفاعل الأول والثاني عليه فأن محصلة الطاقة المتولدة في هذا النظام هي (٢) ATP لتحليل جزيئه كلوكوز واحدة وكما في المعادلة :

$$C_6H_{12}O_6 + 2ATP + 2Pi \rightarrow 2ATP + 2C_3H_6O_3$$

أما عند استخدام الكلايكوجين فإن الناتج النهائي يكون (٣) ATP لأنه عند استخدام الكلوكوز يتم استخدام ATP واحد لتحويل الكلوكوز - ٦ - فوسفات في التفاعل (٣) وبمساعدة أنزيم PFK أما في الكلايكوجين فلا تحتاج إلى هذا ال ATP في التفاعل (٣) ويتميز استخدام نظام حامض اللاكتيك في أنتاج الطاقة بسرعة أمداد العضلة بالمصدر المباشر للطاقة ATP وعلى سبيل المثال فان الأنشطة الرياضية التي تؤدي بالسرعة العالية

خلال مدة زمنية من ٣٠ ثا إلى ٣ دقائق تعتمد بدرجة كبيرة على نظام حامض اللاكتيك ، ومن هذه الأنشطة العدو ٤٠٠ متر و ٨٠٠ متر .

ومما تقدم نلاحظ أن النظام الثاني للتحلل اللاهوائي نظام حامض اللاكتيك يعتبر النظام السائد للفعاليات التي يكون الجهد البدني والعضلي لها دون القصوي أي بشدة ٩٠ % أي الفعاليات التي يرافقها تحمل الاداء وهذا مايميز العديد من الألعاب والفعاليات ويجب على المدربين بناء مناهجهم التدريبية وفق مميرات هذا النطام حتى يمكن الوصول بالرياضيين لأفضل الانجازات وبما أن المحصلة النهائية للتحلل اللاهوائي للكلايكوجين في العضلات أو الكلوكوز في الدم هي حامض اللاكتيك وتزداد كفاءة الرياضي الذي يستطيع الأداء لأطول فترة زمنية مع الارتفاع الحاصل مع حامض اللاكتيك ولهذا التدريبات التي تتميز بالخصوصية لهذا النظام ترفع من كفاءة الرياضيين لتحقيق أفضل النتائج .

حامض اللاكتيك في النشاط الرياضي :

يعتبر حامض اللاكتيك هو أحد الأحماض التي تنتج في جسم الإنسان وتحديداً في عضلات الجسم أثناء النشاط الرياضي ، حيث يعتبر هو الناتج النهائي لعملية تحلل الجلوكوز بعدم كفاية الأوكسجين ويطلق مصطلح " إنتاج حامض اللاكتيك " ب (Ra) ويطلق على التخلص من هذا الحمض ب (Rd) ، وعادة في جسم الإنسان الطبيعي يكون هناك توازن بين إنتاج حمض اللاكتيك و التخلص منه (Ra = Rd) وبهذا يكون تركيز حمض اللاكتيك في الدم في الفرد العادي أثناء الراحة (١.٠-٠.٥) ملي مول /لتر لكن بعد الجهد يبدأ حامض اللاكتيك بالأرتفاع تدريجياً خلال العمل اللاهوائي ويصل ذروة عند ٣ دقائق وقد يصل في بعض الألعاب أكثر من ١٠ ملي مول / لتر . ولكي نوضح طبيعة العلاقة بين تركيز حامض اللاكتيك والنشاط الرياضي يجب أن نأخذ بعين الاعتبار ماهي مصادر الطاقة للعضلة ومتى ياتي دور حامض الاكتيك في توفير الطاقة وحسب النشاط الرياضي الممارس فأن مصدر الطاقة للعضلة يكون هوائياً أو لا هوائيا وذلك بحسب طريقة إعادة بناء ثلاثي فوسفات الادينوسين وعند دراسة علاقة الجهد البدني بحامض اللاكتيك علينا أن نعرف بأي الطريقتين تحصل العضلة على الطاقة ويتوقف ذلك على معرفة نوع الجهد وشدته ومطاولته

، فعند بداية أي جهد عضلي يحتاج الجسم كمية من الطاقة يستمدها من المركبات الفوسفاتية المخزونة في الجسم والتي سرعان ما تستنفذ نتيجة قلة كميتها التي لا يترتب على استهلاكها اي مخلفات ثانوية متراكمة ، وعند الاستمرار بالجهد يلجأ الجسم الى سد احتياجاته المتزايدة من الطاقة عن طريق الادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP المستحصلة بالطريقة اللاهوائية والتي هي تراكم لحامض اللاكتيك في عضلات الجسم ، وان المصدر الغذائي الأولي لعملية الاكسدة هذه هو الكلايكوجين وعند الاستمرار بالجهد فسوف لا يقتصر على مصدر الطاقة الكلايكوجيني السهل الاستخدام وانما على ما يحويه الدم من الحوامض الجسمية والكلوكوز بعد ان تنتقل الى خلية العضلة. مما ذكر آنفا نستدل على ان الكلايكوجين العضلات يكون المصدر الرئيس للطاقة في اثناء الجهد البدني المرتفع الشدة مؤديا الى تحلله الى حامض البايروفيك ذو الجزيئات الكربونية الثلاث ولكن عندما تكون شدة الجهد البدني عالية جدا والحاجة الى الATP ماسة وأعلى من معدل توفير الاوكسجين O2 فأن حامض البايروفيك يقبل حتما أيون الهيدروجين وبالتالي يتم اختزاله الى حامض اللاكتيك لذا فأن انتاج حامض اللاكتيك هو في الواقع الطريقة الوحيدة التي تضمن استمرار التحلل الكلايكولي وتعتمد على تواجد مركب ناقل هو AND الذي يتم توافره من عملية تحول البايروفيك الى حامض اللاكتيك ، وما لم يتم نقل (NAD,NADH) .

من والى الميتوكوندريا بسرعة كافية فإن حامض البايروفيك سيتحول لا محال الى حامض اللاكتيك ، وستكون المحصلة النهائية هي ارتفاع مستوى تركيز حامض اللاكتيك في الدم نتيجة لزيادته بدرجة كبيرة من معدل التخلص منه . ويختلف تركيز حامض اللاكتيك بالدم حسب نوع وطبيعة النشاط الرياضي الممارس .

هناك العديد من الدراسات التي أثبتت العلاقة بين حامض اللاكتيك والنشاط الرياضي ومنهم . ١٩٦٤ (WASERMAN et al) والذي أكد أن زيادة حامض اللاكتيك في الدم تكون عندما يتمرن الإنسان عند معدل منخفض من الأوكسجين (Hypoxia) .

و (Douglas 1972) كلها تقول ان هناك ما يسمى البداية اللاهوائية (Anaerobic Threshold) وان عضلة الانسان تعمل لاهوائيا عندما تصل الى الجهد الاقل من الاقصى

(Submaximal exercise)

اذ يتجمع حامض اللاكتيك في العضلة عندما يكون معدل انتاجه في العضلة اكبر من معدل التخلص منه مما يؤدي الى تراكمه وبالتالي التوقف عن النشاط الرياضي .

كلها تقول أن هناك ما يسمى البداية اللاهوائية (Anaerobic Threshold) وأن عضلة الإنسان تعمل لاهوائياً عندما تصل إلى الجهد الأقل من الأقصى (submaximal exercise) أذ يتجمع حامض اللاكتيك في العضلة عندما يكون معدل إنتاجه في العضلة أكبر من معدل التخلص منه مما يؤدي إلى تراكمه وبالتالي التوقف عن النشاط الرياضي .

ومن خلال التجارب السابقة يمكن التعرف على تركيز حامض اللاكتيك من خلال النبض وبالتالي يمكن أن نقنن التدريب على اساس النبض وهو من أفضل الأساليب المستخدمة مع تركيز حامض اللاكتيك ولهذه الخاصية يوجد هناك ما يسمى بالأقاليم الرياضية (exercise zones) ويتم تقسيمهم بحسب نبضات القلب ولكن يجب علينا أن نعرف ما هو الحد الأعلى النبضات القلب (Maximum Heart Rate) ، ويمكن حسابة تقريبا بالمعادلة التالية :

(الحد الاقصى لنبضات القلب = ٢٢٠ - عمر الانسان) .

مصير حامض اللاكتيك بعد الجهد البدني :

ان نظام الطاقة الثاني اللاكتيكي تكون المحصلة النهائية لتحليل الكلوكوز لاهوائيا هو حامض اللاكتيك لكن لايمكن لجزيئات حامض اللاكتيك الناتجة أن تدخل في تفاعلات اخرى حيث يعتبر حامض اللاكتيك نهاية عملية التمثيل الغذائي اللاأوكسجيني ولذلك فان الطريق الوحيد الذي يمكن من خلالة التعرف على مصير حامض اللاكتيك بعد نهاية عملية التحليل اللاهوائي للكلوكوز هو الانتقال من العضلات الى الدم ومن ثم الى الكبد أذ تتم عملية تحلل حامض اللاكتيك داخل الكبد فيكون هنا دور أنزيم (LDH) في تحليل اللاكتيك يكون حامض البايروفيك الذي يتحول الى كلايكوجين مخزون في العضلات كي يمكن الاستفادة منة مرة اخرى كمصدر للطاقة وهذا يتم بدورة تدعى (دورة كوري)

ألية التخلص من حامض اللاكتيك أثناء الجهد وبعده :

اختلفت الدراسات حول تحديد الية التخلص من حامض اللاكتيك اذ أن حامض اللاكتيك خلال فترة الجهد البدني ينتقل من الخلايا العضلية إلى الدم أو الفراغات خارج الخلايا Extracel Jular Spaces ويتم انتقال بعض الحامض خلال الألياف العضلية الأخرى غير العاملة ، وذلك لاستهلاكه كمصدر للطاقة ، كما يتم دفع جزء أخر منه إلى الدم حتى يتم نقله إلى القلب والكبد فيستهلكه القلب ، بينما يقوم الكبد بتحويله إلى جليكوجين ، وبالتالي فان زياده تخلص العضلة من حامض اللاكتيك يؤدي إلى تأخير انخفاض درجة PH العضلة فتتسبب في حدوث التعب .

ونظرا لحداثة فكرة زيادة التخلص من حامض اللاكتيك في العضلة ، وعلى الرغم من أهمية هذه العملية ، إلا أنه لا توجد حقائق مؤكدة على إمكانية استخدام التدريب الرياضي بهدف زيادة كفاءة العضلة في ذلك ، وأي من طرائق التدريب يمكن استخدامها لتحقيق هذا الهدف ؟ وعموما فأنه ليس من الصعب افتراض إن التدريب الرياضي سوف يزيد من معدل التخلص من حامض اللاكتيك في العضلة ، فقد ثبت زيادة الإنزيمات المسئولة عن التنظيم الغذائي لحامض اللاكتيك في العضلات والأعضاء الأخرى نتيجة التدريب الرياضي . ويساعد الجهاز الدوري في التخلص من حامض اللاكتيك عن طريق زيادة توصيل الدم إلى العضلات العاملة نتيجة لزيادة الدفع القلبي وكثافة الشعيرات الدموية وتوزيع سريان الدم ، وكل ذلك يعمل على سريان الدم خلال العضلات لمدة زمنية معينة مما يسمح بزيادة انتشار اللاكتيك منها إلى الدم الذي يقوم بنقله إلى القلب والكبد والعضلات الأخرى غير العاملة ، وقد دلت دراسة كبول ودول كيبلر Keul Keppler " 1972 " Doll and على إن الرياضيين أصحاب القلوب كبيرة الحجم تكون فرصتهم أفضل في إزالة حامض اللاكتيك من الدم نتيجة قيام الألياف العضلية للقلب باستهلاك هذا الحامض ، وبذلك يقل مستوى تركيزه في الدم ، وعادة يزيد القصيرة والسرعة . حجم القلب بواسطة التدريب الرياضي ، وهذا يؤكد أهمية تدريبات التحمل العام للاعبي المسافات القصيرة والسرعة . ويساعد نشاط إنزيم (Lactate dehyrogenasce LDH) في التمثيل الغذائي لحامض اللاكتيك ، ولهذا فان أي

زيادة في نشاط هذا الأنزيم يصحبها زيادة في التخلص من اللاكتيك . وهناك نوعان أساسيان من إشكال هذا الإنزيم لدى الإنسان : أحدهما في العضلة (M - LDH) والثاني في القلب (H - LDH) إذ يقوم إنزيم العضلة بتشكيل اللاكتيك من البايروفيك ، بينما يقوم إنزيم القلب

(H - LDH) بتنظيم التفاعل العكسي أي بتحويل اللاكتيك إلى بيروفيك ، وهذا الإنزيم ينتشر في ألياف عضلة القلب كما يوجد في الألياف العملية البطيئة ، بينما يوجد الإنزيم الخاص بالعضلة في ألياف العضلات الهيكلية ، ويجب أن يؤخذ في الاعتبار أن هذه الملاحظة تعتبر إلى حد ما نظرية حيث انه من الممكن إن يقل نشاط أنزيم (H - LDH) نتيجة زيادة الحمضية ، ولا توجد دلائل محددة عن تأثير التدريب الرياضي على هذا الإنزيم حيث سجلت إحدى الدراسات نقصا في نشاط إنزيم (H - LDH) بينما سجلت دراسة أخرى عدم حدوث تغيرات ، وقد أظهرت دراسة " جوليك و سيمون " ١٩٩٧ زيادة في نشاط أنزيم (H - LDH) في عضلة القلب لدى فئران التجارب بعد تدريبها لعدة أسابيع على التحمل في السباحة ، في الوقت الذي لوحظ فيه نقص نشاط إنزيم (M - LDH) في العضلات الهيكلية ، وعموما فان إمام الباحثين في هذا الموضوع إجراء المزيد من الدراسات للتعرف على ما إذا كانت زيادة إنزيم (M - LDH) يصاحبها نقص في انشاط إنزيم (H - LDH) ، وقد تتأثر عملية إزالة حامض اللاكتيك أيضا بنشاط أنزيم أخر يقوم التنظيم نقل حامض اللاكتيك خارج العضلات ، ويسمى هذا الإنزيم Perm ease Lactate إلا أن الدراسات ما زالت قليلة في هذا المجال .

اما بالنسبة لالية التخلص من حامض اللاكتيك بعد الجهد فهناك العديد من الدراسات التي تطرقت إلى ذلك فقد أجرى (Lien and Lai) دراسة في تركيز حامض اللاكتيك في الدم طوال الفترة الزمنية للتخلص منة أثناء عملية الأستشفاء وقد أجريت الدراسة على (١٥) لاعباً متوسط أعمارهم (١٢.٦) سنة ومتوسط الوزن (٦٣ . ٣) كغم ومتوسط الطول (١٧٠) سم وأستخدمت العينة أختبار بروس وهو الجري على جهاز السير المتحرك لمدة ٦٠ دقيقة وثم قياس اللاكتيك عند وصولة عند (٢.١٣) ملي مول لكل لتر دم وعن الفترة اللازمة للتخلص من حامض اللاكتيك أثناء عملية الأستشفاء تم قياس معدل حامض اللاكتيك

في الدم بعد كل من (٥ دقائق) ثم بعد (١٠ دقائق) وبعد (١٥ دقيقة) وبعد (٢٥ دقيقة) وبعد (٣٥ دقيقة) و (٤٥ دقيقة)

ماذا تعني عتبة اللاكتيك :-

أن العتبة اللاكتيكية بمفهومها البسيطة هي نقطة أو عتبة تكون الحد الفاصل بين الانتقال من التدريب الأوكسجيني إلى التدريب اللأوكسجيني وقد حددها مادير Mader بمقدار(٤)ملي مول من حامض اللاكتيك فإذا تجمع حامض اللاكتيك في دم الرياضي أثناء الأداء أكثر من (٤) ملي مول كل لتر دم فهذا يعني أن اللاعب أنتقل من التدريب الأوكسجيني الى التدريب اللأوكسجيني وأصبحه التدريب لااوكسجنياً أي تم الانتقال من عمليات التمثيل الغذائي الأوكسجيني إلى عمليات التمثيل الغذائي اللاوكسجيني وفسيولوجيا هي أن درجة تراكم حامض اللاكتيك في دم الرياضي أثناء الأداء هي أكبر من درجة التخلص منة .

كيفية تحديد العتبة اللاكتيكية (١) -عندما يصل معدل ضربات القلب أثناء الجهد البدني من (١٧٠ – ١٩٠)ضربة / دقيقة وهذه تشكل نسبة من (٨٥ – ٥٩)% من أقصى معدل الضربات القلب .

(٢)-عندما يصل الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين Max VO2 من (٨٠ – ١٠٠)% من الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين .

(٣) -عندما يصل تركيز حامض اللاكتيك في الدم (٤) ملي مول لكل لتر دم وهو يعادل (٣٦)ملجم كل ١٠٠سم من الدم

أخرى مثل أقصى حالة ثابتة (Maximal Steady State) والعتبة اللاهوائية (Anaerobic Threshold) التي استخدمت بواسطة العلماء الألمان والعتبة الهوائية (Aerobic Threshold) ونقطة التحول اللاكتيكى

(Lactate Breaking Point)

١ ملي مول = كمية الأكسجين المستهلكة بالدقيقة أثناء المجهود البدني المتدرج في شدة الحمل البدني عندما يكون تركيز اللاكتيت في الدم ١ ملي مول والذي يعتبر أعلى من التركيز القاعدي (الأساسي) لتركيز اللاكتيت في الدم ٢.٥ ملي مول = كمية الأكسجين المستهلكة بالدقيقة أثناء المجهود البدني المتدرج في شدة الحمل البدني عندما يكون تركيز اللاكتيت في الدم ٢.٥ ملي مول والذي يعتبر اعلى تركيز قاعدي لتركيز اللاكتيت في الدم .

٢.٥ ملي مول = كمية الاكسجين المستهلكة بالدقيقة اثناء المجهود البدني المتدرج في شدة الحمل البدني عندما يكون تركيز اللاكتيت في الدم ٢.٥ ملي مول والذي يعتبر اعلى من التركيز القاعدي لتركيز اللاكتيت في الدم .

اللاكتيت والتدريب الرياضي (Blood Lactate and Exercise)

يقوم المتخصصون في المجال الرياضي في العادة بقياس قدرة الرياضي وتحمله على الأداء المستمر ولمدة طويلة من الزمن عن طريق اختبارات الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين (VO2max) ، وأغلب طرق التدريب تهدف إلى زيادة وتحسين قدرة العضلات الهيكلية افي استخدام الأكسجين ، وهناك طريقة أخرى لا تستدعي الرياضي بالقيام في أقصى مجهود ولكن بمجرد القيام بالمجهود الأقل من الحد الأقصى وهي طريقة قياس تركيز كمية اللاكتيت (Lactate) المتراكمة أو المتجمعة في الدم أثناء المجهود البدني المستمر في الشدة والذي يرتبط ارتباطاً وثيقاً بأنواع مختلفة من الرياضات التي تعتمد على التحمل فتركيز اللاكتيت

في الدم يعتبر مؤشراً جيداً للتعرف على التقدم والتحسن في الأداء البدني بعد الأشتراك في التدريب الرياضي وكذلك القياس وتحديد التدريب الزائد (ظاهرة الحمل الزائد) والذي يعتبر في معظم الأحيان ضارا للرياضي . ولكن هناك اختلافاً كبيراً بين آراء العلماء في تفسير هذه الظاهرة مما جعل من الصعب التعرف على مايجب قياسه وخاصة أنه يحدث في نفس الوقت الذي ترتفع فيه التهوية الرئوية (Ventilation)

يفضل معظم الباحثين كما ذكرنا قياس تركيز اللاكتيت بدلاً من قياس VO2max للتعرف على قدرة الرياضي في أداء رياضات التحمل الهوائي فتركيز اللاكتيت في الدم يعتمد على عدة عوامل منها نوع الألياف العضلية وعدد الميتوكاندريا في العضلات أماقيمة VO2max فتعتمد على كفاءة الجهازين الدوري والتنفسي مثل حجم دفع القلب في الدقيقة الواحدة وعلى كمية الدم التي يدفعها القلب في كل دقة وعلى عمل العضلات لأن من مقومات الأداء في رياضات التحمل هو المحافظة على معدل ثابت لأقصى استهلاك للاوكسجين ولمده طويله من الزمن

ما هو اللاكتيت :

نعرف أن حمض اللاكتيت (Lactate Acid) هو من أحدى نتائج عملية تحليل الجلوكوز لاهوائياً (Glycolgsis) في سيتوبلازم الخلية وتركيزه في الدم يقل عن تركيزه في العضلة ، حيث تعتمد كمية اللاكتيت في الدم على معدل تكوين حمض اللاكتيك في العضلة و على معدل التخلص منه .

ويجب التفريق بين حمض اللاكتيك والاكتيت فهما مركبين مختلفين فحمض اللاكتيك عبارة عن حمض والتركيب الكيميائي($C_3H_6O_8$) ، أما اللاكتيت فهو أحد أملاح حمض اللاكتيك ، فعندما يطلق حمض اللاكتيك ذرة الهيدروجين تتحد بقية الذرات مع الصوديوم والبوتاسيوم لتكون الملح وفي حالة تحلل الجلوكوز لاهوائياً يتكون حمض اللاكتيك ولكنه يتحلل بسرعة مكوناً اللاكتيت .

يستخدم اللاكتيت في الجسم من خلال الطرق التالية :

١- يتراكم ويزيد تركيزه في العضلة .

٢- يخرج من العضلة .

٣- يتحول الى الالينين .

٤- تكوين الجليكوجين .

٥- يتأكسد ليعطي الطاقة .

اللاكتيت في الدم :

يتفق الكثير من المتخصصين في مجال التدريب الرياضي على أن قياس اللاكتيت في الدم يعتبر من أفضل القياسات التي تعكس مستوى الأداء في رياضات التحمل الهوائي وحتى أنهم يفضلونها على قياس VO2max .

من أحدى المشاكل التي تعترض التفسير الفسيولوجي للتغيرات التي تحدث لهذا المركب هو عدم وضوح السبب في كيفية استجابته للمجهود البدني فالبعض يعتقد بأن نقص الأكسجين والبعض الأخر يعتقد أن هناك اسبابا أخرى لهذا الارتفاع المفاجىء لتركيز اللاكتيت في الدم وخاصة أثناء المجهود البدني المتدرج في شدة الحمل البدني ، وعلى الرغم من أن تعريف العتبة اللاكتيكية موحد إلا أن الأغلبية من الباحثين والعلماء لم يتمكنوا من تحديدها ولكن أتفقوا على أنها تكون عندما يصل تركيز اللاكتيت في الدم إلى حوالي ٤ مليمول إلا أن هناك بعض الأراء التي تحدده عندما يكون تركيزه ١مليمول أو ٢.٥ مليمول على انها هي العتبة اللاكتيكية الحقيقية، بالرغم من الاختلافات في تسمية هذا الارتفاع إلا أنه سوف يتم شرح كل هذه المصطلحات وتحديد كمية تركيز اللاكتيت في الدم. يمكن استخدام النظام المتدرج في

شدة الحمل البدني والذي يبدأ الرياضي من خلاله بالإحماء لمدة ٤ دقائق تقريبا ثم الزيادة التدريجية في شدة الحمل البدني بكل مرحلة بعد ذلك على أن تستغرق كل مرحلة ٣ دقائق ويقوم الباحث أثنائها بأخذ عينات من الدم الشرياني وتحليلها أما كيميائياً أو بأستخدام أجهزة القياس الآلية ثم يستخدم الرسم البياني ومقارنته مع شدة الحمل البدني والذي يظهر على هيئة السرعة ويمكن أيضاً مقارنتها مع كمية استهلاك الأكسجين .

- بداية تراكم اللاكتيت في الدم

(Onset of Blood Lactate Accumulation) = مصطلح استخدم بواسطة العلماء الاسكندينافيين وهو كمايلي" كمية الأكسجين المستهلكة بالدقيقة أثناء المجهود البدني المتدرج في شدة الحمل البدني عندما يكون تركيز اللاكتيت في الدم ٤ مليمول والذي يعتبر أعلى من التركيز القاعدي للاكتيت في الدم " . ويطلق عليه أيضاً العتبة اللاهوائية من بعض الباحثين وخاصة الألمان ففي هذه النقطة يرتفع تركيز اللاكتيت في الدم عند شدة حمل بدني معينة وقد يكون هذا التركيز (١)أو (٢.٥) أو (٤) مليمول ، وقد اختيرت هذه النقطة لإعتقادهم بأنها تعكس التوازن بين كمية انتاج اللاكتيت وكمية التخلص منه أثناء التدريب المتدرج في شدة الحمل البدني حيث تزيد كمية انتاجه عن كمية التخلص منه .

تؤثر زيادة حامض الاكتيك على نقص Ph حموضية الدم ويؤدي الى خلل بها الى عدم اندماج الاكتين والمايوسين لحدوث الانقباض العضلي في الليفة العضلية كما يثبط الانزيمات الخاصة بالطاقة نتيجة زيادة حامض الاكتيك ، كما وتؤثر على نقل الاشارات العصبية خلال النهايات العصبية الى الليفة العضلية .