

حمض اللبنيك:

هل له علاقة بالتعب العضلي؟ أم هو أداة لمعرفة شدة الجهد البدني؟

مقدمة:

منذ زمن طويل وهناك اعتقاد مفاده أن سبب التعب العضلي أثناء أداء الجهد البدني هو تراكم حمض اللبنيك، هذا الاعتقاد مبني على ملاحظة وجود تركيز عال من حمض اللبنيك عند حدوث التعب العضلي بعد جهد بدني عنيف.

فهل هذا الاعتقاد صحيح أم لا؟ وقبل ذلك ما هو حمض اللبنيك؟ وكيف ينتج؟ وما هي آثاره السلبية على الانقباض العضلي؟ وهل له من فوائد؟

في هذه المقالة سنحاول الإجابة على تلك التساؤلات كما سنتطرق لكيفية قياس حمض اللبنيك ومدى إمكانية استخدام تركيز حمض اللبنيك في الدم في ضبط شدة التدريب البدني، لكن يجدر بنا أولاً أن نتعرف باختصار على كيفية حدوث الانقباض العضلي ومصادر الطاقة اللازمة لهذا الانقباض، حتى يتسنى لنا فهم أفضل لكيفية إنتاج حمض اللبنيك.

فسيولوجيا الانقباض العضلي:

تتكون الألياف العضلية بشكل رئيسي من خيوط بروتينية سميكة تدعى خيوط الميوسين وأخرى دقيقة تسمى خيوط الأكتين، ويتم الانقباض العضلي في الواقع عن طريق انجذاب خيوط الميوسين نحو الأكتين. غير أنه يلزم وجود طاقة كيميائية حتى يتم هذا الانقباض، هذه الطاقة الكيميائية تتمثل في مركب يدعى أدينوسين ثلاثي الفوسفات، أو اختصاراً (ATP)، الموجود بالقرب من خيوط الميوسين (الخيوط الغليظة). إلا أن الكمية المتوفرة (أي المخزنة بالقرب من خيوط الميوسين) من هذا الـ ATP لا تكفي لإبضع انقباضات عضلية (لا تزيد عن ثانية واحدة)، يتم فيها استخدام الأدينوسين ثلاثي الفوسفات وإطلاق الطاقة منه ليتحول بعد ذلك إلى مركب أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP)، ولهذا يلزم إعادة شحن هذا الـ ADP وتحويله إلى ATP عن طريق مصادر أخرى حتى يمكن للانقباض العضلي من الاستمرار. إن عملية شحن ADP تتم باستخدام أحد أو جميع الأنظمة الموضحة في الجدول رقم (1) تبعاً لشدة الجهد البدني المبذول (أي تبعاً لمعدل الطلب على الطاقة)،

ونظراً لأن هذه المقالة تتناول موضوع حمض اللبنيك، فإننا لن نتوسع في الحديث عن أنظمة الطاقة، لكن يمكن القول باختصار أن هناك ثلاثة أنواع من أنظمة الطاقة التي تستخدم في إنتاج أدينوسين ثلاثي الفوسفات الضروري لانقباض العضلات، الأول منها هو نظام

الطاقة السريع، الذي يتمثل في كل من الأدينوسين ثلاثي الفوسفات المخزن بالقرب من خيوط الميوسين، ومركب فوسفات الكرياتين (PC)، حيث يمكن لفوسفات الكرياتين من إطلاق طاقة تعيد شحن أدينوسين ثنائي الفوسفات ليصبح أدينوسين ثلاثي الفوسفات، وهي طاقة تقدر كميتها بحوالي خمسة أضعاف كمية الأدينوسين ثلاثي الفوسفات المخزن في العضلة (طاقة تكفي لحوالي ٥ ثواني من الجهد البدني الأقصى). أي أن نظام الطاقة السريع لديه قدرة عالية على إنتاج الطاقة لكن كميته (سعته) محدودة. أما نظام الطاقة الثاني فهو نظام الطاقة القصير الأمد، الذي يتمثل في تحلل الجلوكوجين والجلوكوز لا هوائياً، حيث ينتهيان بحمض اللبنيك، ويتم عبر هذا النظام إنتاج أدينوسين ثلاثي الفوسفات بسرعة عالية لكن بكمية محدودة تزيد قليلاً عما في نظام الطاقة السريع. يأتي بعد ذلك النظام الثالث من أنظمة الطاقة وهو النظام الطويل الأمد أو النظام الهوائي، حيث يتمثل هذا النظام في كل من التحلل الهوائي للجلوكوجين والجلوكوز (أي انتقال معظم حمض البيروفيك إلى الميتوكوندريا ودخوله في سلسلة من العمليات الكيميائية بغرض إنتاج الطاقة) وكذلك تحلل الدهون. ويوضح الجدول رقم (١) قدرات أنظمة الطاقة الثلاثة (أي معدل إنتاج أدينوسين ثلاثي الفوسفات) وكذلك ساعاتها (أي كمية الأدينوسين ثلاثي الفوسفات الممكن الحصول عليها عن طريق هذا النظام)، حيث نلاحظ أن النظام الهوائي لديه مخزون كبير من الطاقة، لكن معدل الحصول على الطاقة في هذا النظام يكون بطيئاً، وبالتالي لا يعد المصدر الرئيسي للطاقة عندما تكون شدة الطلب على الطاقة عالية جداً، كما في الجهد البدني العنيف كسباق ١٠٠ متر عدواً.

جدول رقم (١) : قدرات أنظمة الطاقة وساعاتها القصوى.

السعة القصوى (كمية ATP المتوفرة)	القدرة القصوى (كمية ATP بالمول/ق)	نظام الطاقة
٠,٧	٣,٦	المصدر السريع (ATP - PC)
١,٢	١,٦	المصدر القصير الأمد (التحلل اللاهوائي للجلوكوجين والجلوكوز)
٩٠,٠	١,٠	المصدر الطويل الأمد (الهوائي)

المصدر : Fox, et al. 1988

كيف ينتج حمض اللبنيك؟

من المعروف أنه عندما ترتفع شدة الجهد البدني ويصبح معدل الطلب على الطاقة عال فإن الجسم يلجأ إلى الطاقة اللاهوائية والتي منها نظام الطاقة القصير الأمد، والمتمثل في التحلل اللاهوائي لكل من جلايكوجين العضلات وجلوكوز الدم، حيث يتحلل جلايكوجين العضلات (وكذلك جلوكوز الدم بعد دخوله إلى العضلة) عبر خطوات كيميائية لينتهي بمركب كيميائي يدعى حمض البيروفيك، الذي سرعان ما يتحول إلى حمض اللبنيك، وينتج عن هذه العمليات الكيميائية إعادة شحن لمركب ATP. إذن يتضح لنا أن حمض اللبنيك هو نتاجاً طبيعياً لعملية التحلل اللاهوائي للجلايكوجين أو الجلوكوز، وذلك عندما يكون الطلب على الطاقة أكبر من قدرة الجسم على توفيرها عن طريق هوائي فقط (هوائي أي باستخدام الأكسجين).

تأثير ارتفاع تركيز حمض اللبنيك على الانقباض العضلي:

تقوم العضلات بإنتاج حمض اللبنيك حتى في وقت الراحة، غير أن معدل إنتاج حمض اللبنيك في الراحة يوازي معدل استهلاكه مما يجعل تركيزه في الراحة في كل من العضلات والدم مستقراً تقريباً، حيث لا يتجاوز هذا التركيز مقدار ١,٠ ملي مول/ لتر (يزيد أم ينقص قليلاً)، وعندما يتجاوز تركيز حمض اللبنيك في الراحة عن ٢,٠ ملي مول/ لتر فإن ذلك يشير إلى حالة مرضية، لكن عندما يؤدي الإنسان جهداً بديناً عنيماً فإن إنتاج حمض اللبنيك يرتفع كما أن استخدامه يزداد أيضاً، إلا أن الزيادة في إنتاجه تفوق قدرة الجسم على التخلص منه، مما يقود ذلك إلى ارتفاع تركيزه في العضلات ومن ثم يعبر إلى الدم فيزداد تركيزه أيضاً في الدم.

لكن ما هو دور حمض اللبنيك في حدوث التعب العضلي؟

في الحقيقة أن حمض اللبنيك في حد ذاته لا يسبب التعب العضلي ولكن له دور معقد وغير مباشر، فارتفاع تركيز حمض اللبنيك يؤدي إلى ارتفاع الحموضة في النسيج العضلي (حمض اللبنيك يعطي أيونات اللبنيك وأيونات الهيدروجين، ويعزى لأيونات الهيدروجين انخفاض الأس الهيدروجيني - أي ارتفاع الحموضة)، ويؤدي ارتفاع الحموضة إلى إعاقة عملية الانقباض العضلي (عن طريق إعاقة إطلاق أيونات الكالسيوم وإتحادها مع التروبونين الذي هو مركب بروتيني موجود في العضلة وله دور في عملية الانقباض العضلي)، بالإضافة إلى ذلك فإن ارتفاع الحموضة في حد ذاته يؤدي إلى إبطاء أو حتى إيقاف الخطوات

الكيميائية في عمليات التحلل اللاهوائي للجلايكونين والجلوكوز عن طريق إعاقة عمل الأنزيمات وإبطاء عملية إنتاج الطاقة (الأنزيمات مواد بروتينية مهمتها المساعدة في سرعة التفاعل)، مما يعيق بالتالي عمليات إنتاج الطاقة، لهذا نجد أن المرضى المصابين بمرض مكاردل (McArdle Disease)، الذين يفتقدون وجود إنزيم فوسفو فركتو كينيز (أحد الإنزيمات المهمة في عملية تحلل الجليكونين)، لا يستطيعون إنتاج حمض اللبنيك، وبالتالي لا يتمكنون من القيام بجهد بدني مرتفع الشدة.

هل يستخدم حمض اللبنيك من قبل الجسم؟

على الرغم من الدعاية السيئة حول حمض اللبنيك فإن الجسم يستخدم هذا الحمض في عمليات أيضية، وعلى الرغم من الاعتقاد القديم بأن حمض اللبنيك يعد نتاجاً سيئاً لا قيمة له، إلا أن الدراسات العلمية في السنوات الأخيرة أوضحت أن الجسم يستخدم هذا الحمض كمصدر للطاقة، حيث يمكن استخدامه كوقود من قبل عضلات القلب، ويمكن أن ينتقل من العضلات إلى الدم ومن ثم إلى الكبد حيث يتم تحويله إلى جلايكونين في الكبد عبر ما يسمى بدورة كوري (Cori cycle)، بل أن البحوث الحديثة تشير إلى أنه يمكن أكسدته (أي استخدامه في عمليات الطاقة الهوائية) واستخدامه كوقود من قبل الألياف العضلية البطيئة الخلجة فيما يسمى بعملية النقل المكوكي لحمض اللبنيك (Lactate shuttle) حيث الاعتقاد الآن أن الألياف العضلية السريعة الخلجة تنتج حمض اللبنيك، ويتم انتقاله منها إلى الألياف العضلية البطيئة الخلجة حيث يستخدم هناك كوقود، كما أن بعض البحوث تشير إلى أنه يمكن تحويله إلى جلايكونين العضلات مباشرة في فترة الاسترداد.

العوامل المؤثرة على إنتاج حمض اللبنيك:

يتناسب ارتفاع تركيز حمض اللبنيك في الدم مع شد الجهد البدني المبذول، حيث نلاحظ أن تركيز هذا الحمض يبلغ أقصاه في سباقات المسافات المتوسطة (مثل سباقات ٤٠٠م، ٨٠٠م، ١٥٠٠م) أو الرياضات العنيفة ذات الجهد المستمر لمدة تتراوح من دقيقة إلى أقل من عشر دقائق، كالتجديف أو السباحة القصيرة والمتوسطة، وعند قياس تركيز حمض اللبنيك أثناء الجهد البدني القصير (حوالي دقيقة) فإن تركيز حمض اللبنيك في الدم يبلغ أقصاه بعد عدة دقائق من التوقف عن الجهد البدني (أي في الدقيقة الثالثة أو الخامسة من فترة الاسترداد)، ومرد ذلك أن مدة الجهد البدني كانت قصيرة لحدوث توازن بين تركيز حمض اللبنيك في العضلات وتركيزه في الدم.

ويتوافر في الوقت الحاضر أجهزة سريعة لقياس تركيز حمض اللبنيك في عينة صغيرة من الدم، حيث لا يتطلب الأمر إلا سحب كمية صغيرة جداً (بضع قطرات) من الدم من شحمة الأذن أو من أحد أصابع اليد، ويتم قياس تركيز حمض اللبنيك في عينة الدم في وقت قصير، بل أن بعض الأجهزة يمكن حملها ونقلها إلى جانب المسبح أو المضمار حيث أنها تعمل بالبطارية، ومن أمثلة تلك الأجهزة ما تنتجه شركة أنالوكاس Analox البريطانية أو شركة يلو سبرنج Yellow Spring الأمريكية، ويجدر ملاحظة أن تلك الأجهزة تحتاج معايرة وضبط دائمين حتى تعطي نتائج صحيحة. كما يوجد حالياً أجهزة صغيرة جداً سهلة الحمل حجمها كقبضة اليد، يمكن استخدامها لقياس تركيز حمض اللبنيك في الدم ولا تتطلب إلا حوالي ٥ ميكرو لتر من الدم وتعطي النتيجة في دقيقة أو أقل، ومن أمثلة هذه الأجهزة جهاز أكيو سبورت (Accusport) وجهاز أكيو ترند (Accutrend) من شركة بورنجر الألمانية، وكذلك جهاز لاكتيت برو (Lactate Pro) من شركة أركراي (Arkray) اليابانية.

عند قياس حمض اللبنيك بغرض تقويم أداء اللاعب ينبغي إدراك أن هناك جملة من العوامل التي تؤثر على إنتاج حمض اللبنيك والتي من الضرورة بمكان أخذها بالاعتبار عند تفسير نتائج قياسات حمض اللبنيك، من هذه العوامل ما يلي:

- **شدة الجهد البدني:** يجب مراعاة شدة الجهد البدني عند مقارنة نتائج اللاعب باختبارات سابقة.
- **حجم الدم:** حيث يؤثر التغير في حجم الدم على تركيز حمض اللبنيك في الدم، لذا يجب مراعاة ذلك.
- **إجراءات سحب الدم:** حيث تؤثر إجراءات سحب الدم وتوقيتها وموقعه (وريدي أم شعري) على تركيزه ولذا يجب تثبيت هذه العوامل.

ونظراً لأهمية التطرق لنوعية عينات الدم ومواقعها وتوقيتها عند قياس حمض اللبنيك فسنحاول الإشارة لها بتفصيل أكثر هنا.

نوعية عينات الدم ومواقعها:

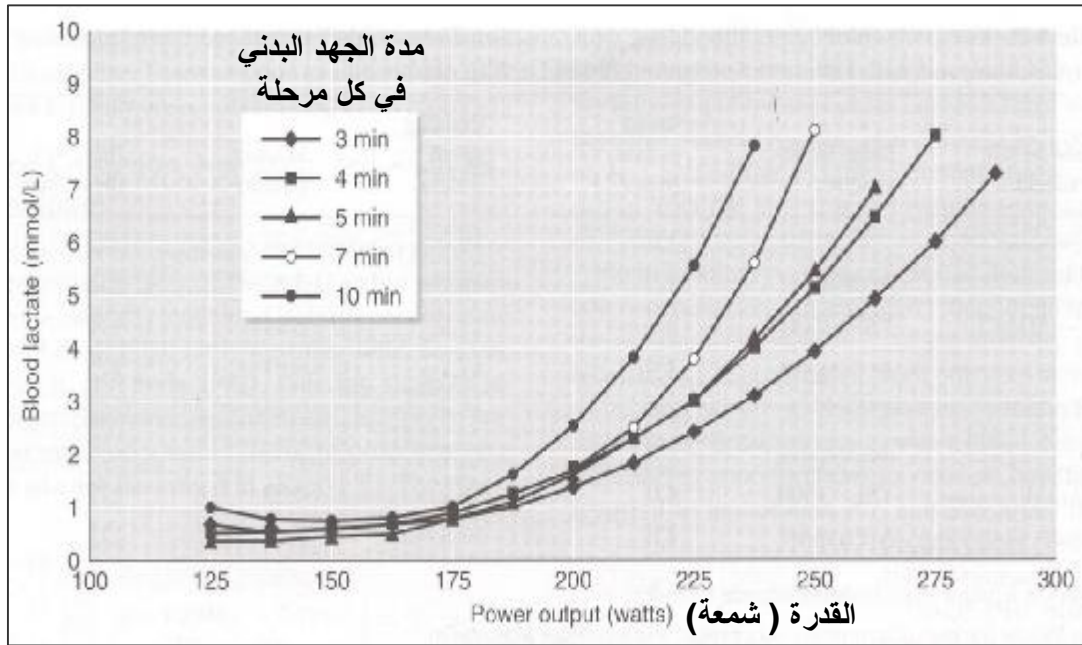
يوجد بشكل عام ثلاث أنواع من عينات الدم التي يتم سحبها بغرض تحليل حمض اللبنيك، وهي إما من الدم الشرياني (Arterial) أو من الدم الوريدي (Venous) أو من الدم الشعري (Capillary) ويمثل الدم الشعري في الواقع خليط من الدم الشرياني والدم الوريدي حيث أنه يكون في الأوعية الشعرية التي تصل الشرايين بالأوردة، ونظراً لصعوبة أخذ عينات

من الدم الشرياني وخطورة ذلك في بعض الأحيان، فإن معظم الدراسات التي تناولت قياس حمض اللبنيك في الدم استخدمت عينات من الدم الوريدي أو من الدم الشعري، ونظراً لسهولة أخذ عينات من الدم الشعري ولتوفر العديد من الأجهزة الحديثة التي لا تتطلب إلا بعض قطرات من الدم لتحليل حمض اللبنيك فقد أصبح هذا الإجراء شائعاً، ومن أكثر المواقع استخداماً لعينات الدم الشعري كل من شحمة الأذن وأصابع اليدين، حيث يتم سحب قطرة أو قطرتين فقط من الدم وتحليل تركيز حمض اللبنيك فيها. ويجدر التنويه إلى أنه في بعض الأحيان وخاصة في الراحة عندما تكون شحمة الأذن أو أصابع اليدين باردة فإن حركة الدم في تلك المناطق تكون محدودة مما يجعل من الصعب الحصول على عينات من الدم، لذا يمكن في هذه الصدد محاولة تسخين أصابع اليد بغمسهما في ماء دافئ لزيادة معدل جريان الدم فيها، كما يمكن خفض مستوى اليد إلى موقع أدنى من موقع القلب حتى يمكن زيادة كمية الدم في الأصابع، مما يسهل عملية سحب الدم الشعري، أما في الحالات التي يتم فيها سحب كميات متعددة من الدم وفي فترات متقاربة كما هو الحال في بعض البحوث، فإن من المستحسن وضع قسطرة في الوريد (Catheter) واستخدام محلول ملحي (Saline) أو مادة الهيبارين لمنع تجلط الدم في القسطرة. كما يستحسن دائماً تجنب وصول العرق إلى عينة الدم حتى لا يؤثر ذلك على تركيز حمض اللبنيك في تلك العينة، نظراً لاحتواء العرق على حمض اللبنيك، ولهذا يجب أن يمسح مكان سحب عينة الدم بقطعة قطنية قبل عملية الوخز. ومن المعلوم أن تركيز حمض اللبنيك في عينة من الدم الكامل (Whole blood) يكون أقل من تركيزه في عينة من البلازما بحوالي ١٠%.

توقيت سحب العينة:

من الضروري جداً تحديد التوقيت الذي تم فيه أخذ عينة الدم، وهل هي بعد الجهد البدني الأقصى مباشرة أم بعده بدقائق، أو عند جهد بدني دون الأقصى، وما نسبة هذا الجهد (مثلاً ٦٠% أم ٨٠% من الاستهلاك الأقصى للأوكسجين)، والمعروف أن تركيز حمض اللبنيك في الدم الشعري أو الوريدي بعد جهد بدني أقصى يصل إلى أعلى مداه من ٣-٧ دقائق بعد التوقف مباشرة عن الجهد، على الرغم من الاختلاف الكبير بين الأفراد حيث تشير بعض الدراسات أن الذين يمتلكون تركيز عالٍ من حمض اللبنيك فإن الأمر قد يستغرق وقتاً أطول للوصول حمض اللبنيك إلى أقصى تركيز له (من ٧-١٠ دقائق)، كما أن الاستمرار في أداء الجهد البدني بشدة منخفضة بدلاً من التوقف مباشرة يؤثر على التركيز الأقصى لحمض اللبنيك. كما أنه من الملاحظ في الجهد البدني المتدرج أن مدة المرحلة التي يتم فيها الإبقاء على القدرة (كما في دراجة الجهد) أو السرعة (كما في السير المتحرك) تؤثر على معدل

تركيز حمض اللبنيك في الدم، كما هو موضحاً في الشكل البياني رقم (١)، حيث يظهر بوضوح أنه كلما ازدادت مدة الوقت في كل مرحلة من مراحل الجهد البدني المتدرج كلما أزداد معدل تركيز حمض اللبنيك في الدم، خاصة في الشدة المرتفعة (فوق ١٧٥ شمعة)، مما يعكس بطء عملية انتقال حمض اللبنيك من العضلة إلى الدم، وأنه كلما ارتفعت شدة الجهد البدني كلما استغرق من حمض اللبنيك وقتاً أطول ليعكس تركيزه في الدم مقدار إنتاجه من قبل العضلات العاملة.



شكل رقم (١): تأثير مدة الجهد البدني عند كل مرحلة من مراحل الجهد البدني المتدرج على تركيز حمض اللبنيك في الدم. (المصدر: Boudron, P. In: *Physiological Tests for Elite Athletes*, 2000, p. 58).

حمض اللبنيك والتدريب البدني:

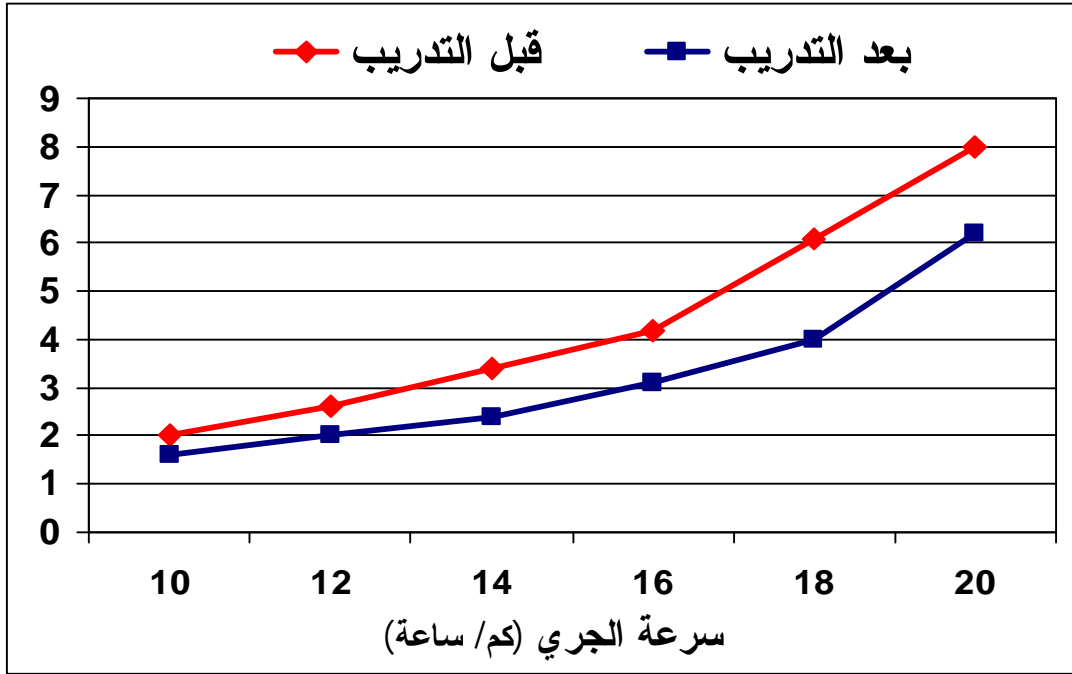
يؤدي التدريب البدني المرتفع الشدة إلى تعويد الرياضي على تحمل تركيز عالٍ من حمض اللبنيك، وبالتالي على زيادة قدرته على التخلص منه، ويتميز الرياضيون الذين يمارسون ذلك النوع من التدريب العنيف الذي لا يدوم لفترة طويلة، مثل رياضيو المسافات المتوسطة ورياضيو التجديف، بقدرتهم على إنتاج كميات عالية من حمض اللبنيك، وكذلك بإمكانيتهم على تحمل تركيز عالٍ من حمض اللبنيك، حيث يصل تركيز هذا الحمض في الدم لديهم إلى ١٨ ملي مول/ لتر أو أكثر قليلاً أثناء الجهد البدني العنيف، وهذا في الواقع يعد تركيزاً عالياً جداً لحمض اللبنيك في الدم، ومن المعتاد أن نعتبر تركيز حمض اللبنيك في الدم

عالياً (أو بلغ الحد الأقصى) إذا قارب ١٢ ملي مول/ لتر أو تجاوزها لدى الرياضيين، كما أن تركيز ٢-٣ ملي مول/ لتر يعد منخفضاً ومؤشراً على أن الجهد المبذول دون العتبة اللاهوائية (وهي نقطة الانتقال من الحصول على الطاقة بشكل رئيسي من مصادر هوائية إلى مصادر لا هوائية، ويبدأ فيها حمض اللبنيك بالتصاعد المطرد).

وعند استخدام تركيز حمض اللبنيك في الدم كوسيلة لمراقبة شدة التدريب البدني أو التعرف على مدى التحسن الذي حدث من جراء برنامج تدريبي معين، ينبغي الحذر من المقارنة بين حالتين في ظروف مختلفة (كاختلاف درجة الحرارة الخارجية أو تغير في التغذية الكربوهيدراتية أو ما شابه ذلك)، ويعتقد أن استخدام تركيز حمض اللبنيك في الدم لمراقبة التحسن من جراء التدريب البدني هو إجراء فعال ومهم على المدى الطويل (أي أخذ عينات من الدم وقياس تركيز حمض اللبنيك في ظروف متشابهة ولفترات متعددة)، ومن الإجراءات المتبعة معملياً للعدائين على سبيل المثال قياس تركيز حمض اللبنيك في الدم عند سرعات معينة على السير المتحرك ثم رسم العلاقة البيانية بين تركيز حمض اللبنيك وسرعة الجري في حالتين ما قبل التدريب وما بعده، ثم ملاحظة التحسن الناتج من التدريب البدني على أيض حمض اللبنيك، حيث من المتوقع أن يؤدي التدريب البدني إلى تأخير اللجوء إلى استخدام الطاقة اللاهوائية (تحسن العتبة اللاهوائية)، وبالتالي تأخير إنتاج حمض اللبنيك عند نفس الشدة السابقة من الجهد، علاوة على ذلك تتحسن قدرة الجسم على التخلص من حمض اللبنيك، والنتيجة المتوقعة هي انخفاض تركيز حمض اللبنيك عند السرعة نفسها بعد التدريب مقارنة بما قبل التدريب، أما عند قياس مستوى التحسن تبعاً لتركيز محدد من حمض اللبنيك (مثلاً عند ٤ ملي مول/ لتر) فإننا نلاحظ أن العداء أصبح بعد التدريب يتمكن من الجري عند سرعات أعلى مما كان الأمر عليه قبل التدريب قبل الوصول إلى تركيز ٤ ملي مول/ لتر. ويوضح الشكل البياني رقم (٢) ظاهرة التحسن في استجابة تركيز حمض اللبنيك من جراء التدريب البدني، كما يمكن استخدام تركيز حمض اللبنيك في الدم لتخطيط شدة التدريب البدني المراد التدريب عندها، خاصة إذا كان الغرض هو رفع عتبة حمض اللبنيك (العتبة اللاهوائية) وذلك بمحاولة التدريب البدني عند شدة تساوي تلك العتبة أو تزيد عنها قليلاً.

ومن نافلة القول أن نشير هنا إلى أن سرعة التخلص من حمض اللبنيك بعد أداء جهداً بدنياً عنيفاً تزداد عندما يستمر الفرد في أداء الجهد البدني عند شدة منخفضة بدلاً من التوقف التام، حيث يعتقد أن مرد ذلك هو أن حمض اللبنيك يستخدم كوقود عند تلك الشدة المنخفضة من قبل كل من عضلة القلب والألياف العضلية البطيئة الخلجة وبالتالي ينخفض تركيزه في العضلات وفي الدم، ولهذا ينصح المتسابق في أن يستمر على أداء جهد بدني منخفض الشدة

(من ٣٠-٤٠% من الشدة القصوى) في فترة الاسترداد بعد الانتهاء من السباق بدلاً من التوقف التام، حتى يمكنه من التخلص من حمض اللبنيك بسرعة أكبر، خاصة إذا كان لدى الرياضي مسابقة أخرى أو تصفية لمسابقة رياضية في فترة قصيرة لاحقة.



شكل رقم (٢): تأثير التدريب البدني على تركيز حمض اللبنيك في الدم (ملي مول / لتر)، حيث يلاحظ انخفاض تركيز حمض اللبنيك بعد التدريب البدني أثناء أداء جهد بدني عند نفس الشدة مقارنة بما قبل التدريب.