obeikandl.com

الباب السابع

التعب العضلي

وعمليات استعادة الشفاء للرياضيين

obeikandl.com

الفصل الأول

التعب العضلى

المقدمة

إن دراسة الطرق والوسائل التي تسرع من عملية استعادة الشفاء بعد الأحمال التدريبية والتنافسية، تحظى بأهمية خاصة، حيث أنها تؤمن نمو كفاءة الأداء من خلال التغيرات الوظيفية الأساسية وخاصة (المورفولوجية) والتي تحدث أثناء فترة استعادة الشفاء، وتعتبر عملية استعادة الشفاء من الأمور المهمة ليس فقط من خلال التدريب، وإنما للاعتبارات الإنسانية بشكل عام، ولقد وجهت الإجراءات المختلفة الاجتماعية والاقتصادية والطبيعية لتقوية الصحة وإطالة العمر.

إن دراسة ظاهرة التعب، وخلق الشروط التي تحسن من عملية الإسراع في استعادة الشفاء، والبحث عن الوسائل التي تزيد من فعالية استعادة الشفاء، تؤدي إلى تطور كفاءة الأداء فيما يتعلق بالأسئلة حول عملية استعادة الشفاء في التدريب الرياضي وقد تم إجراء العديد من البحوث ومنها البحوث التخصصية لهذه الظاهرة، كما تم دراسة عمليات استعادة الشفاء بعد التدريب بشكل مباشر وكذلك بعد مضي عدة ساعات وأيام بعد تنفيذ الأحمال التدريبية والتنافسية، بالإضافة إلى ذلك تمت دراسة تأثير الوسائل التقليدية والحديثة والتي تعمل على تسريع عملية استعادة الشفاء بعد الوحدات التدريبية والمنافسات.

وفي الوقت الحاضر نضجت فكرة تعميم المعلومات التجريبية فيما يتعلق بعمليات الإسراع من استعادة الشفاء وتعريف المدرسين والمدربين بها.

obeikandl.com

مفهـوم التعـب

هو عبارة عن هبوط وقتي في المقدرة على الاستمرار في أداء العمل ويمكن قياسه من مظاهره الخارجية عن طريق قلة كمية العمل الميكانيكي المؤدي.

فمن حيث تأثيراته على الجهاز العصبي: فهو الحالة التي تقل فيها القدرة على الاستجابة بفاعلية للمنبهات (المتغيرات).

أما من حيث جانب تأثيراته على الجهاز العضلي: فهو عدم القدرة على الاحتفاظ أو تكرار الانقباضة العضلية بنفس قوتها المعتادة.

وعملية التعب.. هي محصلة التغيرات التي تحدث في مختلف الأعضاء والأنظمة وفي الجسم كله، خلال فترة أداء العمل البدني، والتي تقود في النهاية إلى استحالة استمرارها، وتتصف حالة التعب بانخفاض حالة الأداء الذي يظهر في الإحساس الشخصي بالتعب، ففي حالة التعب لا يكون الشخص قادرًا على المحافظة على مستوى الشدة المطلوبة أو تكنيك الأداء أو مجبرًا على رفض استمراريته.

التعـب

لقد تم دراسة التعب العام والموضوعي في العديد من البحوث، وقد تم التوصل إلى تحليل ملامح هذه الظاهرة من خلال استهلاك مصادر الطاقة في العضلات وزيادة الفضلات الناتجة عن العمل نتيجة نقص الأوكسجين. وفي القرن التاسع عشر قدم (أي. م. سيتشينوف) فرضية التعب المركزية . العصبية، والتي تبين الدور الكبير للجهاز العصبي المركزي في حدوث التعب الذي يؤدي إلى اختلال التوازن في الأنظمة العاملة.

ولمعرفة طبيعة التعب قدمت أبحاث خاصة، تناولت دراسة العلاقة الارتباطية بين التعب وانخفاض مستوى كفاءة الأداء تبعًا لتغير الحالة الوظيفية لقشرة أنصاف الكرات الكبيرة.

ساهم العديد من العلماء بدور كبير في دراسة ظاهرة التعب فبموجب النظرية المركزية . القشرية التي قاموا بها يكون التغيير في المراكز القشرية، أول حلقة للتعب أثناء العمل العضلي للإنسان، وحسب ذلك فان مستوى مقدرة العضلات على العمل يتحدد بمستوى كفاءة أداء المراكز العصبية، فالخلية العصبية هي المصدر الرئيسي للمنبهات العصبية الحركية.

ونظرًا لوجود تباين في طبيعة العمل العضلي، والذي نميزه من خلال اختلاف الأحمال الثابتة عن الحركة والفعاليات الدورية واللادورية والقوة القصوى والقوة السريعة.. نتيجة لهذا التباين تتميز ظاهرة التعب بتعدد جوانبها تبعًا لاختلاف ظاهرة الحمل، فمثلاً إن تعب عداء الماراثون لا يشبه تعب عداء المسافات القصيرة.

openkanar.com

ويصنف التعب إلى أربعة أنواع أساسية موضحة كما يلي:

١- التعب العقلي: كما في لعبة الشطرنج.

٢- التعب الحسي: كما في لعبة الرماية.

٣- التعب النفسي.

٤- التعب البدني: كما في الفعاليات الرياضية.

كما يقسم التعب بدوره وفقًا لعدد العضلات المشتركة في العمل إلى ثلاثة أنواع :

١- التعب الموضعي: ويشكل فيه عدد العضلات العاملة ثلث الكتلة العضلية للجسم.

٢- التعب النصفي: ويشكل فيه عدد العضلات العاملة من الثلث إلى الثلثين من الكتلة العضلية للجسم.

٣- التعب العام: يزيد عدد العضلات العاملة عن ثلثي الكتلة العضلية للجسم.

إن التعب كظاهرة فسلجية يرتبط بشكل كبير بالتحمل، ويمكن وصف التحمل في مقدرة الفرد على مقاومة التعب، وكلما انخفض مستوى كفاءة الفرد ظهر التعب بشكل أسرع والعكس صحيح، وكلما تميز الفرد بتحمل عال كلما استطاع المحافظة على كفاءة العمل بمدة أطول من الوقت ومقاومة ظهور التعب، ويوصف التحمل عادة بالزمن الذي يكون فيه الفرد قادرًا على تنفيذ التمارين بالشدة المطلوبة.

إن أي حركة يقوم بها الفرد ترتبط ارتباطًا وثيقًا باستهلاك مصادر الطاقة ويعد ATP (الأدينوزين ثلاثي الفوسفات) المصدر الرئيسي والمباشر لأي عمل عضلي، وبما أن مخزون هذا المركب ATP محدود ويستمر لعدة ثوان ويستنفد، وعليه فان إعادة بناء هذا المركب ATP يتم عن طريق CP (كرياتين الفوسفات)، ونظرًا لان هذا المركب CP تكون كميته في الجسم قليلة ويستنفد في عدة ثواني، فان إعادة بناء ATP المصدر الرئيسي للطاقة يتم من خلال تحليل (الكلايكوجين) وينتج عن هذا التحلل ظهور (حامض اللبنيك)، وتجري هذه التفاعلات في عدم كفاية الأوكسجين والتي أطلق عليها (نظام الطاقة اللاأوكسجيني).

إن تحديد النتائج الرياضية في التحمل، يرتبط بشكل كبير بواسطة الإمكانيات الأوكسجينية، وتتصف الأخيرة بشكل كامل بالحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين، ويعتبر هذا المؤشر تعبيرًا عن اتحاد العديد من أنظمة الجسم (الجهاز التنفسي والقلب والدورة الدموية...)

ويعتمد الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين على عدة عوامل:

- **الضغط الجزيئي للأوكسجين في هواء الشهيق.**
- **السطح التنفسي للرئتين.**
- **سرعة انتشار الغازات من الرئتين إلى الدم.**
- **كمية استيعاب الدم للأوكسجين وسرعة الدورة الدموية.**
- **فرق الدم الشرياني - الوريدي.**
- **خاصية الدورة الدموية الموضعية في الأجهزة العاملة.**
- **فاعلية الخمائر المؤكسدة.**

إن هذه العوامل جميعها تدلنا على أن هذا المؤشر (الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين) يصف فاعلية الكثير من الأنظمة ووظائف الجسم لذا فقد وصلت أكبر كمية من الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين لرياضيي المستويات العليا من ٥,٥ – ٦,٥ لتر في الدقيقة (٧٠- ٨٠ مليمتر/كجم).

أي أن عدائي المستويات العليا للمسافات المتوسطة والطويلة يستطيعون استهلاك (٧٠- ٨٠ مليمتر كجم) وحسب بيانات (سالتين و إستراند) كان الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين عند عدائي المسافات المتوسطة والطويلة (أعضاء فريق المنتخب السويدي) يساوي ٧٩,٧٥ مليمتر/ كجم على التوالي، ويستطيع الرياضي ذو المستوى المتوسط أن يستهلك خلال دقيقة واحدة من العمل ذي الشدة العالية كمية لا تتجاوز أكثر من ٢-٣ لتر دقيقة (٤٠-٥٠ مليمتر/ كجم) من الأوكسجين.

ولتأمين الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين بكمية تساوي ٥,٥-٦,٦ لتر في الدقيقة يجب أن يساوي التنفس الرئوي ٢٠٠-٢٣٠ لترًا دقيقة كما يساوي حجم الدم في الدقيقة الواحدة ٣٠-٤٠ لترًا ومما لا شك فيه أن هذه القيم الوظيفية يستطيع رياضيو المستويات العليا الوصول إليها، ويمكن بلوغ هذه القيم خلال التدريب ذي الشدة القصوى.

إن قيمة الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين تصل من ٢-٣ لتر في الدقيقة في تدريب التحمل، وقد ثبت وجود ارتباط متبادل وموثوق به بين الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين واستمرارية العمل الأقصى، فكلما كان الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين كبيرًا، كلما استطاع الرياضي أن يسد النقص الحاصل في الأوكسجين، وبالتالي يؤدي إلى تحسين مستوى المقدرة في تدريبات التحمل.

obeikandl.com

ويعتمد الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين على وزن الرياضي، وعند تقويم الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين، يجب أن لا يكون الاهتداء فقط على المؤشرات المطلقة، بل يجب الأخذ بنظر الاعتبار المؤشرات النسبية أيضًا، أي المؤشرات التي تحسب بكيلو جرام واحد من وزن الجسم. ويعتمد الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين على تخصص الرياضي بالإضافة إلى عامل العمر حيث أن زيادة العمر من (٨-١٥ سنة) يضاعف النبض الأوكسجيني، إضافة لزيادة الحجم الأقصى المستهلك منه أثناء التدريب، أما عند الرياضيين الشبان فإن المؤشرات السابقة الذكر تزداد بنسبة أعلى، ويعد الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين كمؤشر ذي درجة عالية من الأهمية في تحديد مستوى الكفاية الوظيفية والذي تم اعتماده من قبل هيئة البرامج البيولوجية الدولية.

تعتمد الإمكانيات اللاأوكسجينية على عدة عوامل منها:

مخزون مصادر الطاقة اللاأوكسجينية ونشاطات المنظومات الإنزيمية وفعاليات الاستجابات التعويضية التي تعمل على خلق التوازن الكيميائي داخل الجسم والمحافظة على ثبات عمل الأنسجة الداخلية إزاء نقص الأوكسجين، وتظهر قوة استجابات الجسم للعمليات اللاأوكسجينية في زيادة كمية حامض اللبنيك في الدم وزيادة سرعة التنفس والدورة الدموية إضافة إلى زيادة (الدين الأوكسجيني) بعد التدريب.

وكان (أ.هيلك) وهو أحد الفسيولوجيين الإنجليز من أوائل الذين حددوا قيمة الدين الأوكسجيني ب (١٨,٧ لترًا) ثم أظهرت الأبحاث اللاحقة أنه بالإمكان تحقيق أكبر قيمة للدين الأوكسجيني تصل من (٢٣-٢٥ لترًا) في الفعاليات ذات الشدة القصوى (ن.ي.فولكوف) ولرياضيي المستويات العليا، أما لرياضيي الصنف المتوسط فلا تتعدي قيمة الدين الأوكسجيني (١٠-١٣ لترًا) ٨٠-١٦٠ مليلتر/ كجم.

وللذين لا يمارسون الرياضة فإن الدين الأوكسجيني يصل من (٤-٧ لتر) (٦٠-١٠٠) مليمتر/ كجم.

إن الدين الأوكسجيني يصاحب دائمًا الفعاليات ذات الشدة القصوى، ومثال على ذلك لاعب رفع الأثقال يرفع نترًا (١٠٠ كجم) ولارتفاع مترين، تظهر لنا النتائج الإحصائية أنه عند أداء مثل هذا العمل الكبير يحتاج الجسم إلى (٥٠٠ مليلتر) من الأوكسجين، ولكن مثل هذه الكمية من الأوكسجين لا يستطيع جهاز القلب الوعائي والتنفسي أن يجهزها الأوكسجين خلال (١-٢ ثانية) في بداية أداء التمارين، من جهة أخرى تشكل الإنتاجية للوظائف الرئيسية لتزويد الجسم بالأوكسجين (التنفس، الدورة الدموية، الدم) قيمة من (٨٠-١٠٠ مليلتر) خلال ثانية واحدة علمًا بأن احتياطي الأوكسجين في الجسم يساوي (٩٠٠ مليلتر) في الرئتين و (١١٦٠ مليلتر) في الدم و (٥٠٠-٦٠٠ مليلتر) في العضلات

وفي السائل ما بين الأنسجة ومثال آخر على ذلك يشكل (الدين الأوكسجيني) لعداء ركض (٤٠٠ م) قيمة مقدارها (٢٥-٢٨ لترًا) وقد تمكنت الأجهزة الوظيفية (جهاز القلب الوعائي والجهاز التنفسي) من تجهيزه ب ٢-٣ لتر خلال زمن المسافة (٤٥ ثانية) وهذا يعني أن هناك دينًا أوكسجينيًا مقداره تقريبًا (٢٢ لتراً). وقد تم تنفيذ الجهد في المثالين على حساب مصادر الطاقة اللاأوكسجينية في الغالب.

إن الانتقال من الراحة إلى العمل العضلي ذي الشدة العالية يرتبط دائمًا بحاجة الجسم للأوكسجين أكثر من المعتاد بمرات عديدة، ولكن الأعضاء التي تزود الجسم بالأوكسجين لا تستطيع تلبية هذا الطلب بسرعة، وعليه فإن بداية فترة العمل العضلي تمر أيضًا في ظروف الدين الأوكسجيني.

وينقسم الدين الأوكسجيني إلى قسمين :

القسم الأول (غير لاكتيكي): بدون ظهور حامض اللبنيك والذي يتم فيه استعادة ATP والـ CP كما يعوض نقص الهيموجلوبين وسوائل الجسم من نقص الأوكسجين ويعوض هذا الجزء من الدين الأوكسجيني بشكل سريع من (٦٠-٩٠ ثانية).

القسم الثاني (لاكتيكي): ظهور حامض اللبنيك في العضلة والدم وهو الجزء الأكبر والأبطأ من الدين الأوكسجيني والذي يتم فيه التخلص من حامض اللاكتيك الذي تجمع في الدم نتيجة النشاط البدني، ويستمر هذا الدين من بضع دقائق إلى ١,٥ ساعة.

وقد ثبت أن الرياضيين الذين يتدربون في الفعاليات التي تتميز بالتحمل، يمتازون بكفاءة عالية في التغلب على النقص الحاصل في الأوكسجين وزيادة ثاني أكسيد الكربون في الدم وقد لوحظ عند عدائي المستويات العليا للمسافات المتوسطة والطويلة من خلال دراسة عدد من التغيرات منها هبوط نسبة الأوكسجين في الدم (حبس التنفس)، إن انخفاض تشبع الدم بالأوكسجين لدى الصنوف المتوسطة يقل بمقدار ٢-٣ مرات عن رياضيي المستويات العليا وإن قدرة الأنسجة على استهلاك الأوكسجين له أهمية كبيرة في تنمية التحمل فمن المعلوم أن العضلات تقوم باستهلاك الأوكسجين بمقدار (١٠٠ مرة) أو أكثر أثناء العمل الشديد كما تتحسن قدرة مجموعات مختلفة من العضلات في استيعاب الأوكسجين تحت تأثير التدريب.

في رياضة المصارعة يكون من الصعب تقويم الأهمية الاستثنائية لتكنيك الحركات الرياضية والاستهلاك الاقتصادي للطاقة ومعرفة كيفية التغلب على التغيرات الوظيفية الكبيرة للوسط الداخلي والخارجي للعضلات العاملة والتكنيك الذي يرتبط بدرجة عالية من التوازن يؤدي إلى الاقتصادية باستهلاك الأوكسجين ومصادر الطاقة، ونتيجة لذلك يختفي التوتر الزائد والحركات الزائدة ويقل عدد المساهمات للعضلات غير العاملة

Opsikandi.com

حيث يستخدم الرياضي قواه بشكل منسق ويرخي العضلات في الوقت الملائم أثناء أداء الحركات، وذلك من خلال الاستخدام الأمثل والمجدي لطاقته الكامنة والتصرف بها بما ينسجم مع الواجب الحركي، وقد استنتج (غ. أو. إيفريموف) أن الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين كان متساويًا تقريبًا عند العدائين والسباحين والمتزلجين والجدافين في اختبار الركض في المكان، أما (غ . ي . كورينكوف) فلم يكتشف اختلافات موثوقًا بها في الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين عند السباحين أثناء السباحة وأثناء العمل على جهاز مشابه للدراجة، في أشار (فولكوف) وآخرون إلى أن استهلاك الأوكسجين أثناء التمارين في ظل ظروف طبيعية يمكن الوصول إلى هذه القيم عند أداء التمارين غير التخصصية.

ويمكن حساب استهلاك الأوكسجين عند أداء التمارين بشدة ٨٠-٧٠٪ من الشدة القصوى، إضافة إلى تحديد الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين، ومن خلال ذلك يمكن قياس كمية الطاقة لهذه التمارين.

أماكـن التعـب

قد يكون موضع التعب في الجهاز العصبي المركزي أو في الاتصالات بين الخلايا العصبية، وقد يكون في مكان الاتصال العصبي العضلي أو في العضلة ذاتها.

وقد أثبتت الأبحاث أن العصب الحركي لا يحدث فيه التعب، ولذلك نستبعد هنا أن يكون التعب في عدم مقدرة العصب الحركي على توصيل الإشارة العصبية، إلا أن البحوث أثبتت أن التعب العضلي يمكن أن يحدث في الجهاز العصبي المركزي، وفي الاتصال العصبي العضلي، والعضلة نفسها، وذلك حسب نوع النشاط المؤدي، أما العمل العضلي الذي يستمر فترة طويلة فإنه يؤدي إلى تعب الجهاز العصبي المركزي، وكذلك النشاط الحركي الذي يتميز بصعوبة أداء المهارات الحركية لعدة ساعات، بينما يحدث التعب في الاتصال العصبي العضلي في الأنشطة التي تتميز بالسرعة والقوة المميزة بالسرعة (القدرة) ويحدث التعب في العضلة، في العمل العضلي الذي يتطلب أداء الوحدات الحركية البطيئة دون تركيز كبير للجهاز العصبي، هذا وقد أثبتت تجارب كثيرة أن هناك علاقة مباشرة بين استهلاك مصادر الطاقة مثل (فوسفوكرياتين) و (الجليكوجين) وحدوث التعب، ويعتبر الأوكسجين هو المعوق الرئيسي في حالة الانقباض العضلي الأقصى أو الأقل من الأقصى الذي يستمر من (٥) ثوان إلى دقيقتين مما يؤدي إلى إعادة بناء ATP لا هوائيًا، أي أن غياب الأوكسجين يحدث نتيجة أنشطة (الفوسفوكرياتين وجليكوجين العضلة والجلوكوز)، ويقف سريان الدم نتيجة للانقباض العضلي الثابت الذي يتراوح مقداره ما بين (٦٠-٧٠٪) من القوة العظمى للعضلة. ويهبط مستوى (الفوسفوكرياتين) في العمل ذي الحمل المستمر لمدة أطول من

(١٠) ثوان وأقل من (٢-٣) دقائق، ويصل إلى ٩٠٪ في العمل الذي يستمر أطول من (١٠) ثوان وأكثر من دقيقتين، حيث تزيد أهمية الأوكسجين لإنتاج الطاقة الهوائية، وتزداد هذه الحاجة للأوكسجين نظرًا لأن التمثيل الهوائي لا يمكنه الاستمرار في الإمداد بكمية كبيرة من ATP أكثر من (٦٠) ثانية. أما بالنسبة للنشاط البدني الذي يستمر من (٣-٤٠) دقيقة فلا يؤدي الافتقار إلى ATP أو (فسفوكرياتين PC أو الجليكوجين) إلى إعاقته، حيث انه يحدث هبوط كبير في مستوى PC في العضلة، وهذا النقصان في PC تكون نسبته واحدة في النشاط البدني الذي يستمر من (٦-٧) دقائق إلى (٢٠-٢٥) دقيقة، وبناء على ذلك إذا كان استهلاك PC سببًا للتعب في هذا النوع من العمل، فانه من غير الممكن ان يستمر العمل أكثر من ٦-٧ دقائق، بالرغم من هبوط جليكوجين العضلة إلى (١٠-٥٠٪) أثناء العمل الذي يستمر أقل من ٤٠ دقيقة، فقد اتفقت نتائج التجارب أنه لا يساعد جلوكوز الدم أو الدهون في الأنشطة التي تستمر أقل من ٢٥ دقيقة، وقد يكون (حامض اللكتيك) عاملًا يثبط الإنزيم الخاص بانشطار الجليكوجين وسببًا للتعب.

هذا ويصاحب استهلاك الجليكوجين الشعور بالتعب عند أداء التمرينات العنيفة التي تستمر أكثر من (٤٠-١٨٠) دقيقة. بناء على حالة اللاعب. وعندما يزيد مخزون الجليكوجين في العضلة يزداد زمن التحمل وبالعكس.

يمكن أن يحمل عدم قدرة العضلات على الاحتفاظ بالانقباضات العضلية وظهور التعب العضلي في الأماكن التشريحية التالية:

١- **الجهاز العصبي المركزي.**

٢- **نقط الاتصال العصبية العضلية.**

٣- **العضلة من حيث عمليات الانقباض أو استنزاف مصادر الطاقة (فوسفوكرياتين PC والجليكوجين.**

٤- **نمطية توزيع ألياف العضلة، من ناحية الألياف السريعة والبطيئة.**

٥- **تراكم الكالسيوم بالأوعية الناقلة للجهد الكهربائي بالعضلة الهيكلية.**

٦- **نقص كمية الدم المغذية للعضلة وتدعى (الإسكيميا).**

٧- **نقص في الأوكسجين اللازم للأنسجة العضلية.**

٨- **ارتفاع درجة حرارة العضلات العاملة... وبالتالي ارتفاع درجة حرارة الجسم.**

٩- **التأثير الخاص بنوع النشاط البدني.**

openkandil.com

تشخيص التعب

لقد أشار (أوختومسكي) أن أهم المؤشرات التي تؤدي إلى التعب هي:

١- زيادة عدد الأخطاء.. كنتيجة لاختلال التناسق في التصرفات.

٢- عدم الكفاية في خلق وتكوين حركات جديدة ومفيدة واستيعابها.

٣- عدم تناسق العمل الوظيفي من خلال زيادة صرفيات الطاقة.

وتشير الأبحاث المتعلقة باستهلاك الأوكسجين إلى إمكانية انخفاض فاعلية تأثير التعاون الوظيفي لأجهزة الجسم في ظروف التعب وقد اتضح في التمارين ذات الشدة المعتدلة (١٥ كم في السباحة) إمكانية انخفاض معدل استهلاك الأوكسجين في نهاية السباق (إستراند)، ويعتقد (ف. ف. ميخائيلوف) أن ظواهر التعب المختلفة، تعتمد على طبيعة النشاط العضلي ومهارة الرياضي، وأن الإخلال في تناسق الحركات وعدم التناسق في الوظائف، يمكن أن تظهر في الغالب عند رياضيي المهارات المتوسطة، وقلما يلاحظ مثل هذا الاختلال في الوظائف أثناء النشاط العضلي الشديد عند رياضيي المستويات العليا، وعلى ما يبدو أن الخصائص الشخصية للرياضي، يجب الأخذ بها عند تقويم ظواهر التعب المختلفة خلال قطع مسافة السباق.

من الضروري عند وصف علامات التعب الظاهرية، الأخذ بعين الاعتبار نقطة مهمة أخرى، فغالبًا ما يستعرض رياضيو المستويات العليا في المسافات الأخيرة من السباق، تكنيك الحركات الرائعة، ويصلون إلى خط النهاية بسرعة عالية، واستطاع (فارفل) ومساعدوه القيام ببحث ظواهر التعب في المسافات الطويلة، وأن يسجل عند بعض العدائين في نهاية السباق،ارتفاعا ملحوظًا في سرعة العدو كنتيجة لزيادة سرعة تردد الخطوات وطولها، ويفسر ذلك، بأن الرياضيين يصلون خط النهاية دون أن يبلغوا حالة التعب القصوى، وفي هذه الحالة تكون السرعة القصوى والتكنيك الجيد للحركات في نهاية السباق، تعبيرًا لتنظيم وترتيب القوى بشكل خاص، وهي حصيلة لوضع خطة خاصة للركض.

وفي رياضة المشي والركض والتجديف، أي في تلك الأنواع الثنائية من النشاط العضلي، يؤدي التعب إلى انخفاض قوة العضلات، وهذا ما يظهر في انخفاض قوة الدفع، وبالتالي يصبح طول الخطوات أقل، (ف. س. فارفيل)، فأثناء الركض، وبسبب حدوث ظاهرة التعب، تزداد زمن لحظة الارتكاز، أما زمن الطيران فيقل، وفي هذه الحالة تكون القوة العضلية غير قادرة على أداء جهد سريع أو مفاجئ، وفي المرحلة الأولية لنمو التعب يمكن لانخفاض قوة الانقباضات العضلية، أن تعوض بزيادة سرعة (تردد الحركة)... ونتيجة لذلك يمكن الاحتفاظ بسرعة الركض السابقة لبعض الوقت، وقد سميت هذه الفترة بطور التعب التعويضي أو «التعب المستتر» واتضح أن درجة التعويض تعتمد على مستوى الرياضي حيث تبرز بشكل أكبر عند رياضيي المستويات العليا.

ويقترح (أ . أ . فيرو) تقسيم هذه المرحلة من نمو التعب إلى ثلاث مراحل هي:

١- مرحلة التغلب الاعتيادي على الشعور بالتعب... عندما لا توجد هناك ضرورة للتغيرات التعويضية.

٢- المرحلة اللااقتصادية للعمل (تشترك فيها الوحدات الحركية الفعالة والثانوية).

٣- مرحلة التعويض الحركي للتعب.

أما فترة التعب الظاهر (اللاتعويضي) فمن المعلوم أن إمكانيات الجسم التعويضية غير كبيرة، فلذلك تهبط السرعة في مراحل العمل النهائية بغض النظر عن زيادة تردد الحركة، ويدخل الجسم في ظهور التعب اللاتعويضي، ويمكن أن تمتاز فترة العمل الختامية بهبوط مستوى الجهد وانخفاض تردد الحركات، وفي الأنواع الرياضية الأخرى يمكن أن تظهر تغيرات الوظيفة الحركية أثناء ازدياد التعب، ففي نوع معين من الرياضة حيث يجري دمج نوعين من الأنواع الرياضية هما (التزلج على الأسكي ورمي السهم) يلاحظ في المرحلة الختامية من العمل، ونتيجة للتعب، إن حركات التصويب تصبح غير دقيقة ويلاحظ أيضًا اختلال التوجيه الفضائي للحركة، وفي الوقت نفسه تتغير العلاقة بين دقة الحركة وزمن تحقيقها.

تنتمي الملاكمة والمصارعة والمبارزة إلى مجموعة الأنواع الرياضية غير القياسية (ويتم تحديد النتيجة النهائية على أساس النقاط)، وتتسم تلك الأنواع الرياضية بالتعب العرضي (الوقتي) حيث يتضاعف التعب عند الملاكمين في نهاية النزال وتقل سرعة اللكمة بمقدار (٠,٠٢-٠,٠٧ ثانية) ويصبح رد الفعل المعقد غير جيد وتهبط دقة الضربة وتقل سرعة توجيه اللكمة، لذلك فان تقليل سرعة حركة الضربة، يؤثر بشكل واضح على حجم قيمة الضربة.

ومن الأعراض الواضحة تمامًا للتعب، قلة الإحساس بالمسافة، ونتيجة لذلك يفقد الملاكمون المقدرة على تقدير المسافة الفاصلة بينهم بصورة صحيحة، ويهاجمون في اللحظات غير المناسبة، وان المقدرة في تقدير المسافة هي نتيجة للنشاط المشترك لعدد من أجهزة التحليل، ومنها أجهزة التحليل الحركية والبصرية، ويبدو أن ظروف التعب تؤدي إلى اختلال العلاقة المثالية في أجهزة التحليل، حيث يتضاعف عند المصارعين أثناء عملية الاشتباك السريع زمن تنفيذ الهجوم وكذلك عناصره «التقدم» و«القطع» أما عند المبارزين ونتيجة لزيادة التعب يصبح زمن الاستجابة المعقد كبيرًا.

ونتيجة لما تقدم فان المعلومات والاستنتاجات النظرية والتي تم الحصول عليها نتيجة الاختبارات، تساعدنا في الوصول إلى التصميم التالي:

١- من أجل تفهم طبيعة التعب في مختلف أنواع النشاطات العضلية، لا بد لنا من معرفة دور كل جهاز من الأجهزة الوظيفية في الجسم، ومدى مساهمتها في مقاومة التعب،

فان تحديد العوامل الرئيسية في التعب في كل نوع من أنواع الفعاليات الرياضية، يساعد على إيجاد الطرق المناسبة لرفع مستوى كفاءة الأداء.

٢- تتخذ الإمكانيات الأوكسجينية واللاأوكسجينية والجهاز التنفسي والدورة الدموية أهمية كبري في التغلب على التعب.

٣- يلعب التكنيك الرياضي وأداء الحركات بصورة اقتصادية والاسترخاء، دورًا كبيرًا في فعاليات التحمل.

٤- من أجل تحقيق إمكانيات القوى الكامنة تصبح عملية توزيع القوى بصورة منسقة مهمة جدًا، فبمقارنة التوزيع المثالي والمنظم في القوى مع التوزيع المتغير، يتضح أن التوزيع المنظم أكثر فائدة، وبالإضافة إلى ذلك فمن المهم استيعاب الاحتمالات المختلفة لتوزيع القوى المتغيرة، فان ذلك يسمح بتوسيع قابلية التكنيك الرياضي.

٥- يعتمد ظهور التعب على نوع الرياضة، ففي الفعاليات الثنائية يظهر التعب قبل كل شيء في انخفاض قوى التقلصات العضلية (الجهد أثناء الدفع)، وفي الأنواع الرياضية الأخرى (كالملاكمة والمصارعة والمبارزة) يظهر في سرعة الحركة ودقتها وعدم التنسيق بين النشاطات المشتركة للأجهزة التحليلية.

الأنظمة الفسلجية وآلية التعب

إن درجة مشاركة هذه الأنظمة الفسلجية أو تلك في أداء تمارين ذات الصفة والقدرة المختلفة لا تكون متساوية، وعند أداء أي نوع من التمارين يمكن إفراز الأنظمة المحتملة الأساسية القيادية والتي تحدد إمكانياتها الوظيفية قدرة الإنسان في أداء هذا التمرين بمستوي الشدة أو الصفة المطلوبة، وتحدد درجة أحمال هذه الأنظمة من حيث العلاقة بقدراتها القصوى والاستمرارية المحدودة لأداء هذا التمرين، أي فترة حلول حالة التعب، وبهذا الشكل فإن القدرات الوظيفية للأنظمة لا تحدد بشدة تنفيذ هذا التمرين واستمراريته القصوى أو طبيعته وإنما تُحجّم بذلك أيضًا، ولا تكون أسباب التعب عند أداء الأنواع المختلفة من التمارين متساوية، وترتبط ملاحظة الأسباب الرئيسية للتعب بمفهومين أساسيين:

فالمفهوم الأول: يمثل التعب الموضعي، أي إفراز ذلك النظام الذي تحدد فيه التغيرات الوظيفية حلول حالة التعب.

والمفهوم الثاني: يمثل آليات التعب، أي تلك المتغيرات المعينة في نشاط الأنظمة الوظيفية القيادية التي تشترط تطور التعب.

وبموجب التعب الموضعي يمكن إفراز ثلاث مجاميع أساسية من الأنظمة تؤمن تنفيذ جميع التمارين وهي:

١- **الأنظمة المسيطرة:** وهي النظام العصبي المركزي والنظام العصبي العضلي والنظام الهرموني.

٢- **نظام التأمين الوظيفي للنشاط العضلي:** هو مجموعة أنظمة التنفس والدم والدورة الدموية.

٣- **النظام المقيد:** الجهاز الحركي (الطرفي العضلي – العصبي).

عند أداء أي من التمارين، تحدث تغيرات وظيفية في حالة المراكز العصبية التي تتحكم بالنشاط العضلي وتسيطر على تأمينها الوظيفي، فتكون المراكز العصبية القشرية أكثر حساسية للتعب، ويظهر الإخلال في التناسق الوظيفي غالبًا في الحركات، كما يظهر الإحساس بالتعب كظواهر التعب العصبي المركزي، وقد أشار الباحث (سيتيشينوف) إلى ذلك حيث قال «يدخل مصدر الإحساس بالتعب بشكل اعتيادي في العضلات العاملة أما أنا فادخله في النظام العصبي المركزي بشكل استثنائي». وتبقى آليات التعب العصبي المركزي غير معللة في كثير من الأمور، فطبقا لنظرية (أي. ب. بافلوف) يعرف تعب الخلايا العصبية على أنه ظهور كبح وقائي خارج الحدود، ينشأ كنتيجة لنشاط تلك الخلايا المشدود (المستمر)، وغالبًا ما يعتقد أن مثل هذا الكبح يظهر في وقت العمل، وقد يكون التعب مرتبطًا بتغيرات في النشاط الوظيفي للنظام العصبي والغدة الصماء ويكون دور الأخيرة كبيرًا بشكل خاص عند التمارين الطويلة (أ . أ . فيرو)، إن تغير هذه المنظومات في النشاط يمكن أن يؤدي إلى اختلال في تنظيم الأجهزة الوظيفية والتأمين الطاقي للفعالية العضلية وهكذا ...!

يمكن أن تعمل الكثير من التغيرات في نشاط أنظمة التأمين الوظيفي، وقبل كل شيء أنظمة التنفس ونظام القلب . الوعائي كسبب لتطور التعب، بالإضافة إلى انخفاض قدرات نقل الأوكسجين في جسم الشخص العامل، وقد يرتبط التعب بتغيرات في الجهاز الحركي أي في العضلات العاملة، وعند ذلك يكون التعب العضلي (الطرفي) كحصيلة للتغيرات التي تظهر في الجهاز التقلصي للألياف العضلية أو في المجسات العصبية العضلية.

وقديمًا تمت صياغة ثلاث آليات أساسية للتعب العضلي:

١- نضوب المصادر الطاقية.

٢- تسمم بالنواتج المتجمعة لتفكك المواد النشطة.

٣- الاختناق نتيجة لعدم كفاية ورود الأوكسجين.

ويتضح في الوقت الحاضر أن دور هذه الألياف في تنمية التعب غير متساو عند أداء التمارين المختلفة، أما عند أداء التمارين اللاأوكسجينية فيلعب نضوب مخزون الفوسفاجينات داخل العضلة دورًا مهمًا جدّاً في تطوير التعب العضلي وخاصة في تمارين القدرة القصوى أو القريبة من القصوى وعند نهاية أدائها ينخفض تركيز ATP بمقدار (٣٠-٥٠٪) أما تركيز CP فانه ينخفض بمقدار (٨٠-٩٠٪) في المستوى النهائي، وطالما تعمل الفوسفوجينات لهذه التمارين كمصدر قيادي نشط، فإن نضوبها يؤدي إلى استحالة المحافظة على القدرة المطلوبة للتقلصات العضلية، وكلما كانت قدرة الأحمال أقل كلما كان انخفاض محتويات الفوسفوجينات في العضلات العاملة عند نهاية العمل أقل، وعندئذ يكون دور هذا الانخفاض في تطوير التعب العضلي صغيرًا، أما عند أداء التمارين الأوكسجينية فلا يحدث انخفاض في المخزون داخل العضلات بالنسبة للفوسفوجين، أو يكون هذا الانخفاض غير كبير، لذلك لا تلعب الآلية الحالية أي دور في تنمية التعب.

إن تحلل السكر (تحلل الكلايكوجين) يلعب دورًا قياديًا أو مؤثرًا في التأمين الطاقي للعضلات العاملة عند أداء تمارين القدرة اللاأوكسجينية القريبة من القصوى وكذلك القدرة الأوكسجينية القصوى، ونتيجة لهذا التفاعل تتكون كمية كبيرة من حامض اللبنيك مما يؤدي إلى ارتفاع في تركيز الأيونات الهيدروجينية (انخفاض PH) في الخلايا العضلية، ونتيجة لذلك تتعرقل سرعة تحلل السكر وسرعة نواتج الطاقة الضرورية للمحافظة على قدرة التقلصات العضلية المطلوبة، وبهذا الشكل يكون تجميع حامض اللبنيك (انخفاض PH) في العضلات العاملة، كآلية قيادية للتعب العضلي عند أداء تمارين القدرة اللاغازية دون القصوى، كما إنها ستكون طبيعية جدًّا عند أداء التمارين اللاأوكسجينية القريبة من القصوى والقدرة الأوكسجينية القصوى، وخلال فترة أداء تمارين القدرة اللاأوكسجينية القصوى لم يفلح تحلل الجيلكوجين بالانشطار، فلذلك يكون تجمع الأسيد في الخلايا العضلية غير كبير، فكلما كانت قدرة الحمل في تمارين القدرة اللاأوكسجينية أقل كلما كان دور تحلل السكر اللاأوكسجيني في نواتج النشاط العضلي اصغر، وفقًا لذلك سيكون تركيز الأسيد في العضلات في نهاية العمل أقل، وبالتالي لا يحدث هناك تجمع بكميات كبيرة للأسيد في العضلات عند أداء تمارين القدرة اللاأوكسجينية القصوى، وكذلك عند أداء تمارين القدرة الغازية غير القصوى ولهذا السبب لا تكون هناك أية أهمية لهذه الآلية في تطوير التعب العضلي، أما بالنسبة لبعض التمارين فيلعب نضوب مصادر الكربوهيدرات وبالدرجة الأساسية الجيليكوجين كمصدر أساسي لتأمين التمارين اللاأوكسجينية والتكارين الأوكسجينية القصوى بالطاقة، فعند أداء هذه التمارين ينشطر هو بطريقة لا أوكسجينية بشكل استثنائي تقريبًا مع تكون الأسيد الذي يؤدي إلى (انخفاض PH) وخفض سرعة

صرفه للجليكوجين العضلي بسرعة، الأمر الذي يحدد في النهاية جعل هذه التمارين قصيرة فلذلك يكون صرف الجليكوجين العضلي عند أداء هذه التمارين غير كبير إذ يصل إلى ٣٠٪ من المحتويات النهائية ولا يمكن اعتباره عاملًا مهمًا للتعب العضلي، إن الكربوهيدرات (الجليكوجين العضلي وجلوكوز الدم) في التمارين الأوكسجينية القريبة من القصوى تعمل كمصادر طاقة أساسية للعضلات العاملة والمستخدمة في التفاعلات المؤكسدة، ولقد تم إثبات أهمية المصادر الكربوهيدراتية للجسم لكفاءة الأداء الأوكسجينية القريبة من القصوى في أبحاث خاصة، وفيها قام الخاضعون للاختبار بأداء التمارين الأوكسجينية القريبة من القصوى (بمستوى يقارب ٧٥٪) من الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين مرة واحدة بتركيز اعتيادي للجليكوجين في العضلات وفي الكبد باستعمال وجبة غذائية اعتيادية ومختلفة، وقد استغرق معدل تنفيذ التمرين (٩٠ دقيقة) تقريبًا وفي نهاية العمل انخفض تركيز الجليكوجين في العضلات إلى الصفر تقريبًا، وقام الخاضعون للاختبار بأداء التمرين نفسه مرة أخرى بعد مضي (٣ أيام) وفي بعض الحالات وعلى امتداد الأيام الثلاثة هذه لم تضم الوجبة الغذائية مادة الكربوهيدرات (وجبة زلالية دهنية) وخلال هذه الأيام لم تحدث استعادة الجليكوجين المصروف في العضلات والكبد، لذلك تم تكرار التمرين في حالة تركيز الجليكوجين المنخفض وانخفضت استمراريته القصوى كحد متوسط إلى ٦٠ دقيقة.

وفي حالات أخرى وعلى امتداد (٣ أيام) بعد نضوب جليكوجين الحمل احتوت الوجبة الغذائية كربوهيدرات بتركيز مرتفع (٨٠-٩٠٪) من الاحتياج الحراري اليومي أمنته الكربوهيدرات مقابل (٤٠٪) في الوجبة المختلطة ونتيجة لذلك تجاوز تركيز الجليكوجين في العضلات والكبد (١,٥ – ٣ مرات) التركيز الاعتيادي بالنسبة للشخص الحالي، إن هذا التناسق لجليكوجين الحمل «الناضب» والوجبة الغذائية المزدوجة بالكربوهيدرات للأيام الثلاثة اللاحقة والتي سببت ارتفاعًا ملحوظًا في تركيز الجليكوجين في العضلات العاملة والكبد أطلق عليها تسمية طريقة التشبع الكربوهيدراتي (كوتس)، واستخدام هذه الطريقة يؤدي إلى زيادة كبيرة في إطالة متوسط العمل الأقصى إلى ١٢٠ دقيقة، وفي تأمين التمارين الأوكسجينية بالطاقة ذات القدرة المنخفضة جدًا (المتوسطة وما دونها) تلعب الشحوم إلى جانب الكربوهيدرات دورًا كبيرًا، وفي نهاية أداء هذه التمارين يكون تركيز الجليكوجين في العضلات العاملة منخفضًا بشكل ملموس، ولكن ليس بنفس الدرجة التي تكون فيها التمارين الأوكسجينية دون القصوى، لذلك لا يمكن اعتبار نضوبه كعامل أساسي للتعب ومع ذلك فهو عامل مهم، فمع انخفاض تركيز الجليكوجين في العضلات العاملة فإنها تستخدم وبدرجة كبيرة جلوكوز الدم الذي وكما هو معلوم يشكل مصدرًا طاقيًا وحيدًا للنظام العصبي ومن أجل مضاعفة استخدام العضلات العاملة للجلوكوز ينخفض مخزون الجليكوجين في الكبد

والذي عند انشطاره يتم تأمين ورود الجلوكوز إلى الدم فلذلك وحسب درجة أداء تمارين القدرة الأوكسجينية المتوسطة ينخفض تركيز الجلوكوز في الدم (يتضاعف هبوط سكر الدم)، مما قد يؤدي إلى اختلال نشاط منظومة العصب المركزي والتي تؤدي إلى التعب فكلما كان تركيز الجليكوجين النهائي في العضلات والدم أعلى كلما تأخر تطور هبوط سكر الدم والتعب عند أداء هذه التمارين، إن تناول الكربوهيدرات (الجلوكوز) أثناء قطع المسافات يمنع أو يبعد هذه الظواهر، وبالإضافة لذلك إذا تم تناول الكربوهيدرات قبل الانطلاق فسيرتفع طرح (الأنسولين) في الدم وسينخفض تركيز (الجلوكوز) أثناء العمل، أي يتطور هبوط سكر الدم بسرعة جدّاً ويحل التعب.

المواصفات البيوكيميائية للتعب

عند تنفيذ أي نشاط عضلي يستمر لفترة طويلة، تتنامي حالة توصف بزمن هبوط الكفاءة يطلق عليها . حالة التعب . وهذه ليست حالة مرضية وإنما هي حالة عادية للجسم، تقوم بدور دفاعي، وهي تعطي مؤشرات بيولوجية ووظيفية غير مريحة، وتظهر نتيجة العمل، وهي تعمل بصورة آلية لتحقيق شدة العمل العضلي، وينخفض في حالة التعب تركيز ATP في الخلايا العصبية وتتباطأ سرعة معاملة الإشارات التي ترد من المستقبلات، ويتنامي في المراكز الحركية الكبح الوقائي الذي يرتبط بتكوين محلول حامضي.

وفي حالة التعب يستنفد نشاط الغدد الصماء، الأمر الذي يؤدي إلى هبوط إنتاج الهرمونات وانخفاض نشاط عدد من الهرمونات ويؤثر هذا قبل كل شيء على الألياف العضلية لـ ATP التي تراقب تحويل الطاقة الكيميائية إلى شغل ميكانيكي، وعند انخفاض سرعة انشطار ATP إلى ألياف عضلية تهبط آليًا قدرة العمل المنفذ.

وينخفض في حالة التعب نشاط إنزيمات الأكسدة الغازية وتحترق وتتمازج بفعل أكسدة وإعادة تكوين ATP، ومن أجل الحفاظ على المستوى المطلوب لـ ATP سيحدث تعزيز داخلي لتحلل السكر الذي تصاحبه عملية أكسدة الأوساط الداخلية.

ويحدث في العضلات العاملة عند التعب نفاذ احتياطي مصادر الطاقة (الفوسفوكرياتين والنشا الحيواني) وتتجمع نواتج انحلال حامض اللبنيك، وهنا يحدث خرق لتنظيم تلك العمليات المتعلقة بتأمين العضلات بالطاقة، وتظهر تغيرات واضحة في نشاط أنظمة التنفس الرئوي والدورة الدموية، ولا تزال أسباب نمو التعب عند أداء عمل عضلي غير معروفة تمامًا وينظر إليها في غالبية الحالات كمجموعة ظواهر يكون سبب هبوط الكفاءة فيها هو خروج واحد من عناصر تلك المجموعة من المشاركة الجادة في العلاقات المتبادلة في أنظمة الأعضاء والوظائف التي تؤمن تنفيذ العمل أو خرق العلاقات بين الأنظمة.

واستنادًا إلى ظروف النشاط العضلي والمميزات الذاتية للجسم فان دور الحلقة القيادية في تطوير التعب يمكن أن تأخذه على عاتقه أي عضو أو وظيفة، إذ يصبح عملها في لحظة زمنية معينة غير متكيفًا للحمولات المطلوبة. وعليه فان أول سبب للتعب يصلح أن يكون الانخفاض في مصادر الطاقة والهبوط في نشاط الإنزيمات الأساسية، وعادة عند تنفيذ عمل قصير مكثف، فان السبب الأساسي للتعب يمكن أن يكون نمو الإعاقة الوقائية بسبب خرق توازن الـ ADP ATP ونضوب المايوزين في الـ ATP للعضلات العاملة تحت تأثير نواتج التبادل المتراكمة. وعند تنفيذ عمل معتدل نسبياً . وطويل فإن السبب الأساسي للتعب هو خرق نشاط آليات تأمين الطاقة (مثلًا نفاذ احتياطي النشا الحيواني داخل العضلات أو تراكم نواتج الدهون غير المؤكسدة كليًا) وكذلك انخفاض تهيج العضلات الناجم عن خروج البوتاسيوم الموجود في فضاء ما بين الخلايا.

تأثير التعب على العضلات والمفاصل والغضاريف

إن ممارسة التدريب إلى حد الشعور بالتعب، يقيد من زيادة تنمية وتطوير الأجهزة الحيوية والقوة العضلية. لأن عضلات الجسم لا تستفيد من التدريبات الرياضية إلا إذا شعر اللاعب في نهاية التدريب بشيء من التعب العضلي ولكن ليس معنى ذلك المبالغة والوصول إلى درجة الإجهاد. لان الإرهاق العضلي يعتبر من أخطر ما يهدد سلامة اللاعبين وتعرضهم للإصابات كتمزق العضلات والأوتار ومتاعب المفاصل ومشاكل الغضاريف، بالإضافة إلى أن الإرهاق الشديد بجسم اللاعب يزيد من الطاقة الكهربائية والمجال المغناطيسي اللذين يصدران عن القشرة المخية. وبذلك يصبح المجال المغناطيسي في غير مجاله الصحيح أو الطبيعي، مما يؤدي إلى فقدان اللاعب لدرجة الاتزان وعدم القدرة في السيطرة على الحركات الرياضية وهبوط مستوى سرعة الاستجابة للحركات المطلوب أداؤها في المواقف الفجائية وانخفاض القدرة العضلية، كما أن تكرار الارهاق العضلي يحدث تغيرات كيميائية في السوائل الزلالية بمفاصل الجسم بصفة عامة، والمفاصل الكبيرة بصفة خاصة، وبذلك تصبح سوائل هذه المفاصل أقل ميوعة و أكثر لزوجة، وبتكرار حدوث ذلك تتكون الالتصاقات في أربطة المفاصل ويصيبها التليف ثم التصلب وتفقد مرونتها تمامًا مما يؤدي إلى الشعور بأوجاع المفاصل. وتدريجيًا إلى الألم المفصلي الحاد وعدم القدرة على أداء الحركات الطبيعية للمفصل. وأخيرا تتصلب الأربطة والأوتار العضلية المحيطة بهذه المفاصل ثم تتعرض الغضاريف لعدة مشاكل وفي النهاية يصاب اللاعب بأمراض المفاصل المزمنة.

obeikandl.com

التعب خلال أداء تمارين رياضية مختلفة

يكون التناسق الخاص في الأنظمة القيادية (الموضعية) وآليات التعب مميزًا للتمارين المختلفة، وعند أداء تمارين القدرة اللاأوكسجينية القصوى يكون للعمليات التي تحدث في منظومة العصب المركزي والجهاز العصبي العضلي المنفذ دور مهم جدًا في تنمية التعب وفي وقت أداء هذه التمارين يتوجب على المراكز الحركية العليا أن تنشط . وبشكل أقصى . العدد الممكن من الخلايا العصبية الحركية الخاصة للعضلات العاملة، وتأمين النبضات ذات النوعية المرتفعة، فمثل هذه «السيطرة الحركية» المشدودة يمكن أن تنخفض خلال عدة ثوان فقط، وينخفض تردد النبضات بصورة مبكرة ويحدث توقف في الخلايا العصبية الحركية السريعة ثم يتم استهلاك الفوسفاجينات بشكل سريع ومطلق في العضلات العاملة وخاصة فوسفات الكرياتين، لذا يشكل نضوب الفوسفاجينات (المصادر الأساسية القادرة على تأمين مثل هذا العمل) واحدًا من آليات التعب الرئيسية عند أداء هذه التمارين، إن تحلل السكر اللاأوكسجيني يتضاعف بشكل أبطأ، لذا بعد مرور عدة ثوان من العمل بزيادة تركيز الأسيد في العضلات المتقلصة بكمية غير كبيرة. إن لأنظمة التأمين الوظيفي دورًا مهمًا في أداء هذه التمارين وبالتطابق في تنمية التعب نظرًا لنشاطها، وعند أداء تمارين القدرة اللاأوكسجينية القريبة من القصوى المحددة لتنمية التعب، تعمل التغيرات الجارية في منظومة العصب المركزي وفي الجهاز العضلي المنفذ بنفس الطريقة وكما هو الحال عند العمل اللاأوكسجيني الأقصى يجب أن تؤمن منظومة العصب المركزي (م ع م) نبضًا ذات تردد عالي لغالبية الخلايا العصبية الحركية التي تمد العضلات الأساسية العاملة بالعصب، ويجري في الخلايا العضلية نفسها استهلاك شديد للتمثيل الغذائي اللاأوكسجيني، الفوسفاجينات والجليكوجين العضلي، كما تتجمع وتنتشر في الدم كمية كبيرة من حامض اللبنيك في العضلات والدم كسبب مهم للتعب خلال العمل اللاأوكسجيني القريب من الأقصى، مما يؤدي إلى انخفاض سرعة تحلل الجليكوجين في العضلات من جهة، ويؤدي تأثيرًا غير جيد على نشاط منظومة العصب المركزي من جهة أخرى.

أما عند أداء تمارين القدرة اللاأوكسجينية دون القصوى فإن الآلية الرئيسية للتعب في هذه التمارين والمرتبطة مع تحلل الجليكوجين (كوسيلة للتأمين الطاقي الأساسي) هي تجميع أو تجمع للأسيد في العضلات وفي الدم (وانخفاض) PH في الخلايا العضلية وفي الدم.

إن هذين العاملين يقودان إلى انخفاض سرعة تحلل الجليكوجين في العضلات ويسببان تأثيرًا سلبيًا على نشاط (م ع م) منظومة العصب المركزي، وعند أداء تمارين القدرة الأوكسجينية القصوى يرتبط التعب وقبل كل شيء مع النظام الناقل للأوكسجين الذي تكون إمكانياته القصوى عاملًا محددًا لكفاءة الأداء،إن إحدى هذه الآليات الرئيسية

للتعب في هذه الحالة هو تزويد العضلات العاملة بكمية غير كافية من الأوكسجين وفي سير هذا العمل تحصل العضلات على الحصة الكبرى من الطاقة نتيجة تحلل الكليكوجين اللاأوكسجيني مع تكون حامض اللبنيك الذي يكون لتجمعه (انخفاض PH) في العضلات وفي الدم دور مهم أيضًا في تطوير التعب.

إن أداء تمارين القدرة الأوكسجينية القريبة من القصوى أيضا يتحدد بقدرات النظام الناقل للأوكسجين بشكل أساسي، ونتيجة لأدائها ينخفض تركيز الفوسفاجينات بشكل غير كبير ويكون تركيز الأسيد في العضلات وفي الدم غير كبير نسبيًا ويرتبط التعب بانخفاض إنتاج نظام القلب الوعائي ويبرز الإنتاج القلبي كعامل أساسي محدد لتأمين العضلات بالأوكسجين، ويؤمن العمل من خلال الجليكوجين بصورة أساسية، ولكن الامتناع عن استمراره لا يرتبط مباشرة بنضوب مصادر الجسم الكربوهيدراتية، كما أن التركيز العالي لحامض اللبنيك في العضلات وفي الدم يعتبر واحدًا من آليات التعب المهمة عند أداء تمارين القدرة الأوكسجينية القريبة من القصوى.

وترتبط تمارين القدرة الأوكسجينية دون القصوى بالأحمال الكبيرة بنظام القلب الوعائي ويؤمن أدائها من خلال العمليات المؤكسدة في العضلات العاملة المستخدمة – كمصدر أساسي – الجليكوجين العضلي وجلوكوز الدم.

إن الآلية الأساسية للتعب عند هذه التمارين هي نضوب مخزون الجليكوجين في العضلات العاملة وفي الكبد، واغلب التغيرات الملحوظة في نشاط نظام القلب الوعائي على امتداد فترة الحالة شبه المستقرة تعكس جريان العمليات التي تؤدي في نهاية الأمر إلى التعب، فالأحمال الكبيرة والطويلة على القلب تؤدي إلى انخفاض إنتاجية عضلة القلب وتلعب الكلى دورًا كبيرًا في المحافظة على درجة حرارة الجسم الضرورية (فرط الحرارة العاملة) والتي ترتفع حسب درجة استمرارية العمل دورًا معينًا في تنمية التعب.

تبدي تمارين القدرة الأوكسجينية المتوسطة حملًا كبيرًا جدًّا على النظام الناقل للأوكسجين، فعند العمل بمثل هذه القدرة يحدث صرف كبير في جليكوجين العضلات، وصرف مضاعف (نضوب) في جليكوجين الكبد، مما يؤدي إلى تطور هبوط سكر الدم، وبهذا الشكل ستتأثر (م ع م) منظومة العصب المركزي والذي يمثل جلوكوز الدم بالنسبة لها دور المصدر الطاقة الوحيد، وإضافة لذلك فان لاختلال عمليات تنظيم الحرارة أهمية كبرى بحيث تستطيع أن تسبب ارتفاعًا في درجة حرارة الجسم، ويحدث ارتفاع في درجة انتقال الحرارة نتيجة لإعادة توزيع جريان الدم (مضاعفة مجري الدم الجلدي وانخفاض مجري الدم للعضلات العاملة)، وينخفض تزويد العضلات العاملة بالأوكسجين مما يؤدي إلى تعب عضلي، وتمتاز تمارين القدرة الأوكسجينية الصغرى بنفس تلك الحالات الموضعية والآليات التي تؤدي إلى التعب، كما هو الحال في تمارين القدرة الأوكسجينية المتوسطة، أما

الفرق فيتمركز في بطء حدوث العمليات المذكورة وفي استهلاك الشحوم بكميات كبيرة، فالمواد غير مكتملة الأكسدة يمكن أن تصل للدم وتشكل عاملًا مهمًا للتعب.

علاقة التدريب الرياضي بالتعب

إن الفرد الرياضي يتأخر ظهور التعب لديه لعدة أسباب:

١- تناسب كمية الدم الواصلة للعضلات العاملة مع كمية المجهود الذي يقوم بأدائه.

٢- قدرة الأوعية الدموية على الاتساع بسرعة لسد حاجة العضلات.

٣- وجود قلويات وجلوبين بوفرة في العضلات.

٤- توافق الجهازين العضلي والعصبي (التوافق العضلي العصبي).

٥- ازدياد القوة الميكانيكية للعضلة.

٦- الاقتصاد في الطاقة لمعرفة اتجاهات ومسارات الحركات المختلفة نتيجة لمعرفة اللاعب السابقة بالحركات.

obeikandl.com