سمات الإجهاد الفسيولوجي والإعياء

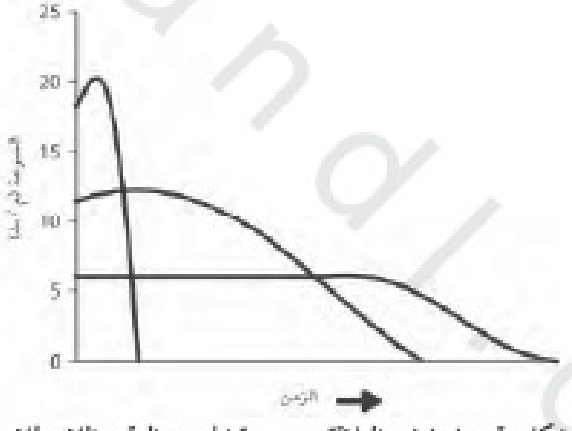
Aspects of Physiological Stress and Fatigue

إحدى أهداف تدريب أي حصان أن ينتج تكيفات تؤخر بداية الإعياء ، سواء هذه في الكثافة العالية قصيرة الأمد ، مثل مسافة (١٠٠٠ متر) لجنس الحصان الأصيل " عدو sprint " أو تمرين مطول وتحت الأعلى مثل ذلك في سباق التحمّل (انظر الشكل رقم ١١,١) . الحصان الذي يصبح مرهقاً يشعر بالتعب ويجب أن يشجع لمواصلة المجهود . بداية الإعياء لا تدل على نهاية التمرين بالضرورة ، ولكن قد تعني بأن الحصان يجب أن يتباطأ إلى حدٍ كبيرٍ لكي لا يصبح منهكاً . إذا أنهك الحصان ، فلن يستطيع مواصلة ممارسة المجهود بأي كثافة . يحصل الإعياء عندما يجبر الحصان لأي من :

- توقف ممارسة المجهود .
- استمرار المجهود ولكن بكثافة أقل .

يظهر الإعياء على شكلين ، احدهما نفسي والآخر فسيولوجي . يمكن للبشر أن يستعملوا تقنيات للتغلب على السمات النفسية للإعياء وغالباً يكون لديهم أسباب إيجابية لعمل ذلك . البشر الرياضيون يجاهدون للوصول للأهداف الشخصية ، لضرب الخصم القادم وربح الوسام . الخيول ليس لها مثل هذا الحافز ، والحصان اليوم يتنافس مع نفس الحافز المعروف منذ قبل ١٠٠ سنه. وهذا قد يفسر جزئياً لماذا التحسينات

الكبيرة في الأوقات القياسية استشهدت بها لألعاب الساحة الإنسانية لم تنسخ بالأوقات المحسّنة في الأجناس مثل الدربي. من غير المحتمل أن تكون تلك الخيول مدفوعة برغبة الربح إلى نفس المدى عند رياضيو البشر ، وهم بالتأكيد لا يستطيعون تنظيم مشاركة تمرين يومي بإنجاز تدريب الأهداف في المدى البعيد . يجب أن نحاول تأكيد أن الحصان يتمتع بكل جلسة تمرين ، إلا إذا تمكنا أن نجد طريقة ما لتوضيح مبدأ " لا ألم لا مكسب " للحصان . بينما تفكير الرياضيين من البشر الإيجابي قد يتجاوز السمات النفسية للإعياء ، فإن السمات الفسلجية من المستحيل تجاهلها وستعتمد على نوع التمرين الذي يؤديه الحصان . الإعياء عند فرس عداء هي ظاهره فسلجية مختلفة عن التعب الذي يلحق بالحصان .



الشكل رقم (١١,١). العلاقة بين سرعة الجري والوقت اللازم للإعياء .

الإعياء كنتيجة لتمرين شديد العنف

Fatigue as A Result of High Intensity Exercise

الخيول التي تمارس الجهد البدني بشكل أعلى ولفترات قصيرة تستعمل مسارات التنفس اللاهوائي كوسائل أساسية لإنتاج الطاقة ، يصحبه إنتاج حامض

اللبنيك والذي يتحلل فوراً إلى لاكتيت و أيونات هيدروجين . تذكر بأن إنتاج حامض اللبنيك عند العدائين الجيدين هو جيد ؛ لأنه يسمح للحصان بالإسراع من خلال تسليم جزيئات أدينوسين ثلاثي الفوسفات بسرعة كبيرة، مع أنه ليس اقتصادياً . أثناء التمرين عالي الكثافة ، كل أنواع الألياف العضلية مجندة و بما في ذلك الليف النوع II B والتي لها قدرة عالية على نقل وتحويل أدينوسين ثلاثي الفوسفات. لابد من أن يحدث الإعياء بسبب مجموعه التغيرات داخل الخلية العضلية مثل الزيادة في أيونات الهيدروجين و الفوسفات غير العضوية ، والأمونيا وجزيئات أدينوسين ثلاثي الفوسفات وتناقص في جزيئات أدينوسين ثلاثي الفوسفات والكريتين المفسفر والرقم الهيدروجيني. الخيول قد تمارس التمارين القصوى لثواني أو دقائق قبل أن يحدث الإعياء اعتماداً على كثافة التمرين . في هذه الحالة يعّرف الإعياء بأنه عدم القابلية على الاستمرار في السرعة القصوى . عند النقطة التي فيها يبدأ التعب ، يخفض الحصان السرعة القصوى ١٠٠ ٪ - ٩٨ ٪ من السرعة العليا ويستمر يجري سريعاً، ولكن ليس بأقصاه . لنلقي نظره على العوامل المساهمة في التعب الناتج من ممارسة أقصى جهد .

١- نضوب فوسفات الطاقة العالية ضمن العضلة

تخزن العضلة كمية معينة من أدينوسين ثلاثي الفوسفات والكريتين المفسفر واللذان يستعملان لتزويد الطاقة للانقباض العضلي في المراحل المبكرة للتمرين . مخازن فوسفات الطاقة العالية هذه يجب أن يعاد ملئها عندما يبدأ الإنتاج الهوائي لأدينوسين ثلاثي الفوسفات . خلال تمرين الكثافة العالي ، تنخفض مستويات أدينوسين ثلاثي الفوسفات ضمن العضلة تدريجياً ، كدلاله على أن الأدينوسين ثلاثي الفوسفات يستهلك بشكل أسرع من إمكانية استبداله . وجد

Sewell and Harris (1992م) أن مستويات أدينوسين ثلاثي الفوسفات في العضلة يتناقص بحوالي ١٤-٥٠ ٪ أثناء السباق مع حدوث فقدان أكثر وضوحاً من نوع ألياف II B (حتى يصل ٥٠ ٪) ، بينما كان هناك خسارة قليلة من ألياف النوع I . يستغرق إعادة الأدينوسين ثلاثي الفوسفات إلى حالة تركيز عند الراحة بعد التمرين بحوالي ساعة واحدة .

٢- انخفاض الرقم الهيدروجيني داخل الخلية

يؤدي الانخفاض في الرقم الهيدروجيني المعروف بالحموضة (Acidosis) إلى نقص في القدرة الهوائية للعضلة . تعمل خلايا العضلة بشكل مثالي عند الرقم الهيدروجيني تقريباً ٧,٠ وتناقص الرقم الهيدروجيني يمكن أن يضعف نشاط بعض الإنزيمات العضلية . أثناء نوبات فترات التدريب ، يمكن أن يتهاوى الرقم الهيدروجيني إلى مستوى ٦,٠ من ٧,٠ عند الراحة وهذا ينقص بشكل ملحوظ نشاط إنزيم الفسفو فركتو كينيز (Phosphofructokinase) وهو إنزيم مهم في عملية التحلل السكري . ترى التغيرات الطبيعية ضمن الخلايا ، في الميتوكندريا والتي تصبح مستديرة و تنتفخ أغشيتها و الأغشية الملتفة بداخلها والمعروفة بالرفوف Cristae التي تصبح أكثر بروزا . هذه التغيرات الطبيعية يعتقد بأنها ترتبط بضعف وظيفة الميتوكندريا ، مما يؤدي إلى خفض في القدرة الهوائية للعضلة . تعود الميتوكندريا إلى الوضع الطبيعي أثناء العودة إلى الوضع بعد التمرين . تؤدي الحموضة إلى ضعف أيضاً في وظيفة الشبكة الاندوبلازمية العضلية وخفض في قدرة الخلية على نقل الكالسيوم منها إلى السيتوبلازم وعودته مرة أخرى .

٣- تراكم حمض اللبنيك

يتكون حمض اللبن عن طريق ممرات الطاقة اللاهوائية ويتفكك بسرعة إلى أيونات اللاكتيت و الهيدروجين . تشكل اللاكتيت بعد ذلك ملح مع أيونات الصوديوم أو البوتاسيوم ، ولا تشكل تهديداً كبيراً للخلية العضلية . على أية حال ، تشكل

أيونات الهيدروجين تهديداً للخلية بسبب خفض الرقم الهيدروجيني لها . وبسبب تفكك الحامض اللبني بسهولة ، فإن مصطلحات اللاكتيت وحمض اللبن يستعملان بشكل متبادل . الخيول قادرة على تحمل مستويات عالية من اللاكتيت مقارنة بالبشر ؛ لاكتيت الدم عند الخيول يمكن أن يصل إلى ٣٥ ملليمول / لتر ، مقارنة بـ ٢٥ ملليمول / لتر عند البشر . تؤدي النوبات المتكررة للتمرين إلى زيادة في تركيزات لاكتيت العضلة تصل إلى ٢٠٠ ملليمول / كجم من العضلة المجففة (Snow *et al* 1985) . إن معدل ١٥٠ ملليمول / كجم عضلات مجففة تقريباً شيء مألوف ومعروف بعد تمرين سريع وهو صائم لمسافة فوق ميل واحد (١٦٠٠ متر) أو ما شابه ذلك . النسبة العظمى من ألياف II B في الحصان ستشهد تراكمات كبرى من اللاكتيت في المستويات المنخفضة من التمرين ، ترى قيم تجمعات اللاكتيت فورا ومباشرة عند نهاية التمرين ، على أية حال ، تدفق اللاكتيت يمكن أن يبلغ أقصاه عند المستويات العالية من التمرين ، و يؤدي إلى تراكم اللاكتيت و أيونات الهيدروجين المرتبطة في العضلة ومن ثم نقصان في الرقم الهيدروجيني للعضلة . في هذه الحالة ، ذروة اللاكتيت في الدم والبلازما ربما لا تلاحظ حتى ١٠–١٥ دقيقة بعد التمرين ؛ لأن اللاكتيت يستمر على ترك العضلة أثناء فترة استعادة الوضع الطبيعي للاتزان في تجمع هذه المادة بين الدم والعضلة . بالرغم من تراكم اللاكتيت وانخفاض الرقم الهيدروجيني للعضلة ربما يكون له أثر سيء ، إلا أنه بدون اللاكتيت لا يمكن للحيوان أن يكون قادراً على العدو السريع . اللاكتيت جيد جدا إذا ما أردت أن تجري سريعاً لمسافة قصيرة. ينتج أفضل العدائين ، من البشر والخيول ، كثيراً من اللاكتيت . إنه يسمح لك أن تجري بسرعة ، لكن تحدد إلى أي مدى يمكن أن يحدث ذلك .

الإعياء كاستجابة للجهد دون الأقصى

Fatigue in Response to Sub-maximal Exercise

يعتمد التمرين عند مستويات دون الأقصى بشكل أساسي على ممرات الطاقة الهوائية لإنتاج أدينوسين ثلاثي الفوسفات . موارد الوقود هي أساساً الأحماض الدهنية الحرة والجلايكوجين . الجهد تحت الأعلى عند معدل قلبي أقل من ١٥٠ ضربة / دقيقة هو عادة تحت عتبة التنفس اللاهوائي ومن غير المحتمل أن يتجاوز لاكتيت الدم ٢–٣ ملليمول / لتر . في هذه الحالة ، الإعياء من المحتمل أن يكون بسبب نضوب مخازن الوقود (الجلايكوجين وليس الدهن أبداً) والجفاف والخسارة الملحوظة في الإلكتروليتات خلال التعرق .

١– نضوب مخازن الوقود العضلية Depletion of muscular fuel stores

يستثمر إنتاج الطاقة الهوائي الحموض الدهنيه الحرة والجلايكوجين . توفر مخازن الدهون ما يكفي لأيام الوقود اللازم للصيانة أو للتمرين منخفضة الدرجة . في جولات التحمل ، يحدث إعياء بسبب نضوب الجلايكوجين في الكبد (مما يؤثر على أعضاء الأجهزة باستثناء العضلة التي تمد بالجلوكوز بواسطة الكبد عن طريق مجرى الدم ومثال ذلك المخ) والعضلة النشطة وليس بسبب إعياء مخازن الدهون . من خلال التحمل ، تجند ألياف من النوع I والنوع II A دائماً . حالما يستنزف المخزن من الوقود في هذه الألياف ، تجند الألياف من نوع II B حتى تستنفذ كل الألياف محتواها من الجلايكوجين . وعندما يحدث هذا ، فقط ما يمكن القيام به هو التمرين منخفض الكثافة ؛ بسبب أن الطاقة تعتمد على الاستفادة من الحموض الدهنية الحرة . ربما يستغرق استبدال مخازن الجلايكوجين بعد استنفادها خلال التمرين ٧٢ ساعة .

٢– ارتفاع الحرارة Hyperthermia

يولّد عمل العضلات أثناء التمرين حرارة كنتيجة عرضية من تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية . السرعة القصوى كلما زادت سرعة جري الحصان كلما

زاد معدل أنتاج الحرارة . أثناء التمرين الحاد ، يزيد انتاج الحرارة بحدود ٥٠ مرة عنها في حالة الراحة . عند درجات حرارة فوق ٤٣ مْ تشاهد نفس التغيرات الطبيعية تحدث عند انخفاض الرقم الهيدروجيني المخفض ، وبمعنى آخر ، انتفاخ الميتوكندريا والشبكة الناعمة. من المحتمل عند درجات الحرارة العالية أن تضعف وظيفة الميتوكندريا ومعالجة الكالسيوم في الخلية . يعتمد نجاح الحصان في تأخير التعب على قدرته لتشتيت الحرارة الناتجة أثناء التمرين ، بالعادة من خلال التعرق بغزارة ! يمكن للخيول أن تفقد بحدود ١٥ لتر من العرق في الساعة . قد ينتج الإعياء كنتيجة لزيادة درجة حرارة الجسم والتي لا تؤثر فقط على العضلات (ضعف وإعياء) لكن أيضاً على الدماغ (ترنح Ataxia ، صداع ، خطأ في التوجه) ، وكنتيجة للخسائر في السوائل الضرورية لتشتيت الحرارة المنتجة أثناء التمرين .

٣– السوائل المعدلة والتوازن الأيوني

عندما تتعرق الخيول بنسبة أكثر من ١٠ لتر/ساعة ، فإنها تفقد كميات هامة من ماء وشوارد الجسم . الشوارد مادة تذوب في الماء وتحمل شحنة . تتضمن الشوارد الرئيسة في العرق كل من أيونات الصوديوم (Na^+) والكلوريد (Cl^-) والبوتاسيوم (Ka^+) والكالسيوم (Ca^{++}) والمغنسيوم (Mg^{++}) . عرق الخيل هو أكثر تركيزاً ويحتوي كميات كبيرة من الإلكتروليتات مقارنة مع الإنسان . في الحقيقة ، بينما تفرز العرق و هو أقل في تركيزه للشوارد عنه في البلازما (منخفض الضغط الأسموزي)، يفرز الحصان عرق عالي الضغط الأسموزي، بمعنى آخر ، ينتج الحصان عرق أكثر تركيزا من سوائل جسمه الأخرى . كنتيجة ، للخسارة الكبيرة للشوارد التي قد تحدث أثناء تمرين مطول دون الدرجة القصوى . يؤدي فقدان كل من الصوديوم ، الكلوريد ، البوتاسيوم والمغنسيوم إلى عدم توازن في توزيع شحنات الإلكتروليتات على جانبي

غشاء الخلية وهذا يمكن أن يعرقل الوظيفة الطبيعية للأنسجة القابلة للإثارة مثل الأعصاب والعضلات . إن خسارة أيونات الكلوريد من العرق يمكن أن يؤدي إلى الاحتفاظ بأيونات البيكربونات في الكلية في محاولة لإبقاء المعادلة الكهربائية . يؤدي الاحتفاظ بالبيكربونات إلى زيادة الرقم الهيدروجيني للدم والمعروفة بالقلوية . بعض محاليل الشوارد لخيول المنافسة تحتوي على البيكربونات ، وهذه يجب أن تجنبها الخيول التّحمل أثناء ويعد التمارين ذلك من شأنه ترسيخ تأثير القلوية السلبي .

يمكن أن تؤدي خسارة البوتاسيوم إلى التدخل بالآليات التي تنظم إرواء العضلة ؛ لأن البوتاسيوم هو أحد عناصر الأيض المسؤلة عن توسع الأوعية الدموية . يمكن إن تؤدي خسائر الكالسيوم و المغنسيوم إلى زيادة حساسية العصب الثائر Phrenic nerve . يمر هذا العصب الرئيس إلى الحجاب الحاجز فوق القلب في الطريق إلى الحجاب الحاجز وفي حالة تحسسه يبدأ هذا العصب بالإثارة بنفس معدل حدوثها في القلب . ويعرف ذلك بارتجاف الحجاب الحاجز المتزامن Synchronous Diaphragmati flutter أو " خبطة Thumps " أو ينقبض الحجاب الحاجز بمرور الوقت تماشياً مع القلب ولكن لا يرتبط هنا بالحركات التنفسية . تحصل الخيول عموماً على الخبطة في منافسة التحمل وتستبعد دائماً كنتيجة لذلك . من المحتمل أن يحدث هذا، لأن بداية الخبطّة تبين جفافاً ملحوظاً و / أو فقدان في الإلكتروليتات أكثر بسبب الخبطة نفسها . عموماً خيول ذات الخبطة لا تبدو شاردة أو حتى مدركة لمستوى الحالة ، سوف تختفي هذه الحالة في أغلب الأحيان بدون تدخل ضمن فترة قصيرة بعد إنهاء التمرين . تعالج الخيول التي تشكو من ارتجاف الحجاب الحاجز الحاد أو التي لا تختفي فيها الحالة تلقائياً بعد التمرين بحقن محلول الكالسيوم وريدياً ، والتي ربما قد يحوي مغنسيوم . لغرض الإرواء يمكن استخدام حقن السوائل وريدياً أو عن طريق الأنبوب الأنفي إلى المعدة.

الشكل رقم (٢,١١). حصان ساخن وتعبان ومحبط ومتعب .

الإجـــهـــاد
Stress

الإجهاد هي كلمة عصرية جداً. بالطبع كثيراً ما نتحدث عن الإجهاد هذه الأيام والتي تستحضر الكلمة فوراً إجهاد رجل الأعمال، وخبراء المال في المدينة و ما شابه ذلك، الواحد منهم قوي وبعيداً عن أي نوبة قلبية . للإجهاد طبعه سيئة في هذا المجال ؛ لأنه في الحقيقة، نحن لا نستطيع أن نقضي يوم واحد بدون نواتج الإجهاد الفسلجي، وهي هرمونات الأدرينالين والكورتزول . يميل علماء الفسيولوجيا إلى اعتبار الإجهاد ليس تهديداً للصحة ، لكنه ضرورياً إلى الأحداث اليومية. إلى البعض منا، فإن مراقب البطاطس الهالكة بيننا، يعتبر التمرين حدث مرهق للغاية . بالنسبة للرياضيين الأمر، هو أقل من ذلك .تحدد شدة الضغوط الفسلجيه (الشيء الذي يستحث استجابة الإجهاد) بشكل كبير بالتعرض السابق للجسم . يستعمل الإجهاد كرفاهية للحيوان، في سياق مختلف جداً و يلجأ إليه عندما يتطلب إجراء تعديل شاذ

أو متطرف في سلوك الحيوان أو وظائف أعضائه لينسجم مع التأثيرات المضادة في بيئته أو إدارته . إذا فكرتك عن التمرين أن تمشي إلى الثلاجة وترجع مرة أخرى، ثم تركض لميل واحد فإن ذلك يتطلب منك إجراء تعديلات شاذة ومتطرفة في سلوكك ووظائف أعضائك حتى يحدث هذا التوافق . يلعب هرموني الأدرينالين والكرتيزول دور رئيس في التعامل مع الإجهاد خلال التمرين .

العديد من الردود لممارسة المجهود هي بالضبط تماماً مثل استجابات الهجوم أو الهروب ، التي ترى الحيوانات في البرية وتحدث بواسطة التحفيز المباشرة من الجهاز العصبي العطوف (السمبثاوي) وزيادة في دوران (توزيع) الأدرينالين . في الحقيقة ، يفرز كلا من الأدرينالين والنورأدرينالين من نخاع الغدة الكظرية كنتيجة للتحفيز السمبثاوي . عند الراحة ، يكون تركيز الأدرينالين والنورأدرينالين في البلازما هو تقريباً ٠,٠٥ نانوجرام / مل و ٠,١ نانوجرام / مل ، على التوالي ، ليرتفع تقريباً إلى ١٨ نانوجرام / مل و ٢٣ نانوجرام / مل خلال التمرين الحادّ (Nagata *et al.* 1999) . إن ردود التمرين ببساطة نسخة مضخمة من الرد الطبيعي لحالة الخوف (انظر الشكل رقم ١١,٣) ، التي تتضمن ما يلي :

- زيادة معدل نبضات القلب وزيادة قوة الانقباض العضلي المؤدي إلى زيادة الناتج القلبي .
- زيادة معدل التنفس .
- الانكماش الطحالي .
- زيادة جريان الدم العضلي .
- زيادة توصيل الأكسجين ، وبمعنى آخر ، زيادة معدل الأيض .
- زيادة حركة الجلايكوجين والدهون من مخازنها بالكبد .

- زيادة مستوى دوران الخموض الدهنية الحرة .
- زيادة حساسية الأعصاب المغذية للعضلات الهيكلية .
- توسع القصيبات الهوائية .
- التعرق .

الشكل رقم (١١,٣). استجابات التمرين وهي مشابهة جدا للرقم نجابات نموذجية " معركة للطيران " وتتضمن زيادة في الكاتيكولاميات بالدورة الدموية ، معدل نبضات القلب ، التهوية والتعرق .

من السهل ربط هذه الاستجابات التي يقوم بها الجسم آلياً عندما نفكّر كيف نشعر والتغييرات التي تحدث خلال ثواني إذ يخيفنا شيء ما ، مثل نجاة بأعجوبة في السيارة أو مجابهة حامية جدا . يزداد كلا من النورأدرينالين والادرينالين (يطلق عليهما معاً كاتيكولامينات) استجابة للتمرين ، وتكون الزيادة أكثر أهمية عندما تزداد كثافة التمرين فوق أعباء التشغيل لحوالي ٦٠ – ٧٠ ٪ من حجم الأكسجين الأقصى وتكون قريبة من عتبة التنفس اللاهوائي أو معدل نبض قلبي ١٦٠ – ١٨٠ ضربة / دقيقة . الكاتيكولامينات مهمة للغاية في تمرين الكثافة العالية وهناك علاقة وثيقة بين تركيز وتوزيع الأدرينالين وتركيزات اللاكتيت (في الدم)، و أيضا بين الأدرينالين والحالات العالية من الإجهاد والحماس العاطفي . لذا فعلى سبيل المثال ، عندما ينفعل حصانك أو يجهد خلال

المنافسة هذه يمكن أن تحول أيضه بعيداً من التنفس الهوائي إلى التنفس اللاهوائي . هذا ببساطة و كما تعلمنا سابقاً فإننا نحتاج للسرعة العالية لإنتاج لاكتيت والتي هي حسنة وجيدة في بداية العدو السريع لمسافة (١٠٠ متر) ولكن ليس بالجيد من بداية الطرق والمسارات في أحداث جولة الأيام الثلاثة أو ١٠٠ ميل (١٦٠ كلم) لركوب تحمل . في الخيول المتدربة ، مستويات الأدرينالين لا تزيد بنفس القدرة استجابة للتمرين .

استجابة لكل من التمرين عند حده الأقصى وما دونه ، تزداد مستويات كورتزول الدم ، نقص الكورتزول يضعف في الحقيقة الأداء . يؤدي التمرين إلى زيادة بمقدار ٢– ٣ مرات في الكورتزول ، ويصل إلى القمة عادة ١٥ – ٣٠ دقيقة بعد التمرين ، ويعود إلى مستويات قبل التمرين خلال ساعة . تؤدي زيادة تركيزات الكورتزول في الدم إلى :

- زيادة تخزين الجلايكوجين .
- زيادة في تحريك مخازن الدهون .
- تحفيز تصنيع البروتين لإصلاح ما يحدث من التحطمات الدقيقة .
- ازدياد الحساسية للأدرينالين .
- ازدياد تخزين الجلايكوجين في الكبد .

الكورتزول هو هرمون الإجهاد طويل المدى . كل الاستجابات كنتيجة للزيادات في الكورتزول التي تنشأ لتهيئة الجسم لزمن طويل مسخرة نحو اقتصاد في استهلاك الجلايكوجين. تركيزات كورتزول البلازما عالية للغاية خاصة بعد تمرين التحمل (٣٠ ٪ أعلى من النشاطات الأخرى) . في الخيول غير المدربة ، يكون الكورتزول أعلى ويأخذ مدة أطول للتخلص منه في الدم بعد التمرين عنه في الخيول المدرّبة . مستويات الكورتزول قد تبلغ الذروة مابين ١٠ و ٢٠ دقيقة بعد التمرين ، لكن قد لا يعود إلى مستويات الخط الأساس حتى ساعتين بعد التمرين الحادّ : يبدو أن وقت التحسن يتعلق بمّدة التمرين ، حيث التمرين الأقصى المطول يظهر الزيادة العليا في كورتيزول البلازما ويبطىء عودته إلى مستوياته قبل التمرين .

KEY POINTS **نقاط مفتاحيه**

- يمكن أن يعّرف الإعياء بأنه عدم القابلية لمواصلة المجهود مطلقاً أو عدم القابلية لإبقاء الكثافة الحالية للتمرين ، مع الإمكانية في الاستمرار عند كثافة منخفضة .
- قد يكون للإعياء مكوّنات فسلجية ونفسية .
- الإعياء أثناء الكثافة العالية والتمرين قصير المدة له أسس مختلفة كنتيجة للكثافة المنخفضة و إطالة التمرين .
- إعياء العضلة المرتبطة بتمرين الكثافة العالية قد يتضمن الزيادات في تركيز أيونات الهيدروجيني ، والفوسفات غير العضوية و الأمونيا (النشادر) وADP ونقصان في الرقم الهيدروجيني ، والأدينوسين ثلاثي الفوسفات والكريتين المفسفر .
- إعياء العضلة المرتبط بالتمرين تحت الأعلى هو على الأرجح يشارك في نضوب الجلايكوجين ، الجفاف والنقص الملحوظ في الشوارد .
- الإجهاد له معنى مختلف في علم وظائف الأعضاء . إلى ذلك المفهوم عموماً ؛ هو يرى حسب الضرورة من ناحية التحفيز والتحدي المستمر بدلا من غير المرغوب.
- الاستجابات للتمارين عالية الكثافة هي مشابهة لاستجابة الهجوم أو الهروب ويرتبط بتحفيز عطوف(ودي) (أمينات الكاتكول Catecholamines). تشمل الزيادات على الناتج القلبي ومعدل التنفس وجريان دم العضلة وتوصيل الأكسجين والانكماش الطحالي وتحريك مخازن الوقود وتوسع المجاري التنفسية وتوسع الأوعية الدموية و التعرق .
- الاستجابات إلى التمرين دون الأقصى المطول وثيق الصلة بمستويات الكورتزول وتتضمن زيادات في جلايكوجين العضلات المخزن وتحريك مخازن الدهون و زيادات في تصنيع البروتين و زيادة الحساسية للأدرينالين وزيادة خزن الجلايكوجين في الكبد .