الفصل السادس

التدريبات الرياضية

الأسس البيولوجية للتدريبات الرياضية

إن الأغراض من التدريبات الرياضية هي واسعة ومتشعبة ، فهي من الناحية التربوية عملية بناء وتربية للمعنويات والإرادة والذكاء والانضباط والصفات العالية.

أما من وجهة النظر البايولوجية فتعتبر التدريبات الرياضية عملية « ملاءمة » ، ملاءمة الإنسان للأفعال والنشاطات العضلية الشديدة، والتي تهئ له قوة عضلية متطورة لممارسة الأعمال العنيفة ذات التحمل بشكل غير اعتيادي.

هذه الملاءمة تتم بالدرجة الأولى عن طريق التمرينات البدنية، التي تعود بدورها إلى إحداث تبدلات كبيرة في الأعضاء ، يتناولها موضوع الفسلجة الرياضية بالدرس والاستكشاف.

ولكن هذه التغيرات هي في الأساس تغيرات بايوكيميائية، ولذا يكون من الطبيعي دراسة هذه التغيرات البايوكيميائية والتي تظهر تحت تأثير التدريب. كما لا يمكن أن تقتصر هذه الدراسة على التغيرات التي تحصل في العضلات فقط ، وإنما تشمل أيضاً التغيرات التي تحصل في الدم والأنسجة والأعضاء الأخرى ، كالجهاز الهضمي والكبد والقلب والجهاز العصبي المركزي وغيرها.

التغيرات الكيميائية التي تحصل في العضلة نتيجة للتدريب

قبل أن نعدد التغيرات الكيميائية التي تحصل في العضلة نتيجة للتدريبات الرياضية ، نود أن نركز بشكل مختصر أنه ثبت في ضوء المعلومات الحديثة في الفسيولوجي أن هناك علاقة لنشاط الجهاز العصبي المركزي بالتغيرات الكيميائية التي تحصل في الأعضاء ، والعكس صحيح أيضاً ؛ حيث أن كل عمل يؤديه عضو من الأعضاء يؤثر في ميكانيزم الانعكاسات ويعمل كمحفز يقوي الانعكاسات الميكانيكية للجهاز العصبي على ذلك العضو.

obeikandl.com

حيث أن النشاط العضلي يحفز الجهاز العصبي المركزي لإعطاء الأوامر بزيادة عملية الشهيق مثلاً وهكذا .

أما أهم التغيرات الكيميائية التي تحصل في العضلة تحت تأثير التدريبات الرياضية فيمكن إجمالها بما يلي :

١- أن النشاط العضلي يحتاج إلى طاقة ، ولهذا فكل نشاط عضلي يكون مصحوباً بتحلل ثلاثي فوسفات الأدينوزين وتحول الطاقة الكيميائية الناتجة عن ذلك إلى طاقة ميكانيكية تخدم تقلص وتمدد العضلات.

٢- لغرض إعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين تستهلك مواد مختلفة موجودة أصلاً في العضلة لهذا الغرض وبصورة كبيرة ، كأمثلة على هذه المواد التي تستهلك هو فوسفات الكرياتين، والكلايكوجين واللبيدات.

أما في الكبد فيحصل تحلل للكلايكوجين حيث يتكون الكلوكوز الذي يذهب بدوره إلى الدم ، ويوزع على العضلات النشطة والقلب والمخ.

كذلك سيحصل أيض للشحوم في الكبد وتأكسد للحوامض الشحمية ، كما تتجمع نواتج الأيض من حامض لبنيك وفسفور وأجسام كيتونية وحامض كاربونيك ومواد أخرى، في أعضاء الجسم.

إن قسماً من هذه المواد أيضاً يضيع في الأعضاء ، والقسم الآخر يستخدم كمواد أولية لإعادة البناء.

٣- يرافق نشاط العضلة سلسلة من التفاعلات التي تساعد فيها الأنزيمات - كعوامل مساعدة - مساهمة نشطة وفعالة، وبهذا تزداد فعالية عملية أنزيمات الـ *ATP ase* والفوسفوريليز والهكسوكينيز والليبيز وغيرها . كذلك تزداد عملية تحلل الكلوكوز وعمليات الهدم التأكسدية.

٤- عند الإجهاد الشديد من الممكن أن تنعكس الصورة السابقة وتتراجع فعالية كثير من الأنزيمات ، وهذه تعود مرة أخرى بعد فترة الاستراحة.

وربما تعود بشكل أكبر مما كانت عليه في الأصل وقبل أداء العمل ، كما سنرى ذلك فيما بعد.

٥- أن تجمع حامض اللبنيك (اللاكتيك) في العضلة يؤدي إلى زيادة استهلاك الأوكسجين (وبالتالي زيادة شدة العمليات التنفسية) من قبل الأنسجة لغرض حرق حامض اللبنيك (اللاكتيك).

obeikandl.com

بعد حرق حامض اللبنيك يعود مستوى الأوكسجين في ذلك النسيج إلى مستواه الأصلي.

كما أن هناك تجارب تثبت أن كمية الأوكسجين التي يحتاجها النسيج تتأثر قبل كل شئ بنواتج تحلل فوسفات الكرياتين وثلاثي فوسفات الأدينوزين ، كما أنها - أي كمية الأوكسجين - تعتمد على وجود المركبات التي لها القابلية على أخذ مجموعة الفوسفات الغنية بالطاقة (ويسمى المركب المستقبل accepter) حيث أن حاجة النسيج للأوكسجين تزيد كمية ثنائي وأحادي فوسفات الأدينوزين (ADP، AMP) والكرياتين غير الفوسفاتي، وهذه المركبات تستطيع أخذ مجاميع الفوسفات وبناء مركبات فوسفاتية غنية بالطاقة.

٦- أن إعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين وفوسفات الكرياتين والكلايكوجين يمكن أن يجري أثناء أداء الشغل ، ولكن وبسبب الهدم الشديد لهذه المواد أثناء أداء الشغل وممارسة التمارين الرياضية العنيفة وشبه العنيفة، وستبقى كميتها منخفضة طيلة فترة التمرين.

٧- في فترة الاستراحة بعد إجراء التمرين تظهر حالة جديدة ، حيث تتوقف عملية التحلل الشديدة لمصادر الطاقة وتحصل عملية إعادة بناء لها تتخطى حالة التوازن أي إعادة البناء تكون ليس فقط للكمية التي استهلكت أثناء أداء التمرين وإنما تزيد عليها.

هذه الحالة تسمى : (إعادة التعويض لحد فوق المستوى الأصلي فوق التعويض Over Compensation) حيث يصل أكثر من تعويض إلى المواد التي تحللت، أي يجري تعويضها وزيادة على ذلك عن طريق إعادة البناء.

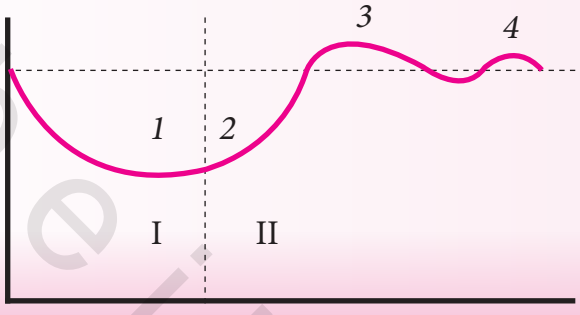
وفيما يلي سنشرح هذه القاعدة بالتفصيل.

قاعدة فوق التعويض : Super compensation

وضعت هذه القاعدة من قبل « فايكرت weigert » وهي كما بيّنا سابقاً أن إعادة البناء لاتكون تعويضاً للمواد التي استهلكت فقط بحيث تعود إلى مستواها الأصلي الذي كانت عليه قبل إجراء التمرين ، وإنما تعود إلى ما فوق المستوى الأصلي.

(كما في الشكل رقم ٦٤) .

الشكل (٦٤) مخطط للهدم وإعادة البناء (I) أثناء عمل العضلة (II) خلال فترة الاستراحة



١ـ استهلاك .
٢ـ إعادة بناء .
٣ـ استعادة أكثر مما كانت عليه في السابق .
٤ـ العودة إلى المستوى الأصلي .

وواضح من الشكل أنه في فترة الاستراحة تستمر عملية بناء المواد المتهدمة حتى تصبح كميتها أكثر مما كانت قبل أداء الشغل ، وهذه حالة فوق التعويض.

هناك أمثلة بايولوجية عديدة تؤكد هذه الحقيقة ، وقد دُرسَت هذه الحالة في حقل الفسلجة من قبل العالم (بافلوف Pavlov) وفي حقل الكيمياء الحيوية من قبل ومن قبل (N.N.Jakowlevs) باكوفلف. وكل التجارب التي أجريت لهذا الغرض أظهرت أن شدة عمليات البناء تعتمد على شدة الهدم. وكلما كان الاستهلاك شديداً (ضمن حدود معينة) كلما سارت عمليات إعادة البناء بشكل أسرع ، وكلما زادت سرعة الوصول إلى حالة فوق التعويض.

نود أن نؤكد أن هذه المعطيات تكون صحيحة ضمن حدود صحيحة ومعقولة.

حيث إذا كانت شدة هدم هذه المواد عالية جداً بسبب تحمل عالٍ وشغل عنيف فإن إعادة البناء ستتأخر وستكون بطيئة كما أن الوصول إلى حالة فوق التعويض ستتأخر هي كذلك.

هذه من ناحية ، ومن ناحية ثانية إذا حصل الوصول إلى حالة فوق التعويض بشكل سريع فإن الهبوط إلى المستوى الأصلي سيكون سريعاً .. مثال على ذلك الكلايكوجين في العضلة، فلو استهلك هذا الكلايكوجين أثناء أداء الشغل ففي فترة الاستراحة إذا حصلت حالة فوق التعويض، فستكون عودة الكلايكوجين أي هبوطه إلى المستوى الأصلي سريعة أيضاً ، أي أن كميته تبقى لفترة وجيزة، أكبر من الكمية الأصلية قبل الشغل ثم تعود إلى المستوى الأصلي، أما إذا كان الوصول إلى حالة فوق التعويض بطيئاً فستبقى الكمية مرتفعة لمدة أطول.

فمثلاً بعد شغل عنيف لفترة قصيرة، أي خلال الاستراحة تبدأ ارتفاع نسبة الكلايكوجين في عضلات الحيوانات وتصل إلى أعلى من المستوى الأصلي، أي حالة فوق التعويض بعد ساعة من الراحة ثم تعود إلى المستوى الأصلي، أي إلى الكمية التي كانت موجودة أساساً قبل

أداء الشغل بعد اثنتى عشرة ساعة ، أما إذا كان الشغل لفترة طويلة (تحمل عالٍ) فالوصول إلى حالة فوق التعويض يحتاج إلى اثنتي عشرة ساعة وتبقى كمية الكلايكوجين أعلى من مستواها الأصلي في العضلة لمدة أكثر من ثلاثة أيام.

إن هذه الحقيقة هي الأساس البايوكميائي للتغيرات التي تحصل في الأعضاء نتيجة للتدريب ؛ حيث أن النشاط العضلي سيؤدي إلى ارتفاع كفاءة عمليات الأيض ونشاط الخمائر، وإعادة بناء مصادر الطاقة التي استهلكت أثناء الشغل لحد أعلى من مستواه الأصلى (فوق التعويض).

كما أن تكرار الشغل (التمرين) يؤدي إلى زيادة إعادة البناء بشكل واضح كما يؤدي إلى زيادة في نشاط الأنزيمات أكثر مما جرى لمرة واحدة.

إن ظاهرة إعادة البناء لحد فوق التعويض لا تقتصر على إعادة بناء مصادر الطاقة فقط، وإنما تشمل بروتين العضلات أيضاً ، إن بروتين العضلة يُستهلك إلى حد معين أثناء أداء الشغل ، ثم تعود عملية بنائه أثناء فترة الاستراحة، ويستغل لذلك الاحتياطي الموجود في الكبد أيضاً حيث تجري له عملية أيض هناك وتموّل به العضلة عن طريق الدم ، إن التعويض سيكون أكثر من الكمية التي استهلكت عند أداء الشغل (فوق التعويض) وهذا ما يفسر لنا كبر كتلة البروتين في العضلة وزيادة وزنها بسبب كبر التدريب.

إضافة إلى ذلك، تجري في العضلة سلسلة أخرى من التغيرات التي لا يمكن ملاحظتها أثناء حدوثها عند أداء التمرين أو الشغل لمرة واحدة. ولكن عند تكرار التمرين بصورة منتظمة يمكن ملاحظة هذه التغييرات بوضوح.

ففي العضلة ترتفع كمية المايوكلوبين - نتيجة للتمرينات المنتظمة - الذي يستخدم كاحتياطي لنقل الأوكسجين ، وكذلك تزداد كمية كثير من المواد العضوية والأملاح المعدنية التي تعمل كمنشطات لعمل الأنزيمات مثل حامض الأسكوربيك (فيتامين) والكلوتاثيون والانسرين والكارنوسين.

كما تزداد كمية المواد التي تستخدم لبناء المركبات الفوسفاتية الغنية بالطاقة مثل الكرياتين.

كما تزداد كمية المواد التي تعمل على زيادة خاصية البفر (*Buffer*) في الدم والأعضاء.

(خاصية البفر هي الخاصية التنظيمية للحامضية والقاعدية، والتي يمتلكها الدم بصورة خاصة، بحيث يبقي محافظاً على حامضية ثابتة حتى لو زادت كمية الحوامض أو القواعد التي تمر فيه).

obeikandl.com

تغيرات استهلاك الطاقة للأعضاء الداخلية والجهاز العصبي :

إن التغيرات التي تحدث في استهلاك الطاقة يمكن ملاحظتها ليس فقط في الجهاز العضلي وإنما أيضاً في عضلة القلب والكبد والمخ وغيرها .

ففي الكبد تزداد عملية تحلل الكلايكوجين أثناء النشاط العضلي، الأمر الذي يؤدي إلى تكون الكلوكوز الذي يذهب إلى الدم. ويوزع عن طريقه إلى الأعضاء المختلفة .

إن استهلاك الكلايكوجين في الكبد يزداد كلما ازداد تحمل الشغل ، حيث تنخفض كميته في الكبد بشكل ملحوظ ، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض كمية الكلوكوز في الدم أيضاً ، وتبعاً لذلك فسيكون تزويد القلب والمخ بالكولكوز فقيراً .

إن هذه الحالة تبرز بوضوح عند ممارسة تمارين رياضية ذات تحمل عالٍ مثل الماراثون والتزحلق لأكثر من ٣٠ و ٥٠ كلم وسباق الدراجات في الشوارع... الخ.

كما أن أيض وتحلل الشحوم في الكبد سيزداد هو الآخر عند النشاط العضلي ، مما يؤدي إلى زيادة كمية الفوسفولبيدات واحتراق الحوامض الشحمية وتكون الأجسام الكيتونية وهذه تذهب إلى الدم ومنه إلى الجهاز العضلي والقلب ، كما أن التمارين ذات التحمل العالي تؤدي إلى بناء اليوريا في الكبد، والتي تفرز خارج الجسم عن طريق الإدرار والعرق.

إن تكون اليوريا في مثل هذه التمارين (الماراثون مثلاً) دليل على استهلاك المواد الحاوية على النتروجين استهلاكاً عالياً ، وعلى أية حال ففي الاستراحة تجري عملية إعادة استرجاع المواد المستهلكة لحد فوق التعويض.

إن النشاط العضلي يؤدي إلى نشاط عضلة القلب ، الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع شدة عمليات الأيض في عضلة القلب.

إن مصدر الطاقة لضربات القلب (التمدد والتقلص) هو ثلاثي فوسفات الأدينوزين، أي كما هي الحال في الجهاز العضلي، ولكن إعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين في عضلات القلب يتم على الأغلب عن طريق هوائي ، أكسدة مصحوبة بفسفرة ، كما أن عضلة القلب تحافظ دائماً على مستوى ثابت تقريباً من ثلاثي فوسفات الأدينوزين حتى عند أداء الأعمال العنيفة.

أما المواد الأولية التي تستخدم في عملية بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين في القلب فتجهز بواسطة الدم ، مثل الكلوكوز والحوامض الشحمية الكيتونات وحامض اللبنيك ، وفي القلب عكس الجهاز العضلي فهو دائماً يجهز بهذه المواد من الدم ولا يجري العكس ، فكمية الكلايكوجين الموجودة في عضلة القلب تكاد لا تتأثر ولا تستخدم عند النشاط العضلي، وأن مستواه يبدأ بالانخفاض بعد أن يكون التحمل عالياً جداً والشغل عنيفاً أو شبه عنيف لساعات طويلة.

إن ما يساعد القلب في المحافظة على كمية الكلايكوجين هو تحفيز الأنزيمات التي تساهم في عملية أيض الكاربوهيدرات بسبب النشاط العضلي.

حيث أن تحفيز هذه الأنزيمات يؤدي إلى استهلاك شديد للكلوكوز وحامض اللبنيك وارتفاع ملحوظ في كمية المايكلوبين.

المـــخ:

أما ما يجري في المخ، فنظراً لنقص البحوث البايوكيميائية حول التغيرات التي تحصل في المخ نتيجة للتمارين البدنية فلا يمكن إعطاء صورة مضبوطة لما يجري هناك.

وعلى أية حال فإن إثارة الخلايا العصبية بسبب التمارين البدنية ذات التحمل سيكون مصحوباً بسلسلة من التغيرات الكيميائية.

١) وبالدرجة الأولى تحلل ثلاثي فوسفات الأدينوزين.

٢) تكون الأمونيا.

٣) إن الطريق الرئيسي في عملية بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين في المخ هو الطريق الهوائي ، أي عمليات أكسدة مصحوبة بفسفرة.

٤) وتبعاً لذلك فستزداد كمية الأوكسجين والكلوكوز المجهزة للمخ بواسطة الدم، عند ممارسة التمارين البدنية زيادة ملحوظة.

٥) أما كمية الكلايكوجين في المخ فلا تتبدل تبدلاً ملحوظاً عند القيام بنشاط عضلي، حيث أن هناك توازناً جيداً بين هدم الكلايكوجين (تحلله) وإعادة بنائه ، وعلى أية حال فهناك احتمال تناقص كمية الكلايكوجين في المخ إذا كان التحمل عالياً.

٦) كما أن فوسفات الكرياتين وثلاثي فوسفات الأدينوزين تتناقص هي الأخرى قليلاً إذا كان التحمل عالياً.

هذه هي أهم التغيرات الملحوظة في المخ عند النشاط العضلي، ولكن كما أوضحنا في البداية فنحن لانزال بعيدين عن الفهم التام للعمليات والتغيرات التي تحصل للنشاط العصبي عند ممارسة التمارين البدنية.

مبادئ التدريب الرياضي من وجهة تحليل استهلاك الطاقة:

لقد اتضح لنا حتى الآن أن التدريب الرياضي يكون مصحوباً دائماً بتغيرات في تحليل استهلاك الطاقة ، هذه التغيرات تحصل أثناء أداء التمرين وفي فترة الاستراحة أيضاً. فمجمل عملية التدريب تكون مصحوبة بعمليات هدم وإعادة بناء وتعويض وفوق التعويض.

obeikandl.com

وبناء على ذلك فينبغي أن تؤخذ الأسس البايوكيميائية لمبادئ التدريبات الرياضية بنظر الاعتبار. ومن وجهة النظر الكيميائية الحيوية هذه يمكن اعتبار المبادئ التالية هي المبادئ الأساسية في عملية التدريب الرياضي:

- إعادة إجراء التمارين.
- المثابرة والانتظام في إجراء التمارين.
- العلاقة الصحيحة بين العمل والراحة.
- الزيادة التدريجية للإجهاد.

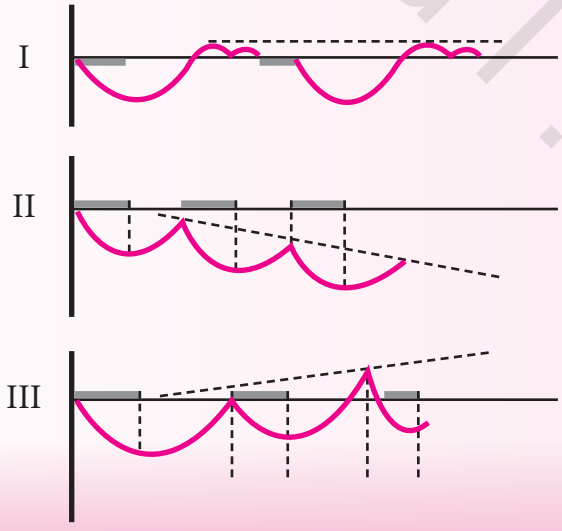
إن هذه المبادئ الأربعة يمكن توضيحها بالخطوط البيانية في شكل رقم (٦٥).

المبدأ الأول

إعادة إجراء التمارين

لقد سبق وأن بَيّنا أن هدم المواد المختلفة الذي يحصل بسبب النشاط العضلي يكون مصحوباً دائماً بإعادة بناء لهذه المواد ، وأن عملية البناء أو التعويض هذه تكون على أشدها في فترة أو في طور الاستراحة ، حيث تحصل حالة فوق التعويض ، ولكن هذه الحالة (أي فوق التعويض) سوف لن تستمر، وإنما ستعود مرة أخرى الى المستوى الأصلي قبل أداء

الشكل (٦٥) الشكل يبين العلاقة بين الشغل والراحة عند عملية التدريب



openkanal.com

الشغل ، وعلى هذا فإجراء تمرين مفرد واحد أو ممارسة إجهاد واحد لا يستطيع إدامة تأثير تدريب الرياضي ، ولغرض جعل التدريب ارتفاعاً دائماً في القابلية على الإنجاز ينبغي إعادة التمارين، ولكن كيف ومتى تجري إعادة التمارين ؟. هذا ما يجيب عليه المبدأ الثاني.

المبدأ الثاني

انتظام تعاقب إعادة التمرين

المقصود بالانتظام، هو أن تكون إعادة التمرين وفقاً للأسس البايوكيميائية بحيث تكون حصيلة التدريب هو الارتفاع الدائم في القابلية على الإنجاز، فوقت إعادة التمرين ينبغي ألاَّ يكون اعتباطياً، وإنما ينبغي أن يكون في فترة أو طور فوق التعويض Supercompensation Phase أي أن التمرين الثاني ينبغي أن يعقب التمرين الأول خلال فترة إعادة البناء القصوى والتي أطلقنا عليها اسم فوق التعويض ، بهذه الطريقة فقط يمكن أن يحصل تطوير فعال للقدرات الوظيفية للأعضاء.

أما إذا ابتدأ التمرين الثاني في طور الاسترجاع غير الكامل لما تهدم أثناء إجراء التمرين الأول ، فستكون الحصيلة النهائية الإعياء ، وسنصل إلى حالة بعيدة عن الديناميكية المنشودة من التدريب ، ولهذا فالقاعدة الثانية أو المبدأ الثاني هو التزام تعاقب التمرين.

المبدأ الثالث

العلاقة الصحيحة بين العمل والراحة

في الواقع أن تحقيق القاعدة السابقة يجب أن لا يؤخذ ببساطة مجردة ، حيث أنه على الأغلب يحصل أن تعاد التمارين ضمن إطار ساعة التدريب ، في طور عدم الاسترجاع الكامل للمواد التي استهلكت أثناء أداء التمرين الأول.

خذ مثلاً الطريقة المعروفة في التدريب والتي تسمى طريقة التدريبات المتتالية ، تعتمد أساساً على تثبيت فترة الاستراحة وزيادة الإجهاد أو تثبيت شدة الإجهاد وتقصير فترة الاستراحة بشكل تدريجي ، وتهدف هذه الطريقة إلى إجبار الأعضاء للتكيف على أداء الإجهادات في فترة عدم الاستعادة الكاملة للمواد التي استهلكت في أعضاء الرياضي، وبالتالي إحداث تكيف أو ملاءمة في أعضاء الرياضي للعمليات البايوكيميائية حتى تكون هذه الأعضاء مستعدة لظروف السباقات.

على أية حال فالواقع العملي الصحيح يتطلب أن تكون حالة التكيف هذه تدريجية ، مع الاحتراس بأن يكون وقت الراحة ضامناً أو كفيلاً بان تكون ساعة التدريب المقبلة واقعة ضمن فترة فوق التعويض للحالة السابقة.

لقد اتضح أن قيمة التعويض ومدة المواد المتجددة بمستوى أعلى من المستوى الأصلي تكون متباينة ومختلفة حسب الجهد المبذول ومن هنا تبرز القاعدة الثالثة في التدريب .. ألا وهي العلاقة الصحيحة بين العمل والراحة ، فكل تمرين بدني يتطلب فترة راحة محددة تعتمد على نوع التمرين والإجهاد الذي يسببه.

هذا من ناحية ومن الناحية الأخرى فإن حالة فوق التعويض لمختلف المكونات الكيميائية الحيوية للعضلة وللأعضاء الأخرى تظهر بفترات زمنية مختلفة للعمل الواحد.

فالوصول إلى فوق مستوى كمية فوسفات الكرياتين في العضلة مثلاً يكون سريعاً نسبياً، بينما يكون الوصول إلى فوق مستوى كمية الكلايكوجين أبطأ، ولكنه يستمر لمدة أطول أى تبقي كمية الكلايكوجين المعاد بناؤه فترة أطول في مستوى أعلى من المستوى الذي كان عليه قبل أداء الشغل ، أما البروتين فسيتأخر أكثر من الكلايكوجين.

على هذا يمكن القول أن طول فترة الاستراحة تعتمد على الغرض المطلوب ، فإن كان الغرض هو زيادة كمية الكرياتين فيحتاج الجسم إلى فترة راحة قصيرة بين تدريب وآخر، وبصورة عامة تكون فترة الاستراحة هذه أقصر مما لو كان الغرض هو زيادة احتياطي الكلايكوجين ، والذي بدوره يتطلب فترة راحة مما لو كان الغرض هو بناء العضلة (أي زيادة كمية البروتين اللازم لبناء العضلة) ، كل هذه العوامل تلعب دوراً مهماً في تطوير الصفات الضرورية للنشاطات الحركية في عملية التدريب، كالسرعة والقوة والتحمل.

المبدأ الرابع

الزيادة التدريجية للإجهاد

سبق وأن ذكرنا أن قيمة ومدة مكوث ومدة استهلاك الوصول إلى حالة فوق التعويض متعلقة أيضاً بقيمة وشدة الاستهلاك للمواد عند أداء التمرينات المختلفة.

كما أن كمية وشدة استهلاك هذه المواد عند أداء شغل سوف تتناقص بارتفاع مستوى التدريب وذلك بسبب تكيف الأعضاء وملاءمتها للإجهادات المختلفة بسبب التدريب ، وعلى هذا فالفترة الزمنية للوصول إلى حالة ما فوق التعويض ستقصر باستمرار التدريب وبالارتفاع التدريجي لمستوى التدريب.

وهنا تبرز أهمية القاعدة الرابعة في التدريب : أهمية الزيادة التدريجية في الإجهاد عند التدريب.

الصفات الكيميائية للأعضاء المدربة

لقد سبق وأن ذكرنا بأن من أهداف التدريب الرياضي الأولية هي رفع القدرة والقابلية على الإنجاز عند الرياضي. ولغرض الوصول إلى هذا الهدف فلابد أن تحصل في أعضاء الرياضي تغيرات بايوكيميائية ومورفولوجية ووظيفية.

فالأعضاء المدربة لها صفات خاصة تميزها عن تلك الأعضاء غير المدربة. وسنحاول فيما يلي إعطاء أهم الخصائص الكيميائية التي تميز هذه الأعضاء.

النظام العضلي:

كل نشاط عضلي حتى لو كان لمرة واحدة يترك تغيرات بايوكيميائية في العضلة ، ولذا فالنشاط المنتظم – كما في التدريب مثلاً – سوف يُحدث سلسلة من التغيرات البايوكيميائية، هذه التغيرات تحدث بالدرجة الأولى للمايوسين والاكتومايسين وكل المادة الأساسية في عملية تقلص العضلة، كما تشمل أيضاً مصادر الطاقة واستغلال مصادر الطاقة. وفيما يلي سنوجز هذه التغيرات البايوكيميائية:

١) قبل كل شيء سيحصل نتيجة للتدريب ، زيادة في كمية بروتين التقلصات «المايوسين *Myosin* » في العضلة ، إن هذا البروتين يمتلك إضافة إلى الخاصية المطاطية، صفة الأنزيمات. حيث يساهم في تعجيل عملية تحلل فوسفات الأدينوزين ؛ فزيادة كمية المايوسين تعود إلى النقطة الثانية وهي.

٢) ترتفع قابلية العضلة على تعجيل ثلاثي فوسفات الأدينوزين بسبب زيادة كمية المايوسين ، وهذا يعني توليد الطاقة الكيميائية التي تتحول إلى طاقة ميكانيكية تخدم عملية تقلص وتمدد العضلة.

٣) بجانب إمكانية تحلل ثلاثي فوسفات الأدينوزين في اللحظة التي تحصل فيها التقلصات ، تزداد تحت تأثير التدريب، إمكانية إعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين، خلال فترات التقلص والتمدد، إن هذا التحسن في إمكانية إعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين، يشمل الطريقين الطريق اللاهوائي والطريق الهوائي التأكسدي.

٤) كما أثبتت البحوث والتجارب التي أجريت من قبل بلادين *A.W. Pallaadin* وفردمان *D. L. Ferdman* ، وكذلك من قبل ياكوفولف *N. M. Jakawlew* وجماعته ، أنه بتأثير التدريب تزداد كمية الاحتياطي من المواد اللازمة لإعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين فمثلا: تحت تأثير التدريب ، تزداد كمية فوسفات الكرياتين والكلايكوجين واللبيدات.

٥) يزداد كذلك وبصورة واضحة، نشاط الأنزيمات التي تعمل كعوامل مساعدة في عمليات الأيض اللاهوائي ، وفي عمليات التحليل الكلايكولي ، وذلك بسبب التدريب.

٦) كما أن كمية الاحتياطي من الكاربوهيدرات ستزداد في العضلة نتيجة للتدريب ، كذلك تزداد كمية الكلايكوجين ، إن زيادة الاحتياطي من الكربوهيدرات في العضلة ، سيجعل العضلات المدربة أقل اعتماداً على الدم في الحصول على الكلوكوز .

٧) ولو أن تركيز ثلاثي فوسفات الأدينوزين فى العضلة لا يزداد بسبب التدريب ولكن كمية ثلاثى فوسفات الأدينوزين الكلية ستزداد.

ونلاحظ ذلك إذا أخذنا التركيز فقط بنظر الاعتبار وذلك بسبب زيادة وزن العضلة.

إن التجارب باستخدام الفوسفور المشع ، أثبتت أن هناك زيادة فى سرعة تبادل المجاميع الفوسفاتية الغنية بالطاقة ، نتيجة للتدريب .

٨) إن ازدياد احتمال إعادة – وزيادة سرعة بناء أيضاً – بناء ثلاثى فوسفات الأدينوزين ، يتبعه ازدياد احتمال قيام العضلة المدربة بإنجاز شغل بنفس كمية ثلاثى فوسفات الأدينوزين أعلى من الشكل الذى تنجزه العضلة غير المدربة .

٩) ومن التغيرات المهمة التى تطبع العضلة المدربة بطابع خاص مميز ، هو زيادة كمية المايكلوبين نتيجة للتدريب ؛ فالمايكلوبين يقوم بنقل الأوكسجين ، وزيادته تعنى ازدياد احتياطى الأوكسجين فى العضلة المدربة ، والذى يمكن أن يستخدم عندما يكون هناك نقص فى الأوكسجين ، أو أن حاجة الأعضاء للأوكسجين تكون غير مغطاة ، وهذا ما يحصل عند إجراء التمارين العنيفة وشبه العنيفة .

١٠) كما ان التغيرات المهمة التى تحصل نتيجة التدريب ، والتى تصبح مميزة للعضلة المدربة ، هى زيادة كمية أيونات الكالسيوم Ca^{++} وأيونات المغنسيوم Mg^{++} والتى هى ضرورية لتنشيط عمل سلسلة من الأنزيمات فى العضلة .

كما سبق وأن ذكرنا أن أيونات الكالسيوم تقوم بتنشيط ثلاثي فوسفات الأدينوزين المحيط بالمايوسين في العضلة .

عدا التغيرات البايوكيميائية ، هناك سلسلة من التغيرات البنائية تحصل في العضلة نتيجة للتدريب ، ويمكن أن نجمل أهم هذه التغيرات بما يلي :

١- تزداد كمية وعدد خيوط ولويفات المايوفبريل .

٢- كما أن وضعية المايوفبريل ستتبدل ، كما تتبدل نواة وشكل نهايات الأعصاب .

٣- تتوسع الشبكة الشعرية كثيراً ، مما يؤدي إلى زيادة تزويد العضلة بالدم ، الأمر الذي يخدم العضلة عند نشاطها ، ويسهل تزويدها بالأوكسجين ومصادر الطاقة .

٤- تزداد كمية وحجم الميتاكوندريان أيضاً .

٥- وبسبب التبدلات البايوكيميائية أو التغيرات البايوكيميائية التي تحصل في العضلة نتيجة للتدريب ، فستزداد سرعة وقوة التقلصات في العضلة ، كما أن موازنة ثلاثى فوسفات الأدينوزين ستبقى جيدة .

٦- ولكون التدريب يؤدي إلى تحسين موازمة ثلاثي فوسفات الأدينوزين « توازن بين البناء والتحلل » ، فسوف تزداد القابلية على التحمل نتيجة للتدريب .

obeikandi.com

الأعضاء الداخلية و الدم :

من التغيرات البايوكيميائية المهمة التي تحدث بسبب التدريب ، هى تلك التي تحدث في الكبد ، حيث تزداد كمية الكلايكوجين في الكبد بسبب التدريب .

لقد وجد أن كمية الكلايكوجين في كبد الحيوانات الخاضعة للتدريب أكبر بمقدار ٥٠٪ من تلك التي في كبد الحيوانات غير المدربة .

كما أن الاحتياطي من الكاربوهيدرات هى أعلى ٧٠٪ في جسم الشخص الرياضي الخاضع للتدريبات العنيفة مما في جسم الشخص غير المدرب .

كما أن التدريب يؤدي إلى تصاعد نشاط سلسلة من الأنزيمات التي تساهم وتساعد في عمليات أيض الكاربوهيدرات والبروتينات واللبيدات .

فنشاط أنزيمات Lipase مثلاً يرتفع في الأنسجة التي تحت الجلد وفي الرئتين ، وتبعاً لذلك – أو بسبب ذلك – ستكتسب الأعضاء الواقعة تحت تأثير التدريب ليس فقط احتياطياً عالياً من مصادر الطاقة ، وإنما تحصل أيضاً على القابليات التي تمكنها من استهلاك مصادر الطاقة هذه بسرعة ، وبقدرة عالية عند أداء عمل ما ، وإعادة بنائها بسرعة خلال فترة الراحة .

عضلة القلب :

إن التدريب يؤدي إلى حصول تغيرات بايوكيميائية في عضلة القلب يمكن إجمالها بما يلي :

١- شبيه بما يحصل بالهيكل العضلي ، ستحصل زيادة في بناء بروتين عضلة القلب .

٢- التدريب يؤدي إلى ارتفاع كمية المايوكلوبين « حامل الأوكسجين » في القلب ، الأمر الذي يساعد على تحسين قابلية عضلة القلب على الإنجاز عندما يكون تجهيز الأعضاء بالأوكسجين ناقصاً غير تام .

٣- وبسبب التدريب أيضاً فستزداد قابلية عضلة القلب على أخذ كمية أكبر من الكلوكوز واللاكتات من الدم ، حيث يمكن أن تبلغ هذه الزيادة عند الشخص المدرّب ضعف ما هو عند الشخص غير المدرب .

٤- من الأمور التي أوضحناها بالتفصيل في المواضيع السابقة ، هو أن إعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين يسلك في الجهاز العضلي طريقين : هوائي ولاهوائي ، أما في عضلة القلب فإعادة بناء ثلاثي فوسفات الأدينوزين يسلك طريقاً هوائياً تأكسدياً ، إلا في حالات الضرورة القصوى والشاذة .

وهذا له علاقة بالاختلاف الوظيفى لعضلة القلب عن العضلات الأخرى . حيث أن نشاط العضلات الأخرى يمكن أن يتصاعد بصورة كبيرة جداً (وهذا ما لايحصل فى عضلة القلب) مما يتبعه زيادة فى شدة الأيض فى الجهاز العضلى قد تصل إلى عشرة أضعاف ، الأمر الذى يؤدى إلى احتمال عدم كفاية الأوكسجين اللازمة ، مما يحدو إلى سلوك طريق لاهوائى لإعادة بناء ثلاثى فوسفات الأدينوزين .

بينما عضلة القلب على عكس ذلك ، فهى فى عمل ونشاط دائم ، والتبدلات فى نشاط عضلة القلب محدودة ، ولذا فإن إعادة بناء ثلاثى فوسفات الأدينوزين فى القلب تسلك الطريق الهوائى التأكسدى ، إلا فى الحالات الشاذة .

الـــدم :

أهم التغيرات التى تحصل فى الدم هى :

زيادة كمية الهيموكلوبين (وكذلك زيادة عدد الأرثروسيتين) الأمر الذى يؤدى إلى ازدياد قابلية الدم على نقل الأوكسجين .

تقوية الخواص التنظيمية للدم (بفر Buffer) أى تزداد قابلية الدم على مقاومة الحموضة الزائدة أو القاعدية الزائدة بحيث يبقى له (PH) ثابتاً تقريباً . إن هذه الخاصية مهمة جداً حيث تؤدى إلى إمكانية المحافظة على عمل الدم لمدة طويلة حتى عند دخول نواتج الأيض الحامضية ، مثل حامض اللبنيك .

كذلك تحصل – نتيجة للتدريب – تغيرات فى العظام أيضاً . ويمكن ملاحظة ذلك من تقوية ومتانة الهيكل العظمى عند الرياضيين والذى يتحمل إجهاداً عالياً ، كذلك ممكن ملاحظة ارتفاع كمية بروتين العظام ، كما يحصل ارتفاع فى كمية الأملاح المعدنية فى العظام .

إن كل التغيرات السابقة قد تؤدى بهذا الشكل أو ذاك إلى زيادة حاجة الأعضاء للفيتامينات (وخاصة فيتامين C) بسبب عمليات التدريب . كما ان التدريب يؤدى أيضاً إلى زيادة الوزن حيث تتم هذه الزيادة على حساب الشحوم المخزونة . كما أن زيادة الوزن هو كبر حجم العضلات نتيجة للتدريب .

النظام العصبى المركزى :

إن التجارب التى أجريت على الحيوانات تبين أن التدريب يؤدى إلى زيادة الخاصية التنظيمية (البفر Buffer) فى أنسجة المخ (كتلك التى ذكرناها فى الدم ، من حيث مقاومة الحموضة والقلوية الزائدة والمحافظة على مستوى من الحامضية PH ثابتاً نسبياً) ، كما يؤدى التدريب إلى زيادة نشاط مختلف الأنزيمات ، وخاصة نشاط أنزيمات الأكسدة .

openkanal.com

ونتيجة لذلك فستبقى كمية المركبات الفوسفاتية الغنية بالطاقة ، فى المخ ، ثابتة تقريباً ومحافظة على مستواها الطبيعى لمدة طويلة .

وهذا له أهمية بالغة فى المحافظة على قيام الجهاز العصبى المركزى بأداء الوظائف الاعتيادية بصورة طبيعية ، وتجنب حالة الإعياء ، عند النشاط العضلى العنيف .

مقارنة بين قدرة الأشخاص المدربين وقدرة الأشخاص غير المدربين على إنجاز شغل من وجهة النظر الكيميلوية :

لقد سبق وأن بيّنا أن التدريب الرياضى يؤدى إلى زيادة قدرة الأعضاء ، كما يؤدى إلى تكيفها وملاءمتها للجهد البدنى .

والآن نريد معرفة الاختلاف فى التغيرات البايوكيميائية ، وبالتالى المقدرة على إنجاز شغل من قبل الأشخاص غير المدربين . قبل كل شئ سنقسم الإنجاز إلى نوعين :

- **إنجاز قياسى :** وهو إنجاز شغل خفيف أو متوسط العنف مقنن تقنيناً مضبوطاً للأشخاص المدربين وغير المدربين .
- **الحد الأعلى للإنجاز :** والمقصود به هنا هو الأشغال العنيفة والشبه عنيفة ، أو الأشغال والتمارين التى تتميز بأقصى تحمل.

١) التغيرات البايوكيميائية التى تحصل عند الإنجازات القياسية :

بسبب التغيرات التى حصلت للعضلة المدربة والتى أدت إلى ملاءمتها الوظيفية ، واكتسابها صفات مميزة خاصة ، فإن إجراء أو أداء شغل قياسى يؤدى إلى تبدلات بايوكيميائية فى أعضاء الأشخاص المدربين تختلف عن تلك التى تحصل عند الأشخاص غير المدربين . ويمكن أن نجمل هذه الاختلافات بما يلى :

١- إن استهلاك الهيدروكاربونات فى العضلة المدربة - عند إنجاز شغل قياسى - يكون أكثر اقتصادية ، كما أن مستوى السكر فى الدم يكون أكثر ثباتاً عند الأشخاص المدربين عما عند الأشخاص غير المدربين ، عند إنجاز هذا الشغل .

٢- كما أن انخفاض نسبة الأوكسجين وارتفاع نسبة ثانى أوكسيد الكاربون فى الجسم يكون أقل عند الأشخاص المدربين مما عند الأشخاص غير المدربين .

٣- التغير فى الخاصية التنظيمية (بفر Buffer) للدم يكون أقل عند الأشخاص المدربين.

٤- فترة التجديد (إعادة البناء) تكون عند المدربين - بعد إنجاز العمل - أسرع وأقصر مما عند الأشخاص غير المدربين .

٥- تمتاز عضلات المدربين بالمحافظة على موازنة جيدة لثلاثى فوسفات الأدينوزين ، وخاصة إعادة بناء هذا المركب بالطريق الهوائى .

من كل ذلك يتضح أن قدرة إنجاز الرياضى هى أعلى من قدرة الشخص غير المدرب . وأن أداء الأشغال والتمارين المعتدلة والمتوسطة من قبل الرياضى تتم بدون حصول تغيرات بايوكيميائية كبيرة .

٢) انجاز الحد الأقصى :

إن متطلبات الأعمال والتمارين العنيفة تختلف عن تلك الأعمال المعتدلة ، وبالتالى فهى تؤدى إلى تغيرات بايوكيميائية مختلفة أيضاً . ويمكن إجمال الاختلاف فى التغيرات البايوكيميائية التي تحصل عند الأشخاص المدربين عن تلك التى تحصل عند الأشخاص غير المدربين بما يلى :

١- لا يمكن للشخص غير المدرب أداء تمارين تتميز بالعنف الشديد أو تستمر لمدة طويلة (إنجاز الحد الأقصى) لأن أعضاء الأشخاص المدربين تكون لها القابلية على أخذ أقصى الكميات من الأوكسجين ، وهذا ضرورى عند القيام بأداء التمارين العنيفة بسبب زيادة الحاجة للأوكسجين .

٢ – تتميز حالة الإنجاز القصوى (أداء تمارين عنيفة أو تحمل كبير) بأنها تكون مصحوبة بارتفاع نسبة حامض اللبنيك فى الدم وهذا دليل على حصول عمليات كيمياوية لاهوائية (anaeeob) إضافة إلى العمليات الهوائية التأكسدية .

٣ – وبالفعل فإن أداء التمارين العنيفة يسبب نقصاً فى كمية الأوكسجين اللازمة . الأمر الذى يتطلب إعادة بناء ثلاثى فوسفات الأدينوزين بطريق لاهوائى . وتكون إنجازات الحد الأعلى مصحوبة عادة بتحلل كلايكولى Ghycolysis شديد ، الأمر الذى يتطلب أن تكون الأعضاء مدربة تدريباً جيداً ومستعدة وظيفياً لذلك .

٤ – كما أن الأعضاء المدربة تستطيع استغلال احتياطيها من الطاقة ، عند أداء التمارين العنيفة ، أفضل بكثير من الأعضاء غير المدربة .

٥ – إن أعضاء الأشخاص المدربين تبقى محافظة على مستوى السكر فى الدم ، حتى عند أداء الأشغال العنيفة ، لفترة طويلة ، وهذا يؤدى إلى إدامة تمويل النظام العصبى المركزى والقلب ، والعضلات المدربة العاملة ، مما يزيد القدرة على الإنجاز والقابلية على التحمل .

٦ – كذلك يكون تجهيز المواد الغذائية (الكلايكوجين) من الكبد أسرع عند الأشخاص المدربين .

openkanal.com

٧ – وبالإضافة إلى ما ورد فى النقطة الرابعة أعلاه ، فيمكن القول أن الأعضاء المدربة تدريباً جيداً تستطيع ، ليس فقط ، استغلال مصادر الطاقة استغلالاً اقتصادياً عند أداء التمارين العنيفة ، وإنما تكون أكثر استعداداً – إذا تطلبت الحالة – إلى استغلال الأكثر شدة لهذه المصادر ، كى تستطيع تحقيق إنجاز أعنف ولمدة أطول . أى تكون مستعدة وقادرة على استغلال أقصى حد من مصادر الطاقة بمجابهة الحالات التى تتطلب جهداً عنيفاً وتحملاً عالياً .

إن كل هذه التغيرات التى حصلت نتيجة للتدريب وطبعت الأعضاء المدربة بطابع مميز (والتي يمكن تلخيصها بزيادة كمية البروتين ، وزيادة القابلية على سرعة تحويل الطاقة الكيميائية إلى ميكانيكية، وزيادة القابلية على بناء المركبات الفوسفاتية الغنية بالطاقة ، وزيادة القدرة الكامنة للعضلات ، وزيادة قابلية الأعضاء في المحافظة على حالتها الطبيعية عند أداء فعاليات عنيفة) يمكن أن نطلق عليه : الملاءمة (أو التكيف) Adaptation البايوكيميائية للأعضاء لأداء نشاط عضلي عنيف أو نشاط ذي تحمل.

لقد أجريت الكثير من التجارب على حيوانات مدربة وأخرى غير مدربة لغرض معرفة تأثير التدريب في العضلات، وعلى التغيرات البايوكيميائية التي تحدث في العضلة نتيجة لإنجاز أشغال أو تمارين ذات إجهادات مختلفة.

ففي الجدولين رقم (١٣ و ١٤) يظهر الاختلاف في التغيرات البايوكيميائية في العضلة وفي الدم لحيوانات مدربة وأخرى غير مدربة عند تعريضها لإجهادات بدنية مختلفة ، وهذه الإجهادات تكون على أربعة أنواع هي :

أولاً : شغل يدوم لفترة قصيرة ، ولكن يكاد يكون في أقصى حالات الشدة، بحيث أنه يؤدي إلى تعب شديد عند الحيوانات غير المدربة ، وقد اختيرت تجربة القفز خلال حلقة، ١٠٠ قفزة بالدقيقة من على بعد ٨٠ سم ولمدة خمس دقائق.

ثانيًا : عمل عنيف – أطول من الأول – وقد اختيرت تجربة سباحة لمدة ١٥ دقيقة في ماء درجة حرارته – ٣٥° م.

ثالثا : عمل ذو تحمل كبير – سباحة ٦٠ دقيقة.

رابعا : عمل تحمل بالنسبة للحيوانات غير المدربة يكاد يكون غير ممكن – سباحة ١٠ ساعات.

جدول رقم (١٣)

التغيرات البايوكيميائية في عضلات الحيوانات المدربة وغير المدربة عند تعرضها لمختلف أنواع الإجهاد

التغير البايوكيميائي	أنواع الإجهاد والمجاميع الحيوانية			
	القفز في الحلقة ٥ دقائق	السباحة ١٥ دقيقة	السباحة ٦٠	السباحة ١٠
	غير مدرب	غير مدرب	مدرب	ساعات
	مدرب	مدرب	غير مدرب	غير مدرب
			مدرب	مدرب
كمية ATP (ملغم ٪)	١٧,٣ – ٢٠,٩	١٣,٣ – ٨,٨	٦,٩ – ١٩,١	١٩,١ – ١٦,٤
كمية ATP =	+ ٢,٨ + ٥,٢	+ ٣,٣ + ٥,١	+ ٣,٩ + ٦,٤	+ ٢٢,١ + ٥
كمية فوسفات الكرياتين =	+ ٣١,٥ – ٣٣,١	– ١٧,١ – ٥,٩	– ١٠ – ٣,٢	– ٣٥ – ٣١,٣
كمية الكلايكوجين ملغم ٪	– ١٥٠ – ١٢٧	– ٢١١ – ١٥٤	– ٢٨٢ – ١٨٢	= ٤٥٠ – ٤٢٨
كمية اللاكتات ملغم ٪	+ ١٩١ + ١٨٢	+ ١٥٩ + ٣٦	+ ١١٢ + ٢١	+ ٤٢ + ١٢

النتائـــج:

يظهر من الجدول رقم (١٣) المعطيات التالية:

١- أن تناقص كمية ثلاثي فوسفات الأدينوزين في الحيوانات المدربة أقل مما في الحيوانات غير المدربة.

٢- وأن كمية ثنائي فوسفات الأدينوزين تكون أعلى عند الحيوانات المدربة مما عند الحيوانات غير المدربة.

٣- كما ان استهلاك الكلايكوجين في كل أنواع الإجهاد يكون أقل عند الحيوانات المدربة.

٤- تناقص كمية فوسفات الكرياتين في كل التمارين – عدا التمرين الأول – في العضلة المدربة أقل مما في العضلة غير المدربة.

٥- أما كمية اللاكتات فزيادتها في الحيوانات المدربة أقل مما في الحيوانات غير المدربة.

فالتجربة تؤيد إذن ما ذهبنا إليه، بأن التغيرات الكيميائية في العضلات المدربة يكون أقل مما في العضلات غير المدربة عند إنجاز شغل معين.

obeikandl.com

جدول رقم (١٤)

التغيرات البايوكيميائية في دم هذه الحيوانات

عند تعرضها لنفس الإجهادات السابقة

أنواع الإجهاد والمجاميع الحيوانية				
التغير البايوكيميائي	القفز في الحلقة	السباحة ١٥	السباحة ٦٠	السباحة ١٠
	٥ دقائق	دقيقة	مدرب	ساعات
	غير مدرب	غير مدرب	غير مدرب	غير مدرب
	مدرب	مدرب	مدرب	مدرب
كمية الكلوكوز ملغم ٪	+ ٤٠ + ٥٣	+ ٥٦ + ٢٢	- ١١ + ١٦	- ٣٦ - ٢١
كمية الحوامض الشحمية	- -	- ٠,١٠٧ - ٠,١١٥	+ ٠,٥١٣ + ٠,١	+ ٠,٥٤٧ + ٠,٧٣
الحرة ملغم ٪				
كمية اللاكتات ملغم ٪	+ ٨٦ + ١٠٠	+ ٧٦ + ٤٥	+ ٤١ + ٢٨	+ ١٨ + ٨
كمية الأجسام الكيتونية	- -	+ ٠,١ + ٠,٣٨	+ ٠,٤٣ + ١,٤٥	+ ٢,٨٣ + ٥,٨٢

أما الجدول رقم (١٤) فيبين التغيرات الكيميائية التي تحصل في الدم نتيجة نفس التمارين المذكورة سابقاً .

وكما هو واضح في الجدول ، فإن التغيرات البايوكيميائية في الدم تسير بشكل مطابق للتغيرات التي تحصل في العضلة . ويمكن ملاحظة ما يلي من الجدول رقم (١٤) .

١- تركيز اللاكتات يتصاعد في دم الحيوانات المدربة عند القفز بصورة كبيرة ، أما عند السباحة - ولكل الأنواع المذكورة - فزيادة اللاكتات تكون أقل مما عند الحيوانات غير المدربة، وهذا دليل على الاستعداد الجيد عند الحيوانات المدربة لاستخدام الطرق اللاهوائية والهوائية في الوقت المناسب.

٢- أما كمية السكر والأجسام الكيتونية في الدم فتكون أكثر ثباتاً عند الحيوانات المدربة، حيث تزداد الأجسام الكيتونية زيادة كبيرة في دم الحيوانات المدربة عند زيادة المطاولة.

obeikandl.com