

### توقف العمل

تحدث تغيرات متنوعة في نشاط الانظمة الوظيفية المختلفة بعد التوقف عن العمل مباشرة ويمكن افراز اربع مراحل في فترة الاستعادة وهي :

1. لاستعادة السريعة
2. الاستعادة البطيئة
3. التعويض المضاعف (فرط الاستعادة)
4. الاستعادة الطويلة ( المتأخرة )

ان وجود مثل هذه المراحل وفتراتها وميزاتها تتباين بشدة في الوظائف المختلفة , فالمرحلتان الاولى والثانية تشملان فترة استعادة كفاءة الاداء المنخفضة نتيجة للعمل المرهق , اما المرحلة الثالثة فتشمل ارتفاع كفاءة الاداء , وتمثل المرحلة الرابعة العودة الى المستوى الطبيعي (ماقبل العمل في كفاءة الاداء)

تتمثل الانقسامات العامة لاستعادة الوظيفة بعد الوظيفة بعد العمل في الاتي :-

أولاً: ان سرعة استعادة اغلب المؤشرات الوظيفية وطولها تتواجد في علاقة مستقيمة مع قدرة العمل , فكلما كانت قدرة العمل اعلى كلما كان حدوث التغيرات خلال فترة العمل اكبر وبالتالي كانت سرعة الاستعادة اكبر وهذا يعني انه كلما كانت استمرارية التمرين القصوى أقصر , كلما كانت فترة الاستعادة اقصر , اذ تستغرق استمرارية استعادة غالبية الوظائف بعد العمل اللاأوكسجيني الاقصى بضع دقائق , اما بعد العمل المستمر , مثلاً بعد جري المارثون فتستمر لعدة ايام.

ثانياً : ان استعادة الوظائف المختلفة تجري بسرعة مختلفة , اما في بعض مراحل عملية الاستعادة وبعض الاتجاهات المختلفة فتجري بتلك الطريقة بحيث يكون بلوغ مستوى السكون قد تم في اوقات متباينة فلذلك لايمكن الحكم على عمليات الاستعادة باكملها من خلال مؤشر محدد واحد بل وحتى بضع مؤشرات وإنما من خلال الرجوع الى المستوى الاولي (ماقبل العمل) للمؤشرات المستعادة .

ثالثاً : ان كفاءة الاداء وكذلك بعض وظائف الجسم التي تحددها تلك الكفاءة طيلة فترة الاستعادة بعد العمل القصوى لاتبلغ مستواها التي كانت عليه قبل العمل فقط وانما تستطيع ان تتجاوزها ايضا مرة

عبر مرحلة "فرط الاستعادة" وبمعنى آخر إن هذا التجاوز المؤقت عن مستوى ما قبل العمل يحمل تعبير التعويض المضاعف .

### الدين الاوكسجيني واستعادة مخزون الطاقة للجسم

في عملية العمل العضلي يحدث استهلاك للمخزون الاوكسجيني للجسم وفوسفاجينات (ATP CP) والكربوهيدرات ( جليكوجين العضلات والكبد) وجلوكوز الدم وكذلك الشحوم ومن ثم تحدث عملية استعادتها بعد العمل ويستثنى من ذلك الشحوم , التي قد لا تحدث عملية استعادتها.

إن عمليات الاستعادة التي تحدث في الجسم بعد العمل نجد انعكاساتها في استهلاك الاوكسجين المرتفع ( مقارنة بالوضع ما قبل العمل ) – الدين الاوكسجيني سيكون هو الاستهلاك الفائض للأوكسجين فوق مستوى الهدوء ما قبل العمل الذي يؤمن الجسم بالطاقة من اجل الاستعادة الى حالة ما قبل العمل , بما في ذلك استعادة مخزون الطاقة المصروفة خلال فترة العمل وإزالة حامض اللبنيك , وتنخفض سرعة استهلاك الاوكسجين بعد العمل انياً, فخلال 2-3 دقائق الاولى يحدث الانخفاض بصورة سريعة جدا ( عنصر الدين الاوكسجيني السريع غير اللاكتيكي ) ومن ثم يبطئ اكثر عنصر ( الدين الاوكسجيني – لاكتيكي) ( البطيء ) او الاسيدي , الى ان يبلغ بعد 30 – 60 دقيقة القيمة الثانية والقريبة من تلك القيمة التي كان عليها ما قبل العمل .

فبعد العمل بقدرة تصل الى 60% من الحد الاقصى لاستهلاك الاوكسجين يحدث تجاوز طفيف للدين الاوكسجيني من العوز الاوكسجيني , وبعد اداء تمارين اكثر شدة يكون تجاوز الدين الاوكسجيني للعوز الاوكسجيني بصورة ملحوظة , فكلما كان ذلك التجاوز اكبر كلما كانت قدرة العمل اكبر .

يرتبط العنصر السريع للأوكسجيني لدين الاوكسجين بصورة رئيسية مع استخدام الاوكسجين لاستعادة سريعة للفوسفاجينات ذات الطاقة العالية والمصروفة خلال فترة العمل في العضلات العاملة وكذلك مع استعادة لتركيز الاوكسجين الطبيعي في الدم الوريدي ومع تشبع الهيموجلوبين بالاوكسجين ويرتبط عنصر الدين الاوكسجيني البطيء (لاكتيكي) بعدة عوامل كثيرة , فهو يرتبط بدرجة كبيرة بإزالة أسيد الدم والسوائل النسيجية بعد العمل, وفي هذه الحالة يستخدم الاوكسجين في التفاعلات المؤكسدة إعادة تكوين الجليكوجين من اسيد الدم بصورة رئيسية , في الكبد وأكسدة الاسيد في العضلات الهيكلية والقلبية ويرتبط الارتفاع الطويل في استهلاك الاوكسجين بضرورة المحافظة على النشاط المضاعف للنظام التنفسي ونظام القلب الوعائي في فترة الاستعادة والتمثيل الغذائي المضاعف والعمليات الاخرى

المشروطة بالفعالية المرتفعة لمدة طويلة للنظام العصبي والنظام الهرموني وبدرجة حرارة الجسم المرتفعة وكذلك المنخفضة ببطء خلال فترة الاستعادة.

### استعادة مخزون الاوكسجين

يوجد الاوكسجين في العضلات على شكل مركبات كيميائية ترتبط بالهيموجلوبين ولا يشكل هذا الخزين كمية كبيرة جداً , اذ يحتوي كل (كجم) في المادة العضلية على (11) مل من الاوكسجين , وبالتالي فان المخزون العام للاوكسجين "العضلي" على اساس وجود 40 كجم في الكتلة العضلية عند الرياضيين لا يتعدى ( 0.05) لتر واثناء العمل العضلي يستطيع هذا الخزين ان يستهلك بسرعة وان تستعاد كميته بعد العمل بسرعة , وتعتمد سرعة استعادة مخزون الاوكسجين على قابلية توصيله الى العضلات , وبعد انتهاء العمل مباشرة يمتلك الدم الشرياني المار عبر العضلات ضغطاً جزيئياً كبيراً للاوكسجين , لذلك يحدث استعادة اوكسجين الهيموجلوبين على ما يبدو خلال عدة ثوان وعند ذلك يشكل الاوكسجين المصروف جزءاً آخر , الفئة السريعة للدين الاوكسجيني الذي يدخل فيها حجم اوكسجين غير كبير (لايتجاوز 0.2 لتر) يتوجه لإكمال تركيزه الاعتيادي في الدم الوريدي , وبهذه الطريقة يستعاد "الخزين" الاوكسجين في العضلات وفي الدم بعد مرور عدة ثوان عقب توقف العمل , ان الضغط الجزيئي للأوكسجين في هواء الحويصلات وفي الدم الشرياني لا يصل الى مستوى ما قبل العمل فقط بل ويتعداه ايضاً , وكذلك يستعاد تركيز الاوكسجين في الدم الوريدي الذي يجري في العضلات العاملة والاعضاء الفعالة الاخرى وانسجة الجسم بسرعة , مما يشير الى تأمينها الكافي بالاوكسجين النقي أو خليط مصحوب بتركيز عال للأوكسجين بعد العمل من اجل تعجيل عمليات الاستعادة .

### استعادة الفوسفات ATP – CP

ان الفوسفاجينات وخاصة ATP تستعاد بسرعة جدا , فخلال (30 ثا) بعد التوقف عن العمل تستعاد كميته الى 70% من الفوسفاجينات المستهلكة , اما اكتمالها فيتم خلال عدة دقائق , بحيث يتم ذلك وبشكل استثنائي تقريبا على حساب طاقة الميتابول الأوكسجين ياي بمساعدة الاوكسجين المستهلك في الطور السريع للدين الاوكسجيني واذا ما تم شد الاطراف العاملة بعد العمل مباشرة فعندئذ سيتم بهذا الشكل حرمان العضلات من الاوكسجين القادم من الدم وبالتالي تتم استعادة CP , وكلما كان الفوسفاجينات خلال فرة العمل اكبر , كلما تطلب ذلك كمية من الاوكسجين اكبر من اجل عملية الاستعادة ( تحتاج عملية الاستعادة 1 مل من ثلاثي فوسفوجين الايدونوزين 3.45 لتر من الاوكسجين) وترتبط قيمة الفئة السريعة (غير الاكتيكي) للدين الاوكسجيني بشكل مستقيم مع درجة انخفاض الفوسفوجينات في

العضلات عند نهاية العمل , وتصل القيمة القصوى عند الرجال غير المتمرنين من الدين الاوكسجيني السريع إلى (2-3 لتر) , أما القيمة الكبرى لهذا المؤشر فقد سجلت عند ممارسي أنواع رياضة القوة – السريع حيث بلغت ( 7 لتر عند الرياضيين ذوي المهارات العالية) , ان تركيز الفوسفوجينات وسرعة استهلاكها بالعضلات في هذه الانواع من الرياضة تحدد قدرة التمرين القصوى والمحافظة عليها مباشرة .

### استعادة الجليكوجين

يعتقد ان الجليكوجين المصروف خلال فترة العمل يعاد تكوينه من حامض اللبنيك خلال (1-2) ساعة بعد العمل , ان الاوكسجين المصروف خلال فترة الاستعادة هذه يحدد الفئة الثانية والبطيئة أو اللاكتيكية للدين الاوكسجيني ولكن تم اثبات ان استعادة الجليكوجين في العضلات يمكن ان يستمر الى (2-3) ايام .

ان سرعة استعادة الجليكوجين وكمية مخزونه المستعاد في العضلات والكبد تعتمد على عاملين اساسيين : درجة صرف الجليكوجين اثناء العمل وطبيعة الوجبة الغذائية خلال فترة الاستعادة , فبعد نضوب الجليكوجين في العضلات العاملة تجري استعادته في الساعات الاولى عند عند التغذية الاعتيادية ببطء جداً , من اجل بلوغ المستوى الذي كان عليه ما قبل العمل يتطلب ذلك يومين كاملين , ففي الوجبة الغذائية التي تضم كميات كبيرة من الكربوهيدرات (اكثر من 70% من الطاقة الحرارية اليومية ) تتسارع هذه العملية , اذ خلال (10) ساعات يستعاد في العضلات العاملة اكثر نصف الجليكوجين كما تحدث عملية استعادة بشكل كامل عند نهاية الايام , أما في الكبد فإن تركيز الجليكوجين يزيد عن التركيز الاعتيادي بكثير وفيما بعد تستمر كمية الجليكوجين في العضلات العاملة وفي الكبد بالازدياد حتى بعد مضي (2-3 ايام) على تنفيذ العمل ب ( 1.5 – 3 مرات ) – ظاهرة التعويض المتضاعف- عند أداء الوحدات التدريبية الشديدة والطويلة ينخفض تركيز الجليكوجين في العضلات العاملة والكبد بشكل طبيعي من يوم لآخر , وزيادة الكربوهيدرات في الوجبة الغذائية للرياضي تستطيع ان تؤمن استعادة كاملة للمصادر الكربوهيدراتية للجسم من اجل تنفيذ الوحدة التدريبية القادمة .

### استبعاد حامض اللبنيك

يحدث خلال فترة الاستعادة استبعاد حامض اللبنيك من العضلات العاملة ومن الدم ومن السائل النسيجي بحيث انه كلما كانت عملية الاستبعاد اسرع كلما كانت كمية حامض اللبنيك المتكون خلال وقت العمل اقل , فمثلا بعد تنفيذ حمل كبير فإن الاستبعاد الكامل لحامض اللبنيك المتجمع يتطلب وقتاً مقداره ( 60-90 ) دقيقة في ظروف الهدوء التام اي الجلوس او الاستلقاء , ولكن اذا نفذ بعد هذا الحمل لا يظهر التأثير المستمر للاستراحة الفعالة فقط عند التحول الى عمل مجاميع عضلية اخرى , بل وعند اداء

العمل نفسه , لكن بشدة اقل , مثلا التحول من الركض بسرعة كبيرة الى الركض بسرعة خفيفة هو الاخر يبدو فعالاً بالنسبة للاستعادة السريعة , ان حاض اللينيك يستبعد من الدم بصورة اسرع عند الاستراحة الفعالة اي في شروط عمل القدرة المنخفضة مما عليه في حالة الاستراحة الخاملة , فمن وجهة النظر الفسلجية : ان التأثير الايجابي للعمل النهائي بالقدرة غير العالية يظهر في نهاية التدريب او بعد السباق باعتباره ظاهرة الاستراحة الفعالة .