الفصل الثاني

التأثيرات الفسيولوجية للتدريب الرياضى

Physiological Effects of Training

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثاني

التأثيرات الفسيولوجية للتدريب الرياضى

Physiological Effects of Training

للتدريب الرياضى تأثيراً على الأجهزة الفسيولوجية بجسم الإنسان، حيث يجعل أداء هذه الأجهزة أعلى من المستوى الطبيعى فى حالة الراحة. وهذه التغيرات التى تحدث نتيجة التدريب تسمح لهذه الأجهزة بأداء وظائفها بكفاءة وفعالية أثناء المنافسات الرياضية. وتنحصر الأغراض الرئيسية المراد تحقيقها من التدريب فيما يلى:-

١- زيادة معدلات الطاقة المتحررة أثناء السباقات.

٢- تأخير التعب الناتج عن أداء التدريب.

وكما ذكرنا من قبل، أن معدل الطاقة المتحررة وحدوث التعب Occurrence of Fatigue يرتبطا بعمليات تمثيل هوائية ولاهوائية معقدة تحدث داخل ألياف عضلية محددة، كما يرتبطان أيضاً بعمل العديد من الأجهزة الفسيولوجية الأخرى بالجسم، مثل الجهاز التنفسى والجهاز الدورى والجهاز العصبى والجهاز الغددى (جهاز الغدد الصماء).

ولاشك أن عملية التدريب معقدة، فالتدريب اليومى سواء أكان بسيطاً أو شديداً فلن يُحَسّن عمل كل الأجهزة الفسيولوجية بالجسم أو كل نظم الطاقة بشكل متساوى. فدرجة التحسن تختلف من جهاز إلى آخر ومن نظام طاقة إلى آخر وفقاً لمحتوى التدريب وفترة دوامة وشدته وحجمه .... الخ. ولذا يجب العناية التامة بتخطيط التدريب وإجراءات تنفيذه.

كما يجب على المدربون أن يكون لهم هدف محدد فى أذهانهم عند وضع كل مجموعة تكرارية داخل برنامج التدريب، ومعرفة تأثير هذه المجموعات على كل جهاز فسيولوجى بالجسم. وسنتناول فيما يلى وصف

وشرح تأثيرات الأشكال المختلفة من التدريب على الأجهزة الفسيولوجية المختلفة.

١- تدريب نظام ثلاثي فوسفات الأدينوزين والفوسفوكرياتين:

Training the ATP-CP System

تأتي الطاقة اللازمة للانقباض العضلي من الـ ATP،حيث أنه هو المركب الكيميائي الوحيد المخزون في العضلات والذي يمكن أن يمدها بالطاقة. والغرض الرئيسي لكل المراحل الأخرى للتمثيل الغذائي للطاقة هو إعادة تحرر الطاقة في شكل الـ ATP حتى يمكن للانقباض العضلي أن يستمر. فهذا النظام من الطاقة (ATP-CP) يمكنه المّد بالطاقة اللازمة للانقباض العضلي بسرعة أكبر بالمقارنة بأي مرحلة أخرى من مراحل تمثيل الطاقة، ولكن لفترة قصيرة ما بين ٤-٦ ثوان فقط. ويتوقف تنظيم عملية تحرر الطاقة من خلال هذا النظام على نشاط الإنزيمات المحفزة Catalyze للتفاعلات المختلفة لهذا النظام. وهذه الإنزيمات هي أنزيم الـATPase والكرياتين فوسفوكينيز (CPK).

إن زيادة نشاط هذه الإنزيمات ، بالإضافة إلى زيادة مخزون العضلات من الـ ATP-CP يُزيد من قدرة الفرد الرياضي على المحافظة على السرعة القصوى التي يؤديها لفترة زمنية أطول، ومن ثَمّ تحسن أدائه. ويشير العديد من الخبراء إلى أن هذا النظام يفيد فقط في سباقات الـ ٢٥م، ٥٠م، وأنه من المحتمل ألا يُزيد التدريب من نشاط هذه الإنزيمات بشكل كبير نتيجة أن المعدل الطبيعي لنشاطها يكفي للاستجابة للمسافات التي تستمر لثواني قليلة.

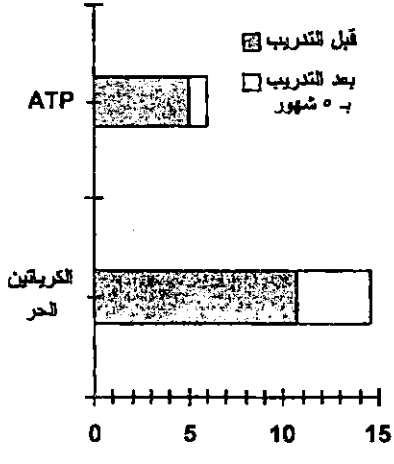
ويفيد هذا النظام كثيراً في المّد بالطاقة لحركات القوة الانفجارية (القوة اللحظية القصوى) مثل الدفع بالرجلين في البدء في السباحة وفي الدوران كذلك. ومن الصعب أن نرجع أداء السباحة التنافسية إلى هذا النظام حيث أن معدلات إنتاجه الطبيعية من عملية تمثيله قد تكون غير كافية لأداء السباح السرعة القصوى والتي تعتمد في تحسنها على:-

١- التكنيك الجيد لأداء طرق السباحة المختلفة.

٢- زيادة حجم وقوة الألياف العضلية للمجموعات العضلية الخاصة (العاملة فى الرياضة الخاصة بكل فرد رياضى) حتى يمكنها توليد قوة أكبر.

٣- تحسين معدل وشكل الليفة العضلية المجندة للعمل عن طريق الجهاز العصبى.

بمعنى آخر، فإن تنمية قوة العضلة وألياف الجهاز العصبى المجندة للعمل قد تفيد فى أداء السرعة القصوى للسباح بدرجة أكبر من زيادة نشاط الإنزيمات التى تنظيم عمل نظام الطاقة الـ ATP-CP . كما أن زيادة المخزون من الـ ATP-CP فى الألياف العضلية يعطى مؤشراً عن تأثير التدريب وأن هذا المخزون قد يزيد من سرعة السباحة. كما أن زيادة المعدل الأقصى من ناتج عملية استعادة دورة الـ ATP قد تعطى ثوان إضافية قليلة لأداء السباح عند السرعة القصوى مما يساعد السباح فى المحافظة على سرعته السريعة لفترة زمنية أطول قليلاً. وتشير الدراسات العلمية أن التدريب يؤدى إلى زيادة المخزون من الـ ATPبنسبة ١٨٪، الـ CP بنسبة ٣٥٪ (**ماك دوجال وآخرون** ١٩٧٧م MAC DOUGALL, et al.) والشكل التالى يوضح نتائج هذه الدراسة.



شكل (٦) تأثير التدريب على تركيز الـ ATP-CP للألياف العضلية البشرية.

وقد يلجأ بعض الرياضيون – إلى جانب التدريب – إلى إضافة كرياتين الفوسفات إلى غذائهم بهدف زيادته فى عضلاتهم، وهذا ما يعرف بحمل الكرياتين Creatine loading. وهذا الأجراء يزيد من الكرياتين الحر داخل الألياف العضلية بنفس المقدار الذى يحدثه التدريب وهو ٢٠٪ (**هولتمان وآخرون** ١٩٩٦م HULTMAN,et al) ولكن نتائج الدراسات العديدة التى تمت حتى الان حول استخدام حمل الكرياتين

ودورة فى تحسن الأداء أشارت إلى عدم وجود تحسن (**سودر لوند ، أكلبلوم** ١٩٩٤م SODER LUND & EKBLOM)، (**جرنيهاف ١٩٩٥م** GREENHAFF)، (**موجان** ١٩٩٥م MOUGHAN)، (**ميوجيكا وآخرون ١٩٩٦م**., MUJIKA, et al.).

ويرجع العلماء الذين أيدوا أن زيادة الـ CP – ATP فى العضلة لم تُظهر تحسناً فى الأداء فى سباقات السباحة إلى :-

١- طول مسافة السباق.

٢- عدم كفاية مقدار الزيادة الناتج من الـ ATP- CP.

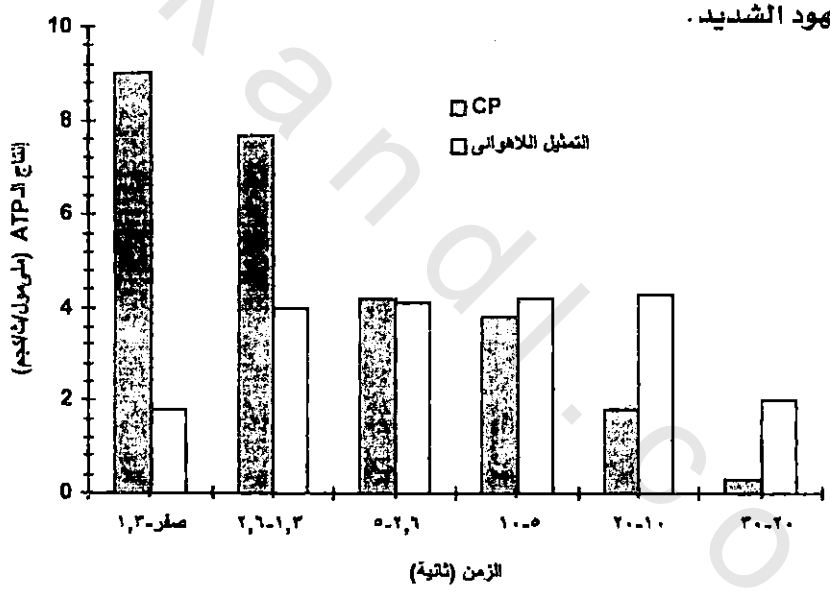
هذا بالإضافة إلى أن الزيادات التى تحققت بنسبة ١٨ ٪ للـ ATP، ٢٠٪ - ٣٥٪ للـ CP تعادل فعليا النسبة المئوية التى يمكن أن يحققها التدريب. وبالتالى فإن تأثيرها سيكون ثانويا بالمقارنة بما يحققه التدريب. ويشير **ماجلشو** ٢٠٠٣م أن الزيادة فى مد الألياف العضلية بالـ ATP بحوالى واحد ملى مول/كيلو جرام والتزود بـ ٣ ملى مول / كيلو جرام من الـ CP قد تساعد السباحون على المحافظة على السرعة القصوى لمدة ١-٢ث إضافية، حيث يمكن ترجمتها إلى تحسن قدرة السباحين بمقدار ٠,١٠-٠,٢٠ث فى سباق الـ ٢٥م، ٥٠م. ومثل هذا التحسن وفى تلك الحدود، فإن السباح يمكنه تحقيقها بزيادة القدرة العضلية وزيادة معدل التمثيل اللاهوائى للطاقة وتحسين الأداء الميكانيكى لطرق السباحة المختلفة.

كما أن الزيادة فى الـ ATP-CP بالعضلات قد لا يفيد كثيرا فى تحقيق تحسن ملحوظ فى السباقات الأطول حيث تكون سرعة السباح فى الجزء الأول من السباق أقل من السرعة القصوى إلى حد ما، لذا فالأفضل للسباحين أن يؤدوا تدريبات الأداء Drills التى تحسن القوة العضلية والقدرة على أداء طرق السباحة المختلفة، وبالتالى فإن الـ ATP-CP بالعضلات العاملة سوف يزيد كناتج للتدريب والذى يجب أن يتم على الأرض، كما أن تدريب السرعة داخل الماء يلعب الدور الرئيسى فى تحقيق ذلك، لأن قدرة أداء

السباحات المختلفة سوف تتحسن فقط فى حالة تجنيد الليفة العضلية الخاصة التى تعمل فى الاتجاه الصحيح للأداء (سال ١٩٨٦م SALE).

٢- تدريب التمثيل اللاهوائى: Training Anaerobic Metabolism

خلال الـ ٥-٦ ثوان الأولى من سباق السباحين، فإن التكسير اللاهوائى لجليكوجين العضلة يمثل نصف الطاقة الناتجة لاستعادة تكون الـ ATP-CP تقريبا. ومع ذلك، فإن درجة الزيادة فى عملية التمثيل اللاهوائى بالعضلات لن تصل لأكبر مقدار لها من الطاقة اللازمة لأداء السرعة خلال ١٠ - ١٥ ث بعد بداية السباق (سيرس وآخرون ١٩٨٨م SERRESSE, et al.). والشكل التالى يوضح مساهمات الـ CP والجلكزة اللاهوائية لاستعادة تكوين الـ A'TP خلال ٣٠ث من المجهود الشديد.



شكل (٧) مساهمات الفوسفوكرياتين والتمثيل اللاهوائى لإستعادة تكوين الـ ATP أثناء ٣٠ث من التمرين.

يلاحظ أن معظم الطاقة اللازمة للانقباض العضلى كانت من الـ CP أثناء الـ ٢,٦ث الأولى، وأن الجلكزة اللاهوائية تمد بالطاقة من الثانية الأولى من بداية المجهود. ووفقا لذلك، فإن حمض اللاكتيك سوف ينتج حتى أثناء هذه

المرحلة المبكرة من أداء المجهود . فمن ٢.٦ - ١٠ث الأولى، فإن الطاقة اللازمة لاستعادة تكوين الـ ATP والتى يساهم فيها الـ CP والجلكزة اللاهوائية ستكون متعادلة تقريبا، وبعد أن تصبح عملية الجلكزة اللاهوائية هى المساهم الرئيسى فى المد بالطاقة لاستعادة الـ ATP أثناء الـ ٢٠ث الأخيرة من المجهود. فمساهمة الـ CP سوف تقل إلى حد بعيد أثناء الفترة من ١٠-٢٠ث الأولى من الأداء.

وكما ذكرنا من قبل، فإن عملية إعادة تكوين الـ ATP من عملية الجلكزة اللاهوائية ستكون أبطء من العملية المرتبطة بالـ CP لأن هذه العملية عبارة عن إحدى عشر خطوة بالمقارنة بعملية الـ CP التى تشمل خطوة واحدة. ووفقا لذلك، فإن قدرة السباح على أداء السباحة السريعة ستقل لبعض الوقت بعد الثوانى القليلة الأولى من السباق بمقدار ١٠٪ تقريبا بعد الـ ٤-٦ ثوان الأولى من المجهود نتيجة النضوب الجزئى للـ CP الموجود بالعضلة وتصبح الجلكزة اللاهوائية هى المصدر الرئيسى للطاقة لاستعادة تكوين الـ ATP (**نيوشولم وآخرون** ١٩٩٢م NEWSHOLME, et al.) ولهذا السبب فإن معدل الجلكزة اللاهوائية ستؤثر بشكل أكبر من نظام الـ CP - ATP على أداء السباحين.

ويحدث التدريب زيادة فى كلا من كمية ونشاط العديد من الإنزيمات الخاصة بعملية الجلكزة اللاهوائية (**كوستل، فينك، بولوك** ١٩٧٦م COSTILL, FINK & POLLOK)، (**جاكويز وآخرون** ١٩٨٧م JACOBS, et al.). والسرعة هى التى تعبر بوضوح شديد عن زيادة فى الإنزيمات اللاهوائية، بينما تدريب التحمل يتجه نحو تقليل كميتها ومعدل نشاطها، وعموما، فإن التدريب يحدث زيادة فى الإنزيمات اللاهوائية ولكن ليس بنفس القدر الذى قررته الدراسات فى الإنزيمات المرتبطة بعملية التمثيل الهوائى، حيث قررت هذه الدراسات أن الزيادة فى الإنزيمات اللاهوائية تنحصر ما بين ٢٪ - ٢٢٪.

وكما ذكرنا من قبل، فإن تدريب التحمل يكبت Suppress نشاط معظم الإنزيمات اللاهوائية. ويشير كلا من **بالدوين وآخرون** ١٩٧٣م

BOLDWIN, et al. ، هولوسوزى ١٩٧٣م HOLLOSZY، سجودين،جاكوبز ١٩٨١م SJODIN & JACOBS . إن العقبة الرئيسية لزيادة كمية الإنزيمات اللاهوائية هو تدريب التحمل الذى يؤديه السباحون، وأن العلاقة بين تدريب التحمل وتدريب السرعة الفائقة علاقة عكسية لأن تدريب التحمل يقلل من معدل التمثيل اللاهوائى.

ويعتقد بعض الخبراء أن معدل التمثيل اللاهوائى يكون غالبا سريع عندما يكون الفرد الرياضى غير مدرب. ويذكرون أن هناك دليل يشير إلى حقيقة أن العديد من السباحين لديهم القدرة على تحقيق أفضل أداء لسرعتهم بعد فترة طويلة من التوقف Long Layoff.

أن المشكلة التى يواجها معظم السباحين هى أنهم يجب أن ينمى لديهم كلا من التحمل والسرعة وذلك للارتقاء بأدائهم فى معظم سباقات السباحة. ولكن من المفضل أن يؤدوا مقدار أكبر من تدريب التحمل، لأن ذلك هو الأمثل حتى يستطيعوا المحافظة على قدرتهم الطبيعية لاستعادة تكوين الـATP بسرعة خلال عملية التمثيل اللاهوائى. ولمزيد من الإيضاح، فإن معدلات الانقباض العضلى والتمثيل اللاهوائى للطاقة يقل خلال معظم مراحل الموسم التدريبى نتيجة المقادير الكبيرة من تدريب التحمل الذى يؤدونه، ثم يتجهون إلى استرداد سرعتهم خلال فترة التهدئة Taper. ومع ذلك، فعندما يكون فقد السرعة شديد والتهدئة قد لا تكون طويلة بالقدر الكافى، فإن السرعة لن تعود إلى مستوياتها الطبيعية. هذا لاشك، ينطبق بشكل كبير على سباحى السرعة حيث أنهم لن يستطيعوا الأداء الجيد إذا لم يستطيعوا استرداد سرعتهم السريعة (السرعة القصوى)، بينما سباحى المسافة المتوسطة والمسافة قد تكون لديهم القدرة على الأداء الجيد على الرغم من فقد سرعتهم السريعة (الفائقة) إذا ما حققوا تحسنا ملحوظا فى مستوى التحمل.

ويجب أن نضع فى الاعتبار أن سباحى السرعة يمكن أن يجعلوا تدريبهم أكثر تأثيرا إذا ما ركزوا على تحقيق المزيد من التحسن فى معدلات

انقباض العضلات والتمثيل اللاهوائي للطاقة وتحقيق تحسنا جزئيا في التحمل الهوائي، (كونجهام، فولكنر CUNNINGHAM & FAULKNER)، (كارلسون وآخرون ١٩٧٢م KARLSSON, et al.)، (سالتين وآخرون ١٩٧٦م).

وقد قرر أولبرشت ٢٠٠٠م OLBRECHT وجود زيادة في القدرة اللاهوائية الطبيعية للرياضيين البالغين، وأن حدوث ذلك يتطلب ما بين ١-٢ سنة من التدريب التخصصي في برامج منتظمة.

٣- تأثير التدريب في تأخير ظهور الحمضية :
Effect of Training to Delay Acidosis

يتم تأخير الحمضية خلال السباقات أو التدريب لدى السباحين بثلاث طرق رئيسية هي:

١- تقليل معدل إنتاج حمض اللاكتيك.

٢- انتقال حمض اللاكتيك من الليفة العضلية العاملة.

٣- أو زيادة نشاط المنظمات المرتبطة بحمض اللاكتيك.

بالإضافة إلى زيادة تحمل الفرد الرياضي للألم الناتج عن الحمضية.

إن أول تأثيرات التدريب هذه يمكن أن تتم عن طريق تحسين عملية التمثيل الهوائي، مما يجعل مزيد من حمض البيروفيك وأيونات الهيدروجين الناتج أثناء عملية التمثيل اللاهوائي يمثل تمثيلا هوائيا، وبالتالي تقل الكمية المنتجة من حمض اللاكتيك في العضلات عند أي سرعة سباحة. وثانيها يرتبط ببعض حمض اللاكتيك الذي نتج أثناء السباقات أو التدريب، حيث ينقل من ألياف العضلات العاملة إلى مناطق أخرى من الجسم، مما يقلل من تأثير حمض اللاكتيك على الأداء، والإجراء الثالث يرتبط بالمنظمات الكيميائية Buffers، فحمض اللاكتيك الذي يتبقى في العضلات أثناء المجهود الشديد والذي يحتوي على أيونات الهيدروجين تؤثر عليها المنظمات وتجعلها لا تقلل من مستوى الـ PH العضلات بسرعة. فهذه التأثيرات التدريبية

الثلاثة يمكنها فقط تأخير معدلات الحمضية Acidosis ولاشك أن هذه الحمضية تسبب الألم عند حدوثها فى السباقات. فتحسن تحمل الفرد الرياضى لهذا الألم يجعله قادرا على المحافظة على سرعته السريعة لفترة زمنية أطول قليلا على الرغم من تلك التأثيرات. ونتناول هذه التأثيرات التدريبية الثلاث بالتفصيل فيما يلى.

أولا: تقليل معدل إنتاج حمض اللاكتيك:

Reducing the Rate of Lactic Acid.

كما ذكرنا من قبل، فإن البيروفيك وهو الناتج النهائى لعملية التمثيل اللاهوائى يتحد مع أيونات الهيدروجين لتكوين حمض اللاكتيك ما لم يتحول كلا من البيروفيك وأيونات الهيدروجين إلى مركبات أخرى خلال عملية التمثيل الهوائى. إن ظهور هاتين المادتين (المركبين) يعتمد على سرعة السباح. فالسرعات السريعة تتطلب معدلات أسرع لعملية التمثيل اللاهوائى حتى يمكن أن تظل عملية التزود بالـ ATP ثابتة، لذا فإن معدلات إنتاج البيروفيك وأيونات الهيدروجين سوف ترتبط مباشرة بسرعة سباحة الفرد الرياضى، وفى نفس الوقت، فإن نقص مقادير هاتين المادتين اللتين اتحدتا لتكوين حمض اللاكتيك يعتمد على السرعة حيث مثلتا لاهوائيا. مرة أخرى، فإن هذه السرعة تعتمد على الأكسجين الذى تزود به العضلات. ووفقا لذلك، فإن معظم التكيفات التدريبية التى تقلل من معدل إنتاج حمض اللاكتيك فى الألياف العضلية لا شك أنها تساعد فى زيادة المد بالأكسجين للألياف العضلية العاملة. ومع ذلك، فإن الزيادة فى مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين (Vo_2max) يتحقق بالتدريب. ونظرا لأن استهلاك الأكسجين يلعب دورا كبيرا فى تقليل معدلات إنتاج حمض اللاكتيك، فسوف نناقش تأثيراته الدالة على الأداء فيما يلى:

تنمية استهلاك الأكسجين: Improving Oxygen Consumption.

تشير الدلائل الناتجة من الدراسات العلمية إلى وجود علاقات دالة بين الـ Vo_2max ومستوى الأداء في السباقات التي تنحصر ما بين ١٠٠م- ١٥٠٠م، فالتدريب يؤدي إلى زيادة الـ Vo_2max بنسبة ٢٠٪ - ٣٠٪ خلال برنامج تدريبي لمدة من ٨-١٠ أسابيع، ومن ٤٠٪ - ٥٠٪ خلال من ١-٤ سنوات. والتدريب أيضا يقلل من زمن الاستجابة لاستهلاك الأكسجين (**جرين** ١٩٩٦م GREEN) .وبمعنى آخر، أن الرياضيون يمكنهم زيادة استهلاك الأكسجين من الراحة إلى أقصى مستوى خلال فترة زمنية أقصر.

وتقسم تأثيرات التدريب التي تزيد عملية التزود بالأكسجين أثناء التمرين الرياضي إلى فئتين هما:

١- التأثيرات التي تزيد الأكسجين المتحرر إلى العضلات.

٢- التأثيرات التي تزيد الأكسجين الذي تستهلكه العضلات.

أما بخصوص التأثيرات التدريبية التي تحدث التكيفات التي تزيد معدل وحجم الأكسجين المتحرر للعضلات نذكرها فيما يلي:

١ـ الزيادة في معدل انتشار الأكسجين الرئوي داخل مجرى الدم.

فالتدريب يزيد من حجم الهواء وبالتالي حجم الأكسجين الذي يحصل عليه الجسم في كل دقيقة من التمرين. وجزء من هذا الأكسجين ينتشر من الرئتين ليدخل مجرى الدم، حيث يحمل إلى القلب ثم يدفع إلى العضلات.

٢ـ زيادة الحجم الكلي من الدم في الجسم.

وهذه الزيادة في حجم الدم تقلل كثافة الدم للدرجة التي تسمح له بالتدفق بصورة أسرع من القلب إلى العضلات.

٣- الزيادة في عدد خلايا الدم الحمراء.

إن الأكسجين الموجود بالدم يتحد مع الحديد الموجود في المركب البروتيني الذي يسمى الهيموجلوبين، حيث يكون المكون الخلوي Cellular Component لهذا السائل. كما أن زيادة الهيموجلوبين سوف تسمح للدم لنقل المزيد من الأكسجين.

٤- زيادة الدفع القلبي.

" يعرف الدفع القلب بأنه حجم الدم المدفوع من القلب في الدقيق"، فعند زيادة الدم المدفوع، فإن كل خلية دم حمراء يمكن أن تزيد سرعة رحلتها بدء من الرئتين. حيث أنها تزيد مقدار الأكسجين الواصل للعضلات، وبالتالي، فكلما زاد الدم المدفوع بما يحتويه من خلايا دم حمراء تحمل الأكسجين، فإن الحجم الكلي للاكسجين الواصل للعضلات سوف يزيد أثناء كل دقيقة من التمرين، فالزيادة في الدفع القلبي تقدر بـ ٥٠٪ تقريبا من الزيادة في الـ VO2max التي يحققها التدريب (هولوسزي، بوث ١٩٧٦م HOLLOSZY & BOOTH) والـ ٥٠٪ الأخرى تأتي من التحسن في الاستهلاك الذي تقوم به الألياف العضلية العاملة.

٥- زيادة الشعيرات الدموية المحيطة بكل ليفه عضلية.

ينقل مجرى الدم الأكسجين من الرئتين من خلال الجانب الأيسر من القلب، ثم يدفعة إلى الألياف العضلية في الأوردة والشرايين والشرينات Veins, Arteries, Arterioles وأخيرا إلى الشعيرات الدموية Capillaries حيث ينتشر داخل الألياف العضلية المحيطة بها. فالزيادة في عدد تلك الشعيرات سوف يزيد الأكسجين فيها، وبالتالي تنتشر كمية أكبر من الأكسجين داخل الألياف العضلية.

٦- التحسن في الدم المحمول إلى العضلات العاملة.

إن الجسم البشري يحتوى على ٥ لتر دم تقريبا، ويوزع بالتساوى على جميع أجزاء الجسم خلال فترات الراحة بينما خلال بذل الجهد أو التمرين

الرياضي، فإن الأوعية الدموية Blood Vessels الخاصة بالعضلات العاملة تتمدد Dilate، بينما تتقلص الأوعية الدموية الخاصة بالعضلات الغير عاملة، مما يؤدى إلى زيادة مقدار الدم الإجمالى المنقول بشكل مباشر إلى الألياف العضلية العاملة، مما يؤدى إلى زيادة كمية الأكسجين الواصلة لهذه الألياف العضلية العاملة.

وهناك العديد من تأثيرات التدريب التى تزيد من الأكسجين الذى تستفيد منه العضلات نذكرها فيما يلى:

أ- زيادة الميوجلوبين المخزون في الألياف العضلية.

فالأكسجين المنتشر داخل الألياف العضلية يحمله الميوجلوبين إلى الميتوكوندريا بهذه الألياف العضلية حيث يمكنه أن يساهم فى عملية التمثيل الهوائى للطاقة. ومع ذلك، فإن الزيادة فى ميوجلوبين العضلة يؤدى إلى زيادة الأكسجين المتوفر لعملية التمثيل الهوائى.

ب- زيادة حجم وعدد الميتوكوندريا.

إن عملية التمثيل الهوائى فى مجملها تحدث فى الميتوكوندريا، لذا فإن زيادة عددها وحجمها يزيد من قدرتها على امتصاص المزيد من الأكسجين وتوفيرة لعملية التمثيل الهوائى.

جـ- زيادة نشاط الإنزيمات التي تنظم عملية التمثيل الهوائي.

هناك عامل أخر يتحكم فى معدل التمثيل الهوائى- بجانب مقدار الأكسجين المتوفر- وهو نشاط العديد من الإنزيمات . ويؤدى تدريب التحمل إلى تحسن تركيزها ومعدلات نشاطها. ومع توفر الأكسجين الكافى وأن يكون PH العضلات قريب من المستوى الطبيعى، فإن الإنزيمات سوف تزيد من معدل التمثيل الهوائى مما قد يقلل من البيروفيك وذرات الهيدروجين والكتروناتها.

ويضيف **ماجلشو** ٢٠٠٣م أن هناك بعض التأثيرات الفسيولوجية الأخرى التى تحدثها طرق التدريب المختلفة نستعرضها فيما يلى:

أ) زيادة سعة (قدرة) الانتشار الرئوى:

Increasing Pulmonary Diffusing Capacity

يعرف الانتشار الرئوى بأنه "مقدار الأكسجين الذى ينتشر من الرئتين إلى مجرى الدم" وهذا الانتشار له غرضين هامين هما:

الأول: أنه يعوض الأكسجين الذى استنزف من خلايا الدم الحمراء أثناء رحلته حول الجسم.

الثانى: أنه ينتقل ثانى أكسيد الكربون من الدم.

فالانتشار الرئوى يزيد وبشكل مباشر ومتناسب طرديا مع شدة التمرين الرياضى، وخاصة خلال عملية التبادل بين الهواء المستنشق مع كل تنفس والهواء الغير نقى من الدم عند شدة المجهود المنخفض،وذلك عن طريق زيادة معدل الشهيق كلما زادت شدة التمرين. فالتدريب يزيد من المقدار الأقصى من الأكسجين الذى ينتشر من الرئتين إلى داخل مجرى الدم عن طريق زيادة كلا من المقدار الإجمالى من الهواء المستنشق إلى داخل الرئتين فى كل دقيقة ومقدار الأكسجين الخارج منها فى نفس الزمن.

فالأشخاص الغير مدربون يستبدلون ما بين ٨٠ – ١٤٠ لتر من الهواء كل دقيقة وفقا لحجم أجسامهم، فالأفراد الأكبر حجما يكون استبدال الهواء لديهم فى الدقيقة الواحدة أكبر بالمقارنة بالأشخاص ذوى الأجسام الأصغر نتيجة أن حجم الرئتين لديهم أكبر . والتدريب يزيد أقصى مقدار للهواء يمكن أن يستبدله الفرد فى كل دقيقة من التمرين الرياضى بما يعادل ٥٠٪. فالأفراد الرياضيون يمكنهم تنفس ما يزيد عن ١٨٠ لتر من الهواء فى الدقيقة، وقد حقق الكثير من الرياضيون المدربون جيدا تنفس حجم من الهواء يتخطى الـ ٢٤٠ لتر/ق (**ويلمور، كوستل** ١٩٩٩م).

ويفسر العلماء هذه الزيادة فى الحجم الأقصى من الهواء فى الدقيقة نتيجة زيادة كلا من حجم الهواء المستنشق مع كل تنفس وعدد مرات التنفس فى الدقيقة، وأن هذه الزيادة نتيجة تحسن فى قوة تحمل عضلات التنفس وعضلات ما بين الضلوع Intercostal Muscles الداخلية والخارجية.

أن حجم الأكسجين الذى ينتشر من الرئتين إلى مجرى الدم يعتمد بشكل كبير على عدد الحجيرات الهوائية فى الرئتين وعدد الشعيرات الدموية المحيطة بها. فالحجيرات عبارة عن أكياس صغيرة جدا Tiny sacs فى نهاية أنابيب شعبتى القصبة الهوائية Bronchial Tubes التى تمتلئ Fill بالهواء أثناء عملية الشهيق.

فالأكسجين الموجود فى الهواء بالرئتين ينتشر خارج هذه الأكياس ويدخل الشعيرات الدموية التى تحيط بها، والتى تنقلها إلى مجرى الدم ومنه إلى القلب. وفى المقابل، فإن ثانى أكسيد الكربون الناتج من عملية التمثيل الغذائى ينتشر أيضا من الشعيرات الدموية إلى داخل الحجيرات ومن ثم زفرة إلى خارج الجسم.

وإن عدد الحجيرات الهوائية فى الرئتين لدى الأشخاص العاديين الغير مدربون تكفى - بل تزيد عما هو مطلوب - لاستيعاب كل الهواء المستنشق. فمنطقة الخدمة التى تغطيها الحجيرات الهوائية ضخمة وقد تغطى ما يعادل نصف ملعب التنس الفردى (**بروكس ، فاهى** ١٩٨٧م BROOKS & FAHEY). ومن غير المستغرب أن التدريب الرياضى لا يسبب أى زيادة جوهرية فى تركيبه تلك الحجيرات، ولكن من المؤكد أنه يحسن من مطاطية جدار هذه الحجيرات حتى يمكنها أن تملئ وتفرغ Fill & Empty بسهولة أكثر.

ومن ناحية أخرى، فإن التدريب يُزيد من عدد الشعيرات الدموية التى تحيط بكل الحجيرات الهوائية، مما يزيد من الأكسجين المنتشر خارج هذه الحجيرات إلى مجرى الدم (**جنسين، فيشر** ١٩٧٥م JENSEN & FISHER) وعلى

الرغم من هذه الزيادة، فإن نتائج الدراسات تناقضت Contradictory حول تأثير التدريب على مقدار الأكسجين الذى ينتشر إلى خارج الحجيرات الهوائية ويدخل الدم أثناء التمرين. فقد قرر بعض الباحثون وجود زيادة (ماجل، أندرسون Magel & Anderson)، والبعض الأخر قرر عدم وجود تغير (جيبنز وآخرون ١٩٧٢ GIBBINS, et al)، (هاجبرج، يارج، سيلز ١٩٨٨م HAGBERG, YARG & SEALS)، (ماهلر، موريتز، لوك ١٩٨٢م MAHLER, MORITZ & LOKE). وفى دراسة على السباحين أشار جيبنز وزملائه أن هناك تحسن فى عملية الانتشار الرئوى.

إن النتائج المتضاربة Contradictory Findings حول تأثير التدريب على القدرة القصوى للانتشار الرئوى شئ وارد نظراً لأن انتشار الأكسجين من الحجيرات الهوائية إلى الدم لا يبدو أنه يقيد قدرة الفرد الرياضى على مّد العضلات بالأكسجين. فمقدار الهيموجلوبين فى الدم هو الذى يحدد قدرة الدم على حمل الأكسجين والتى تبلغ ما بين ١٦-٢٤ ملليلتر أكسجين لكل ١٠٠ ملليلتر من الدم. ووفقاً لذلك، فإن الأكسجين الداخل إلى الحجيرات الهوائية حتى لدى الأفراد الغير مدربين يكون أكثر من الذى دَخَلَ إلى الدم أثناء التمرين الرياضى. وقد أظهرت الدراسات أن الدم عندما يترك الرئتين يكون مشبعاً Saturated تماماً بالأكسجين وذلك أثناء أداء التدريبات الشاقة، وكما هو معروف، فإن نصف مقدار الأكسجين الموجود فى هواء الشهيق يخرج مع عملية الزفير ولا يدخل إلى الجهاز الدورى. ومع ذلك فإن زيادة الأكسجين المتوفر للانتشار من الحجيرات الهوائية لا يؤدى بالضرورة إلى زيادة الأكسجين المنتشر فيها. لذا، فالانتشار الرئوى لا يظهر حتى تتقيد قدرة الفرد الرياضى على استهلاك الأكسجين، فالتحسن فى هذه القدرة مع التدريب لا تعتبر هامة لتنمية التحمل.

وحدثياً، فى القرن العشرين، واستخدم الرياضيون تمرينات التنفس العميق Deep – breathing وتمرينات تقيد التنفس (كتم النفس) – Breath

Holding بغرض تحسين أقصى مستوى لتبادل الأكسجين (الانتشار الرئوى للأكسجين)، ومازال بعض الرياضيون يستخدمون هذه التمرينات اعتقاداً خاطئاً منهم بأن هذه التمرينات سوف تحسن المعدلات القصوى لاستهلاك الأكسجين لديهم. فمثل هذه التمرينات غير ضرورية. فأى تدريبات داخل الماء أو خارجة تحدث ضغوطاً على معدل وعمق التنفس لفترة زمنية أطول تحدث زيادة فى المعدلات القصوى للانتشار الرئوى وهذا يعتبر علامة على تحسن التحمل لدى الفرد الرياضى.

فالسباحين إذا انتظموا فى برنامج تدريبى يشمل على مزيج طبيعى من طرق التدريب، فإن ذلك سوف يحسن كلاً من معدل وعمق التنفس.

فالتدريب لا يؤثر بشكل واضح على حجم الأكسجين المنتشر من الرئتين إلى الدم أثناء أداء المجهود الأقل من الأقصى، ولكنه يجعل هذا الأكسجين يتم التزود به بطريقة أكثر فعالية، بينما يقل معدل التنفس فعلياً أثناء التمرين الأل من الأقصى لدى الرياضيون المدربون، بمعنى آخر، أن الأفراد الرياضيون المدربون يستهلكون نفس مقدار الأكسجين عن طريق أخذ تنفس أكثر عمقاً ولكن عدد مرّاته أقل.

ب) زيادة خلايا الدم الحمراء: Increasing Red Blood cells.

إن خلايا الدم الحمراء تحتوى على الهيموجلوبين والحديد الذى يجعل الدم ذات اللون الأحمر، إذن فزيادة خلايا الدم الحمراء هامة. لأن أى زيادة فى الهيموجلوبين يصاحبها زيادة فى مقدار الأكسجين الذى يحمله الدم، والذى يعتبر أحد لأسباب التى تجعل الأفراد الرياضيون فى المناطق المرتفعة عن سطح البحر يتدربون بشكل أكثر كفاءة نتيجة زيادة الهيموجلوبين لديهم. ولنفس السبب، فإن بعض الرياضيون يتعاطون منشط الدم Blood doping (وهو عبارة عن إعادة حقن الدم الذى سحب من الفرد الرياضى مرة أخرى قبل المنافسة) أو استخدام هرمون الأيريثروبوتين Erythropoietin (Epo) التى تعمل على زيادة عدد خلايا الدم الحمراء.

وفى أحسن الأحوال، فإن التدريب عند سطح البحر يُحدث تحسناً طفيفاً فى قدرة الدم على حمل الأكسجين، فقد أشارت بعض الدراسات إلى عدم حدوث زيادة، بينما البعض الأخر قررت حدوث تحسن ضئيل بلغ حوالى ٨٪ عند التدريب عند سطح البحر (جرين وآخرون ١٩٩١م .Green, et al). ومن ناحية أخرى، فإن العديد من الدراسات قررت وجود زيادة من ٧٪ - ١٨٪ فى الهيموجلوبين الموجود بالدم بعد التدريب فى المناطق المرتفعة عن سطح البحر (كارفونين، بلتوت، سارلا ١٩٨٦م KARVONEN, PELTOTE & SAARELA)، (هانون وآخرون ١٩٦٩م .HANNON, et al).

جـ- زيادة حجم الدم: Increasing Blood Volume.

يبلغ الحجم الإجمالى للدم فى جسم الإنسان ٥ لتر تقريباً، ويؤدى تدريب التحمل إلى زيادة هذا الحجم بنسبة ٣٠٪ تقريباً (جرين وآخرون ١٩٩١م). والتدريب الذى يحدث زيادة فى الهيموجلوبين يؤدى أيضاً إلى زيادة كثافة الدم أى يصبح الدم أكثر لزوجة More Viscous. ويمثل الهيموجلوبين الجزء الصلب Solid Portion من الدم. فإذا لم يزداد الجزء السائل Fluid portion بالتوازى مع الجزء الصلب (الهيموجلوبين)، فإن الدم لا يندفع خلال الشرايين والأوردة بسهولة مما يؤدى إلى نقص حجم الأكسجين الواصل للعضلات العاملة فى كل دقيقة من العمل (التمرين).

ولحسن الحظ، أن التدريب الرياضى يؤدى إلى زيادة الجزء السائل من الدم بدرجة تزيد نسبياً عن الزيادة فى الجزء الصلب (الهيموجلوبين) من الدم مما يؤدى إلى نقصاً فعلياً فى لزوجه الدم. فالنقص فى لزوجة الدم بعد التدريب قد تؤدى إلى زيادة معدلات الدم المتدفق خلال الاوعيه الدموية أثناء التمرين الرياضى، وبالتالى يزيد حجم الأكسجين الذى يصل إلى الألياف العضلية. فالتدريب الذى يسبب نقصاً فى لزوجة الدم يظهر عند بعض الرياضيون ذو المستوى العالى أنه إصابة بالأنيميا نتيجة أن الهيموجلوبين

(الجزء الصلب من الدم) اصبح أكثر انخفاضاً بالمقارنة بالجزء السائل من الدم. ويشير **ويلمور وكوستل** ١٩٩٩م إلى أن تدريب التحمل ذو الشدة العالية نسبياً يؤدى زيادة حجم الدم.

د ـ زيادة الدفع القلبى: Increasing Cardiac Output.

يعرف الدفع القبلى بأنه "كمية الدم التى يدفعها القلب فى الدقيقة" وهو ناتج حجم الضربة القلبية **Stroke Volume** (وهى كمية الدم المدفوعة من القلب فى الضربة القلبية الواحدة) ويضاعف بمعدل نبض القلب(وهو عدد ضربات القلب فى الدقيقة). ويبلغ الدفع القلبى حوالى ٥ لتر فى وقت الراحة، أما أثناء المجهود الأقصى فإنه يزيد ليصل إلى ١٤ – ١٦ لتر/ دقيقة لدى الأفراد الغير مدربين. ويؤدى التدريب إلى زيادته ليصل إلى ٣٠-٤٠ لتر/ دقيقة، مما يكون سبباً رئيساً لزيادة الأكسجين الذى تزود به الألياف العضلية (**بروكس، فاهى** ١٩٨٧م).

إن الزيادة فى أقصى دفع قلبى تكون نتيجة التحسن فى حجم الضربة القلبية للفرد الرياضى (كمية الدم التى يدفعها القلب فى الضربة الواحدة). فأقصى معدل لنبض القلب لا يزيد مع التدريب، أما معدل نبض القلب الأقل من الأقصى أثناء أداء المجهود الرياضى يقل بعد التدريب. وربما يؤدى إلى زيادة حجم الضربة أثناء المجهود الأقصى والأقل من الأقصى بنسبة تتخطى الـ ٥٠٪.

إن تدريب التحمل الطويل والبطيئ عند معدل نبض قلب منخفض (١١٠ – ١٣٠ ن/ق) يعتبره العلماء أنه أفضل عمل يؤدى إلى تحسن حجم الضربة. ويعتقد **استراند و رودال** ١٩٧٧م(ASTRAND & RODAHL) أن التدريب عند سرعة بين ٥٠٪ - ٦٠٪ من السرعة القصوى هى الأداء المثالى لتحقيق هذا الغرض . فمعدلات نبض القلب المنخفضة تُزيد من حجم الضربة بشكل اكبر، لان المعدلات العالية من الأداء تجعل بطينى القلب لا يجدا الوقت الكافى للامتلاء بشكل كامل بالدم بين الضربات. وبالتالى فإن الدفع القلبى سيكون

أكبر أيضاً عند السرعات السريعة، وحجم الضربة سيكون أكثر انخفاضاً، وتأثير التدريب سوف يقل.

وتحدث الزيادة فى حجم ضربة القلب لدى الرياضين نتيجة تدريب التحمل ذو الشدة المعتدلة، ولذا فإن أداء مجموعات تكرارية للتحمل فى السباحة عند شدة عالية نسبياً يعطى الفرصة للقلب على التدريب على الامتلاء بمعدل أسرع، مما يمكن الفرد الرياضى من المحافظة على نسبة مئوية أكبر من الزيادة فى الحجم الأقصى لضربة القلب قرب معدل نبض القلب الأقصى (جلدهيل، كوكس،جامنيك ١٩٩٤م GLEDHILL,COX & JAMNIK)، (سبينا وآخرون ١٩٩٢م SPINA, et al.).

إن هذه الخطوة الثانية ضرورية وهامة نتيجة أن الرياضين يجب أن يكون لديهم القدرة على المحافظة على حجم ضربة القلب الكبيرة عند معدل نبض قلب عالى إذا ما أرادوا زيادة أقصى دفع قلبى لديهم وبالتالى يحصلوا على مزيد من الأكسجين المتوفر للعضلات أثناء السباقات.

إن تأثير التدريب على حجم الضربة القلبية يمكن حسابه عن طريق رسم خريطة لمعدلات نبض القلب للسباحين أثناء أداء مجموعات تدريبية معايرة تنتج معدلات نبض قلب ما بين ١٢٠- ١٧٠ ن/ق لدى معظم السباحين، فأى نقص فى معدلات نبض القلب عند هذه السرعات الأقل من الأقصى يدل على أن حجم الضربات قد زاد.

هـ- زيادة الشعيرات الدموية العضلية: Increasing Muscle Capillaries.

أظهرت الدراسات أن تدريب التحمل يُزيد عدد الشعيرات الدموية المحيطة بالحجيرات الهوائية والألياف العضلية (برودال، إنججير ، هيرمانسين ١٩٧٦م Brodal, Ingjer & Hermansen)، كارو ، برون ، فان هوس ١٩٦٧م CARROW, BROWN& VAN HUSS)، (هيرمانسين، واشتلوفا ١٩٧١م

HERMANSEN, WACHTLOVA). وتؤكد أحدى هذه الدراسات أن زيادة الشعيرات الدموية التى حول الألياف العضلية العاملة لدى الفرد الرياضى ترتبط بتنمية التحمل. وقد أظهرت العديد من الدراسات أن تلك الزيادة تبلغ ١٥٪ - ٥٠٪ بعد تدريب التحمل طويل المدى (**أندرسون** ١٩٧٥م ANDERSSON، **روسلر وآخرون** ١٩٨٥م ROSLER, et al).

ولا شك أن زيادة الشعيرات الدموية التى حول الألياف العضلية تُحدّث بالضرورة زيادة واضحة فى كمية الأكسجين التى تنتشر من الدم لداخل العضلات. فالأشخاص الغير مدربين عادة ما يملكون من ٣-٤ شعيرات حول كل ليفه عضلية، بينما الأفراد المدربون من رياضى التحمل لديهم من ٤-٦ شعيرات حول كل ليفه عضلية (**سالتين وآخرون** ١٩٧٧م).

ويمكنا أن نستنتج أن زيادة الشعيرات الدموية يكون حول الألياف العضلية المستخدمة فى التدريب فقط، على خلاف العديد من التكيفات الدورية الأخرى - ذكرناها من قبل - مثل التى ترتبط بالقلب والشرايين الكبيرة التى تخدم أجزاء معينة من الجسم، فإن أى نوع من تدريبات التحمل يمكنها أن تحقق تلك التكيفات، حيث يفيد فى ذلك أى نوع أخر من العمل البدنى . ومثال لذلك، أن الزيادة فى حجم ضربة القلب الناتجة عن تدريب الجرى قد تفيد الرياضين عندما يسبحون. ولكن بالنسبة للشعيرات الدموية التى حول الألياف العضلية فالوضع يختلف، حيث تكون الزيادة فيها مخصصة فقط للألياف العضلية التى تدربت، فالشعيرات الدموية لا تنتقل من ألياف عضلية إلى أخرى على الرغم من زيادتها نتيجة التدريب، بمعنى أن الجرى يزيد من عدد الشعيرات الدموية حول عضلات الرجلين، ولكنة لا يزيد من عدد الشعيرات التى حول ألياف عضلات الذراعين والجذع. ولهذا السبب فإن السباحون يجب أن يؤدوا معظم تدريبهم الهوائى داخل حمام السباحة للتأكيد على أن الزيادة التى ستحدث فى عدد الشعيرات الدموية

ستكون حول الألياف العضلية المستخدمة فى التدريب. كما يجب أن يستخدموا الأشكال الأخرى من تدريب التحمل كمكملات لتدريب السباحة وليس كبديل عنه.

و- تحسن انتقال الدم: Improved Blood Shunting.

إن الجسم البشرى يحتوى على حوالى ٥ لتر دم. وفى حالة الراحة، فإن هذا الحجم يوزع بالتساوى بين أنسجة الجسم المختلفة، ولكن أثناء التمرين الرياضى يزيد دفع الدم إلى العضلات العاملة، ويقل للعضلات الغير عاملة والأنسجة العضلية الاخرى. ولمزيد من الإيضاح، فإنه فى حالة الراحة نجد أن ١٥٪ - ٢٠٪ فقط من الحجم الإجمالى للدم يذهب إلى العضلات الهيكلية، بينما أثناء التمرين الرياضى تزيد هذه الكمية إلى ٨٥٪ أو ٨٠٪ (**ماتيوز، فوكس** MATHEWS & FOX ١٩٧٦م). وبالتالى يذهب المزيد من الأكسجين والعناصر الأخرى إلى حيث الحاجة إليها، كما يزيد أيضاً ثانى أكسيد الكربون وحمض اللاكتيك المنتقل من الألياف العضلية العاملة أثناء أداء المجهود الرياضى حيث يتم التخلص منهما.

إن التدريب الرياضى يُزيد من نسبة الدم المتدفق للعضلات العاملة أثناء المجهود الأقصى (**كلاوسين وآخرون** ١٩٧٣ . CLAUSEN, et al ، **كول، دول، كبلر** ١٩٧٢م KEUL, DOLL & KEPPLER، سالتين ١٩٧٣م، **سيمنز، شيفرد** ١٩٧٢م Simmons & shepherd) مما يؤثر بشكل إيجابى على الأداء. ويقرر **هينريكسون** ١٩٩٧م HENRIKSSON أن هناك زيادة بلغت ٨٪ فى حجم الدم المدفوع للعضلات العاملة أثناء التمرين، ولا شك أن تدريب التحمل هو صاحب التأثير الغالب فى زيادة الدم المتدفق إلى العضلات العاملة أثناء التمرين.

ويضيف **ماجلشو** ٢٠٠٣م أن تدريب التحمل ذو السرعة هو الذى يُزيد من تمدد Dilation الأوعية الدموية. وأن تأثيره أكبر من تدريب التحمل ذو السرعة البطيئة أو المعتدلة، لذا فإنه يؤكد على أن السباحون يجب أن

يستخدموا فى تدريبهم نفس الألياف العضلية التى ستستخدم فى المنافسات التى يشاركون فيها حتى تتدرب الأوعية الدموية على التمدد بمزيد من السرعة، وبالتالى ستكون نواتج التدريب أفضل.

ز- زيادة الميتوكوندريا: Increasing Mitochondria.

الميتوكوندريا عبارة عن شجيرات (نبتات) كيميائية صغيرة Small chemical plants توجد فى الخلايا العضلية، حيث تحدث عملية التمثيل الهوائى، وهى تُبَنَّى فى البروتينات. فكلاً من الألياف العضلية البطيئة والسريعة تحتوى على العديد من الميتوكوندريا، ولكنها توجد بأعداد وفيرة فى الألياف العضلية البطيئة.

ويؤدى التدريب إلى زيادة كلاً من حجمها وعددها فى كلاً من نوعى الألياف العضلية (**مورجان وآخرون** ١٩٧١م MORGAN, et al.) وبلغ مقدار الزيادة فى حجم الميتوكوندريا ١٢٠٪ فى دراسة تمت على بعض الأفراد بعد برنامج تدريب تحمل مدته ٢٨ أسبوع، أما الزيادة فى عددها فقد بلغ ما بين ١٤٪ - ٤٠٪ (**كيسلنج، بيهل، لوندكويست** ١٩٧١م KIESSLING, PIEHL & LUNDQUIST). وفى دراسة أخرى أجراها **روسلر وآخرون** ١٩٨٥م ROSLER,et al. قررت نتائجها وجود زيادة فى حجم الإجمالى بلغت ٤٠٪، وتشمل هذه الزيادة كلاً من حجم وعدد الميتوكوندريا.

وتساعد هذه الزّيادة فى الميتوكوندريا فى تقليل معدل إنتاج حمض اللاكتيك، وتجعل عملية التمثيل الهوائى تؤثر فى عدد أكبر من المواقع Locations داخل كل ليفه عضلية، مما يزيد من الطاقة الناتجة من عملية التمثيل الهوائى أثناء كل دقيقة من التمرين فى حالة توفر الأكسجين اللازم. ومن المحتمل أن يسمح هذا التأثير بجانب الزيادة فى الميوجلوبين للأفراد المدربين باستخدام نسبة مئوية أكبر من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين دون حدوث زيادة فى إنتاج اللاكتيك.

إن السباحة هى أفضل طريقة لزيادة حجم وعدد الميتوكوندريا فى الألياف العضلية للسباحين، حتى يكون التأثير فى الألياف العضلية العاملة فقط والمطلوبة للأداء أثناء السباقات. ومع ذلك، فإن التدريب باستخدام رياضة غير السباحة قد يفيد ولكن ليس للألياف الخاصة التى ستستخدم فى سباقات السباحة. ووفقاً لذلك فإن الشد بالذراعين فى السباحة لن يحدث زيادة فى عدد وحجم الميتوكوندريا فى عضلات الرجلين للسباحين، وكذلك فلن تفيد ضربات الرجلين فى زيادة حجم وعدد الميتوكوندريا فى الألياف العضلية للذراعين والكتفين والجذع. وبناء على ذلك، فإن تدريب التحمل الطويل والبطيئ يمكن أن يُزيد من عدد وحجم الميتوكوندريا فى الألياف العضلية البطيئة. ولكن لزيادة حجم وعدد الميتوكوندريا فى الألياف العضلية السريعة، يجب على السباحين أداء تدريب التحمل عند سرعات ما بين المتوسطة والسريعة. ووفقاً لذلك، يجب أن يشمل تدريب السباحون على تدريب التحمل بسرعات متنوعة ما بين البطيئة والسريعة حتى تتحقق الزيادة فى حجم وعدد الميتوكوندريا فى جميع الألياف العضلية التى ستستخدم فى السباقات وفقاً لتخصص كل سباح.

ولكن يجب أن نحذر من أن أداء تدريب التحمل ذو السرعة العالية كثيراً قد يأتى بنتائج عكسية. حيث أن التحمل ذو السرعة قد ينتج عنه أحماض شديدة. وهذا يستوجب من المدرب الحذر. كما يجب ألا يستُخدم هذا النوع من التحمل عندما يكون جليكوجين العضلات العاملة قد قرب على النضوب، فمثل هذا النوع من المجهود قد يَضّر Damage عملية تجديد الميتوكوندريا. وكذلك، فإن ظهور هذه الأحماض الشديدة قد يؤدى إلى ظهور حالة التدريب الزائد لدى السباحين (**جولستراند** ١٩٨٥م GULLSTRAND). كما أن عدم كفاية جليكوجين العضلات أثناء تدريب السباحين قد يجعل عملية تمثيل الطاقة تتم بالبروتين الداخل فى بناء تلك العضلات مما يسبب تضررها.

ولكن فى حالة استخدام تدريب التحمل ذو السرعة بصورة غير مبالغ فيها، فإنه يُحدّث زيادة فى حجم وعدد الميتوكوندريا فى الألياف العضلية السريعة بشكل مقتصد خلال كل أسبوع تدريبى ولفترات قصيرة لدرجة أن الميتوكوندريا فى هذه الألياف العضلية والألياف الأخرى لن تتضرر من هذا النوع من المجهود. وهنا يجب أن يعلم السباحون والمدربون أن زيادة حجم وعدد الميتوكوندريا فى الألياف العضلية السريعة يمكن أن يتم عن طريق السباحة عند سرعات معتدله لفترات طويلة تجعل الألياف السريعة تتجه نحو تناوبRotate أداء العمل مع الألياف العضلية البطيئة أثناء السباحة.

واخيراً ... يشير **ماك دوجال وآخرون** ١٩٩١م أن التدريب فى المرتفعات يؤدى إلى زيادة الميتوكوندريا فى العضلات العاملة بدرجة أكبر مما يحققه التدريب فى المناطق التى عند مستوى سطح البحر.

ح - زيادة الإنزيمات الهوائية Increasing Aerobic Enzymes.

عند زيادة عدد وحجم الميتوكوندريا، فإن الإنزيمات الهوائية الموجودة بها تزيد (مورجان وآخرون ١٩٧١م) مما يؤدى إلى أن تتم عملية التمثيل الهوائى للطاقة بمعدل أسرع. فالزيادة فى حجم وعدد الميتوكوندريا يلازمها Concomitantزيادة فى نشاط الإنزيمات الهوائية الموجودة بذات العضلات، وقد يؤدى ذلك إلى تحسن العتبة الفارقة اللاهوائية للفرد الرياضى بدرجة أكبر من التحسن الذى يحدث فى الـ Vo_2max.

ويظهر التدريب زيادة نشاط الإنزيمات الهوائية بدرجة غير متناسبة Out of Proportion to مع التحسن فى الـ Vo_2max الناتج من هذا التدريب. (**جولنك، هودجسون** ١٩٨٦م GOLLNICK,& HODGSON)، (**جولك وآخرون** ١٩٧١م) و(**ويلمور وكوستل** ١٩٩٩م) أن نشاط الإنزيمات الهوائية يستمر فى الزيادة حتى بعد التحسن فى الـ Vo_2max ولكن ليس لفترة طويلة، ومع ذلك، فزيادة نشاط الإنزيمات الهوائية قد يكون تأثيرها أكبر على الأداء مع استمرار

التمرين عند نسبة مئوية معينة من الـ Vo_2max بالمقارنة بما يحدث من زيادة الـ Vo_2max نفسه (**دايفيز، باكر، بروكس** ١٩٨١م & DAVIES, PACKER, BROOKS). وفى نفس الوقت، فإن التحسن فى الـ Vo2max قد يكون أكثر تعادلاً مع قدرة الجهاز الدورى على تحرير الأكسجين للألياف العضلية العاملة بالمقارنة بقدرة هذه الألياف على استخدام هذا الأكسجين فى عملية التمثيل الهوائى (**رووِل** ١٩٧٤م ROWELL).

وفى ضوء ذلك، فإن تدريب تحمل السرعة البطيئ والسريع والذى يؤدى إلى زيادة الميتوكوندريا فى الألياف العضلية البطيئة والسريعة يُزيد أيضاً من نشاط الإنزيمات الهوائية فى هذه الألياف. فالأحجام الكبيرة من تدريب التحمل البطيئ تحقق الزيادة فى نشاط الإنزيمات الهوائية فى الألياف العضلية البطيئة. وقد تحققت الزيادة الأكبر عندما كانت مستويات التدريب تتطلب من الفرد الرياضى استخدام نسبة مئوية عالية (٧٠٪ - ٨٠٪) من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين الخاص به، وقد يكون ذلك نتيجة أن التدريب عند هذا المستوى يجعل الألياف العضلية السريعة تشارك فى أداء هذا التدريب وتتحمل بعض من حمل هذا المجهود (**هنريكسون** ١٩٩٢HENRIKSSON). وكذلك، فالشدة يجب أن تكون بالقدر الذى يُمَكّن الفرد الرياضى من المحافظة على التوازن بين معدل إنتاج حمض اللاكتيك ومعدل التخلص منه بحيث يظل الـ PH قرب مستوياته الطبيعية.

إن PH العضلات حينما ينخفض، فإنه يقلل من نشاط إنزيمات هوائية معينة، فى حين يسبب زيادة فى معدلات إنتاج حمض اللاكتيك. ولزيادة نشاط تلك الإنزيمات الهوائية يجب زيادة نشاط عملية التمثيل الغذائى للبيروفيك وأيونات الهيدروجين خلال عملية الأكسدة، ولتحقيق ذلك، فإن معظم حجم التدريب يجب أن يكون عند أو أقل قليلاً من مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية للفرد الرياضى، والقليل من هذا الحجم يؤدى بسرعات سريعة.

وقد يكون التدريب فى المناطق المرتفعة عن سطح البحر أكثر تأثيراً من التدريب عن مستوى سطح البحر فى تحقيق الزيادة فى نشاط إنزيمات التمثيل الهوائى للطاقة. بالإضافة إلى أن نشاط هذه الإنزيمات يرتبط بشكل كبير بالزيادة فى حجم وعدد الميتوكوندريا. كل ذلك قد يفسر لنا لماذا التدريب فى المرتفعات يحسن مستوى أداء الفرد الرياضى.

ط - زيادة الميوجلوبين : Increasing Myoglobin.

والميوجلوبين هو البروتين المحتوى على الحديد فى الألياف العضلية، وهو الذى يعطيها اللون الأحمر. وله وظيفتين فى الخلايا العضلية. أهمها أنه يمتص الأكسجين الذى ينتشر داخلها وينقله إلى الميتوكوندريا حيث يستخدم فى عملية التمثيل الهوائى. والوظيفة الثانية هى أنه يخزن كميات صغيرة من الأكسجين فى الخلايا العضلية - حوالى ٢٤٠ ملى لتر - كاحتياطى يستخدم خلال الثوان العديدة الأولى من التمرين الرياضى مزوداً الميتوكوندريا بالأكسجين.

والألياف العضلية البطيئة تحتوى على مقدار من الميوجلوبين يزيد بمقدار الـ ٣/١ تقريباً بالمقارنة بالألياف العضلية السريعة لنفس العضلة والمتممة لها.

وقد قررت بعض الدراسات العلمية أن التدريب لا يُحَدث زيادة فى الهيموجلوبين بعد برنامج تدريبى لمدة ثمان أسابيع (**سفيدنهاج، هنريكسون، سيلفان** ١٩٨٣م SVEDENHAG, HENRIKSSON & SYLVAN). كما يشير البعض الأخر أن هيموجلوبين العضلات لا يختلف بين الأفراد المدربين على التحمل والأفراد الغير مدربين (**جانسون، سيلفين، سجودين** ١٩٨٣م JANSSON, SYLVEN & SJODIN). ومع ذلك، فإن التدريب فى المرتفعات قد يحدث زيادة فيه، حيث أن الأفراد الذى يعيشون فى المناطق المرتفعة عن سطح البحر لديهم زيادة فى الهيموجلوبين بعضلاتهم تبلغ أكثر من ١٦٪ بالمقارنة

بالآخرين الذين يعيشون فى المناطق التى على سطح البحر (**رينافارج** REYNAFARJE). أما إذا كان التدريب فى المناطق المرتفعة لفترات قصيرة قد يحدث زيادة فى حجم الميوجلوبين فلم تُشر هذه الدراسة إلى ذلك.

وعلى الرغم من عدم وجود الدليل العلمى على ذلك على الإنسان، إلا أن معظم الدراسات التى تمت على الحيوانات أظهرت أن العضلات المدربة على التحمل تمتلك المزيد من الهيموجلوبين بالمقارنة بالعضلات الأقل تدرباً (**هيكسون** ١٩٨١م HICKSON). وهنا يرى ماجلشو ٢٠٠٣م أنه على المدربون والرياضيون اعتبار أن الهيموجلوبين يزّيد كواحدة من النتائج الهامه لتدريب التحمل، وأن يضعوا ذلك فى الاعتبار عن التخطيط لبرامجهم التدريبية للاستفادة من هذا التأثير حتى تظهر الدلائل التى تؤكد ذلك.

ومن الملاحظ أن مجموع ما كتب حول هذا الموضوع أعطى القليل من الاهتمام لنوع التدريب الذى يكون له التأثير فى تحسين محتوى العضلات من الميوجلوبين، ومع ذلك، فقد أشارت إحدى الدراسات أنه عن التدريب على السرعة، فإنه يجب أن تكون قرب المستويات الأقصى. وبطبيعة الحال فإن الألياف العضلية البطيئة تحتوى على كميات كبيرة من الهيموجلوبين مع احتمال زيادته حتى يصل إلى نقطة الإخفاق فى قدرته على نقل الأكسجين إلى الميتوكوندريا، وفى المقابل، فإن الألياف العضلية السريعة قد يكون احتمال تحسن محتواها من الميوجلوبين أكبر، ويصبح نشاطها كبيراً عندما تكون شدة التدريب عالية نسبة إلى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين (Vo_2max) فربما لا تقل عن ٧٠٪ - ٨٠٪ من الـ Vo_2max (**اندرسون، سجوجارد** ١٩٧٥م ANDERSON & SJOGAARD)

ك- تنمية دورة الجلوكوز- الألنين Improving the Glucose -Alanine cycle.

يلعب البروتين أيضاً دوراً محدوداً فى تقليل إنتاج حمض اللاكتيك أثناء التمرين الرياضى خلال عملية تعرف بدورة الجلوكوز - الألنين Glucose – Alanine (**فيلج، وارين** ١٩٧١م FLEIG & WAHREN).

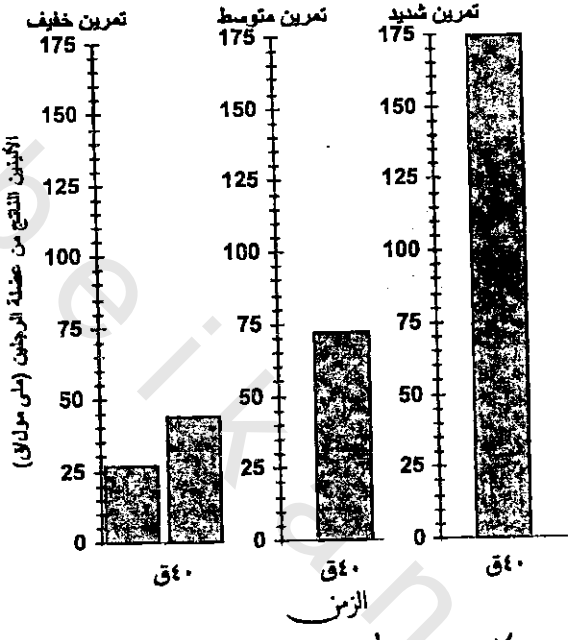
ويتكون الألنين من خلال إتحاد بعض من البيروفيك المتكون نتيجة لعملية التمثيل اللاهوائى مع الأمونيا Ammonia مما يؤدى إلى عدم توفر البيروفيك ليتحد مع أيونات الهيدروجين، وبالتالى فإن الناتج من حمض اللاكتيك سيكون قليل.

إن الالنين الناتج من هذه العملية ينقل إلى الكبد، حيث يمكن تحويله مرة أخرى إلى جلوكوز كجزء من عملية أخرى تسمى بدورة كورى Cori cycle. وفى هذه الحالة يعود الجلوكوز مرة أخرى لمجرى الدم، حيث يحمله إلى العضلات حيث يستخدم فى استعادة تكوين الـ ATP.

وتظهر أهمية دور دورة الجلوكوز – الألنين أثناء الأداء الرياضى للسرعات القصيرة وأيضاً خلال سباقات التحمل، ولكن من غير المؤكد Doubtful ان لها اى تأثير إيجابى على الأداء فى السباقات الأقصر من الـ ١٠٠م (ويكر وآخرون ١٩٨٣م .WEICKER, et al). ويعتبر معدل البيروفيك المتكون، وبالتالى الـ ATP الذى أعيد تكونيه من خلال عملية التمثيل اللاهوائى هو العامل الرئيسى فى المحافظة على السرعة فى هذه السباقات، وليس انتقال البيروفيك. ولكن انتقال بعض البيروفيك عن طريق تحويله على الالنين قد يكون له التأثير الأكبر على تقليل الأحماض أثناء سباقات التحمل الطويلة ذات السرعة لأن هذه العملية تؤثر بتقليل مقدار حمض اللاكتيك الناتج عند أى سرعة سباحة يؤديها السباح.

وتشير الدراسات العلمية أن تحويل الجلوكوز إلى الالنين تكون استجابة للتدريب (بروكس، فاهى ١٩٨٤م، ويكر وآخرون ١٩٨٣م)، وقد يكون ذلك ناتج عن نشاط الأنزيم الرئيسى الذى ينظم هذه العملية، ويسمى بإنزيم الالنين ترانسمينيز Alanine Transminase، حيث أنه يزيد مع التدريب (مول وآخرون ١٩٧٣م.MOLE, et al) ومع ذلك ، لم تتوفر المعلومات الكافية عن التأثير النسبى لتدريب السباحة بشداتها المختلفة (معتدلة – منخفضة - عالية) على هذا الإنزيم.

والشكل التالى يوضح نتيجة دراسة أجراها **فيليج، وارين ١٩٧١** (FELIG & WAHREN) على إنتاج الالنين أثناء التمرين الرياضى.



شكل (٨) يبين تأثير ثلاث فترات من التمرين الرياضى بشدات مختلفة على إنتاج الألنين.

ويُظهر الشكل أن محتوى الألنين فى العضلات يصبح أكثر من ثلاثة أضعاف مستواه الطبيعى عندما تكون شدة تمرين التحمل المستخدم عند المستوى العالى. ويشير **ويكر وزملائه ١٩٨٣م** أن هناك نسبة تركيز عالية من الألنين فى عضلات العداءين بعد السباقات التى تنحصر مسافاتها ما بين الـ ١٠٠- ١٥٠٠م.

وعلى الرغم من ذلك، فإن هذه العملية قد تساهم بشكل كبير فى تقليل حمض اللاكتيك فى العضلات عند أى سرعة سباحة حتى السرعات العالية منها.

ثانياً :زيادة معدل التخلص من اللاكتيك من الدم والعضلات:

Increasing the Rate of Lactate Removal From Blood and Muscles:

نعرف جميعاً أن حمض اللاكتيك هو الفضلات الناتجة عن عملية التمثيل اللاهوائى للطاقة والتى تحدث خلال التمرين الرياضى، وكان من المعتقد فى السابق أن هذا الحمض يظل فى العضلات والدم حتى يتم نقلة أثناء فترة الاستشفاء اللاحقة للتمرين. ولكن فى السنوات الأخيرة، أشارت نتائج

العديد من الدراسات بوضوح أن هذا الحمض ينقل باستمرار أثناء التمرين الرياضي وكذلك خلال فترة الاستشفاء. ويعبر مقدار اللاكتيك المتراكم في الألياف العضلية أثناء التمرين الرياضي عن الفرق بين كمية الحمض الناتجة عن عملية التمثيل اللاهوائي داخل هذه الألياف العضلية والمقدار المنتقل منه إلى الدم أثناء التمرين الرياضي.

وعندما تكون شدة التمرين المستخدم أقل من قدرة عمل الألياف العضلية على أكسدة البيروفيك والهيدروجين هوائياً، فيتكون حمض اللاكتيك خلال أداء المجهود مبكراً، وعندما يكون الأكسجين اللازم للأداء غير كاف مؤقتاً، فإن هذا الحمض يُحَولَ مرة أخرى إلى بيروفيك وهيدروجين ويتأكسد داخل هذه الألياف العضلية.

إن عملية انتقال حمض اللاكتيك لا تمثيل أهمية كبيرة للأداء الجيد إلا عند الأداء بسرعة السباق حيث أن انتقاله من مناطق إنتاجه (العضلات العاملة) يؤخر من معدل النقص في الـ PH في تلك العضلات أثناء السباقات، مما يجعل الفرد الرياضي قادراً على المحافظة على اداء السرعات السريعة لفترات زمنية أطول، وعلى ذلك، فإن المعدل الأسرع من انتقال حمض اللاكتيك يؤدى إلى أن يكون نقص الـPH للعضلات العاملة أبطأ، لذا فإن اى تحسن في هذا المعدل نتيجة التدريب سيكون مفيداً إلى حَدٍّ ما في الأداء الرياضي.

ويعتقد العديد من الخبراء أن زيادة معدل انتقال حمض اللاكتيك من الألياف العضلية العاملة يمكن أن يقلل بدرجة كبيرة من معدل الحمضية في هذه العضلات أثناء التمرين. وهناك العديد من الدراسات قررت أن هناك علاقة دالة بين معدل انتقال حمض اللاكتيك من العضلات العاملة والدم، ومستوى الأداء (**مسونيز وآخرون** ١٩٩٧م ,.MESSONNIES et al)، (**ماك راى وآخرون** ١٩٩٢م MAC RAE, et al.).

أ- عملية التخلص من حمض اللاكتيك: Lactate Removal Process.

يذكر جول ١٩٩٧م GUEL أن انتقال حمض اللاكتيك لخارج العضلات العاملة هو ناتج كلاً من الانتشار السلبى والانتقال النشط له. حيث يعتمد معدل الانتشار على الاختلاف بين تركيز حمض اللاكتيك داخل الليفه العضلية وتركيزه فى الدم أو أجزاء الجسم الأخرى Compartments . فعندما تحدث معدلات عالية من إنتاج حمض اللاكتيك داخل الألياف العضلية، فإن مزيد من هذا الحمض يتجه نحو الخروج منها، ومع ذلك، فهذه العملية تعتمد على معدل اللاكتيك الذى ينتشر من الدم إلى الأنسجة العضلية الأخرى.

وفى السنوات الأخيرة، أشار العلماء إلى أن مقدار اللاكتيك المنقول من العضلات أثناء التمرين الرياضى يبلغ ٥٠٪ - ٧٠٪ (جول ١٩٩٧م) وكما ذكرنا من قبل، فإن بعض من حمض اللاكتيك يمكن نقلة من بروتوبلازم الألياف العضلية إلى ميتوكوندريا نفس الألياف العضلية، حيث يتم تحويله مرة أخرى إلى بيروفيك تتم أكسدته (الانتقال المكوكى لحمض اللاكتيك) (بروكس وآخرون ١٩٩٦م BROOKS, et al)، ويتم ذلك خلال التمرين الرياضى المستمر، إن معظم حمض اللاكتيك الذى يتم نقله بهذه الطريقة يتم إنتاجه فى الألياف العضلية البطيئة. وهناك جزء آخر من هذا الحمض المتبقى ينقل إلى داخل الألياف العضلية المجاورة Adjacent muscle Fibers حيث تتم أكسدته (جول ١٩٩٧م). إن عملية النقل لحمض اللاكتيك تتم بصفة أساسية بين الألياف العضلية السريعة حيث ينتج معظم حمض اللاكتيك، وداخل الألياف البطيئة حيث يكون عدد وحجم الميتوكندريا كبيراً، حيث تكون عملية الأكسدة أكبر لهذا الحمض (مازو وآخرون ١٩٨٦م MAZZEO, et al.)

أما الجزء المتبقى من حمض اللاكتيك، فإنه يتم نقلة إلى داخل مجرى الدم الذى يحمله إلى الأجزاء الأخرى من الجسم، وعلى الأخص الكبد

والعضلات الأخرى الغير عاملة، حيث يتم أكسدته وتحويله إلى مصدر للطاقة، أو إلى القلب، حيث يتم استخدامه كمصدر للطاقة. (**أهلبورج، هاجنفيلد، وارين** ١٩٧٥م AHLBORG, HAGENFELD & WAHREN)، (**بورتمانز، دليسكايل، فاندين بوشكو، لكلركيو** ١٩٧٨م PORTMAN'S, DELESCAILLE VANDEN BOSSCHO & LECLERCQ)، (**روسلر وآخرون** ١٩٨٥م .ROSLER, et al) والكمية التى لم تنقل سوف تتبقى فى الألياف العضلية حيث تسبب نقص فى توازنها الحمضى القلوى (PH).

لاشك أن عملية التخلص من حمض اللاكتيك من الألياف العضلية العاملة تساهم فى تأخير معدل ومقدار النقص فى PH العضلات، مما يجعل الفرد الرياضى قادراً على المحافظة على معدل التمثيل اللاهوائى السريع للطاقة بالرغم من زيادة كمية حمض اللاكتيك المنتجة، وبالتالى يستطيع الفرد أن يحافظ على المعدلات العالية للانقباض العضلى، أى أداء ضربات أسرع لطرق السباحة المختلفة، وبالتالى يستطيع أداء سرعات سباحة سريعة لفترة زمنية أطول قبل تكوين الأحماض الشديدة التى تجعل العضلات تنقبض بشكل أبطأ.

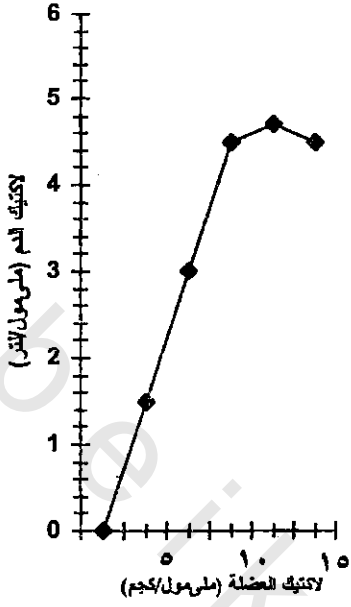
خلاصة القول، أن ما بين ٦٠٪- ٧٠٪ من حمض اللاكتيك الذى يتم نقله يتم تمثيله إلى ثانى أكسيد الكربون وماء فى العضلات العاملة والألياف الأخرى بالجسم. والجزء المتبقى منه يذهب إلى الكبد والقلب، حيث يتم تحويله مرة أخرى إلى جليكوجين يتم تخزينه . ومعظم عملية التحويل والتخزين تم فى الكبد.

إن التدريب الرياضى يؤدى إلى زيادة معدل حمض اللاكتيك المنتقل من العضلات العاملة، مما يؤثر إيجابياً على مستوى الأداء، ويبدو ذلك بوضوح فى سباقات المسافات المتوسطة والمسافة لان مقدار حمض اللاكتيك الذى يتم نقلة (التخلص منه) يكون كبيراً. كما قد يكون ذلك واضحاً من السباقات الأقصر، حيث أن السباقات التى تستغرق أقل من دقيقتين تتطلب معدلات عالية

من الطاقة لأدائها، حيث يكون معدل التمثيل اللاهوائى هو السائد، مما يجعل مقدار أكبر من حمض اللاكتيك يُنْتَج فى العضلات. وتشير نتائج الأبحاث إلى أن مستويات حمض اللاكتيك بعد سباحة سباقات الـ ٥٠م، ١٠٠م تصل إلى ٨-١٨ ملى مول / لتر (**ماجلشو، أنبابلشيد** ١٩٨٤م MAGLISCHO & UNPUBLISHED)، وتشير الدلائل إلى أن مقدار حمض اللاكتيك الذى يتم نقلة من العضلات العاملة خلال الدقائق الأولى من التمرين الرياضى يكون كبيراً.

ويشير العلماء إلى أن حمض اللاكتيك المُنْتَج أثناء أداء سباحة سريعة جداً يبقى معظمة فى الألياف العضلية العاملة، وأن معدلات إنتاجه تكون سريعة جداً، وكذلك معدلات انتقاله. وقرر الخبراء أن المعدل الأقصى لإنتاج اللاكتيك داخل الألياف العضلية يكون أكبر من معدل انتقاله منها بـ ٢-٣ ضعف (**بانجسبو وآخرون** ١٩٩٠م)، (**جول وآخرون** ١٩٩٠م)، (**هولتمان سجوهولم** ١٩٨٦م HALTMAN & SJOHOLM)، (**هولتمان، سالين** ١٩٨١م). لذا، فإن عملية انتقال حمض اللاكتيك من العضلات أثناء التمرين الرياضى يؤدى إلى تأخير بداية عملية الحمضية، ومثال لذلك، فقد بلغ محتوى العضلة من حمض اللاكتيك بعد ٣٠ ثانية فقط من الأداء بسرعات عالية على الدراجة الأرجومترية من ٢٨-٣٥ ملى مول / لتر. (**هولتمان، سجوهولم** ١٩٨٦م)، بينما يكون فى نفس الفترة الزمنية حمض اللاكتيك بالدم من ٨ -١٢ ملى مول/ لتر فقط. وفى نفس الوقت يكون تركيز حمض اللاكتيك بالعضلة ما بين ٤٥-٥٠ ملى مول/ لتر لدى الإنسان عند نقطة الإجهاد Exhaustion بعد أداء مجهود شديد (**جول** ١٩٩٧م)، كما بلغت أقصى مستويات لحمض اللاكتيك بالدم ١٥-٢٠ ملى مول تحت نفس الظروف.

والشكل التالى يبين العلاقة بين تركيزات اللاكتات بين العضلة والدم بعد ٣ دقائق من المجهود الأقصى.



شكل (٩) تركيزات حمض اللاكتيك بالدم والعضلات بعد ٣ ق من التمرين حتى الإنهاك.

إن تأثير عملية انتقال حمض اللاكتيك أثناء التمرين الرياضي على الأداء يتطلب الإجابة عن السؤالين التاليين.

١- ما هو أقصى معدل لانتقال اللاكتيك من العضلات؟

٢- ما هو مقدار (حجم) التدريب الذى يمكن أن يحقق زيادة عملية الانتقال لهذا الحمض.

١- المعدل الأقصى التخلص من اللاكتيك:

Maximum Rate of lactate Removal:

إختلف العلماء فى الرأى حول الإجابة عن السؤال عن المعدل الأقصى لانتقال حمض اللاكتيك، حيث أشارت نتائج العديد من الدراسات إن هذا المعدل الخارج من الألياف العضلية العاملة إلى مجرى الدم يبلغ من ٤-٩ ملى مول / دقيقة وذلك أثناء التمرين الرياضى (**جول وآخرون** ١٩٩٠م)، (**كاتز وآخرون** ١٩٨٦م Katz, et al.)، (**ليندنجر، مك كلفى، هيجنهوسر** ١٩٩٥م LINDINGER, MCKELVIE & HEIGENHAUSER)، (**جورفيلدت، جونلين دانفيلت، كارلسون** ١٩٧٨م FELDT, JUNLIN DANNFELL & KARLSSON). فى حين قرر سالتين ١٩٩٠م Saltin فى دراسته أن أعلى مقدار وصل إليه أفراد عينة الدراسة من حمض اللاكتيك المنتقل من العضلات قد بلغ ٢٠ ملى مول/ دقيقة. وفى دراسة أخرى أجراها **بانجسبو وآخرون** ١٩٩٠م بلغت هذه المقادير من ١٢-١٦ ملى مول / دقيقة.

وعموماً، فإن معدلات التخلص من حمض اللاكتيك التى تصل إلى ١٠ – ٢٠ ملى مول/ لتر يكون لها تأثير واضح فى تقليل تراكم حمض اللاكتيك بالعضلات العاملة أثناء التمرين. ويشير العلماء أن الوصول بمعدلات التخلص من حمض اللاكتيك إلى قمتها تكون بعد بداية التمرين بـ ١-٢ دقيقة تقريباً، ولذا، فإن عملية انتقال حمض اللاكتيك من العضلات تساعد فى تأخير ظهور الأحماض خلال أداء السرعات الطويلة، وسباقات المسافات المتوسطة والمسافة، وكذلك أثناء التدريب بالمجموعات التكرارية. والسؤال هنا ..."ما هو التدريب الذى يمكن أن يحسن من معدل انتقال حمض اللاكتيك من العضلات العاملة إلى الدم بدرجة كبيرة، ويُحدث تحسناً دالاً فى المستويات الرقمية للسباحين فى السباقات المختلفة"، هناك القليل فقط من الدراسات التى اختبرت تأثير التدريب على انتقال اللاكتيك أثناء التمرين الرياضى، وأن هذه الدراسات طبقت على الحيوانات بدلاً من الإنسان، وقد قررت نتائج معظمها وجود تحسناً كبيراً من هذه العملية (**دونوفان، بروكس** ١٩٨٣م DONOVAN & BROOKS) (**دونوفان، باجليا سوتى** ١٩٩٠م DONOVAN & PAGLIASSOTTI)، (**فوكوبا وآخرون** ١٩٩٩م FUKUBA, et al)، (**ماك راى وآخرون** ١٩٩٢م. MAC RAE, et al)، (**ماك راى ، نواكس، دينيس** ١٩٩٥ MAC RAE, NOAKES & DENNIS)، (**أويونو – انجويل، فروند** ١٩٩٢م OYONO ENGUELLE & FREUND)

٢- تأثير التدريب على تحسن التخلص من حمض اللاكتيك .

حتى وقتنا الحاضر، فإن القليل فقط من الدراسات التى ارتبطت بالأداء على الإنسان، ففى إحدى هذه الدراسات أدى الأفراد المتدربون من لاعبى الدراجات التمرين لمدة ١٠ أيام فقط ولمدة ساعتين يوميا، وبمجهود ما بين الخفيف والمتوسط،وقد أشارت النتائج، على الرغم من انخفاض شدة التدريب إلى تحسن معدل انتقال حمض اللاكتيك فى حدود ٤٠٪، وفى دراسة أخرى، فقد تدرب أفراد عينة الدراسة من لاعبى الدراجات لمدة ٤٥ دقيقة على الأقل فى

اليوم ولمدة ٥ أيام أسبوعياً، عند شدة قرب مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية الفردية لكل فرد من أفراد العينة، وأشارت النتائج إلى تحسن معدل التخلص من حمض اللاكتيك فى حدود ٢٦٪ (**ماك راى وآخرون** ١٩٩٢م). وهذه النسبة تعادل النسبة المئوية من التحسن فى مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بعد التدريب.

ويرى العلماء أن معدل انتقال اللاكتيك يرتبط بدرجة كبيرة بقدرة الفرد على التدريب، فقد أشارت دراسة مقارنة بين الأفراد الرياضيون وغير الرياضيون إلى وجود اختلاف فى معدل التخلص من حمض اللاكتيك من العضلات، بمعنى آخر، فإن الأفراد الرياضيون يملكون معدل التخلص من حمض للاكتيك أعلى كثيراً بالمقارنة بغير الرياضيون.

فاستخدام التدريب فى السباحة لتحسين معدلات التخلص من حمض اللاكتيك يتطلب مزيج **Mixture** من سباحة مسافات بشدات ما بين المنخفضة والمعتدلة والعالية. فتدريب التحمل ما بين البطيئ والمعتدل قد يؤدى إلى تحسين هذا المعدل فى الألياف العضلية البطيئة والألياف السريعة "أ" **FTa**، فى حين أن سرعة التدريب التى تعادل الـ ١٠٠٪ من الـ Vo_2max وكذلك السرعات الأعلى هى التى تحقق التحسن فى معدل انتقال حمض اللاكتيك فى الألياف العضلية "ب" FT_b.

ووفقاً لذلك، فإنه يمكننا القول أن التدريب يحسن من معدل التخلص من حمض اللاكتيك فى الأنواع المختلفة من الألياف العضلية، وهذا يعادل التدريب الذى يحسن من معدل استهلاك الأكسجين فى نفس الألياف العضلية، وفى دراسة أجراها **تريفين وزملائه** ١٩٨٠م & TREFFENE COWORKERS باستخدام التدريب عند سرعات أعلى من مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية. وأشارت نتائجها إلى أن المعدل الأقصى من التخلص من حمض اللاكتيك من العضلات إلى الدم وعند السرعات الأسرع من سرعة العتبة الفارقة بلغت نسبته من ٦-١٤٪.

وأشارت دراسة **بانجسبو وزملائه** ١٩٩٠م إلى أن المعدلات الأعلى من انتقال اللاكتيك حدثت عندما كان تركيز اللاكتيك ما بين ٦-١٢ ملى مول/ لتر. بمتوسط قدرة ٨ ملى مول /لتر.

وتشير الأبحاث أيضاً أن سباحة تكرارات تحمل عند شدة مرتفعة يحقق تحسناً أكبر فى معدل انتقال اللاكتيك، كما أن الدلائل توضح أن انتقال اللاكتيك يجعله أقل تأثيراً على نقص PH العضلة (**روث، بروكس** ١٩٩٠م ROTH & BROOKS). ووفقاً لذلك، فإنه يجب على السباحين أن يحاولوا تأخير عملية الحمضية أثناء الأداء للمجموعات التكرارية إما بتقليل أزمنتهم أو أن تكون التكرارات بمجموعات أقصر بحيث تنتهى هذه المجموعات التكرارية قبل أن تحدث عملية الحمضية،كما يجب أن تختصر الراحة البينية بين المجموعات حتى نحافظ على الـ PH قرب المستوى الطبيعى قبل أن نبدأ المجموعة التالية.

ثالثاً: تحسين قدرة المنظمات الكيميائية:

Improving Buffering Capacity.

إن مستويات حمض اللاكتيك بالعضلة يمكن أن تزيد لتصل ٤-٥ أضعاف مستويات الراحة، وذلك قبل أن يحدث انخفاض PH العضلة. وهذا يحدث نتيجة أن المنظمات التى تتحد مع أيونات الهيدروجين يضعف تأثيرها على PH العضلة. والمواد التى يمكن أن تخزن كمنظمات تشمل البيكربونات Bicarbonates والتى تعرف جملة بالمخزون القلوى أو الأحتياطى القلوى Alkaline Reserve، وكذلك بروتينات العضلة والفوسفوكرياتين.

وهناك حالتان Statements يُظهِرَ اهمية المنظمات الكيميائية للتمرين الرياضى هما.

١- أن المنظمات الكيميائية يكون لها دور فعال مع حمض اللاكتيك فى تأخير معدل الحمضية الوشيك الحدوث عند بداية التمرين مباشرة.

٢- إن تراكم حمض اللاكتيك فى العضلات بعد سباق الـ ١٠٠م يُحدث انخفاض فى الـ PH ليصل إلى ٦.٥، على الرغم من أن المقادير النموذجية

تنحصر ما بين ٦.٦ – ٦.٨ إذا لم تظهر المنظمات (**باركهاوس وآخرون** ١٩٨٣م PARKHOUSE, et al.) وتتواجد المنظمات فى كل من الدم وخلايا العضلة فى ثلاث أشكال رئيسة هى.

- بيكربونات Bicarbonates
- فوسفات Phosphates
- بروتينات Proteins

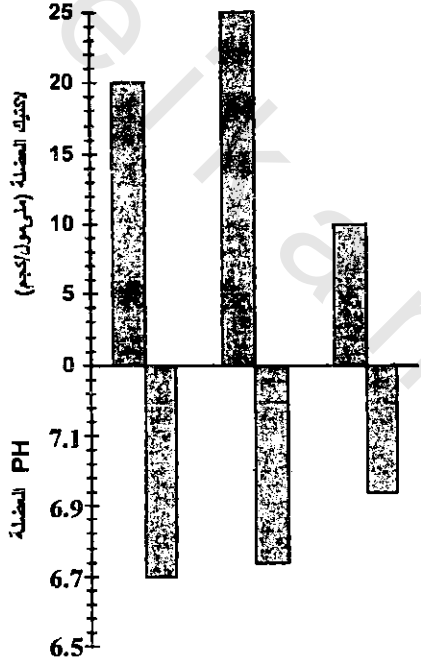
فبيكربونات الصوديوم Sodium Bicarbonates ، وبروتين الهيموجلوبين Hemoglobin Protein غالباً ما توجد فى الدم. وتحتوى العضلات على بيكربونات البوتاسيوم والماغنسيوم بكميات كبيرة. والفوسفات يوجد داخل الألياف العضلية فى شكل فوسفات الصوديوم. وتُعَد البروتينات المختلفة المتواجدة داخل الألياف العضلية هى المصدر الوافر للمنظمات إلى حّد بعيد.

وكما ذكرنا من قبل، فإن بيكرونات الصوديوم والهيموجلوبين هما المنظمان الرئيسيان للدم. وتظهر أهمية منظمات الدم فى أنها تؤخر الانخفاض فى PH الدم أثناء التمرين الرياضى، مما يعطى الفرصة لمزيد من حمض اللاكتيك للانتقال من الألياف العضلية العاملة حيث الـ PH الأقل، وإلى الدم حيث الـ PH الأعلى.

وقد يؤدى الفوسفوكرياتين أيضاً وظيفة المنظم، حيث يساعد أيضاً فى تحقيق التوازن الحمضى القلوى داخل العضلة (**هنريكسون** ١٩٩٢م HENRIKSSON)، وتشير هذه الحقيقة إلى احتمالية أن حمل الكرياتين Creatine Loading قد حسن من قدرة المنظمات داخل الألياف العضلية للإنسان.

وغالباً ما يكون رد فعل منظومة المنظمات مباشراً عندما يبدأ التمرين الرياضى، مما يمنع انخفاض PH العضلة، ووفقاً لذلك، فإن هذه العملية تعتبر

هامة وضرورية للنجاح فى سباقات الـ ١٠٠م، ٢٠٠م. وقد تلعب أيضاً دوراً محدوداً فى محافظة السباح على سرعته القصوى خلال الـ ١٠- ١٢م الأخيرة فى سباقات الـ ٥٠م، حيث أن هذا النوع من السباقات يتطلب أن تكون السرعة سريعة جداً لفترة قصيرة جداً، فما يجعل معظم الطاقة المنفقة خلالها ناتجة من عملية التمثيل اللاهوائى، وعلى الأخص فى سباقات الـ ٥٠م،١٠٠م. ومع ذلك، فمن المحتمل أن تلعب المنظمات الكيميائية الدور الرئيسى فى تأخير زيادة تركيز اللاكتيك المنتقل من العضلات.



شكل (١٠) يبين تأثير تدريب السرعة على قدرة المنظمات في الألياف العضلية الهيكلية لدى الإنسان

واعتقد العلماء، لفترة طويلة، أن التدريب الرياضى لا يحسن من قدرة المنظمات. ولكن الدراسة التى أجرها **شارب وزملائه** عام ١٩٨٦م SHARP and Associates وهى الدراسة الأولى، أثبتت أن ذلك ممكن، حيث أشارت الدراسة إلى حدوث تحسن فى قدرة المنظمات مع التدريب بلغت ٣٧٪ بمدى من (١٢٪ - ٥٠٪) لدى عينة الدراسة الذين تدربوا تدريباً لا هوائياً . وهذا التحسن يتوافق مع مقدار الزيادة الذى بلغ ٢٢٪ فى أدائهم لاختبار التبديل السريع حتى الإنهاك على الدراجة الأرجومترية بعد الخضوع لبرنامج تدريبى لمدة ٨ أسابيع و لـ ٤ أيام أسبوعياً، وكل جرعة تدريبيه تشمل على أداء (٨× ٣٠ث) على الدرجة الأرجومترية. كما أظهرت الدراسة ارتباط التحسن فى المنظمات بعد التمرين بمستوى حمض اللاكتيك فى العضلات العاملة والذى

زاد بمعدل ١٩٪ مما أدى إلى انخفاض PH العضلات لأقل من ٦,٧٠، والشكل الموضح رقم (١٠) يوضح التغيرات فى تراكم حمض اللاكتيك فى عضلات أفراد العينة وتأثير ذلك على PH العضلات فى حالتى قبل التدريب وبعده.

وعلى الرغم من أن معظم الدراسات أشارت إلى عدم وجود تغير بعد التدريب. إلا أن الأشكال التقليدية من تدريب التحمل والتى استخدامها شارب وآخرون ١٩٨٣م فى دراستهم أشارت إلى حدوث تحسن فى قدرة المنظمات مع هذه الأشكال من التدريب. ولكن لم يشر هذا البحث إن كان تدريب السرعة يمكن أيضاً أن يحدث زيادة فى قدرة منظمات الدم.

وقد حاول بعض الرياضيون زيادة قدرة المنظمات بدمائهم عن طريق تناول البيكربونات قبل سباقات السرعة الطويلة، وعرف هذا الإجراء بشحنة الصودا أو حمل الصودا Soda Loading وقررت نتائج هذه الدراسات وجود تحسناً فى الأداء (**جول** ١٩٩٧م JUEL، **ويليامز** ١٩٩٨م WILLIAMS).

أن التدريب الذى يؤدى إلى نقص مستوى PH العضلة قد يؤدى إلى زيادة قدرة المنظمات فى العضلات لان الأحماض قد تكون هى المثير الذى يُحدّث ذلك. ومن خلال هذا المفهوم، قام **مك كنيزى** وزملائه ١٩٨٣م MC-KENZIE بدراسة على عداءى الـ ٨٠٠م أظهرت زيادة كبيرة فى قدرة المنظمات لديهم بالمقارنة بعداءى الماراثون ومجموعة الأفراد الغير مدربين. ومن جهة أخرى، فإن قدرة المنظمات لعداءى الماراثون لم تختلف عن تلك التى حققها الأفراد الغير مدربين. وعلى عكس Contrary هذه النتائج، فإن شارب مع فريق من الباحثون (١٩٨٦م) قرروا أن قدرة لاعبى الدراجات للمسافات الطويلة (التحمل) تراكم فى عضلاتهم مستويات عالية من حمض اللاكتيك، ولكن كان هذا التراكم أقل فعلياً بالمقارنة بالأفراد الغير مدربين. والشكل السابق يبين متوسط تركيز حمض اللاكتيك بالعضلة لدى لاعبى الدراجات (التحمل)، المدربون بعد أداء التبديل السريع على الدراجة الأرجومترية حتى الإنهاك.

وتوحى مثل هذه النتائج إلى أن تدريب التحمل سوف لا يحسن من قدرة المنظمات بل قد يقللها، فى حين أن تدريب السرعة يمكن أن يُزّيد من قدرتها إلى حّد بعيد. لذلك، فالاهتمام يجب أن يكون لتدريب السرعة، لأن إنتاج أحماض شديدة كثيراً كل أسبوع قد يهدم Destroy منظمات البروتين بدلاً من زيادتها.

رابعاً : تنمية تحمل الألم. Improving Pain Tolerance.

بجانب تأثير حمض اللاكتيك على تقليل معدل استعادة تكوين الـ ATP، فإن الأحماض الشديدة Severe acidosis تسبب أيضاً ظهور الألم فى العضلات العاملة. ويؤثر هذا الألم على أداء الرياضيون بوسائل عدة اعتماداً على تحملهم لهذا الألم. فنجد إن بعض الرياضيون يقللون من أدائهم عندما يشعرون بالألم الناتج عن ظهور الأحماض نتيجة ضعف تحملهم لهذا الألم. ولكن معظم الرياضيون – وهذا هو المفروض ممن لديهم دافعيه إنجاز عالية – لديهم طموح عال وإرادة كافية للكفاح فى الأداء على الرغم من وجود هذا الألم.

فالألم الناتج عن الأحماض يؤثر بشكل مباشر على سباقات السباحين وخاصة سباقات المسافات المتوسطة، حيث يركز بعض السباحين على أنهم لن يستطيعوا إنهاء السباق بقوة كافية نتيجة الألم الناتج عن هذه الأحماض، مما يؤدى إلى هبوط أدائهم استجابة لهذا الألم. وقد يخطئ السباحين فى تقدير تأثير هذه الأحماض وبالتالى يكون الهبوط فى الأداء مبالغ فيه.

ونحن لا نعرف لماذا بعض الرياضيون يتحملون الألم الناتج من الأحماض بدرجة أفضل من البعض الأخر (ماجلشو ٢٠٠٣م)، ومما لاشك فيه، أن الألم يرتبط برغبة هؤلاء الرياضيون فى النجاح والإنجاز، وبالتالى، فإنه يرتبط بالدافعية والإذعان للتدريب Amenable to Training، ومن ناحية أخرى، فإن بعض الدلائل تشير إلى أن تحمل الألم هو ظاهرة تدريبية (ظاهرة قابلة للتدريب) Trainable Phenomenon، ويشير هايز، دافيز، لامب ١٩٨٤

HAYS, DAVIS, & LAMB أن الرياضيون قادرون على تنمية تحمل الألم الناتج عن الأحماض. حيث أجروا دراسة على الفئران أكدوا من خلالها على قدرتها على تحمل الألم، حيث تدربوا على سَباحة شديدة أحدثت ألماً، ثم بعد ذلك، ظلوا على لوحة ذات حرارة بلغت ٥٥° لأطول فترة قبل القفز من عليها. أما لدى الإنسان، فإن الأفراد الذين أجريت عليهم الدراسة زادت حدودهم على تحمل الألم الناتج عند الأحماض. وقد يكون ذلك نتيجة أنهم دربوا أنفسهم على تجاهل Ignore الألم أو على الأقل تحمل هذا الألم بشكل أفضل.وقد يكون ذلك أيضاً نتيجة المواظبة Persevere على التدريب عند السرعات التى كانوا من قبل يهبط عندها الأداء.

التكيفات التى تحسن القدرة على التدريب.

Adaptations that improve the Ability to Train.

لاشك أن تأثيرات التدريب التى تحسن من قدرة الفرد على التدريب لها أهمية كبيرة، لأنها تجعل الفرد الرياضى يتدرب عند شدة أعلى للعديد من الأيام على مدا الموسم التدريبى. وهذه القدرة فى المقابل، تُحّدث استثارة أكبر لإنتاج تكيفات التدريب والتى تلعب دوراً فى تحسن قدرة الفرد على تأخير ظهور الأحماض أثناء السباقات. وهناك تأثيرين رئيسيين للتدريب يُحَسّنا من قدرة الفرد الرياضى على التدريب، هما الزيادة فى مخزون العضلة من الجليكوجين، وزيادة معدل تمثيل الدهون، وسوف نتناولهما بالتفصيل فيما يلى:

١- زيادة مخزون العضلة من الجليكوجين:

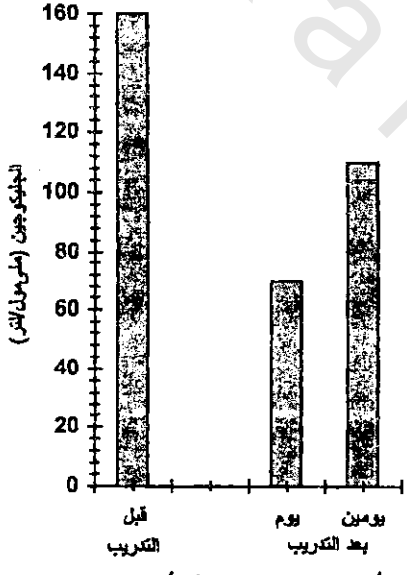
Increased Muscle Glycogen Storage

يعتبر جليكوجين العضلة هو المصدر الرئيس للوقود فى جميع سباقات السباحة الأطوال من الـ٢٥م. ومع الراحة القصيرة، والتغذية الجيدة، فإنه عادة ما يخزن الجليكوجين الكافى فى عضلات الرياضيون حتى يمكنها المّد بالطاقة التى تحتاجها العضلات فى أى سباق حتى الـ ١٥٠٠م حرة. ولكن

التدريب شيء مختلف، حيث أن ساعة من التدريب يمكن أن تقلل من مستويات جليكوجين العضلة إلى حدٍّ بعيد.

وتحتوى عضلات رياضى التحمل المدربين جيداً على ١٢٠ – ١٦٠ جرام من الجليكوجين المخزون لكل كيلو جرام من النسيج العضلى الرخو Wet Muscle Tissue وتشير التقديرات إلى أن الجليكوجين الكافى هو الذى يسمح للفرد الرياضى على السباحة عند سرعة ذات شدة لمدة ١,٥ ساعة تقريباً. ومع ذلك، فأثناء التدريب، فإن الدهون ومقدار قليل من البروتين يتم تمثيلهما للحصول على الطاقة، مما يؤدى إلى عدم نضوب الجليكوجين خلال هذه الفترة الزمنية. ويشير العلماء إلى أن الفرد الرياضى يمكن أن يفقد أكثر من ثلث جليكوجين العضلات العاملة خلال فترة تدريبية كاملة مدتها ساعتين.

والشكل التالى يوضح نتائج دراسة عن محتوى العضلات الدالية Deltoid Muscles من الجليكوجين لدى السباحين والتى قيست قبل وبعد أداء مجموعة تكرارية من ٤٠ × ١٠٠م مع ١٥ ثانية راحة فترية بين التكرارات على أن تؤدى هذه التكرارات بسرعة عالية. ويبين الشكل أيضاً أن الجليكوجين بالعضلات قَلّ من المدى العالى من ١٦٠ ملى مول / كيلو جرام من النسيج العضلى الرخو قبل بدء أداء المجموعة التكرارية إلى أقل من ٨٠ ملى مول / كيلو جرام بعد نهاية المجموعة. كما قيست أيضاً مستويات الجليكوجين بعد ٢٤ ساعة من فترة التدريب.



شكل (١١) يبين نضوب الجليكوجين من العضلات الدالية للسباحين أثناء سباحة مجموعة تكرارية عالية الشدة (تحمل).

وكما هو موضح بالشكل، فإن السباحين قد استعادوا حوالى نصف جليكوجين العضلة المفقود بعد فترة راحة لمدة يوم واحد فقط.

إن انتظام السباحون فى التدريب يوماً بعد يوم من المحتمل أن يؤدى إلى إنخفاض مستويات جليكوجين العضلات العاملة. وبالتالى سيكون نضوب الجيلكوجين من هذه العضلات أكبر، وبالطبع، فإذا كان التدريب مستمراً لفترة أطول، مثل مرتين فى اليوم، فإن السباحين يحتاجون للراحة فى حدود ١٣ ساعة بين فترات التدريب. لذا فمن المحتمل أن يكون انخفاض مستوى جليكوجين العضلة لديهم أكبر بالمقارنة بالسباحين الذين يتدربون مرة واحدة يومياً.

ويمكنا أن نؤكد أن تدريب التحمل يزيد من مقدار الجليكوجين الذى يمكن تخزينه فى العضلات المشاركة فى السباحة، وقد أشارت الدراسات فى هذا الصدد أن مقدار الزيادة بلغ ٤٠٪ - ٦٠٪ (**مكاردل ، كاتش، كاتش** ١٩٩٦م) وفى الواقع، فإن هذه الزيادة قد تكون أكثر، حيث أن الرياضيون الذين يتدربون ساعتين أو أكثر يوماً، من المحتمل أن ينضب جليكوجين العضلة لديهم بصورة أسرع مما يستطيعون استعادته يوماً بعد يوم. ومع ذلك، فإن المقدار الحقيقى من الجليكوجين المخزون فى العضلات قد يكون أقل من المستوى الأقصى الذى يمكن للعضلات الاحتفاظ به، ووفقاً لذلك، فإنه من المحتمل أن يحقق **Realize** السباحون الزيادة الكاملة المحتملة فى جليكوجين العضلة عندما يحصلون على الراحة لبعض الأيام أو يؤدون السباحة السهلة (الطويلة) لعدة أيام وفى هذه الحالة، فإنهم سوف يستفيدون من تأثير التعويض الزائد **Super Compensation** لمقدار الجليكوجين المخزون فى عضلاتهم بما يتخطى المقادير الطبيعية للعضلات الغير مدربة والتى أشرنا إليها وهى ما بين ٤٠٪ - ٦٠٪. ومع ذلك، فإنه حتى مع الراحة، فإن الرياضيون سوف لا يحققون أى زيادة فى مخزون جليكوجين العضلة إلا إذا تناولوا أغذية عالية الكربوهيدرات (٦٠٪ على الأقل من السعرات الحرارية التى يستهلكها السباح يومياً).

كما يلعب التدريب دوراً فاعلاً فى جعل الرياضيون يقللون من استخدام معدلات كبيرة من الجليكوجين. حيث يشير **هنريسكون** ١٩٩٧م HENRIKSSON، **مك أردل، كاتش، كاتش** (١٩٩٦م) إلى أنه بعد أداء تدريب التحمل لعدة أسابيع أصبح الرياضيون يستخدمون مقادير أكبر من جلوكوز الدم والدهون لاستعادة دورة الـ ATP. فهذا التكيف الذى حدث يقلل من جليكوجين العضلة المستهلك أثناء أداء التدريب، وبالتالى سيتوفر المزيد من الجليكوجين فى العضلة لاستخدمه فى الفترات التدريبية اللاحقة، ويؤدى ذلك إلى زيادة قدرة الأفراد الرياضيون على التدريب بمزيد من الشدة يوم بعد آخر.

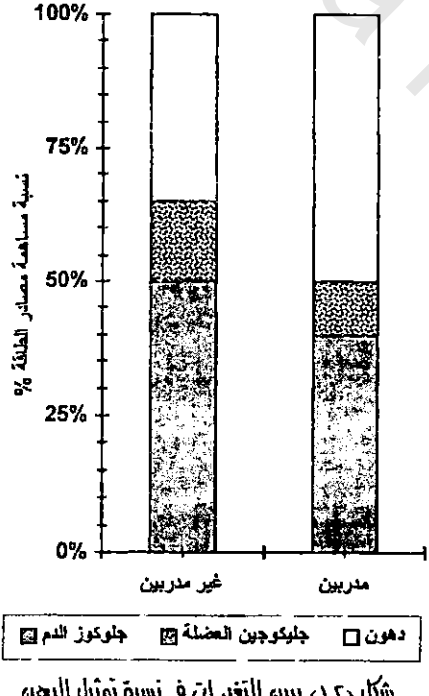
وليس هناك طرق خاصة من التدريب يمكنا أن نقول أنها تحقق الزيادة فى مقادير الجليكوجين الذى يمكن تخزينه فى العضلات. ولكن يمكن أن نشير إلى أن البرنامج التدريبى المختلط والذى يشمل على أحمال التدريب المختلفة من تحمل وسرعة هو الذى يساعد على استخدام المزيد من جليكوجين العضلة يومياً، ويعطى استثارة كافية لزيادة الكمية المخزونة منه، وهذا لا شك لا يحدث سوى فى العضلات التى خضعت للتدريب.ونضيف أن هناك أنشطة أخرى غير السباحة قد تكون غير فعاله إذا أهمَلتَ Neglect استخدام العضلات الضرورية التى يستخدمها السباحون فى الأداء. لذا، قد لا تتحسن قدرة هذه العضلات على تخزين الجليكوجين نتيجة عدم استخدامها فى تدريب السباحة.

٢ـ زيادة تمثيل الدهون: Increased fat Metabolism.

من المعروف لدينا أن الطاقة المحررة من تمثيل الدهون تكون بطيئة جداً لتحقيق متطلبات الفرد الرياضى من مركب الـ ATP أثناء سباقات السباحة الطويلة (التحمل)، على الرغم من أن تمثيل الدهون يعطى مقادير كبيرة من الطاقة لإعادة تكوين الـ ATP أثناء التدريب الذى يستمر لساعات طويلة، ونتيجة ذلك، يقل استخدام جليكوجين العضلة. ووفقاً لذلك، فإن

تمثيل الدهون يوفر Spares جليكوجين العضلة لاستخدامه اثناء أداء المجموعات التكرارية ذات الشدة، مما يُمكّن السباحون على أدائها بالسرعة العالية المطلوبة. وهذا بالإضافة إلى أن الزيادة فى تمثيل الدهون يقلل من الجليكوجين المستهلك أثناء أداء المجهود، مما يوفر المزيد منه لاستخدامه فى الفترات التدريبية اللاحقة والتى تشمل على تدريبات بشدة عالية.

ومن فوائد تدريب التحمل أنه يزيد من الطاقة المتوفرة من الدهون عند أداء أى سرعة سباحة أقل من الأقصى (**جوكندروب، ساريز، واجنماكرز** ١٩٩٨م JEUKENDRUP, SARIS & WAGENMAKERS). فتدريب التحمل يُحدث ذلك عن طريق زيادة مقدار الدهون المخزونة فى العضلات، وكذلك عن طريق زيادة ميتوكوندريا العضلة لدرجة أن مزيد من الأحماض الدهنية يمكن أكسدتها (**هولوسوزى وآخرون** ١٩٨٦م). فقبل التدريب، فإن النسبة المئوية من الطاقة الإجمالية المحررة من الدهون أثناء فترة التدريب لمدة ساعتين بلغت ما بين ٣٥٪ - ٤٠٪، فالتدريب يمكن أن يزيد هذه النسبة إلى ٥٠٪ أو ٦٠٪ (**هولوسوزى وآخرون** ١٩٨٦م).



شكل (١٢) يبين التغيرات في نسبة تمثيل الدهن وجلوكوز الدم وجليكوجين العضلة أثناء مجهود تحمل معتدل بعد التدريب.

فالتدريب يزيد من الدهون المستخدمة لدى الذكور بدرجة تفوق تلك التى تحدث لدى الإناث (**نكلز** ١٩٩٧م NICKLAS). وعموماً، فإن الإناث لديهم نسبة مئوية اكبر من وزن الجسم دهون بالمقارنة بالذكور، وعلى ذلك، فإن الإناث سيكون لديهن نتيجة ذلك المزيد من الدهون للحصول على الطاقة بالمقارنة بالذكور، ولكن قدرتهم على

تحسين هذه الوظيفة خلال التدريب أقل. والشكل رقم (١٢) يوضح التغيرات فى النسبة المئوية للطاقة الناتجة من الدهون وجلوكوز الدم وجليكوجين العضلة أثناء فترات من التدريب معتدل الشدة. فنجد أن مساهمة الدهون تزيد إلى حد بعيد، وفى المقابل تقل كمية جليكوجين العضلة وجلوكوز الدم التى تم تمثيلها للحصول على الطاقة.

إن أفضل تدريب يؤدى إلى تنمية عملية تمثيل الدهون هو سباحة مسافات طويلة بطيئة، فهذا النوع من التدريب يعطى أفضل تنبية لزيادة معدل الدهون المستهلكة، لأن الدهون هى المصدر الرئيسى للطاقة عند سرعات السباحة ما بين البطيئة والمعتدلة.

ففى دراسة أجرها **إيسل وآخرون** ١٩٩٧م .EISELE, et al أشارت نتائجها إلى أن المعدل الأكبر لتمثيل الدهون حدث عند المجهود الأقل من ٥٠٪ من حدة الأقصى وعند معدلات نبض القلب ما بين ١٣٠-١٥٠ن/ق، ولمزيد من التحديد عند مستوى ٧٠٪ من المعدل الأقصى لنبض القلب لكل فرد رياضى على حدة.

كما أن التكيف الأساسى الناتج عن زيادة معدل الطاقة المحررة من تمثيل الدهون هو زيادة نشاط الأنزيمات الخاصة بتمثيل الدهون. وهذا التكيف يكون بالألياف العضلية المستخدمة فى التدريب. وعلى الرغم من ذلك، فإن السباحة داخل الماء هى أفضل طريقة لتحقيق ذلك.

تأثيرات التدريب التى تحسن الأداء:

Training Effects that can improve Performance

فيما يلى يمكنا أن نقدم ملخصاً لتأثيرات التدريب التى تساهم فى تحسين الأداء فى السباقات وكذلك فى التدريب.

١) التأثيرات التكنيكية Technique Effects .

تحسن فى ميكانيكية أداء طرق السباحة يقلل من الطاقة المطلوبة للسباحة عند أى سرعة أقل من السرعة القصوى.

٣) تأثيرات التمثيل اللاهوائي Anaerobic metabolism Effects.

تتمثل هذه التأثيرات فى زيادة معدلات إعادة تكوين الـ ATP والتى تسمى بالجلكزة اللاهوائية، حيث تزيد القدرة على أداء أقصى سرعة بعد الـ ٥ ثوان الأولى من السباق. وهذا التأثير ناتج عن زيادة نشاط الأنزيمات اللاهوائية، مثل انزيمات النوسفوريليز، والفوسفوفر كتوكينيز ، والبروفيك كينيز (Phosphorylase, Phosphofructokinse, Pyruvatekinase) وأخيرا انزيم لاكتيك دى هيدروكينيز (lactate dehydrogenase).

٣) تأثيرات القدرة Power Effects.

إن زيادة قدرة أداء طرق السباحة المختلفة عند أقصى سرعة يمكن أن تتحقق من خلال العوامل الآتية:

١- زيادة القوة العضلية وسرعة انقباض العضلات.

٢- زيادة مخزون العضلة من الـ CP.

٣- التحسن فى الوحدات العضلية المجندة يؤدى بالضرورة إلى أن يكون الانقباض العضلى للألياف صحيحا ويكون فى التوقيت المناسب.

٤) تأثيرات التمثيل الهوائي Aerobic Metabolism Effects.

تتمثل هذه التأثيرات فى نقص معدل وشدة الأحماض المتكونة أثناء السباقات. وينتج ذلك نتيجة عاملين هما.

- نقص معدل أنتاج حمض اللاكتيك فى العضلات.
- زيادة معدل انتقال حمض اللاكتيك من هذه العضلات.

أ) هناك العديد من تكنيقات التدريب تحدث نقصا في معدل إنتاج حمض اللاكتيك وهي:

١- زيادة انتشار الأكسجين من الرئتين والناتج عن تحسين حجم الهواء الذى يتم تبادله كل دقيقة، والزيادة فى الشعيرات الدموية الموجودة حول الحجيرات الهوائية.

٢- الزيادة فى حجم الدم بما يسمح للدم بأن يأخذ دورته خلال الجسم بشكل أسرع.

٣- الزيادة فى خلايا الدم الحمراء بدرجة تجعل الدم يحمل المزيد من الأكسجين.

٤- الزيادة فى الشعيرات الدموية المحيطة بالعضلات مما يزيد من انتشار الأكسجين.

٥- تغير فى تحول الدم Blood shunting لدرجة أن المزيد من الدم وما يحمله من أكسجين يصل إلى العضلات العاملة خلال كل دقيقة من التمرين.

٦- الزيادة فى الدفع القلبى لدرجة أن الدم يسرع من دورته من الرئتين إلى العضلات.

٧- الزيادة فى الميوجلوبين لدرجة أن المزيد من الأكسجين يمكن انتقاله إلى ميتوكوندريا العضلات كل دقيقة.

٨- الزيادة فى معدل الجلوكوز- الألنين المدفوع لدرجة أن حمض اللاكتيك يمكن نقله قبل إتحاده مع أيونات الهيدروجين لتكوين حمض اللاكتيك.

٩- الزيادة فى نشاط الأنزيمات الهوائية للدرجة التى تؤدى إلى أن التمثيل الهوائى يستمر بمعدل أسرع.

١٠- الزيادة فى حجم وعدد الميتوكوندريا فى العضلات لدرجة أن محيط التمثيل الهوائى يصبح أوسع وأكثر عددا.

ب)) هناك العديد من التكيفات تزيد من معدل انتقال حمض اللاكتيك من الألياف العضلية العاملة نذكر منها ما يلى:

١- زيادة حجم الدم وتحسن عملية الدفع القلبى من الألياف العضلية العاملة فى زمن أقل، بالتالى انتقال المزيد من اللاكتيك من الألياف العضلية العاملة إلى مجرى الدم.

٢- زيادة نشاط حمض اللاكتيك المنقول من الألياف العضلية العاملة.

٣- الزيادة فى الشعيرات الدموية الموجودة حول الألياف العضلية العاملة لدرجة أن مزيد من حمض اللاكتيك يتم تبادله داخل وخارج الدم فى كل دقيقة من التمرين.

٤- التحسن فى الدم المدفوع لدرجة أن المزيد من اللاكتيك ينتقل من الألياف العضلية العاملة فى كل دقيقة من التمرين.

٥) تأثيرات التدريب التي تحسن القدرة على التدريب:

Training Effects That Improve the Ability to Train.

١- الزيادة فى مقدار الجليكوجين المخزون فى الألياف العضلية العاملة لدرجة أن الأفراد الرياضيين يمكنهم التدريب عند شدة أكبر .

٢- الزيادة فى معدل تمثيل الدهون لدرجة أن العضلات تستخدم المزيد منه للحصول على الطاقة والتقليل من استخدام الجليكوجين.

obeikandl.com