الفصل الأول

مصادر الطاقة فى السباحة

obeikandl.com

الفصل الأول

مصادر الطاقة فى السباحة

يتوقف النجاح أو الفشل فى مسابقات السباحة على عدد كبير من العوامل المرتبطة بقابلية العضلات على توليد الطاقة التى يتطلبها الجسم فى أنتاج القوى المحركة فى الماء.

والطاقة ترجع إلى الغذاء الذى نتناوله (كربوهيدرات ، دهون ، وبروتين) وعندما تتحطم هذه الطاقة بواسطة الجسم تنتج هذه النوعيات كمية من الطاقة ذات مستوى منخفض لايكفى للنشاط العضلى العنيف.

وتقوم الخلايا بتحويل هذه الطاقة المنخفضة إلى مركبات ذات طاقة عالية مثل ثلاثى فوسفات الأدينوزين (ATP) والتى تمد العضلات بطاقة سريعة للنشاط العضلى. وعلى ذلك تختزن الطاقة فى صورة ثلاثى فوسفات الأدينوزين على هيئة جزيئات ، وتنطلق الطاقة عندما ينفصل ثلاثى الفوسفات من التركيب (شكل ١).

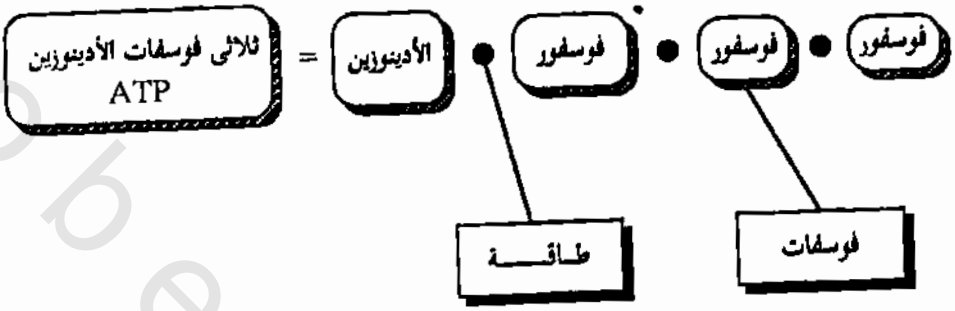
وتملك العضلة أربعة إمكانيات كمصادر لثلاثى فوسفات الأدينوزين هى :

١ – المختزن فى العضلة.

٢ – المتولد من مصادر فوسفاتية أخرى • الفوسفوكيرياتين ATP - PC).

٣ – الناتج من تحطيم سكر العضلة (النظام الجليكوليتى)

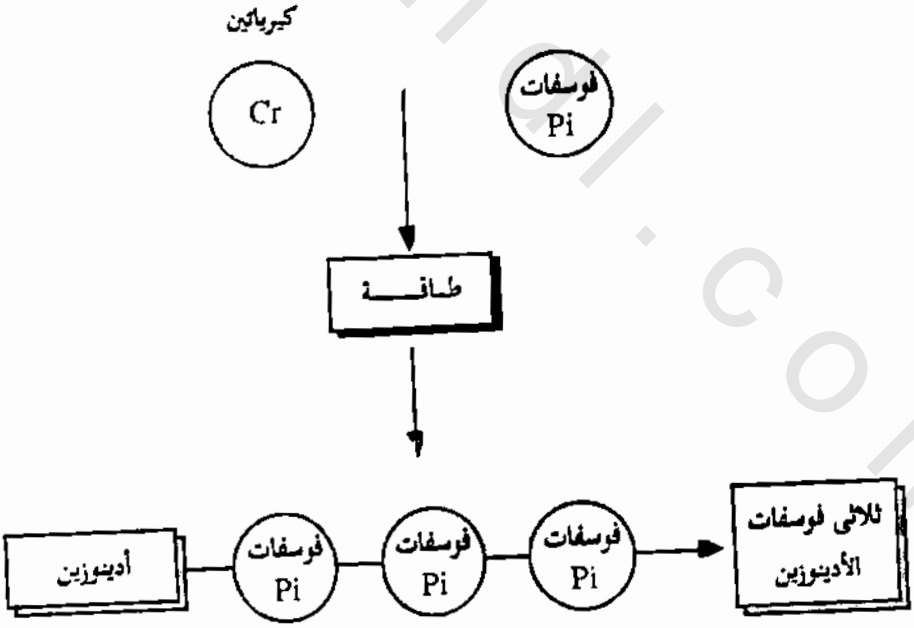
٤ – المتولد بمساعدة الأوكسوجين (نظام الأكسدة).



كيرياتين + فوسفات غير عضوى

Inorganic

Phosphate



شكل (١)

دائرة أطلاق الطاقة

obeikandl.com

نظام ثلاثى فوسفات الأدينوزين ، الفوسفوكيرياتين:

(ATP - Pcr)

من المعروف أن الفوسفوكيرياتين (Pcr) يوجد فى الخلايا العضلية، وهو يقوم بدور وظيفى مختلف إلى حد ما عن ثلاثى فوسفات الأدينوزين (ATP). فالطاقة المتولدة من تحطيم ثلاثى فوسفات الأدينوزين والفوسفوكيرياتين لاتستخدم مباشرة للأمداد بالقوى المطلوبة فى الخلية، فهى تستخدم فى إعادة بناء ثلاثى فوسفات الأدينوزين، وعلى ذلك نحصل على أمداد ثابت نسبيا من مصادر الطاقة الفوسفورية. وعندما تنطلق الطاقة من إنشطار جزيئات ثلاثى فوسفات الأدينوزين فإن من شأنها إعادة تكوين الفوسفوكيرياتين (شكل ١).

ولسوء الحظ، تكون هذه الطاقة محدودة جدا وتستغرق عدة ثوان أثناء السباحة بالسرعة القصوى. وعندما يصل مستوى ثلاثى فوسفات الأدينوزين إلى مستوى طبيعى نسبيا – فإن الفوسفوكيرياتين يتناقص بسرعة متحطما لتوليد مزيد من ثلاثى فوسفات الأدينوزين. ومع ذلك وفى حالة الأجهاد (الأنهاك) فإن كلا من ثلاثى فوسفات الأدينوزين والفوسفوكيرياتين ينخفضان ولايستطيعان أنتاج الطاقة المطلوبة لمزيد من الأنقباضات.

نظام الجليكوليتك The glycolytic

أثناء الدقائق الأولى من التدريب، وعندما تزداد شدة المجهود العضلى إلى مستوى عال، فإن الجسم لايستطيع أن يمد نفسه بكمية الأوكسوجين الكافية لأنتاج ثلاثى فوسفات الأدينوزين المطلوب. ولتعويض ذلك، يقوم كلا من ثلاثى فوسفات الأدينوزين والفوسفوكيرياتين ونظام الطاقة الجليكوليتيكى بتوليد ثلاثى فوسفات الأدينوزين بدون مساعدة الأوكسوجين، وتسمى تلك العملية أو أصطلح على تسميتها بالتمثيل الغذائى اللاهوائى anaerobic metabolism. أما التحليل الجلوكوزى Glycolysis فإنه يعنى تحطم سكر العضلة – جليكوجين– فى غياب الأوكسوجين مما ينتج عنه أنتاج وتراكم حامض اللاكتيك.

وعلى ذلك يعمل التحلل الجلوكوزى على أنتاج ثلاثى فوسفات الأدينوزين تحت شروط معينة. ففى حالة عدم كفاية الأوكسوجين المطلوب لأمداد هذا النظام. ولسوء الحظ فإن هذه العملية محدوده الفاعلية، تمد فقط بمقدار صغير – ولكن أساس – من ثلاثى فوسفات الأدينوزين المطلوب أثناء السباحة التنافسية وفى وجود الأوكسوجين تنتج الطاقة الهوائية بمقدار ١٣ مرة ثلاثى فوسفات الأدينوزين زيادة عن تلك الطاقة الناتجة بواسطة التحلل الجلوكوزى.

وعلى ذلك يقوم النظام الجليكوليتى بأنتاج ثلاثى فوسفات الأدينوزين والطاقة أثناء العمل العضلى العنيف عندما يكون الأمداد بالأوكسوجين غير كاف.

ففى المسابقات التى تتراوح مسافاتها من ٥٠ إلى ٢٠٠م يكون الأعتماد فيها على مصدر الطاقة الجليكوليتى بشكل كبير، مما يجعل مستوى حامض اللاكتيك فى العضلة يرتفع عن قيم وجوده وقت الراحة من ١ ميللى مول –كجم$^{-1}$ إلى أكثر من ٢٥ ميللى مول – كجم$^{-1}$ ولاشك فى أن زيادة مستوى الحموضة فى العضلة وأليافها يؤدى إلى كف العمليات الكيميائية لتحطيم الجليكوجين والتى يمكن أن تؤثر وتتداخل مع عمليات أنقباض العضلة. ويؤدى أيضا إلى نقص عمليات التحلل الجلوكوزى وبالتالى الشعور بالتعب العضلى والأنهاك – كل ذلك من جراء حموضة الألياف العضلية.

نظام الطاقة الهوائى:

تقوم العضلات بأستخدام الطاقة أثناء سباحة ٥٠ أو ١٠٠ متر بالسرعة القصوى وتصل هذه الطاقة إلى ٢٠٠ مرة قدر المتطلبات الطاقية التى يستهلكها السباح وقت الراحة ومن المستحيل أن يقوم نظام ثلاثى فوسفات الأدينوزين والفوسفوكيرياتين، ونظام الجليكوليتيك بأنتاج قدر كاف من ثلاثى فوسفات الأدينوزين ليلاقى أحتياج العضلات من الطاقة. وبدون وجود نظام آخر يمد بقدر كاف من الطاقة، فأن قدرة السباح على الاستمرار فى السباحة السريعة تكون محدودة بـ ٣٠ ث أو أقل. كما سبق وأن أشرنا فإن أنتاج ثلاثى فوسفات

الأدينوزين من مصدر لاهوائى – وبدون وجود الأكسوجين يكون محدودا وغيركاف للأستمرار سوى بعض دقائق.

وتقوم الميتاكوندريا بأستخدام وقود الأوكسوجين لأنتا ج كمية كبيرة من ثلاثى فوسفات الأدينوزين. وتعد الكربوهيدرات والدهون الوقود الأول المستخدم فى تحريك هذا النظام لأنتاج ثلاثى فوسفات الأدينوزين. هذا وتتجمع هذه الجزيئات مع السوائل (الساركوبلازم) والميتاكوندريا فى الألياف العضلية وذلك بمساعدة الأنزيمات المؤكسدة، والتى تعد بمثابة بروتينات خاصة تنتج داخل الألياف. وفى هذه العملية تقوم ذرة الهيدروجين وفى وجود الأوكسجين الذى نتنفسه فتخرج الطاقة اللازمةلأنتاج ثلاثى فوسفات الأدينوزين والماء.

ويتكون ثانى أكسيد الكربون (CO_2) من الكربون والأكسجين المتكون من الوقود، وبعض المخلفات الميتابوليزمية المؤكسدة. وينتشر ثانى أكسيد الكربون بسهولة وتنتقل بواسطة الأوردة والدم الوريدى إلى الرئتين ويمكن أن تترك الجسم عن طريق هواء الزفير.

أنتقال الأوكسوجين إلى العضلات Oxygen transport muscles

إن دفع الأوكسوجين إلى العضلات يعد الأحتياج الأساسى لأنتاج الطاقة الهوائية بمعدل عال.

وأثناء التدريب المتوسط يستقبل الدم الأكسوجين من سطح الانتشار الرئوى وينتقل إلى العضلات حيث يتم التبادل ويتحول إلى ثانى أكسيد الكربون، ثم يعود إلى القلب والرئتين ليؤكسد ويعود الأوكسوجين مرة أخرى للعضلات وعندما تزداد الشدة والطاقة يزداد معدل أنتاج ثلاثى فوسفات الأدينوزين المؤكسد. ولتكتفى العضلة بإحتياجاتها من الأوكسوجين، فإن معدل النبض يصبح أسرع، ويدفع القلب مزيد من الدم والأوكسوجين إلى العضلات.

وعندما يختزن الجسم قدر قليل من الأوكسوجين، فإن الكمية الممتصة بواسطة الدم تمر خلال الرئتين تعد بمثابة مؤشرَ مباشر إلى الكمية المستخدمة فى

إنتاج الطاقة الهوائية. وبالتالى فإن التقدير الدقيق للتمثيل الغذائى الهوائى (الميتابوليزم الهوائى) يمكن أن يحدد بكمية الأوكسوجين المستهلك.

وعندما يتحول الجسم من وضع الراحة إلى التدريب فإن هناك زيادة سوف تطرأ على الطاقة المطلوبة. وهذه الزيادة فى الميتابوليزم تتناسب خطيا مع القدرة العضلية شكل (٢ – ٣) ص ١٢.

ومثلما هو الحال مع أنظمة الطاقة من ثلاثى فوسفات الأدينوزين – الفوسفوكيرياتين، ونظام الجليكوليتك فإنه يمكن توليد مقدار قليل من الطاقة للأكسدة الميتابوليزمية، وفى مواجهة زيادة متطلبات الجسم من الطاقة فإن الجسم يصل إلى حدود معينة (أقصى أكسوجين مأخوذ) . والقيم التى يصل إليها الأوكسجين وتحدث الهضبة هى ما تسمى بالقدرة الهوائية أو أقصى أكسوجين مأخوذ.

Aerobic capacity or maximal oxygen consumption Vo_2 max).

ويعد قياس أقصى أوكسوجين مستهلك أفضل قياس مفرد للتحمل القلبى الوعائى، واللياقة الهوائية، وذلك لأنه يفسر أو يشرح أقصى قدرة للجهاز لأنتاج الطاقة.

ومن المعروف أن السباح يحتاج للطاقة والتى تتأثر بحجم الجسم، العمر، ومستوى اللياقة. وعادة ما يميز الحد الأقصى لأستهلاك الأكسوجين بالنسبة لوزن الجسم (مللى ليتر. كجم$^{-٢}$ دقيقة$^{-١}$) وعلى ذلك فإن قيم السباحين تسجل بالملليلتر أكسوچين لكل وحدة من الطول (ملليلتر – دقيقة$^{-١}$) أو لكل وحدة من مساحة مسطح الجسم (ملليلتر . متر$^{-٢}$). ويسمح هذا الحساب بالمقارنة الموضوعية بين الأفراد بمختلف الأحجام.

هذا وقد سجل طلبة الكليات والتى تتراوح أعمارهم بين ١٨ – ٢٢ سنة معدل قدره ٣٨ – ٤٢ مللى ليتر. كجم$^{-١}$. دقيقة$^{-١}$ (سيدات)و٤٤ – ٥٠ مللى ليتر$^{-١}$.كجم. دقيقة$^{-١}$ (رجال). بينما سجل السباحون المدربون تدريبا عاليا قيم

تتراوح من ٤٥ – ٦٥ مللى ليتر. كجم$^{-١}$. دقيقة$^{-١}$ (سيدات) و٥٠ – ٧٥ مللى ليتر. كجم$^{-١}$. دقيقة$^{-١}$ (رجال) على الترتيب.

الوقود الخاص بالسباحة

الكربوهيدرات:

توجد الكربوهيدرات فى شكل جلوكوز الدم وجليكوجين العضلات. وتعمل على أمداد الجسم بالطاقة الأولية لتكوين ثلاثى فوسفات الأدينوزين أثناء السباحة التنافسيةوالتدريب.

وينقل الجلوكوز عن طريق تيار الدم إلى الكبد والخلايا الأخرى من الجسم. وبالرغم من أن الجلوكوز يستخدم كوقود مباشر. ألا أن جزء منه يختزن فى الخلايا فى صورة جليكوجين. وعندما يبدأ التدريب يتحطم الجليكوجين ويمدنا بالطاقة اللازمة للتحلل الجلولكوزى (الجليكوليزز).

وعندما يختزن الجليكوجين فى العضلة فأنه يصبح جاهزا للمساهمة فى أنتاج ثلاثى فوسفات الأدينوزين. وتعد الكمية العادية المختزنة من الجليكوجين فى الألياف العضلية كافية من أجل أنتاج ثلاثى فوسفات الأدينوزين لعدة دقائق أو ساعات ويتوقف ذلك على سرعة السباح. هذا ويمكن نتيجة الأمداد المحدود لبعض الخلايا أن تستنزف رصيدها من الجليكوجين و تستمر فى العمل لفترة قليلة تصل من ٥–١٠ دقيقة بالجهد الأقصى. ومع ذلك فإن الجليكوجين يبقى فى الألياف الأقل نشاطا فى نفس العضلة.

ويسمح ذلك بأستمرار التدريب حتى يصبح عدد الألياف المستنزفة كبيراً فتقل القوة الناتجة وبالتالى السرعة المطلوبة.

ويمكن تقدير توقيت استنزاف الألياف العضلية للجليكوجين فى فترة من ١٢ – ٢٠ دقيقة سباحة – وكلما زادت الشدة كلما قلت هذه الفترة الزمنية . وتم أخذ عينات من العضلات من الكتفين للسباحين قبل وبعد التدريب الفترى، وأظهرت النتائج أن الأمداد الجليكوجين يمكن أن يصل إلى أقصاه (الأنهاك)

بعد منافسة مسافتها من ٣٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ متر (تكرارات) لمسافة ١٠٠ متر سباحة مع ٢٠ ث.راحة بين كل تكرار.

وعلى ذلك فإن السباح ينهك ويستنزف المخزون فى سباق واحد، أو خلال الجرعات التدريبية المجهدة. فيستهلك أو يفرغ الوقود، وكنتيجة لذلك تظهر مشكلة غذائية هامة للسباح.

ويوجد فى الجسم مخازن أخرى للكربوهيدرات فى الكبد والتى يمكن أن تتحطم إلى جلكوز وتنقل إلى العضلات عند الإحتياج. وذلك للمحافظة على مستوى ثابت لسكر الدم، ويمد جليكوجون الكبد العضلات، وجليكوجين العضلات الجسم أثناء التدريب والمسابقات بالطاقة المطلوبة .

الدهـــون

تختزن الدهون فى العضلات وتحت الجلد مثل الأنسجة الدهنية وهى تتيح الفرصة للجسم لأختزان كمية كبيرة من الطاقة من أجل إعادة دورة ثلاثى فوسفات الأدينوزين ATP و تلك الدورة تعد هوائية ، وبعيدة كل البعد وبطيئة لأنتاج الطاقة المطلوبة لمسابقات السرعة.

وبشكل عام تساهم دهون الجسم فى أنتاج الطاقة أثناء وحدات التدريب الطويلة؛ أو فى سباحة المسافات الطويلة. وهى على ذلك تتضح فى السباحة الهوائية حيث الشدة المنخفضة عن القدرة القصوى للسباحين.

حيث يتولد من الدهون فى هذه الحالة ٣٠ – ٥٠ ٪ من الطاقة. فالدهون تلعب دورا هاما عند زيادة مسافة السباحة، أو فترة أستمرار التدريب. وعندما تزداد شدة التدريب وتستغرق عدة دقائق، كما هو الحال فى بعض المسابقات فإن إمداد الجسم بالطاقة عن طريق الدهون لايتعدى ١٠ ٪ من الطاقة المستخدمة.

وبالرغم من أن أكسدة الأحماض الدهنية يمكن أن يمدنا بكمية كبيرة من الطاقة فى مسابقات التحمل، إلا أن أنتاجه من الطاقة يعد بطيئا لايفى بمتطلبات مسابقات السرعة، ولايمكن السباحين من المحافظة على معدل الخطو ولا الوصول إلى معدلات السرعة المطلوبة.

ولاشك أن التمثيل الغذائى للدهون يلعب دورا فى الأمداد بالطاقة ولوجزئيا فى سباق ١٥٠٠ متر إلا أن هذا الأمداد يعتبر محدودا بالمقارنة بكمية الطاقة الناتجة من جليكوجين العضلات وجلوكوز الدم.

وفى السباحة التنافسية فإن الدور الرئيسى للتمثيل الغذائى للدهون هو الأمداد بالطاقة من أجل إحلال ثلاثى فوسفات الأدينوزين أثناء التدريب. فإنه يمكن أن يمدنا بكمية مناسبة من الطاقة أثناء مجموعات التدريب المراحلى الطويل (الفترى) والتى يتم أدائها بسرعة معتدلة. وبذلك فإن جليكوجين العضلة المستخدم يكون فى أدناه. ويمكن تقدير نسبة إمداد الدهون للجسم بالطاقة من ٣٠ إلى ٥٠ ٪ من الطاقة المستخدمة أثناء وحدة تدريب مدتها ساعتين.

ويمكن للتدريب زيادة كمية الطاقة المستمدة من الدهون، وعلى ذلك يقل الإعتماد على العضلة والجليكوجين الموجود فيها فى عملية أنتاج الطاقة. وعلى ذلك يمكن للسباح أداء مجموعات طويلة وكثيرة التكرارات، وفى نفس الوقت يحتفظ بجليكوجين عضلاته لأستخدامها فى المقطوعات القصيرة السريعة فى الوحدة التدريبية نفسها أو فى غيرها. كما أن زيادة التمثيل الغذائى للدهون سوف يقلل استخدام جليكوجين العضلة المستخدم يوما بعد يوم لذا فإن السباح يتمكن من أداء التدريب مرتين يوميا لفترة تمتد لعدة أيام مع وجود شدة عالية.

البروتين

يتكون البروتين من الأحماض الأمينية – وهناك أكثر من ٢٠ نوع من الأحماض الأمينية. وتعد تسعة منها أساسية ولايمكن تخليقها داخل الجسم، وعلى ذلك يجب أن يتضمنه الغذاء. كما أن الأحماض الأمينية لها عمر محدود داخل الجسم. فيمكن فقدها خلال عدة أيام تمتد إلى شهور قليلة قبل أن يتم إحلالها بأحماض أمينية جديدة من خلال الغذاء أو من أنسجة أخرى. والأنسجة العضلية والتى تتضمن الميتاكوندريا تصنع منه لذا لابد من توفير قدر كاف من الأحماض الأمينية الأساسية للحصول على تقدم فى التدريب. وهذا لايعنى التعارض من أن السباح يحتاج إلى قدر أكبر من الغذاء البروتينى. وأظهرت

بحوث التغذية أن الغذاء المتوازن كاف لإمداد الجسم بالبروتين اللازم لعملية بناء الخلايا وإحلالها، ومع هذا فإن الأمداد بالبروتين لايعزز التكيف المصاحب للتدريب.

وكما أتضح عالية فإن البروتين هو حجر البناء للجسم، ويساعد فى عملية إصلاح الأنسجة وإعادتها. كما أنه يلعب دوراً فى التحكم فى عملية حمضية العضلات وأليافها لقيامه بدور (الباقر Buffer) ضد الأحماض الناتجة أثناء التدريب اللاهوائى عالى الشدة. كما أنه يمكن أن يكون مصدر طاقة لتجديد ثلاثى فوسفات الأدينوزين. ومع ذلك فأنه مثل الدهون يتصف ببطئ عمليات أنتاج الطاقة منه ويعتبر أبطئ وأقل عمليات التمثيل الغذائى أنتاجا للطاقة (وأعادة تكوين ATP).

الطاقة المتكلفة فى السباحة

تختلف كمية الطاقة المتكلفة فى مختلف الأنشطة وذلك تبعا للشدة وعدد الضربات المستخدمة فى السباحة. وتقاس الطاقة المستخدمة فى السباحة عادة بواسطة متابعة أستهلاك الأكسجين أثناء السباحة بالحمل قبل الأقصى، أثناء السباحة السريعة بمعدل أقل من المستخدم فى المنافسات. وهذه القيم تماثل أو تطابق العمل اللاهوائى أثناء التدريب، طالما الطاقة المستخدمة من ATP-PCR، والنظام الجليكوليتيك؛ لايتضمن ولايدخل فى هذا التقدير. وتلك نقطة فى غاية الأهمية.

ويمدنا جدول ٢ – ١ بتقدير للطاقة الهوائية التى تستهلك فى كل طريقة سباحة تنافسية بسرعة بطيئة نسبيا (١ متر.ث$^{-1}$)، على إعتبار أن السباحة ما هى إلا حركة ضد مقاومة الماء. ولاشك أن هذه الأرقام سوف تختلف تبعا للوزن، والسن، والجنس، والمهارة التكنيكية (الكفاءة ..) للسباح.

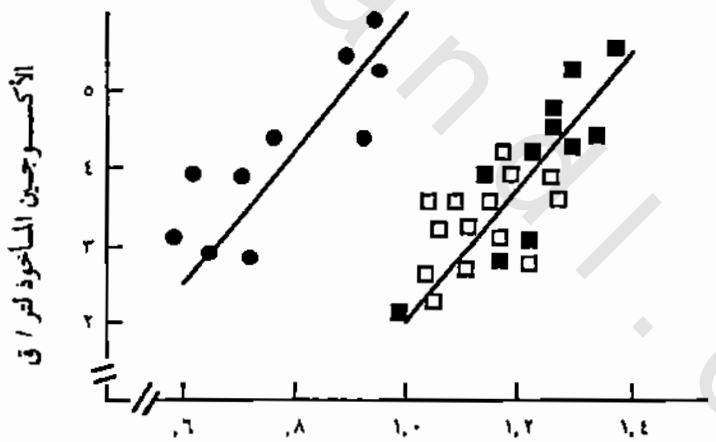
فالقدرة على أداء أى تدريب بمهارة يؤدى إلى أنقاص المصروف من الطاقة.

كما أن الطاقة المستهلكة أثناء السباحة، تستخدم فى أمور عدة مثل المحافظة

على وضع الجسم فوق سطح الماء، كما تستخدم فى توليد القوى المطلوبة للتغلب على مقاومة الماء والقصور الذاتى للجسم. وبالرغم من أن الطاقة المطلوبة للسباحة تتوقف على حجم الجسم، والطفو. والقدرة على الأستخدام أو التطبيق الفعال للقوى ضد الماء لذا فهى المحدد الرئيسى لمدى الأقتصادية فى الأداء.

ويصور شكل (١ – ب) الفروق فى الأكسوجين ومتطلباته للتدريب التنافسى للسباحين للذكور والأناث ولمجموعة من الرياضين المدربين جيدا (الخماسى).

وتبين أن أداء السباحة تحدده مهارة السباح – بواسطة الحد الأقصى لأستهلاك الأوكسوجين. وهناك بعض المعلومات أصبحت واضحة بأن زمن التدريب والمجهود المبذول فى الجوانب الميكانيكية (التكنيك) للسباحة ربما تساوى أو أكثر أهمية من الزمن المستغرق فى تطوير القوة والتحمل.



شكل (١ – ب) الطاقة المتكلفة

دعم النظم الخاصة بأنتاج الطاقة

بالرغم أن طاقة التمثيل الغذائى تأخذ مكانها وتحدث فى كل ليفة عضلية، إلا أن الدورة الدموية والتنفسية كنظم مسئولة عن الأمداد بالوقود والأوكسوجين

للعضلات العاملة وإزلة مخلفات التمثيل الغذائى من مواقعها بالعضلات.

فالدم يمد الألياف بالأكسوجين، والجلوكوز، وبعض المواد الأخرى للشعيرات الدموية، والتى تتصل مباشرة بخلايا الجسم وبعد هذا الأمداد بالطاقة للعضلات، فالدم يترك الأنسجة تحمل ثانى أوكسيد الكربون، وحمض اللاكتيك وبعض المخلفات الميتابولزمية الأخرى. وبعد عودة الدم إلى القلب، فإن الدم يضخ إلى الرئتين ويحدث تبادل الغازات ويتم تنقية الدم من الغازات غير المرغوب فيها ويزوده بالأكسوجين.

ويقوم الأذين بالقلب بالأنقباض وبشكل متناسب للمتطلبات الطاقية للعضلات . ففى وقت الراحة يختلف معدل النبض من ٥٠ إلى ٨٠ نبضة/ دقيقة لمعظم السباحين. و الجدير بالذكر أن المراكز الطبية قد سجلت معدلا يقل عن ذلك بكثير حيث وصل إلى ٣٥ نبضة / دقيقة. وبشكل عام يقل معدل النبض فى وقت الراحة عن قرنائهم غير الرياضيين بكثير. كما تشير بعض الأختبارات عن إمكانية التحمل لديهم أكبر كذلك، وبالتالى مستوى لياقتهم بشكل عام.

وعندما يغمر جسم السباح فى الماء فإن معدل نبض السباح يقل بمعدل ٥–٨ نبضات / دقيقة – فالماء يسهل عودة الدم إلى القلب، وبالتالى يقل الجهد الذى يقوم بها جهاز القلب الوعائى. بالأضافة إلى أن وضع الوجه فى الماء سوف يقلل أيضا من معدل النبض. وهذه التأثيرات هى نتيجة للمنعكس الوجهى facial reflex .

وأستناداعلى ذلك فأن أى مجهود رياضى (الأكسوجين المأخوذ) يبذل فى الماء فأن معدل نبض القلب يقل بمقدار من ١٠ – ١٢ نبضة / دقيقة أقل منه بالمقارنة بأداء نفس المجهود على الأرض.

فالقلب له معدل أقصى، لايمكن تجاوزه حتى فى معظم التدريبات العنيفة المجهدة. وهذا المعدل يختلف من سباح إلى أخر. ويصل المعدل فى سن العاشرة والبالغين الصغار ٢٠٠ نبضة/ ق وهو أكبر لدى الذكور عنه لدى الإناث.

أما فيما يتعلق بكمية الدم المدفوعة خارج القلب فى كل نبضة فأنها تعرف إصطلاحيا بحجم الضربة Stroke volume (SV). ويعتبر المدى الطبيعى لحجم الضربة فى وقت الراحة بين ٦٠ ، ١٠٠ مليلتر / ضربة. أما فى أثناء التدريب، فأن القلب ربما يزيد من حجم الضربة من ٢ – ٣ مرة أكبر منه وقت الراحة. وبشكل عام وكمؤشر للمقارنة بين الرياضين وغير الرياضيين فإن حجم الضربة لدى المدربين على التحمل تعد أكبر منها لدى غير الرياضيين وهذا يفسر ظاهرة بطء النبض لدى الرياضين فى وقت الراحة. وبذلك يستطيع القلب أن يمد الجسم بمزيد من الدم فى كل نبضة. بمعنى الأقلال من معدل النبضات المطلوبة للوصول إلى المخرج القلبى Cardiac out put (كمية الدم الخارجة من القلب كل دقيقة).

ويصل المعدل الطبيعى للمخرج القلبى فى وقت الراحة ٥ لتر / دقيقة بينما يصل المعدل للأفراد غير المدربين إلى أربعة أضعاف أثناء التدريب. أما السباحين المدربين فإنه يمكن أن تزداد تلك القيم ستة أو سبعة مرات أثناء الراحة. ويمكن حساب المخرج القلبى بواسطة المعادلة التالية:

$$Co = SV \times HR$$

(المخرج القلبى = حجم الضربة × معدل النبض)

و تم ملاحظة أنخفاض معدل النبض أثناء السباحة بعد التدريب، ويعطى ذلك مؤشرا جيدا لمدى تطور اللياقة القلب وعائية، وسعة الأداء التحملى للسباح.

وعلى ذلك يمكن إعتبار معدل النبض للسباح بعد قطع مسافة ٤٠٠ متر أو ٨٠٠ متر سباحة بالسرعة القياسية (أو بسرعة المجموعات) مؤشرا جيدا للتكيف القلبى الوعائى.

وعندما تتحسن الحالة البدنية للسباح فإن معدل النبض بعد التدريب سوف يكون منخفضا نسبيا كما أن معدل النبض وقت الراحة لدية سوف يكون منخفضا وبشكل ملحوظ.

الزفير Respiration

يعتبر العملية التى يتمكن ثانى أكسيد الكربون من التحرك خلالها من الأنسجة إلى الخارج. ويمكن أن تنقسم هذه العملية إلى مرحلتين منفصلتين: هى التنفس الخارجى والداخلى. وتتضمن تبادل الغازات بين هواء الشهيق والدم. فالتنفس الداخلى هو العملية التى يتم فيها تبادل الغازات بين غازات الأنسجة والدم. أما تبادل الغازات بين هواء الشهيق والدم داخل الرئتين فتسمى بالتنفس الخارجى وعلى ذلك يعتبر التنفس الخارجى بأنه عملية تبادل الغازات فى الرئة بينما التنفس الداخلى هو عملية تبادل الغازات فى العضلات وبعض أنسجة الجسم الأخرى.

الشهيق Inspiration:

يعد بمثابة عملية نشطة تتضمن حركة الحجاب الحاجز والعضلات المسئولة عن توسيع تجويف الصدر – العضلات الثانوية للتنفس. فالضلوع وعضلاتها تساعد فى عملية التنفس عن طريق تغير حجم الصدر وسعته. فعضلات ما بين الضلوع تدور وترفع نقطة إتصال الضلوع متضمنه تجويف الصدر مما يؤدى إلى أندفاع الهواء داخل الرئتين.

obeikandl.com