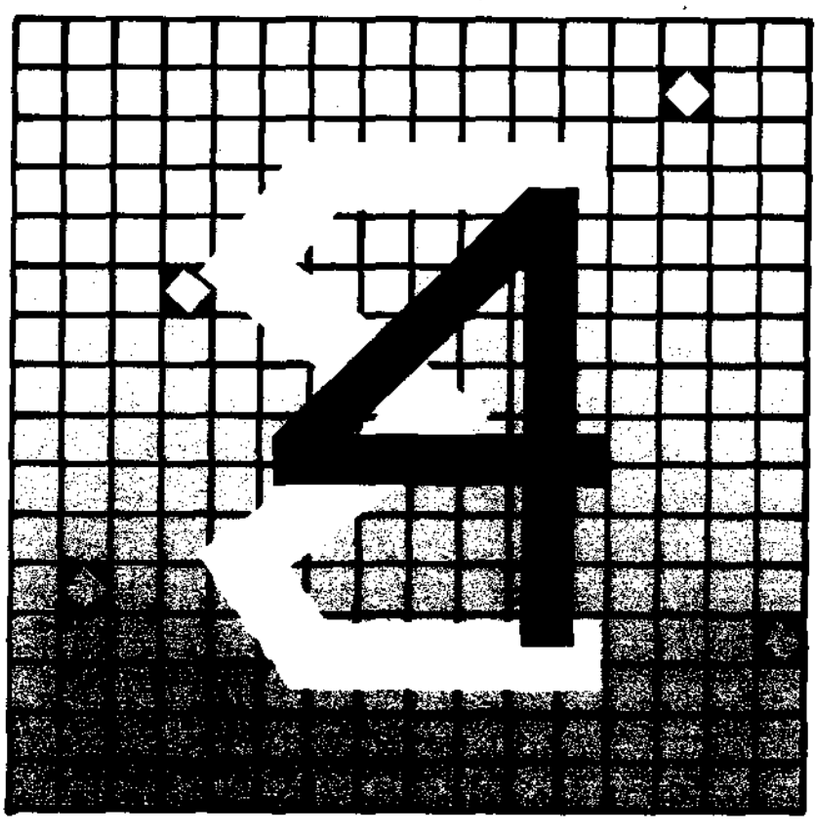
المملكة العربية السعودية

الإتحاد العربي السعودي للطب الرياضي

الأمانة العامة



الدورة التدريبية الرابعة في الطب الرياضي للفنيين

الفترة من ١٨-٢٢ شعبان ١٤٠٩هـ الموافق ٢٥-٢٩ مارس ١٩٨٩م

المجمع الأوليمبي بالرياض

الاستهلاك الاقصى للاوكسجين

مفهومه واهميته

د. هزاع محمد الهزاع

مقدمة:

يعد تعبير الاستهلاك الاقصى للاوكسجين من أكثر التعابير شيوعاً واستخداماً في حقل الطب الرياضي بصفة عامة وفي وظائف أعضاء الجهد البدني بشكل خاص. بل ان قياس ومعرفة الاستهلاك الأقصى للاوكسجين أصبحا من الأجراءات الروتينية في مختبرات التقويم الفسيولوجي للرياضيين وللعامة على السواء. ولقد أدى التطور التقني في وسائل الأختبارات الفسيولوجية الى اختصار حجم الوقت والجهد المبذولين في عملية قياس الأستهلاك الأقصى للاوكسجين، فمن استخدام كيس دوجلاس (Douglass Bag) في الأربعينات وحتى الستينات الميلادية الى استخدام أحدث الأجهزة ذات التحكم الآلي في وقتنا الحاضر، مما ساعد في الحقيقة على جعل قياس الأستهلاك الأقصى للاوكسجين اجراءاً ضرورياً وروتينياً في

جميع البحوث والدراسات المرتبطة بالأداء البدني. وسنحاول في هذه المقالة التعرف على مفهوم وأهمية الأستهلاك الأقصى للاوكسجين مع التعرض لكيفية قياسه والعوامل المؤثرة عليه.

ماذا يعني الأستهلاك الأقصى للاوكسجين؟

يمثل استهلاك الأوكسجين والذي يرمز له بالرمز (VO_2) حجم الأوكسجين الذي تستخلصه انسجة الجسم من هواء الشهيق عند حرارة وضغط معياريين (STPD) وعند قياس استهلاك الاوكسجين للفرد أثناء أقصى جهداً بدنياً يمكنه القيام به فإننا نحصل على استهلاكه الأقصى للاوكسجين (VO_2 max) أو ما يسمى في بعض الأحيان بالقدرة الهوائية القصوى (Maximal Aerobic Power) والهوائية ترتبط هنا بإستخدام الاوكسجين.

ويعتبر الاستهلاك الأقصى للاوكسجين أحسن مؤشر فسيولوجي للامكانية الوظيفية لدى الفرد ودليل جيد على مقدار لياقته البدنية. ويمثل الاستهلاك الاقصى للاوكسجين في الواقع اقصى قدرة للجسم على اخذ ونقل الاوكسجين ومن ثم استخلاصه في الخلايا العاملة (العضلات). وهو يساوي اجرائياً ناتج ضرب اقصى حاصل للقلب (وهو كمية الدم التي يضخها القلب في الدقيقة) في أقصى فرق شرياني وريدي للاوكسجين. ولتوضيح ذلك نشير إلى ان القلب يضخ في كل دقيقة كمية من الدم تسمى حاصل القلب أو صادر القلب عبر الشرايين الى انسجة الجسم، وبمرور هذه الكمية من الدم المحمل بالاوكسجين عبر الانسجة فإنها تقوم باستخلاص كمية من الاوكسجين من هذا الدم الشرياني والذي يغادر الانسجة (العضلات هنا) متوجهاً الى القلب مرة اخرى عبر الاوردة، والنتيجة ان هناك فرقاً في كمية الاوكسجين بين الدم الشرياني والدم الوريدي، هذا الفرق نسميه بالفرق الشرياني الوريدي للاوكسجين وهو يمثل كمية الاوكسجين التي استخلصتها العضلات، وعليه فإن:

الاستهلاك الأقصى للاوكسجين = اقصى حاصل قلب × اقصى فرق شرياني وريدي للاوكسجين.

أهمية الاستهلاك الأقصى للاوكسجين:

مما لا شك فيه ان أهمية الاستهلاك الأقصى للاوكسجين كعامل محدد للتفوق الرياضي تعتمد الى حد كبير على نوعية المسابقة التي يشارك فيها ذلك الفرد، ففي

السباقات القصيرة مثل العدو السريع (١٠٠، ٣٠٠ م) أو سباحة ٥٠ متر تقل أهمية الاستهلاك الاقصى للاوكسجين معامل محدد للتفوق (اي قدر عال من الاستهلاك الأقصى للاوكسجين لا يرتبط بالضرورة باداء عال في تلك المسابقة) على ان هناك من جهة أخرى ارتباط وثيق بين امتلاك الفرد لكمية عالية من الاستهلاك الأقصى للاوكسجين والاداء البدني في سباقات تتطلب عنصر التحمل (كالمسافات الطويلة والمارثون وما الى ذلك). ويوضح الجدول رقم (١) مدى أهمية الاستهلاك الأقصى للاوكسجين للعديد من الرياضات الشائعة.

جدول رقم (١) : مدى أهمية الاستهلاك الأقصى للاوكسجين للعديد من الرياضات الشائعة (المصدر رقم ٩).

ذو أهمية كبيرة جداً	ذو أهمية	ذو أهمية قليلة
العاب القوى ٤٠٠ م ـ ماراثون	معظم الألعاب الجماعية	القفز والرمي
سباحة ١٠٠ م ـ سباحة طويلة	العاب المضرب	تنس الطاولة
تزلج الضاحية		الرماية .
التجديف		الغطس
الدراجات		رياضات مشابهة
الرياضات التي تتطلب جهداً بدنياً مستمر لأكثر من دقيقة.		

وعند تحديد القدرة الهوائية القصوى للفرد عن طريق قياس الاستهلاك الاقصى للاوكسجين بشكل دوري فإن ذلك قطعاً سيساعد في الأغراض التالية:

١ ـ معرفة مدى ملائمة الامكانية الهوائية لدى الرياضي للدور الذي يقوم به في رياضة ما.

٢ ـ إلى أي مدى يجب التركيز على التدريب الهوائي لدى ذلك الرياضي؟

٣ ـ معرفة نوعية التدريب الهوائي الواجب تطبيقه.

٤ ـ تأثير تدريب بدني معين على القدرة الهوائية القصوى لدى الفرد.

٥ ـ مدى معدل التحسن الذي يحرزه اللاعب من جراء تدريب معين.
٦ ـ ما هي الشدة المثلى التي يجب على اللاعب ان يتدرب عندها؟
٧ ـ تساعد المدرب واللاعب في معرفة ما اذا كان اللاعب يشكو من انخفاض في المستوى الأدائي.

كيفية قياس الاستهلاك الأقصى للاوكسجين:

هناك ثلاث طرق شائعة يتم فيها تعريض المفحوص لاقصى جهد بدني ممكن ويتم خلالها قياس استهلاكه الاقصى للاوكسجين. هذه الطرق يتم فيها استخدام اي من السير المتحرك، دراجة الجهد أو صندوق الخطوه، وسوف نتطرق الى مميزات وعيوب كل وسيلة من الوسائل المذكورة. غير أن من المستحسن الاشارة أولاً الى ان العبء الجهدي (اي مقدار الشغل المبذول في زمن معين) يمكن ان يتم تحديده باحدى الانظمة (البروتوكولات) الموضحة في الشكل رقم (١).

السير المتحرك: Treadmill

هذا الجهاز عبارة عن سير من المطاط أو الجلد القوي يدور حول اسطوانتين ويمكن التحكم بسرعته وبمقدار ميله محاكين بذلك عملية المشي والجري الطبيعيتين للانسان.

المميزات:

١ ـ يحاكي المشي أو الجري وكلاهما حركة طبيعية للانسان.
٢ ـ يتم فيه استخدام عضلات كبرى مما يعطي مقداراً عالياً لاستهلاك الاوكسجين.
٣ ـ يمكن ضبط السرعة والميل.
٤ ـ اكثر الطرق استخداماً وشيوعاً.

العيوب:

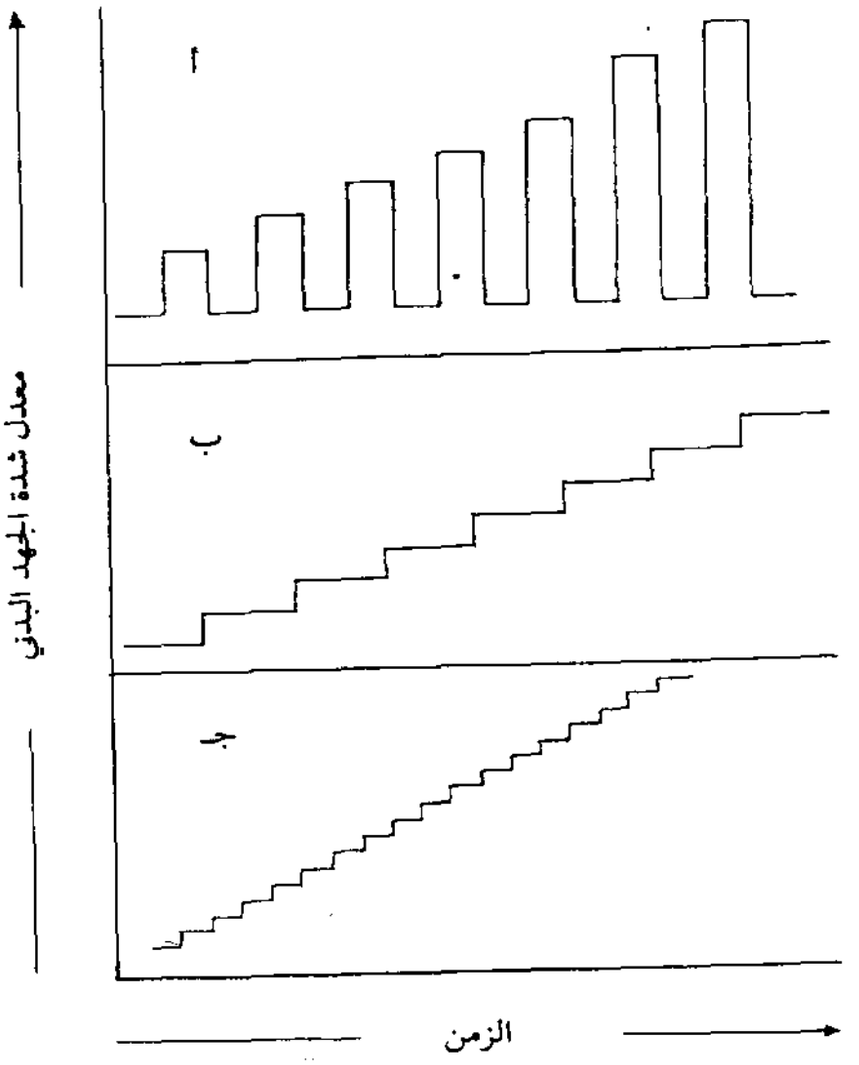
١ ـ مكلف وبالتالي غير متوفر في كل مكان.
٢ ـ يحدث ضوضاء وازعاج نتيجة للتشغيل.
٣ ـ يصعب اخذ قياسات اخرى اثناء الاختبار مثل ضغط الدم.

دراجة الجهد Cycle Ergometry

المميزات:

١ - غير مكلفة نسبياً.

٢ - يمكن عمل قياسات اخرى اثناء الاختبار لأن المفحوص شبه ثابت.



شكل (١) يوضح أكثر الأنظمة (بروتوكول) شيوعاً لاختبار الجهد البدني التدرجي عند قياس الاستهلاك الأقصى للاوكسجين.

العيـــوب :

١ ـ يجهد العضلات السفلى فقط .
٢ ـ يتم الحصـول على استهـلاك أقصى للاوكسجـين أقل بمقـدار ٧ ـ ٨٪ من السير المتحرك .

صنـدوق الخطـوة:

المميـــزات :

١ ـ غير مكلف وسهل التصنيع .
٢ ـ سهل الاستخدام .
٣ ـ يتم فيه استخدام عضلات كبرى .

العيـــوب :

١ ـ يصعب اخذ قياسات اخرى اثناء الاختبار .
٢ ـ يصعب اجهاد الافراد ذوى اللياقة البدنية العالية بدون اللجوء الى معدل سريع من الخطوات .

ويتم قياس الاستهلاك الاقصى للاوكسجين بطريقة مباشرة ومعملية من خـلال قياس التبادل الغازي (Gas Exchange) باستخدام الدائرة المفتوحة (Open Circut)ويتطلب ذلك مختبراً مجهزاً بالاجهزة اللازمـة لقياس نسبـة الاوكسجين وثـاني اكسيد الكبـون وكذلك مقدار التهوية الرئوية . وتتلخص الـطريقة بـان يعرض المفحـوص الى بذل اقصى جهداً بدنياً ممكناً باستخدام السير المتحرك أو الدراجة الثابتة ويتم خلال ذلك قياس اقصى استهلاك للاوكسجين لـديه عن طـريق معرفـة نسبة الاوكسجـين وثاني اكسيد الكربون في هواء الزفير وكذلك معرفة حجم هواء الزفير في الدقيقة ومن ذلك يمكن معرفة الاستهلاك الاقصى للاوكسجين باللتر في الدقيقة .

ويعتبر قياس الاستهلاك الاقصى للاوكسجين باستخـدام السير المتحـرك افضل الطرق للعامة وللرياضيين الذين يستخـدمون الجـري في رياضتهم . امـا متسابقـوا الدراجات فيتم الحصول على اقصى استهلاك للاوكسجين لديهم عند اختبارهم على الدراجة الثابتة ، وهكـذا الحال بـالنسبة للسبـاحين عنـد اختبارهم في وضـع يحاكي السباحة ولرياضي التجديف باستخدام جهاز يحاكي التجديف .

وللتأكد من ان المفحوص قد حقق المستوى الحقيقي لاستهلاكه الاقصى للاوكسجين يتفق الكثير من المختصين على وجوب تحقيق الشروط التالية قبل الحكم على ان المفحوص قد وصل الى استهلاكه الاقصى للاوكسجين اثناء الاختبار التدريجي للجهد:

١ ـ ان المفحوص قد وصل الى ضربات القلب المتوقعة لديه.
٢ ـ ان مستوى استهلاك الاوكسجين اخذ في الاستقرار أو الزيادة البسيطة جداً على الرغم من زيادة الجهد البدني.
٣ ـ ان يكون معامل التبادل التنفسي (Respiratory Quotient) قد تجاوز ١,١.
٤ ـ البعض يشترط وصول حمض اللبنيك الى مستو اعلى من ٨ ملي مول.

الطرق الغير مباشرة لتحديد الاستهلاك الأقصى للاوكسجين:

فضلاً عن أن الطرق المعملية تتطلب مختبراً مجهزاً بالادوات اللازمة لقياس استهلاك الاوكسجين فهى غير عملية عند اختبار عدداً كبيراً من المفحوصين وعلى نطاق واسع لما يتطلبه ذلك من جهد ودقة وكلفة أيضاً، ولهذا يكثر استخدام الطرق الغير مباشرة أو الميدانية والتي يتم من خلالها تقدير وليس قياس الاستهلاك الأقصى للاوكسجين. ومعظم الاختبارات الغير مباشرة لتقدير الاستهلاك الأقصى للاوكسجين مبنية على افتراض ان هناك علاقة خطية بين ضربات القلب واستهلاك الاوكسجين اثناء الجهد البدني المتدرج على الرغم من ان هذه العلاقة ليست دائماً بالشكل الخطي المفترض وخاصة عند اداء جهد بدني في الجو الحار حيث من الممكن زيادة النبض بدون زيادة ملحوظة في استهلاك الاوكسجين.

ومن اشهر الاختبارات الغير مباشرة لتقدير الاستهلاك الاقصى للاوكسجين اختبار استراند وريمنق (Astrand & Ryhming) العالمين الاسكندنافيين، ويعتبر الاختبار المستخدم سهل التطبيق وهو يعتمد أساساً من الناحية النظرية على العلاقة الوثيقة بين ضربات القلب واستهلاك الاوكسجين حيث يتم تعريض المفحوص الى جهد بدني محدد باستخدام دراجة الجهد لمدة ٦ دقائق ثم يتم قياس ضربات القلب عند استقرارها في نهاية الدقيقة السادسة ومن ثم النظر الى جداول معدة مسبقاً من قبل العالمين الإسكندنافيين استراند وريمنق

لتقدير الاستهلاك الأقصى للاوكسجين. على انه يجدر الاشارة الى ان هناك احتمال لحدوث خطأ في عملية التقدير تصل الى ١٠٪. (أى فرقاً بين التقدير والقياس الحقيقي فيما لو تم قد يصل الى ١٠٪).

ومن الاختبارات الشائعة والغير مباشرة أيضاً والتي يتم من خلالها تقدير الاستهلاك الأقصى للاوكسجين اختبار كوبر (Cooper test) ويتم في هذا الاختبار حساب المسافة التي يستطيع الفرد قطعها خلال ١٢ دقيقة من الجري المتواصل ثم النظر في معايير خاصة يمكن من خلالها تقدير الاستهلاك الأقصى للاوكسجين بناء على المسافة المقطوعة. ويصلح هذا الاختبار في الواقع للافراد الذين لديهم حماس واستعداد لبذل الجهد كالرياضيين بصفة عامة، حيث أن معايير هذا الاختبار مستقاه من تجارب عديدة على مجموعة كبيرة من الجنود الامريكيين تم خلالها مقارنة أدائهم في ١٢ دقيقة من الجري (اختبار ميداني) بالمستوى الحقيقي للاستهلاك الأقصى للاوكسجين والذي تم عمله في المختبر (اختبار مباشر). ويوضح الجدول رقم (٢) بعض المعايير الممكن استخدامها لاختبار الجري لمدة ١٢ دقيقة كما اشار اليها الدكتور برك Burke.

جدول رقم (٢): بعض المستويات في اختبار الجري لمدة ١٢ دقيقة وما يقابلها من تقدير للاستهلاك الأقصى للاوكسجين (المصدر رقم ٥).

	ضعيف	متوسط	جيد	ممتاز
جري ١٢ دقيقة (المسافة كم)	٢,٠	٢,٤	٢,٨	٣,٢
الاستهلاك الأقصى للاوكسجين (مل/ كجم/ ق) تقريباً	٣٠	٣٥ ـ ٤٥	٤٥ ـ ٥٥	٥٥ ـ ٦٥

الحدود الاعتيادية للاستهلاك الاقصى للاوكسجين:

يتم تسجيل استهلاك الاوكسجين والذي يرمز لـه بالـرمز (VO_2) أو الاستهـلاك الأقصى لـلاوكسجين والـذي يرمـز له بـالرمـز (VO_2 max) يتم تسجيلها أمـا باللتر في الدقيقة وهذا ما يسمى بالاستهلاك المطلق أو بالمليلتر لكـل كجم من وزن الجسم في الدقيقة (مل/ كجم/ ق) والذي يسمى بالاستهلاك النسبي (نسبة الى وزن الجسم بالطبع).

ويبلغ استهلاك الاوكسجين في الـراحة مقـدار ٣,٥ مليلتر لكل كجم من وزن الجسم في الـدقيقـة. وهـذا يعني ان الشـاب السليم الـذي يـزن ٧٠ كجم يصـل استهـلاكه لـلاوكسجين في الـراحة حـوالي ٢٥٠ مليلتر في الدقيقـة أو ربـع لـتر من الاوكسجين في الدقيقة. على ان هذا الرقم يرتفع بأكثر من عشرة أضعـاف في الجهد البـدني الأقصى ليصل في المتـوسط لـدى الشـاب السليم الغـير متـدرب الى حـوالي ٤٥ مل/ كجم/ ق، وقد يرتفع هذا الرقم لدى الرياضي ذو اللياقة البدنيـة العاليـة ليصل الى ٨٠ أو ٨٥ مل/ كجم/ ق. أما الاستهلاك الأقصى المطلق فقد يصـل الى حـوالي ٦ لترات في الـدقيقة لـدى بعض الريـاضيين ذوي اللياقة البـدنية العـاليـة والاجسـام العضليـة، ومن نـافلة القـول ان الـرقم القيـاسي لـلاستهـلاك الأقصى للاوكسجين قد سجل من قبل احد الرياضيين الاسكندنافيين في تزلج الضاحية بلغ ٧,٤ لتر/ ق حسب ما أورده العالم السويدي استراند في احد تقاريره العلمية.

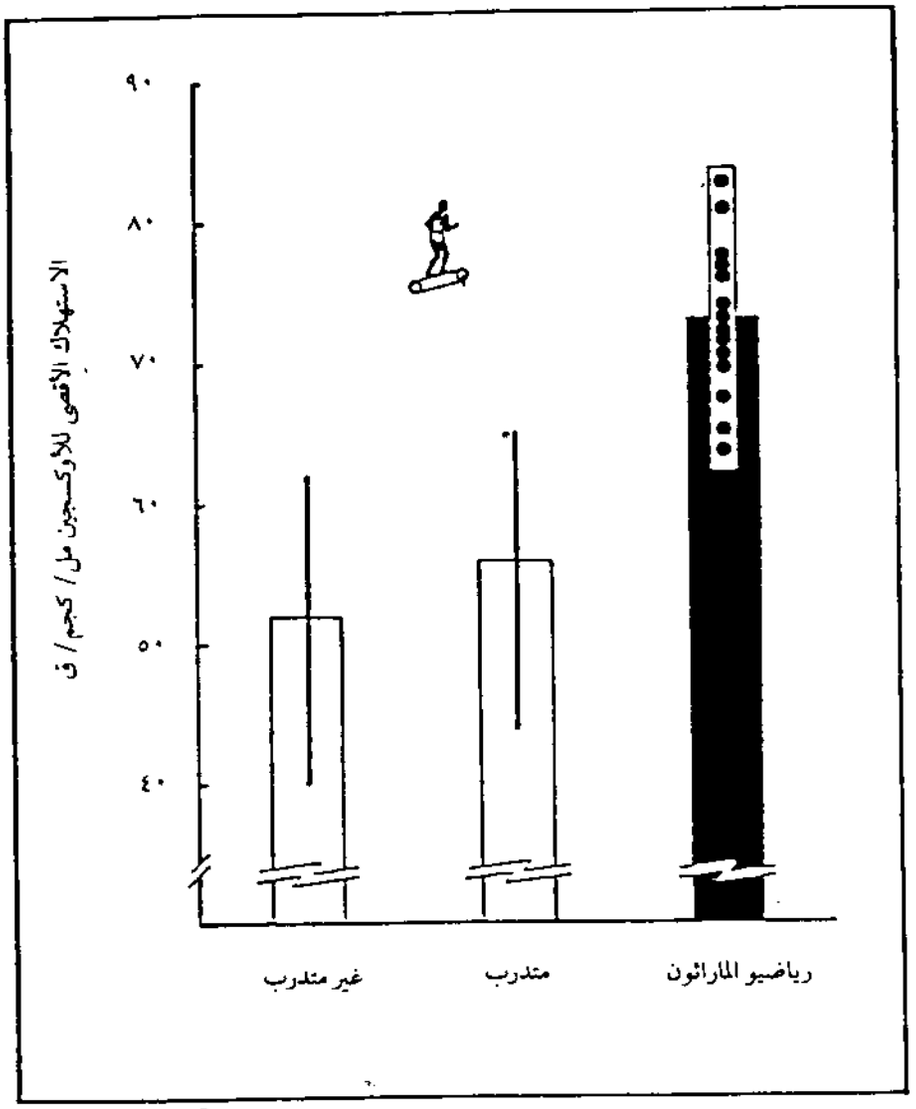
ولكن ما الفرق بين تسجيل الاستهلاك الاقصى للاوكسجين باللتر في الـدقيقة أو المليلتر لكـل كجم من وزن الجسم في الـدقيقـة؟ في الحقيقـة يعتـبر الاستهـلاك الأقصى للاوكسجين بالمليلتر/ كجم/ ق أكثر دقة في التعبير عن امكانية الفرد الهوائية وخاصة في الرياضات التي تتطلب من الفرد حمل جسمه كما في الجري أو التزلج. أما الاستهلاك الاقصى للاوكسجين باللتر في الدقيقة فهو مؤشر غير مباشر لحجم حاصل القلب (أو حجم كمية الدم التي يضخهـا القلب في الدقيقـة) ودليل جيـد لامكانيـة الفرد على الاداء البدني عندما تكون القدرة القصوى هي المطلوبة كما في الريـاضات التي لاتتـطلب حمل الجسم مثـل الدراجـات والتجديف والى درجـة أقل السبـاحة، والجدير بالاشارة ان الرجال يمتلكون بصفة عامة استهلاكاً اقصى لـلاوكسجين أعـلى من النسـاء، وقد يكـون سبب ذلك ان الـرجال يمتلكـون نسبة أعـلى من العضلات مقارنة بالنساء.

ويوضح الشكلان رقم ٢ ورقم ٣ مستوى الاستهلاك الأقصى للاوكسجين لدى مجموعة من الرياضيين مقارنة بغير الرياضيين، حيث يتضح من الشكلين ان الرياضيين بصفة عامة يمتلكون استهلاكاً أقصى للاوكسجين أعلى من غير الرياضيين، كما يوضح الشكلان رقم ٣ ورقم ٤ اختلاف مستوى الاستهلاك الأقصى للاوكسجين تبعاً لنوع الرياضة فالملاحظ ان الرياضيين الممارسين لرياضات تتطلب عنصر التحمل يمتلكون استهلاكاً أقصى للاوكسجين في المتوسط أعلى من غيرهم.

التدريب البدني والاستهلاك الاقصى للاوكسجين:

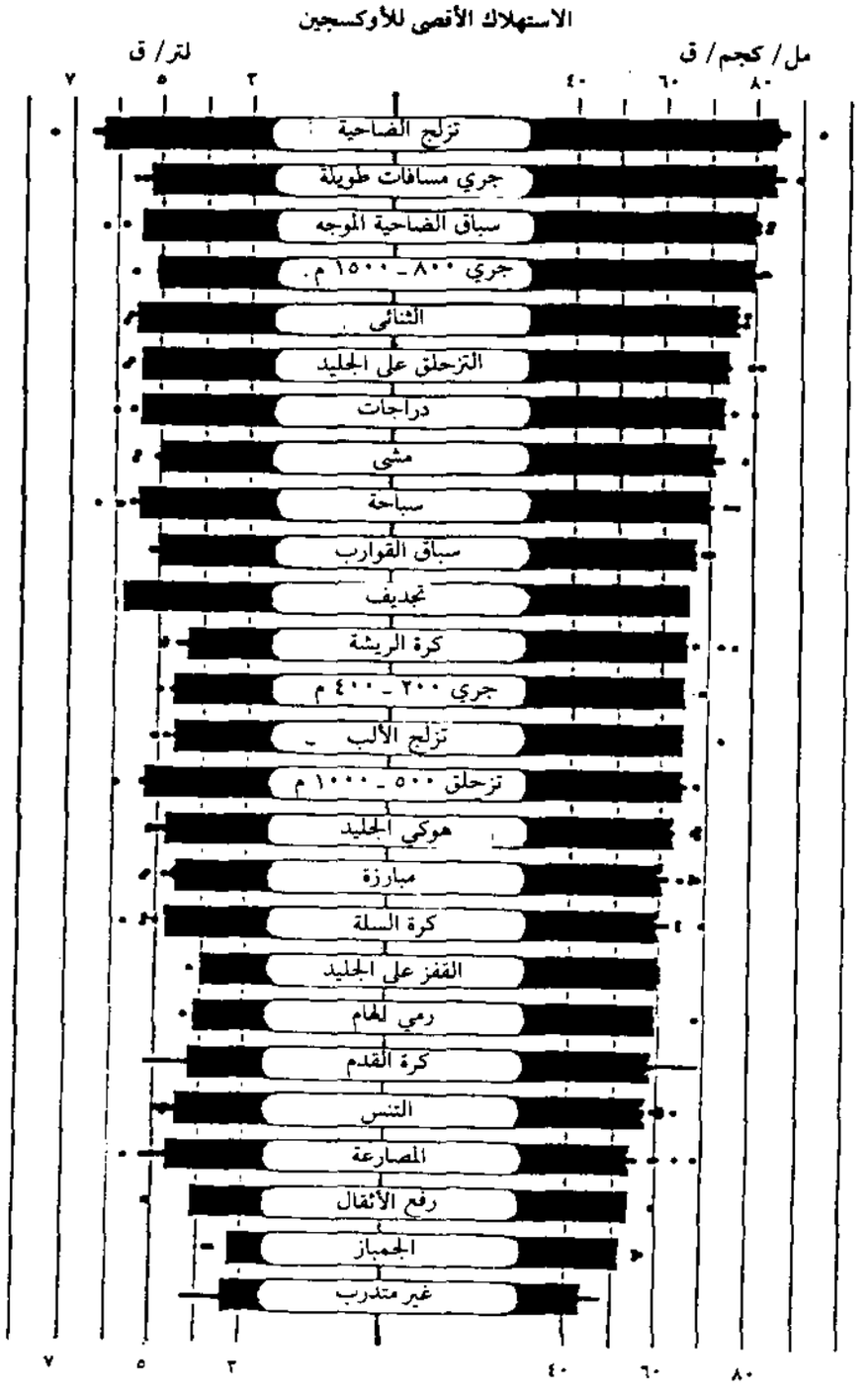
يؤدي التدريب البدني الهوائي (التحملي) الى ارتفاع الاستهلاك الأقصى للاوكسجين لدى الأفراد مقارنة بما قبل التدريب. ويقصد بالتدريب الهوائي ذلك التدريب البدني ذو الوتيرة المستمرة والذي غالباً ما يتطلب انقباضاً عضلياً مستمراً لأكثر من عدة دقائق كما في الهرولة والجري المستمر أو السباحة أو الدراجات أو التزلج أو التجديف أو ما شابه ذلك. وعلى عكس التدريب الهوائي لا يؤدي التدريب اللاهوائي كما في تدريبات السرعة أو القوة العضلية الى أي تحسن ملحوظ في الاستهلاك الأقصى للاوكسجين. وتعتمد الزيادة في الاستهلاك الأقصى للاوكسجين من جراء التدريب البدني التحملس أو الهوائي على عدة عوامل منها شدة التدريب وتكراره والحالة اللياقة للفرد قبل التدريب والى سن المتدرب أيضاً. وتشير معظم الدراسات العلمية الى ان الزيادة في الاستهلاك الأقصى للاوكسجين تتراوح من ١٠ ـ ٢٠٪ نتيجة لبرنامج تدريبي يتراوح مدته من ٣ الى ٦ أشهر، على الرغم من ان بعض الدراسات قد سجلت زيادة كبيرة في الاستهلاك الأقصى للاوكسجين من جراء تدريب بدني وصلت الى حوالي ٤٠٪ مقارنة بما قبل التدريب.

وكما أن التدريب البدني الهوائي يؤدي الى زيادة الاستهلاك الأقصى للاوكسجين فان الركون للراحة يؤدي الى انفخاض قدرة الفرد الهوائية، ولعل الدراسة الشهيرة التي اجريت في نهاية الستينات الميلادية من قبل العالم السويدي سالتن (Saltin) ومجموعة من مشاركيه توضح لنا مقدار التأثير السلبي للاستلقاء على السرير لمدة معلومة من الوقت على الاستهلاك الأقصى للاوكسجين وكذلك ما للتدريب البدني من أثر ايجابي في رفع ذلك الاستهلاك كما هو موضح في الشكل رقم (٥) حيث تجاوز التحسن في الاستهلاك الأقصى للاوكسجين مقدار ٣٠٪.



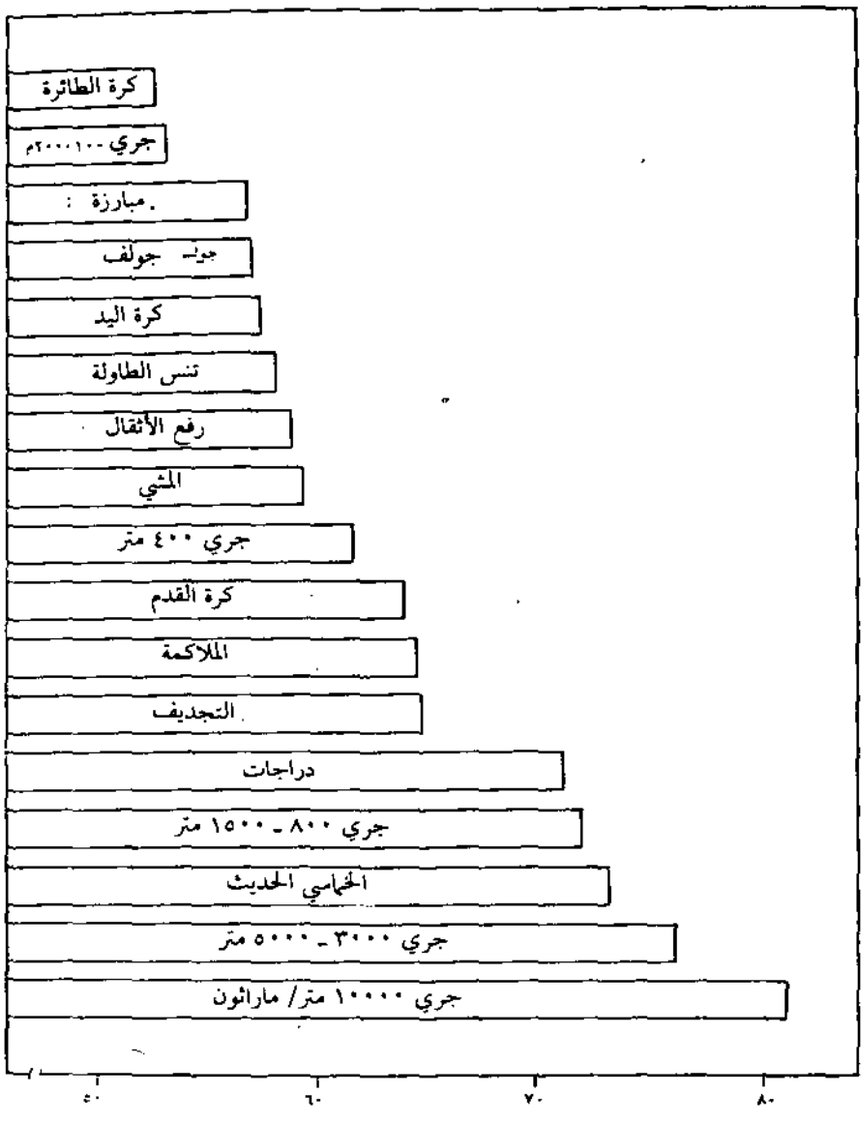
شكل (٢) الاستهلاك الأقصى للأوكسجين لدى مجموعة من الأفراد الذكور الغير متدربين وكذلك المتدربين مقارنة بمجموعة من رياضيي الماراثون.

المصدر : (Costill etal. 1976
Fox etal. 1977)



شكل (٣) متوسط الاستهلاك الأقصى للأوكسجين باللتر في الدقيقة (الجزء الأيسر) وبالمليلتر لكل كيلو جرام من وزن الجسم في الدقيقة لدى مجموعة من الرياضيين السويديين الذكور في مختلف الرياضات.

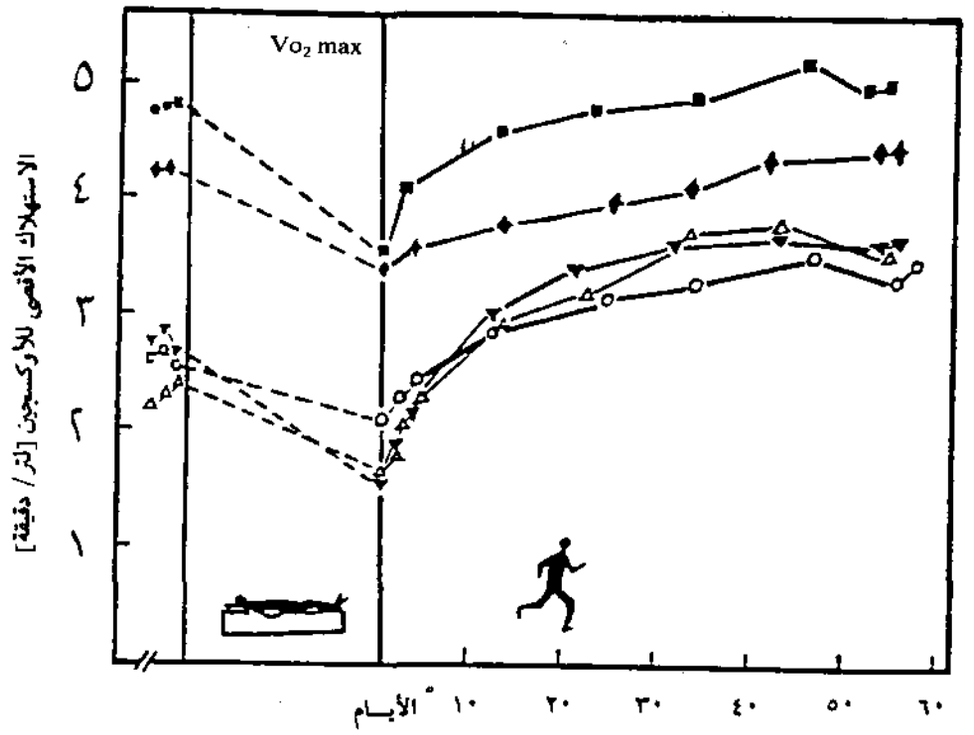
(المصدر : Astrand & Rodahl, 1977)



الاستهلاك الأقصى للأوكسجين (مل / كجم / ق)

شكل (٤) الاستهلاك الأقصى للأوكسجين بالمليلتر لكل كجم من وزن الجسم في الدقيقة لدى مجموعة من الرياضيين الفرنسيين في رياضات مختلفة.

(المصدر : Joussellin etal. 1984)



شكل (٥) الانخفاض في الاستهلاك الأقصى للأوكسجين نتيجة للملازمة السرير وتأثير التدريب البدني على استعادة مستوى الاستهلاك.

(Source: B. Saltin et al., 1968)

الاستهلاك الأقصى للأوكسجين والمرتفعات:

يتأثر الاستهلاك الأقصى للأوكسجين سلباً بالمرتفعات حيث تشير الدراسات العلمية الى ان هنالك فقداً في القدرة الهوائية القصوى يصل الى ٣,٥٪ لكل ٣٠٥ متر ارتفاع يتجاوز ١٥٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر، رغم ان البعض يعتقد ان الانخفاض في القدرة الهوائية القصوى قد يكون على صورة اشد من ذلك.

ويحدث الانخفاض في الاستهلاك الأقصى للأوكسجين (والذي يعبر عن القدرة الهوائية القصوى) بسبب الانخفاض في الضغط الجوي للهواء مع الارتفاع عن سطح البحر وما يعقب ذلك من انخفاض في الضغط الجزئي للأوكسجين مما يؤدي إلى خفض ضغط الأوكسجين في الحويصلات الرئوية وبالتالي انخفاض نسبة تشبع الدم الشرياني بالأوكسجين، وهذا يترجم بطبيعة الحال الى انخفاض في الأداء البدني في رياضات تتطلب عنصر التحمل (١٥٠٠ م أو أكثر).

ولتوضيح ذلك يجدر الاشارة الى ان كثافة الهواء تنخفض مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر، فالضغط الجوي للهواء عند مستوى سطح البحر يبلغ ٧٦٠ مليمتر زئبقي، لكن هذا الضغط الجوي ينخفض مع الارتفاع عن سطح البحر حيث يصل الى ٥١٠ مليمتر زئبقي عند ارتفاع ٣٠٤٨ متر. أما عند ارتفاع ٥٤٨٦ متر فوق مستوى سطح البحر وعلى الرغم من ان نسبة تركيز الاوكسجين في المرتفعات تبقى كما هي عند سطح البحر (٢٠,٩٣٪) الا ان الضغط الجزئي للأوكسجين ينخفض مع الارتفاع عن سطح البحر نتيجة لانخفاض الضغط الكلي للهواء حيث ان الضغط الجزئي للأوكسجين يساوي نسبة تركيز الأوكسجين والتي هي ٢٠,٩٣٪ مضروبة بالضغط الكلي للهواء، وحيث ان الضغط الكلي للهواء ينخفض مع الارتفاع فنجد ان الضغط الجزئي للأوكسجين ينخفض تبعاً لذلك.

العوامل المؤثرة على القدرة الهوائية القصوى:

يتأثر مقدار الأستهلاك الأقصى للأوكسجين أو القدرة الهوائية القصوى للفرد بعدة عوامل أهمها ما يلي:

١ - نوعية الاختبار المستخدم:

حيث من المتعارف عليه ان الاختبار الذي يتم فيه استخدام مجموعة من العضلات الكبيرة اثناء الجهد البدني يعطي مقداراً أعلى للأستهلاك الأقصى

لـلأوكسجين مقـارنة بـالأختبار الـذي يستخدم فيـه مجموعـة من العضلات الأقـل حجماً، حيث يؤدي استخدام السير المتحرك الى الحصول في الغالب على مستو أعـلى للأستهلاك الأقصى للأوكسجين مقارنة باستخدام الدراجة الثابتة مثلاً.

٢ ـ الـوراثـــة:

مازال السؤال حول تأثير الوراثة ام البيئة يثير فضول الكثير من العلماء والمهتمين بفسيولوجيـا الجهد البـدني. وعلى الـرغم من الاجابـة على هـذا السؤال هى خارج نطاق هذه المقالة الا أنّ لكل من الوراثة والتدريب البدني دوراً في تحديـد الاستهلاك الأقصى لـلأوكسجين لـدى الفرد حيث تشـير الدراسـات التي أجـريت عـلى التـوأم المتطابقين ان الوراثة تلعب دوراً مهماً في تحديد نسبة الاستهلاك الأقصى للأوكسجين التي يستطيع الفرد تحقيقها.

٣ ـ الحالـة التدريبيـة:

من المعـروف جداً ان التـدريب البدني يؤدي الى تحسـين مستـوى الاستهـلاك الأقصى للأوكسجين على الرغم من تفاوت نسبة التحسن بين فرداً وآخـر، على انـه يجب الأشارة الى انه كلما كان الفرد في حالة لياقة عـالية كلما كـان التحسن في مقدار الاستهلاك الأقصى للأوكسجين من جراء تدريب بدني أكثر ضآلة.

٤ ـ الجـنـــس:

تشير المعدلات الأعتيادية للأفراد بـأن الرجـال يمتلكون في المتـوسط استهلاكـاً أقصى للأوكسجين يفوق ما تمتلكه النساء، حيث يتراوح هذا الفـرق من ١٥ ـ ٢٠٪ عند احتسابه بالمليلتر لكل كجم من وزن الجسم في الدقيقة. ويعتقد ان سبب ذلـك يعود الى ان النساء يمتلكن نسبة أعلى من الشحوم مقارنة بالرجال، كما يعتقد ان مرد ذلك أيضاً الى انخفاض مستوى الهيموجلوبين لـدى النساء مقـارنة بـالرجـال حيث يقل لديهن بنسبة من ١٠ ـ ١٤٪ عنه لدى الرجال مما يجعـل السعة الأوكسجينيـة أو قدرة الدم على حمل الأوكسجين لدى الرجال أكبر منها لدى النساء.

٥ ـ التركيب الجسمي للفرد:

عنـد حساب الاستهـلاك الأقصى للأوكسجـين المطلق (لـتر/ ق) فـإن الأفـراد الذين يملكون أجسماماً ضخمة وعضلات كبيرة سيحققون في الغالب مستو عـال من الاستهلاك الأقصى للأوكسجين. ولهذا نـرى في الريـاضات التي تتـطلب ان يحمل

الفرد جسمه كما في الجري مثلاً ان العبرة ليس بالاستهلاك المطلق وحده ولكن يستحسن حساب الاستهلاك الأقصى للأوكسجين نسبة الى كل كجم من وزن الجسم لأن ذلك يعتبر مؤشر أفضل لمعرفة القدرة الهوائية القصوى للفرد.

٦ ـ العمر:

تصل أعلى نسبة للاستهلاك الأقصى للأوكسجين لدى الفرد بين ١٨ ـ ٢٥ سنة، على ان هذه النسبة تبدأ بالتناقص التدريجي مع التقدم في السن حيث نجد ان الاستهلاك الأقصى للأوكسجين للفرد عند سن ٦٠ يقل عن مستواه عند سن العشرين بنسبة تصل الى حوالي ٣٠٪ والجدير بالملاحظة ان التدريب البدني المنتظم يقلل من هذا التناقص التدريجي الذي يحدث مع التقدم في العمر. ويعتقد ان مرد الانخفاض في الاستهلاك الأقصى للأوكسجين مع التقدم في العمر يعود جزئياً الى الانخفاض في ضربات القلب القصوّى والانخفاض في حاصل القلب الأقصى مع التقدم في العمر.

كلمة أخيرة:

على الرغم من معرفتنا بان الرياضيين المتميزين في رياضات التحمل سيمتلكون بلاشك استهلاكاً أقصى للأوكسجين أكبر مما لدى الغير متدربين أو مما لدى الرياضيين في الرياضات الغير تحملية، على الرغم من ذلك فإنه يجب ان نشير الى ان قياس الاستهلاك الأقصى للأوكسجين لدى مجموعة من الرياضيين المتميزين في رياضات التحمل لن يعطينا القدرة التامة على التنبأ بمن سيتفوق في سباق تحملي وليكن مثلاً ماراثون أو ١٠٠٠٠ متر. ولتوضيح ذلك بمثال لنفترض ان لدينا ثلاثة متسابقين ماراثون أ، ب، ج يمتلكون استهلاكاً أقصى للأوكسجين يساوي ٧٢، ٧٤، ٧٧ مل/ كجم/ ق على التوالي. فبالرغم من ان تلك الأرقام تعد عالية نسبياً الا اننا لا نستطيع التنبأ بالتأكيد بمن سيفوز في السباق حيث ان هناك عامل آخر يدخل في الحسبان وهو قدرة الفرد أو اللاعب على استخدام قدراً كبيراً من استهلاكه الأقصى للأوكسجين بدون اللجوء بشكل متصاعد للطاقة اللاهوائية وبالتالي تزايد حمض اللبنيك. أي بمعنى آخر ما يسمى بمستوى العتبة اللاهوائية للفرد، فاللاعب الذي يمتلك عتبة لاهوائية عالية سيتمكن من اداء السباق بمستوى عال بدون الدخول في العمليات اللاهوائية.

المراجع

1 . Astrand, P.-O.: Quantification of Exercise Capability and Evaluation of physical capacity in Man. Progress in cardiovascular Disease, 1976, Vol. XIX, No. 1: 51-67.

2 . Astrand, P.-0., and K. Rodahl: Textbook of work physioloqy. New york: McGraw-Hill Book comp., 1987.

3 . Astrand, P.-O., and Ryhminq, I.: A Nomogram for calculation of Aerobic capacity (physical Fitness) from pulse Rate durinq Submaximal Work. J. Appl. physiol., 1954, 7: 218.

4 . Bouchard, C. & G. Lortie: Heredity and endurance performance Sports Medicine, 1984, I: 38-64.

5 . Burke, E.: Validity of selected laboratory and field tests of physical working capacity. Research Quarterly, 1976, 47: 95-104.

6 . Cooper, K. H. : Testing & Developing cardiovascular Fitness. In Exercise, Science & Fitness. (ed.) E. J. Burke. Mouvement publications: Ithaca, N. Y., 198, 45-55.

7 . Fox, E. L. Sports physiology, philadelphia: W. B. Saunders company, 1979.

8 . Joussellin, E., R. Handschuh, D. Barrault, and M. Rieu: Maximal aerobic power of French top level competitors. J. of sports Medicine, 1984, 24: 175-182.

9 . MacDougal, J. D., H. A. Wenger and H. J. Green: Physiological Testing of Elite Athlete. Canadian Association of sport Sciences, 1982.

10. McArdle, W., F. Katch, and V. Katch: Exercise physiology: Exercise physiology: Energy, Nutrition, and performance. philadelphia: Lea & Febigers, 1981.

11. Saltin, B. and P.-O. Astrand: Maximal Owygen uptake in athletes. J. Appl. physiol., 1967, 23: 353-358.

12. Saltin, B. G. Blomgvist, J. Mitchell, R. Johnson, K. wildenthal, and C. Chapman: Response to exercise after bed rest and after training. Circulation, 1968, 38 (suppl.): 1-78.

13. Shephard, Roy J.: Tests of Maximum oxygen Intake: A critical Review. Sports medicine, 1984, 1: 99-124.

14. WiLmore, Jack H.: Training for sport and Activity - The physiological Basis of the conditioning process. 2nd Edition, Boston, ALLyn And Bacon, Inc., 1982.