الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين وأهمية معرفته عند الرياضيين

د. حجاب عصام- جامعة محمد الشريف مساعدية - سوق أهراس- الجزائر
i.hadjab@univ-soukahras.dz

ملخص:

نهدف من خلال هذه المداخلة والمتمثلة في مقاربة نظرية خاصة "بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين وأهمية معرفته عند الرياضيين" إلى التوضيح والتعريف بهذا المؤشر الفسيولوجي Vo2max والوحدات المعبرة عنه سواء بالليترات أو المليليترات في مجال التدريب الرياضي (للاعب والمدرب) إضافة غلى معرفة أهمية هذا المؤشر والفائدة من قياسه، كذلك المؤشرات الفسيولوجية المتحكمة فيه (Vo2max).

كما نهدف من خلال هذه المداخلة أيضاً إلى التعريف بالعوامل التي تؤثر فيه والعلامات التي توضح وتبين الوصول غلى الحد الأقصى لاستهلاكهن وصولاً إلى الطرق المستخدمة في قياسه وهيا القياس المباشر للحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين والقياس الغير مباشر.

الكلمات المفتاحية:

الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين- الرياضيين

Abstract:

Throughout this intervention, represented via a theoretical method associated to "the maximum oxygen consumption and the importance of its knowledge for athletes", we aim to introduce this physiological conference Vo2 max and the units expressed either in liters or kiloliters in the field of sports training (for the player and coach) in addition to knowing the importance of this The indicator and the utility of its measurement, as well as the controlled physiological indicators (Vo2 max).

We additionally aim, through this intervention, to outline the factors that affect it and the signs that clarify and show reaching the maximum limit of their intake consumption to the method used in its measurement, which is the direct measurement of the maximum oxygen consumption and indirect measurement.

Key words:

The maximum oxygen consumption - athletes.

ISBN:978-9931-9721-1-2

مقدمة.

لا تستطيع العضلات الاستمرار في العمل العضلي بدون الأكسجين أكثر من عشر ثوان ، ولكن يمكن أن يستمر العمل العضلي لأكثر من دقيقة في حالة استمرار امداد العضلات بالأكسجين عن طريق نقله من الرئتين إلى العضلات العاملة، وكلما زادت شدة الحمل زادت سرعة استهلاك الأكسجين، ويطلق على أكبر سرعة لاستهلاك الأكسجين أثناء العمل العضلي باستخدام أكثر من 50 % من عضلات الجسم بمصطلح الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين (VO2max). (عبد الفتاح ،2003، ص. 459)

- **هذا ويعبر عن هذا المؤشر الفسيولوجي بوحدتين:**
- **بر عن الحد الأقصى المطلق لاستهلاك الأكسجين بعدد <u>الليترات</u>** المستهلكة من الأكسجين في الدقيقة الواحدة (ل/د) - (L/min).
- **يعبر عن الحد الأقصى النسبي لاستهلاك الأكسجين بعدد <u>المليليترات</u>** المستهلكة من الأكسجين مقابل كل كيلوغرام من وزن الجسم في الدقيقة الواحدة (ملل/كغ/د) - (Ml/min/kg).

نظراً لأن الأكسجين تستخدمه كل خلايا وأنسجة الجسم، لذا نجد أن الأفراد كبار الحجم يستخدمون كميات كبيرة من الأكسجين تفوق الكميات التي يستخدمها الأفراد الأقل في الحجم (الوزن) في وقت الراحة وأثناء المجهود البدني، ولهذا يجب أن تتم المقارنة بين الأفراد في استهلاك الجسم للأكسجين على أساس وزن الجسم أي باستخدام الحد الأقصى النسبي لاستهلاك الأكسجين. (عبد الفتاح، 1997، ص. 172).

1- تعريف:

- "هو قدرة المداومة الهوائية للرياضي غالبا ما يعبر عنها بالنسخة إلى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين، ويعني هذا الأخير كمية الأكسجين التي يمكن امتصاصها داخل الأنسجة (خاصة العضلات العاملة) خلال جهد بدني أقصى". (Brosch, Herremas, 2005, p. 20)

ISBN:978-9931-9721-1-2

- "هو الكمية القصوى للأكسجين التي يمكن للفرد لجسم الانسان امتصاصها على مستوى الجهاز الرئوي، ونقلها على مستوى الجهاز القلبي- الوعائي، واستعمالها على مستوى الجهاز العضلي وهي تتأثر بالتدريب". (Savoldelli, Laidet ,1998, p. 48)

- كمية الأوكسجين المستهلكة في وحدة الزمن خلال تمرين ذو شدة كافية. و تعني الأحرف المماثلة له على النحو التالي:

- ✓ ν الدفع Le Débit.
- ✓ 02 الأكسجين Oxygène.

- يعرف بأنه أقصى استهلاك للأكسجين يمكن للفرد بلوغه أثناء جهد بدني أقصى، و يعتبر دليل على كفاءة القلب و الرئتين في أخذ الأكسجين و نقله إلى العضلات العاملة ثم على قدرة العضلات العاملة على استخلاصه.

- يتراوح معدل استهلاك الأكسجين للشخص البالغ أثناء الراحة من (2-3) لتر/د و يزداد دليل استهلاك الأكسجين أثناء التدريب ليصبح (3-6 لتر /د) و يتوقف ذلك على عوامل منها السن، الجنس، شدة الحمل البدني و اتجاهه.

2- أهمية معرفة مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

- يعتبر الكثير من الخبراء الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين أحسن مؤشر يعبر عن كفاءة الأجهزة الوظيفية في صورة الجهاز القلبي الدوراني والقلبي التنفسي أي مدى تحسن مستوى صفة التحمل.
- كما أكدت دراسات (Pollock) سنة 1973 أن تدريب شخص عادي لأول مرة لمدة 30 قيقة ثلاث مرات أسبوعيا لمدة ستة أشهر بشدة 75% من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين تسجل تحسنا بنسبة من (15-20) %. (عبد الفتاح، 2003، ص. 182)
- و يبلغ متوسط نسبة الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين عند لاعب كرة القدم المستوى العالي حسب دراسات Cazorla (1998) ما قيمته 65 مل/كغ/د. (Ancian, 2008, p. 29)
- كلما كان مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين مرتفع، كلما ساهم في خفض نسبة تراكم حمض اللبن.

- إن أهمية الاعتماد على الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين كمؤشر فيزيولوجي يعبر بصورة واضحة عن الإمكانات القصوى لكفاءة الجهاز الدوري و التنفسي في نقل الدم و الأكسجين إلى العضلات العاملة، و كفاءة تلك العضلات في استهلاك الأكسجين و إنتاج

ISBN:978-9931-9721-1-2

الطاقة لأداء العمل، و هو عامل محدد و هام لمستوى الأداء في المسافات المتوسطة و الطويلة.

- إن $vo2_{max}$ يعتبر أفضل مؤشر لقدرة الجهازين الدوري و التنفسي على التحمل، فتبلغ نسبة الاستهلاك للأكسجين لدى الرياضيين ذوي المستويات العليا من (70-90 ملل/كغ/د)، و أنه من أهم أسباب الوصول إلى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين هو تأثير الأداء البدني لأنشطة التحمل على الأنزيمات المؤكسدة **للميتوكوندريا** حيث تساعد تدريبات التحمل في زيادة تلك الأنزيمات مما يساعد على زيادة استهلاك الأكسجين، و تحديد توزيع الأكسجين.
- ينتج التحسن في استهلاك الأكسجين عن الزيادة في حجم الدم و الدفع القلبي و قدرة العضلات على استهلاك الأكسجين، و كلما كانت العضلات قادرة على استهلاك الأكسجين و استخلاصه من الدم ساعد ذلك في زيادة نسبة استهلاكه.
- إن التدريب الرياضي يؤدي إلى زيادة الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بنسب متفاوتة تصل إلى 30% معتمدة على شدة الحمل التدريبي و تكراره، و عادة يصل أعلى معدل لاستهلاك الأكسجين عند الرياضي في عمر 20 سنة.

- يفيد قياس الاستهلاك الأقصى للأكسجين أثناء الجهد البدني في معرفة الآتي:

- قدرة الجهاز التنفسي على استنشاق أكبر كمية من الهواء و إدخالها إلى الرئتين.
- قدرة الجهاز الدوري على توصيل أكبر كمية من الأكسجين من الرئتين إلى أنسجة الجسم، و يرتبط ذلك بحجم الدم و عدد الخلايا الدموية الحمراء و تركيز الهيموغلوبين، و مقدرة الأوعية الدموية على تحويل سريان الدم من الأنسجة غير العاملة غلى العضلات العاملة.
- قدرة الجهاز العضلي على استخلاص الأكسجين المتوفر لديه، أي كفاءة عمليات التمثيل الغذائي و إنتاج الطاقة الهوائية.

3- المؤشرات الفسيولوجية المتحكمة في مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

- كفاءة عمليات تثبيت الأكسجين من الهواء الموجود في الجو.
- كفاءة وظيفة القلب والرئتين و الأوعية الدموية في توصيل أكسجين هواء الشهيق من الرئتين إلى الدم.

ISBN:978-9931-9721-1-2

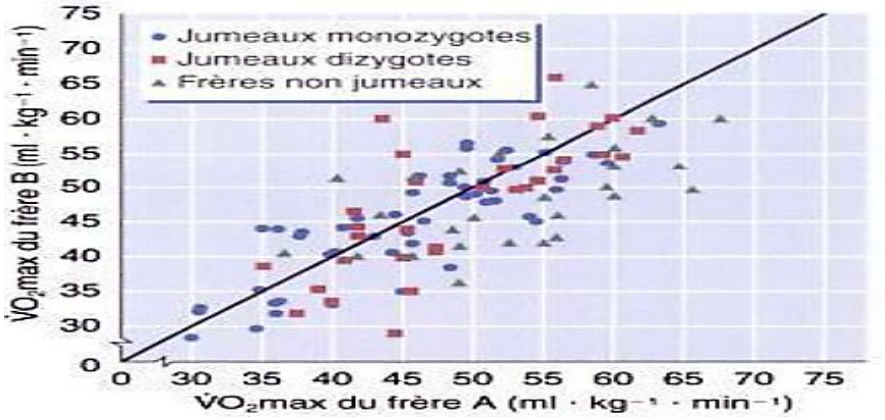
- كفاءة عمليات توصيل الأكسجين إلى الأنسجة بواسطة كريات الدم الحمراء ، أي السلامة الوظيفية للقلب، حجم الدم، عدد الكريات الحمراء وتركيز الهيموغلوبين. وقدرة الأوعية الدموية على تحويل الدم من الأنسجة غير العاملة الى العضلات العاملة أين تزداد الحاجة للأكسجين.
- كفاءة عمليات التمثيل الغذائي لإنتاج الطاقة. (Billat, 2012, p. 95)

4- العوامل المؤثرة على الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

يتأثر مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بمجموعة من العوامل هي:

4-1-الجانب الوراثي:

بينت دراسات (Klissouras,1960-1970) على نوعين من التوأم الأول حقيقي كانت فيه مستويات الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين متساوية والثاني توأم غير حقيقي أين سجل اختلاف بين كل زوج في نسبة الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين ، كما هو موضح في الشكل(14)، ويضيف (Bouchard) و أخرون أن الوراثة تحدد ما نسبته (25-50) % من قيمة الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين. (Wilmore et Costill, 2006, p. 231)



شكل(01) تأثير التدريب على مستوى النبض القلبي في الراحة. Wilmore et (Costill,2009)

4-2- السن:

ISBN:978-9931-9721-1-2

تزداد قيمة الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين خلال الطفولة و المراهقة حتى تبثث بين سن 20 إلى 30 سنة، ومن ثَم تتناقص حتى سن الـ 60. ويرى العلماء أن بين 11 إلى 14 سنة هي الفترة الأفضل لتطوير الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين. (Billat, 2017, p. 156)

4-3-الجنس:

يبلغ الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين أقصاه في سن العشرين عند الجنسين وينقص بعد ذلك حتى سن الستين، وهذه القاعدة مرتبطة بالجنس. (Wilmore et Costill, 2009 , p. 231)

يكون الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين عند الذكور أكبر منه عند الإناث وهذا عندما يبلغ ذروته أي خلال سن 20، ويستمر هذا التفوق لصالح الذكور في جميع مراحل الحياة.

4-4- مستوى التدريب:

يمكن أن يحصل تحسن في مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بنسبة 10 إلى 50% عند الأفراد الذين لا يمارسون الرياضة أو ممارسين غير منتظمين بعد العديد من الأسابيع من التدريب، كما يمكن أن يأخر التدريب الانخفاض المشروط لمستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بعد سن 25 سنة بتدريب منتظم للمداومة الهوائية.

(Billat, 2012, p. 163)

4-5- الاختصاص الرياضي:

يتأثر مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين حسب نوعية النشاط الممارس بل ويتعدى التأثير ليشمل مهام المنصب في الرياضات الجماعية ففي كرة القدم نجد تغيرات حسب منصب اللعب كما يلي:

- متوسط ميدان: 63 إلى 66 ml/min/kg.
- ظهير أيمن/أيسر: 60 إلى 63 ml/min/kg.
- مهاجم، ومدافع محوري: 56 إلى 60 ml/min/kg. (Zoudji, Rey, 2015, p. 32)

4-6- نوع الاختبار المستخدم:

من المتعارف عليه أن الاختبار الذي يتم فيه استخدام كتلة عضليّة كبيرة أثناء الجهد البدني يعطي مقداراً من الاستهلاك الأقصى للأكسجين أعلى مقارنة مع الذي يستخدم فيه كتلة صغيرة من الجسم، فاستخدام السير المتحرك على سبيل المثال يؤدي إلى الوصول في الغالب إلى مستوى من الاستهلاك الأقصى للأكسجين أعلى مما في حالة الدراجة الثابتة، كما أن

استخدام أداة قياس الجهد البدني تحاكي إلى حد كبير ما يستعمله الرياضي أثناء التدريب أو المسابقة يعطي مقداراً من الاستهلاك مقارنة بأداة أخرى غير متعود عليها الرياضي.

4-7- التكوين الجسمي لدى الفرد:

عند حساب الاستهلاك الأقصى للأكسجين بالحجم المطلق (لتر في الدقيقة) فإن الأفراد الذين يمتلكون أجساماً ضخمة و عضلات كبيرة سيحققون في الغالب مستوى عالياً من الاستهلاك الأقصى للأكسجين، أما في الرياضات التي تتطلب أن يحمل الفرد جسمه كما في الجري فإن العيرة ليست بالاستهلاك المطلق وحده و لكن ينبغي حساب الاستهلاك الأقصى للأكسجين نسبة إلى كل كغ من وزن الجسم، لأن ذلك يعتبر مؤشراً أفضل لمعرفة القدرة الهوائية القصوى للفرد. (هزاع بن محمد الهزاع، 2009، ص467)

5- علامات الوصول إلى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

- ❖ عدم زيادة استهلاك الأكسجين رغم زيادة شدة الحمل البدني.
- ❖ زيادة معدل نبضات القلب عن 180- 185 نبضة / دقيقة.
- ❖ زيادة مستوى التنفس ***Respiratory Quotien*** - RQ عن 1,1 "مستويات التهوية الرئوية " (حيث نسبة التنفس تساوي نسبة حجم ثاني أكسيد الكربون المطرود من عملية الزفير إلى حجم الأكسجين المستهلك خلال فترة زمنية معينة.
- ❖ ارتفاع تركيز حامض اللاكتيك في الدم "لا يقل عن 80=100مليغرام% (8 ملي مول).
- ❖ ارتفاع تركيز حامض اللاكتيك في الدم (عندما يصل (4) ملي مول لكل لتر دم). (80-100 ملي غرام في الدم)
- ❖ عندما يصل تركيز حامض اللاكتيك في الدم (4) ملي مول لكل لتر دم وهو يعادل (36) ملجم كل 100سم من الدم.

- ✓ لا نستطيع الحفاظ على VO2max أكثر من شهرين على أقصى تقدير لذا يجب علينا زيادته مرحلياً و التدريب يجب أن يبرمج قيمته القصوى خلال حوالي شهر قبل الهدف الاساسي للموسم.
- ✓ إن التوقف عن التدريب يسبب سقوطاً حراً في VO2max يمكن أن ينقص حتى 30% من قيمته الأولية مع عودة التدريب الـ VO2max يزيد خلال 05 أسابيع حتى يعود إلى الحالة الإبتدائية.

ISBN:978-9931-9721-1-2

6- طرق قياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

يتم تحديد الاستهلاك الأقصى للأكسجين بطرقتين: الطريقة المباشرة (القياس المباشر للحد الأقصى للأكسجين) و الطريقة غير المباشرة (التنبؤ بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين).

6-1- القياس المباشر للحد الأقصى للأكسجين:

يكون قياس الاستهلاك الأقصى للأكسجين بطريقة مباشرة ومعملية من خلال متغيرات قياس التبادل الغازي ويتطلب ذلك مختبراً مجهزاً بالأجهزة اللازمة لقياس نسبة الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وحجم التهوية الرئوية، حيث يعرض المفحوص إلى بذل أقصى جهد بدني ممكن باستخدام السير المتحرك أو الدراجة الثابتة. ويتم خلال ذلك قياس أقصى استهلاك للأكسجين لديه عن طريق معرفة نسبة الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في هواء الزفير وكذلك معرفة حجم هواء الزفير في الدقيقة، ومن ذلك يمكن معرفة الاستهلاك الأقصى للأكسجين باللتر في الدقيقة. حيث يتم جمع هواء الزفير طوال فترة أداء الاختبار عن طريق استخدام جهاز سبيرومتر ، أو بعض الآلات المدعومة بالكمبيوتر كما هو موضح في الشكل (02). (Billat, 2015, p. 65)

شكل (02) يوضح اختبار الدراجة الارجومترية لقياس الحد الأقصى لاستهلاك الاكسجين (Wilmore et Costill,2009).

وللتأكد من أن المفحوص قد حقق المستوى الحقيقي لاستهلاكه الأقصى للأكسجين يتفق الكثير من المختصين على وجوب تحقيق الشروط التالية:

ISBN:978-9931-9721-1-2

- وصول المفحوص على ضربات القلب القصوى المتوقعة لديه.
- أن مستوى استهلاك الأكسجين أخذ في الاستقرار أو الزيادة البسيطة جداً على الرغم من زيادة الجهد البدني.
- يشترط وصول حمض اللبن إلى مستوى أعلى من 8 ملى مول.

2-6- القياس غير المباشر للحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

فضلاً عن أن الطرق المعملية تتطلب مختبرا مجهزاً بالأدوات اللازمة لقياس استهلاك الأكسجين فهي غير عملية عند اختبار عدد كبير من المفحوصين وعلى نطاق واسع لما يتطلبه ذلك من جهد ودقة وتكلفة أيضاً، ولهذا يكثر استخدام الطرق غير المباشرة أو الميدانية والتي يتم من خلالها تقدير وليس قياس الاستهلاك الأقصى للأكسجين، ومعظم الاختبارات غير المباشرة لتقدير الاستهلاك الأقصى للأكسجين مبنية على افتراض أن هناك علاقة خطية بين ضربات القلب واستهلاك الأكسجين أثناء الجهد البدني وتتلخص هذه الطريقة في الاختبارات الأتية:

أ- اختبارات السير المتحرك:

توجد العديد من الاختبارات التي تستخدم السير المتحرك لقياس اللياقة الهوائية وتقدير الاستهلاك الأقصى للأكسجين.

ب- اختبارات الدراجة الثابتة:

توجد العديد من الاختبارات التي تستخدم الدراجة الثابتة لتقدير الاستهلاك الأقصى للأكسجين.

جـ- اختبارات صندوق الخطوة:

تصنف اختبارات الخطوة الهوائية كاختبارات أداء أقل من الأقصى، وتتأسس بشكل عام على العلاقة الخطية بين العبء الجهدي ومعدل القلب والحد الأقصى للأكسجين، حيث يقوم المفحوص بعمل الخطوات صعوداً وهبوطاً على صندوق الخطوة حتى يصل إلى جهد ومعدل قلب معين أو زمناً محدداً. ومن ثم يتم تقويم القدرة الهوائية عن طريق الاستجابات التي تحدث لمعدل القلب.

د- اختبارات جري المسافة:

تصنف اختبارات جري المسافة كاختبارات ميدانية تستخدم لقياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بطريقة غير مباشرة. وتستخدم في العادة شدة أقل من القصوى خلال فترات الأداء

ISBN:978-9931-9721-1-2

التي تمتاز بأنها طويلة نسبياً. وتتميز بإمكانية تطبيقها على أعداد كبيرة نسبياً من الأفراد دفعة واحدة مما يؤدي إلى توفير عامل الوقت، وتوجد العديد من اختبارات جري المسافة لتقويم اللياقة الهوائية لعل من أكثرها انتشاراً اختبار جري لمدة 12 دقيقة و اختبار جري لمدة 5 دقائق. (منصوري، 2019، ص. 75)

المراجع:

- أبو العلا، عبد الفتاح، ونصر الدين، رضوان. (1993). *فسيولوجيا اللياقة البدنية*، ط1، دار الفكر العربي.
- أبو العلا، عبد الفتاح، وحسانين، محمد صبحي. (1997). *فسيولوجيا و مورفولوجيا الرياضي وطرق القياس للتقويم*، ط1، دار الفكر العربي.
- أبو العلا، عبد الفتاح. (2003). *فسيولوجيا التدريب والرياضة*، ط1، دار الفكر العربي.
- منصوري، عبد الله. (2019). *دراسة مقارنة بين طريقتي التدريب المتقطع طويل والمتقطع قصير وأثرهما على كل من السرعة الهوائية القصوى والقوة المميزة بالسرعة للاعبي كرة القدم أكابر*، [أطروحة دكتوراه غير منشورة، الجزائر]. جامعة الجزائر 03.
- هزاع بن محمد محمد الهزاع. (2009). *فسيولوجيا الجهد البدني "الأسس النظرية والاجراءات المعملية للقياسات الفسيولوجية*، مركز النشر العلمي والمطابع، ج1، جامعة الملك سعود.
- Didier, *Rey*, Bachir, *Zoudji. (2015). Le football dans tous ses états Évolutions et questions d'actualités*, 1re édition De Boeck, Bruxelles.
- David L.Costill, Jack H.Wilmore, et Coll. (2006). *Physiologie du sport et de l'exercice*, Ed 03eme, Deboeck, Bruxelles.
- Jack, Savoldelli, Lionel, LAIDET. (1998). *Le guide pratique du cardio-training*, Ed Amphora, Paris.
- Jean-Paul, Ancian. (2008). *Football une préparation physique programmée*, Ed amphora. paris.
- Paul van den, Brosch, Marc, Herremas. (2005). *Manuel complet S'entrainer pour le triathlon*, Ed ,Chantecher, Belgique.
-Véronique, Billat. (2015). *Physiologie et méthodologie de l'entrainement*, Ed 05eme, Deboeck, Bruxelles, 2015.
- Véronique, Billat. (2017). Physiologie et méthodologie de l'entraînement, de la théorie à la pratique. Eds De Boeck.

ISBN:978-9931-9721-1-2

- Véronique, Billat. (2012). *Physiologie et méthodologie de l'entrainement*, Ed 03eme, Deboeck, Bruxelles.

ISBN:978-9931-9721-1-2