الحد الاقصى لإستهلاك الأكسجينVO_2 max

يعد مصطلح الاستهلاك الأقصى للأكسجين (والذي يرمز له بالرمز Vo^2 max) من أكثر المصطلحات الفسيولوجية استخداماً في مجال فسيولوجيا الجهد البدني ونظراً لتعدد استخدامات قياس القدرة الهوائية، لذا فهو يعد ضمن أهم الاختبارات والمقاييس التي تجري في البحوث الفسيولوجية وخصوصاً تلك التي تهدف إلى التعرّف على كفاءة الجهاز القلبي التنفسي وقدرته الوظيفية

ويعرّف بأنه أقصى استهلاك للأكسجين يمكن للفرد بلوغه أثناء جهد بدني أقصى، ويعتبر دليل على كفاءة القلب والرئتين في أخذ الأكسجين ونقله إلى العضلات العاملة ثم على قدرة العضلات العاملة على استخلاصه

ويتراوح معدل إستهلاك الأكسجين للشخص البالغ أثناء الراحة من (2-3) لتر/ق ويزداد معدل إستهلاك الأكسجين أثناء التدريب ليصبح (3-6 لتر/ق) ويتوقف ذلك على عوامل منها السن ، الجنس وشدة الحمل البدني وإتجاهه.

أن تحديد القدرة على إستهلاك الأكسجين يعتبر مقياساً جيداً للتعرف على قدرة الفرد الرياضي على الأداء لسباقات التحمل ، فكلما إرتفع مستوى الحد الأقصى لإستهلاك الأكسجين تحسن مستوى أداء اللاعب في رياضات التحمل.

تعتمد العمليات البيوكيميائية لإنتاج الطاقة الهوائية على وجود الأكسجين،فهو يعتبر عاملاً أساسياً في إنتاج الطاقة الهوائيه عند إستهلاك الكربوهيدرات و الدهون كمصدر للطاقة وتعتبر كفاءة الجسم في إستهلاك الأكسجين من القدرات الهامة التي يتطلبها النشاط البدني والذي يتطلب تحمل الأداء لفترة طويلة ،حيث أن إستهلاك الأكسجين بكفاءة يعني الإقتصاد في إستهلاك الطاقة وبالتإلي يتوافر للجسم فرصالأداء البدني بكفاءة وفاعلية اكبر ، وهو ما يعرف بالقدرة الهوائية وتقاس بأقصى كمية أكسجين يستطيع الجسم إستهلاكها في وحدة زمنية وهذا ما يطلق عليه الحد الأقصى لإستهلاك الأكسجين.

وأنه عند البدء في التدريب يزداد معدل القلب مباشرة، وترتبط نسبة الزيادة بشدة التدريب، ويستدل على شدة التدريب بنسبة إستهلاك الأكسجين فكلما إزداد معدل القلب أزداد معدل الإستهلاك الأكسجين.

وان مفهوم الحد الأقصى لإستهلاك الأكسجين إلى إمتصاص الأكسجين بواسطة الجهاز التنفسي ، ثم نقله عبر الجهاز القلبي الوعائي وإستخلاصه من قبل العضلات العاملة، وهو مؤشر جيد لكفاءة القلب والرئتين والعضلات ويرتبط طرديا مع شدة الحمل البدني، ويتم الوصول إلى حجم الإستهلاك الأقصى للأكسجين من خلال أقصى جهد بدني حتى الوصول إلى مرحلة التعب، بهدف تنمية التحمل الدوري التنفسي.

وأن أهمية الإعتماد على الحد الأقصى لإستهلاك الأكسجين كمؤشر فسيولوجي يعبر بصورة واضحة عن الإمكانيات القصوى لكفاءة الجهازين الدوري والتنفسي في نقل الدم و الأكسجين إلى العضلات العاملة ، وكفاءة تلك العضلات في إستهلاك الأكسجين وإنتاج الطاقة لأداء العمل ، وهو عامل محدد وهام لمستوى الأداء في المسافات المتوسطة والطويلة .
و أن VO_2 max يعتبر أفضل مؤشر لقدرة الجهازين الدوري والتنفسي على التحمل ، فتبلغ نسبة الإستهلاك النسبي للأكسجين لدى الرياضيون ذو المستويات العليا من 70 -90 ملل /كجم/ ق، وأنه من أهم أسباب الوصول إلى الحد الأقصى لإستهلاك الأكسجين هو تأثير الأداء البدني لأنشطة التحمل على الإنزيمات المؤكسدة للميتوكوندريا Mitochondria حيث تساعد تدريبات التحمل في زيادة تلك الإنزيمات مما يساعد على زيادة إستهلاك الأكسجين، وتحديد توزيع الأكسجين ينتج التحسن في إستهلاك الأكسجين عن الزيادة في حجم الدم والدفع القلبي وقدرة العضلات على إستهلاك الأكسجين ، وكلما كانت العضلات قادرة على إستهلاك الأكسجين وإستخلاصه من الدم ساعد ذلك في زيادة نسبة إستهلاكه.

أن التدريب الرياضي يؤدي إلى زيادة الحد الأقصى لإستهلاك الأكسجين بنسب متفاوتة تصل إلى 30% معتمدة على شدة الحمل التدريبي وتكراره،وعادة يصل أعلى معدل لإستهلاك الأكسجين عند الرياضي في عمر20 سنة .

لا تستطيع العضلات الإستمرار في العمل العضلي اللاهوائي أكثر من عشرات الثواني ولكن يمكن أن يستمر العمل العضي لأكثر من دقيقة في حالة إستمرار إمداد العضلات بالأكسجين عن طريق نقلة من الرئتين إلى العضلات العاملة ، وكلما زادت شدة الحمل زادت سرعه إستهلاك الأكسجين ، ويطلق على أكبر سرعة لإستهلاك الأكسجين أثناء العمل العضلي لفترة تزيد عن 3-5 دقائق وبإستخدام أكثر من 50% من عضلات الجسم الحد الاقصى لإستهلاك الأكسجين أو القدرة الهوائية للقصوى.

وعلامات الوصول إلى الحد الأقصى لإستهلاك الأكسحين عدم زيادة إستهلاك الأكسجين عند زيادة شدة الحمل البدني ، زيادة معدل القلب عن 180 -185 ضربة/ دقيقة ،زيادة نسبة التنفس (RQ) عن 1,1 ،إرتفاع تركيز حامض اللاكتيك في الدم عن 80 – 100ملليجرام %.

ويفيد قياس الاستهلاك الأقصى للأكسجين أثناء الجهد البدني في معرفة الآتي:

1- قدرة الجهاز التنفسي على استنشاق أكبر كمية من الهواء و إدخالها إلى الرئتين.
2- قدرة الجهاز الدوري على توصيل أكبر كمية من الأكسجين من الرئتين إلى أنسجة الجسم، ويرتبط ذلك بحجم الدم وعدد الخلايا الدموية الحمراء وتركيز الهيموجلوبين، ومقدرة الأوعية الدموية على تحويل سريان الدم من الأنسجة غير العاملة إلى العضلات العاملة.
3- قدرة الجهاز العضلي على استخلاص الأكسجين المتوفر لديه، أي كفاءة عمليات المثيل الغذائي و إنتاج الطاقة الهوائية.

وزن الجسم والحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

نظراً لأن الأكسجين تستخدمه كل خلايا وأنسجة الجسم، لذا نجد أن الأفراد كبار الحجم (الوزن) يستخدمون كميات كبيرة من الأكسجين تفوق الكميات التي يستخدمها الأفراد الأقل في الحجم (الوزن) في وقت الراحة وأثناء المجهود البدني، وبناء على ذلك يجب أن تتم المقارنة بين الأفراد في استهلاك الجسم للأكسجين على أساس وزن الجسم، ويعبر عن ذلك بمصطلح (ملليتر. كيلوجرام/ دقيقة)

وحدات حساب الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:-

يمكن حساب الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بطريقتين هما:

أ- الطريقة المطلقة: لتر/دقيقة.
ب- الطريقة النسبية: ملليتر.كجم/ق (ملليتر لكل جرام من وزن الجسم).

طرق قياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين :-

يتم تحديد الاستهلاك الأقصى للأكسجين بطرقتين:

1- الطريقة المباشرة (القياس المباشر للحد الأقصى للأكسجين).
2- الطريقة غير المباشرة (التنبؤ بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين).

أولاً: القياس المباشر للحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:-

يتم قياس الاستهلاك الأقصى للأكسجين بطريقة مباشرة ومعملية من خلال متغيرات قياس التبادل الغازي . ويستهدف معرفة كمية الأكسجين الداخلة مع هواء الشهيق، و كمية الأكسجين الخارجة مع هواء الزفير، بحيث يدل الفرق بين الكميتين على مقدار الأكسجين الذي يستخدمه الجسم عن طريق نظام النقل الألكتروني للميتوكوندريا لإنتاج الطاقة الهوائية.

ويمثل الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين الفرق بين حجم الأكسجين الداخل إلى الرئتين (الشهيق) وحجم الأكسجين الخارج من الرئتين مع هواء الزفير.

الحد الأقصى للقدرة الهوائية = حجم أكسجين هواء الشهيق - حجم أكسجين هواء الزفير

ويتطلب ذلك مختبراً مجهزاً بالأجهزة اللازمة لقياس نسبة الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وحجم التهوية الرئوية أثناء قيام الفرد بأداء جهد بدني أقصى باستخدام بعض أشكال التمرينات البدنية مثل المشي أو الجري على السير المتحرك، أو الخطو على المقعد، أو التبديل على الدراجة الأرجومترية، كما يمكن قياسه أثناء السباحة أو التجديف أو الانزلاق أو عند استخدام أرجومتر الذراع.

كما يتطلب تشغيل هذه الأجهزة خبراء متخصصون، إضافة إلى كونها تستغرق وقتاً طويلاً في التنفيذ بحيث تصبح غير مناسبة عند تطبيقها على مجموعات كبيرة العدد.

طريقة قياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين المباشرة:-

تتلخص الطريقة بأن 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 اللتر في الدقيقة. حيث يتم جمع هواء الزفير طوال فترة أداء الاختبار عن طريق استخدام جهاز سبيرومتر متنقل أو عن طرق أكياس دوجلاس ، أو بعض الآلات المدعومة بالكمبيوتر.

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

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

.

ثانياً: القياس غير المباشر للحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:-

وتستخدم هذه الطريقة للتنبؤ بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين وهى تعبّر عن قيمة غير معلومة يتم الحصول عليها عن طريق قياس متغيرات معّرفة وهى:

معدل القلب HR قبل المجهود البدني، والاستجابات التي تحدث لهذا المعدل نتيجة للمجهود. و تستخدم الاستجابات التي تحدث لمعدل القلب HR أثناء المجهود البدني كمتغير تجريبي مهم للتنبؤ بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين و يطلق على هذه الطريقة القياس غير المباشر، وذلك

لكونها تعتمد على استخدام عدد من المعادلات الرياضية، و التي تم إعدادها للتنبؤ بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين وفقاً لبعض الأساليب الإحصائية،

الأدوات والأجهزة المستخدمة لتقنين الأحمال البدنية عند قياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين.

1- الخطو على المقعد.
2- العمل على الدراجة الأرجومترية.
3- المشي أو الجري على السير المتحرك.
4- السباحة المقيدة.
5- السباحة في القناة الصناعية.
6- الأداء في بعض الأنشطة الرياضية "كالدراجات، التجديف، والانزلاق

الطرق غير المباشرة لتحديد الاستهلاك الأقصى الأكسجين:

فضلاً عن أن الطرق المعملية تتطلب مختبراً 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.

وهنالك العديد من هذه الاختبارات وسوف نتطرق على ذكر الشائع منها على أساس ما تستخدمه من أدوات: وهي:

- **اختبارات السير المتحرك Treadmill**
- **اختبارات الدراجة الثابتة Cycle Ergometer**
- **اختبارات صندوق الخطوة Step Test**
- **اختبارات جري المسافة**