جامعة باجي مختار عنابة

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية

قسم التربية البدنية

محاضرات مقياس : فسيولوجيا الجهد البدني أستاذ المقياس : أ/بوعسلة عادل

المستوى الدراسي : ثالثة ليسانس التخصص : تدريبب رياضي + نشاط بدني رياضي تربوي

المحاضرة رقم (03) : الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين VO2max

1/ تعريف الحد الأقصى لاستهلاك الاكسجين VO2max

2/ عوامل تغير VO2max

3/ محددات الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين

4/ حساب استهلاك الأكسجين حسب معادلة فيك

5/ قياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين

1/ تعريف الحد الأقصى لاستهلاك الاكسجين VO2max

عند أداء تمرين بشدة متزايدة نسجل بأن استهلاك الاكسجين يزداد مع الزيادة في شدة التمرين حتى يصل إلى قيمة تابثة (أ) لا تزيد حتى مع زيادة شدة التمرين تمثل هذه القيمة (أ) ما يسمى بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين VO2max .

والحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين VO2max هو أقصى حجم من الأكسجين يمكن لجسم الإنسان استهلاكه في وحدة زمنية (دقيقة) عند القيام بمجهود. وهو الحجم الأقصى من الأكسجين الذي يدخل عن طريق الجهاز التنفسي وينقل من طرف الجهاز القلبي الدوراني ويستهلك من طرف العضلات خلال وحدة زمنية (دقيقة).

الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين المطلق (L/min)

الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين النسبي (MIL/min/kg)

ملاحظة : يعتبر مصطلح VO2max مصطلح مخبري أكثر منه ميداني (أي يصعب استعماله مباشرة كمؤشر فسيولوجي في الميدان) لذلك تم تعويضه ميدانيا بمؤشر VMA السرعة الهوائية القصوى.

والسرعة الهوائية القصوى VMA هي سرعة الأداء المرتبطة بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين (أي سرعة الأداء الموافقة لوصول الفرد إلى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين الخاص به) ويمكن تحديدها بطرق مخبرية و أخرى ميدانية.

2/ العوامل المؤثرة الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين VO2max

الجنس :

يكون الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين أقل بشكل عام عند الإناث منه عند الذكور بنسبة (25%) وهذا راجع بالأساس إلى :

- زيادة نسبة الدهون عند الإناث على الذكور وهذا ما يجعل الفرق لصالح الذكور (10 إلى15 %)
- تركيز كريات الدم الحمراء في الدم أكبر عند الرجال وبالتالي فإن قدرة نقل الأكسجين تكون أقل عند الإناث وأكبر عند الذكور

السن :

يزداد الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين المطلق(L/min) تدريجيا حتى يبلغ أقصاه في سن 20سنة ثم يبقى تابث نسبيا حتى سن 30 سنة ثم يبدأ في الانخفاض تدريجيا حتى يصل في سن 60 سنة إلى 70% من قيمته الأولية فقط عند الأشخاص العاديين. أما بالنسبة للحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين النسبي (MIL/min/kg) فيسجل أعلى مستوى له بسن 10 سنوات ثم ينخفض تدريجيا طبعا هذا عند الإنسان العادي أما الرياضي فيمكن الاستمرار في تحسينه حتى العشرينات من العمر.

الوراثة :

حسب بعض الأبحاث تؤثر الخصائص الوراثية بنسبة 25% في الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين VO2max ومن بين هذه الخصائص مثلا (حجم القلب وحجراته وما له من أثر مباشر على التدفق القلبي (Qc) وكذلك مستوى تواجد ونشاط الإنزيمات الخاصة بالأكسدة كما يدخل الجانب الوراثي أيضا بشكل كبير فيما تعلق بتجاوب جسم الرياضي مع التدريب الخاص بتحسين VO2max حيث أن نفس التدريب يمكن أن يكون له تأثير مختلف على تحسين نسبة VO2max حيث قد تصل نسبة الإختلاف من 0 إلى 40 % من شخص لآخر.

التدريب :

كما سبق وأن ذكرنا فإن التدريب يمكن له أن يحسن في نسبة VO2max بنسبة من 0 إلى 40% وبمتوسط من 15 إلى 20%.

يتأثر التدريب بالوراثة ولكن يتأثر أيضا بنسبة VO2max الأولي وكذلك السن حيث التحسن شكل أكبر عند الشباب (خاصة المرحلة الاولى للبلوغ مهمة جدا لتحسين VO2max حيث يكون التحسن أكبر من 11/10 سنة عند الاناث ومن 13/12 سنة عند الذكور).

3/ محددات الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين

هناك ثلاثة عوامل أساسية تؤثر مباشرة في تحديد الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين VO2max وهي :

- إدخال وتثبيث الأكسجين (O2) في الدم.
- نقل الأكسجين (O2) في الجسم.
- قدرة العضلات العاملة على استعمال الأكسجين (O2).

أولا : إدخال وتثبيث الأكسجين (O2) في الدم

(الجهاز التنفسي)

1/التدفق التنفسي (Dr/Qr)

Qr = Fr * Vc

2/تبادل الغازات (O2وco2)

بين الحويصلات والدم

ثانيا : نقل الأكسجين في الجسم

(الجهاز القلبي الدوراني)

1/التدفق القلبي (Qc)

$$Qc = Fc * Vs$$

$$Vs = VTD - VTS$$

2/تركيز الأكسجين في الدم الشرياني

تركيز الهيموغلوبين في الدم + مستوى تشبع الهيموغلوبين بالأكسجين.

3/عدد الشعيرات الدموية المتصلة بكل ليف عضلي

ثالثا : قدرة العضلات على استعمال الأوكسجين (O2)

1/تكوين العضلات (نوع الألياف العضلية)

2/نشاط إنزيمات الأكسدة

يحددان معا قيمة (DAV)

$$DAV = Cao2 - Cvo2$$

كلما زادت قيمة (DAV) زاد استهلاك العضلة للأكسجين

4/ حساب استهلاك الأكسجين حسب معادلة فيك

يحسب فيك استهلاك الأكسجين حسب المعادلة التالية :

$$VO2 = Qc\ (Cao2 - Cvo2)$$

$$Qc = Fc * Vs$$

$$Vs = VTD - VTS$$

نحصل على جميع القيم جراء المجهود حيث يمثل كل من :

Qc : قيمة الدفع القلبي / Cao2 : المحتوى الأكسجيني الشرياني / Cvo2 : المحتوى الشرياني الوريدي

5/ 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 أنظر إلى الشكل رقم (1)، أو بعض الآلات المدعومة بالكمبيوتر أنظر إلى الشكل رقم (2) .

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 ملي مول

ثانياً: القياس غير المباشر للحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

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

معدل القلب Fc قبل المجهود البدني، والاستجابات التي تحدث لهذا المعدل نتيجة للمجهود. و تستخدم الاستجابات التي تحدث لمعدل القلب Fc 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، (مثال الانحدار المتعدد).

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