المحاضرة السادسة

الحد الاقصى لاستهلاك الاكسجين.

اهدا ف المحاضرة

يتعرف الطالب على:

- **سعة الهواء القصوى**

  قياسVO2max
- **الحجم الاقصى للاكسوجين والعتبة اللاهوائية**
- **قدرة التحمل والسرعة الهوائية القصوى والقدرة الهوائية القصوى.**

1- كمية الأكسجين التي يستهلكها الشخص في اليوم

وفقًا لجمعية الرئة الأمريكية ، يمكن أن تستوعب رئة الذكر البالغ 6 لترات كحد أقصى (حوالي 1.5 جالون) من الهواء وهذا يشمل الهواء من نفس طبيعي ، بالإضافة إلى الهواء الإضافي الذي يمكنك إدخاله ، والهواء الإضافي الذي تخرجه بعد الزفير المنتظم ، وأي هواء متبقي في الرئتين بعد كل ذلك. تقدر الجمعية أنك تستهلك 2000 جالون (7570 لترًا) من الهواء يوميًا.

الهواء الذي يتم استنشاقه مكوّن من حوالي 20٪ أكسجين ، والهواء الذي يتم زفيره من حوالي 15٪ أكسجين ، لذلك حوالي 5٪ من حجم الهواء يُستهلك في كل تنفس ويتحول إلى ثاني أكسيد الكربون. لذلك ، يستخدم الإنسان حوالي 100 جالون (378 لترًا) من الأكسجين النقي يوميًا (5 بالمائة من 2000 جالون).

من الواضح أن الشخص الذي يمارس الرياضة يستخدم كمية أكسجين أكثر من ذلك بكثير. يمكنك تحديد مقدار الهواء الذي يتحرك عبر رئتيك عن طريق الزفير في كيس بلاستيكي معروف الحجم في كل تنفّس ومعرفة الوقت المستغرق لملء الكيس.

2- الحجم الاقصى للاكسجين

السعة القصوى للأكسجين VO2max) هي أكبر سعة الجسم لاستيعاب الأكسجين في حالة بذل أكبر مجهود في الدقيقة. وتقاس تلك الخاصية بالمليلتر أكسجين لكل دقيقة (مليلتر/O2 دقيقة). وقد تستخدم الخاصية VO2max كمقياس لتقييم قدرة شخص على بذل مجهود جسماني.

- يمكن قياس السعة القصوى للأكسجين معمليا فإن ذلك يعطي قيمة كمية عن مدى قدرة رياضي على أداء جهد لمدة طويلة بالمقارنة بشخص أو متسابق آخر، ويشير استهلاك عالي للأكسجين إلى كفاءة الجهاز التنفسي القلبي والكفاية بالنسبة إلى استمرارية بذل المجهود ، الرياضيّون الذين يمارسون الجري مسافات طويلة ومتسابقو الدراجات الذين يقطعون مسافات كبيرة، أو ممارسو رياضة الانزلاق على الجليد لمسافات طويلة، كل هؤلاء يتمتعون بسعة قصوى للأكسجين كبيرة، تصل إلى 90 مليلتر/(كيلوجرام·دقيقة), بالمقارنة تبلغ تلك السعة لحصان مثلا أو لغزال ما يزيد عن

200 مليلتر/(كيلوجرام دقيقة، (مثل المقياس «المطلق) VO2max «مليلتر/دقيقة) مقياسا لا يأخذ في الحسبان وزن الجسم. وبناء على ذلك فإن الأشخاص الكبار جسمانيا وذوي الأوزان الكبيرة تكون لديهم سعة قصوى للأكسجين أعلى ممن يكونون قصيرين أو ذوي وزن منخفض. لهذا فإن المقياس الذي يعتمد عليه هو المقياس «النسبي» أي «السعة النسبية القصوى للأكسجين»، وتعريفها
(مليلتر أكسجين/دقيقة/كيلوجرام), حيث أنها هي التي يمكن الاعتماد عليها في المقارنة بين قدرة الرياضيين على استمرارية بذلهم للمجهود، وذلك بالنسبة لرياضات يلعب فيها وزن المتسابق و/أو حجم جسمه (مثل الجري، وسباق الدراجات الهوائية، وسباق الانزلاق على الجليد) دور كبير. بهذا يمكن مقارنة قدرة شخص بشخص آخر. إن المقياس VO2max يمثل عدة عمليات تختص بمدى استفادة الجسم من الأكسجين، وهي:

- الحصول على الأكسجين بواسطة الرئتين، ونقله ا في الدم عن طريق الدورة الدموية، واستفادة الخلايا العضلية القائمة بالحركة منه، و كذلك استفادة بقية العضلات الهيكلية بالاكسجين، وعضلات القلب، والعضلات الملساء، والخلايا العصبية وخلايا جميع الأعضاء، فهي تحتاج الأكسجين وتقوم بالاستفادة منه.

3- قياسVO2max

يتم قياس حجم الأقصى للأكسجين على السير الرياضي أو على الدراجة المخصوصة لذلك، حيث يقوم الشخص تحت الاختبار بإدارتها بقدر استطاعته، وعن طريق الجهاز الموصل بأنفه تقاس نسبة الأكسجين في الهواء الذي يتنفسه وكذلك تقاس نسبة ثاني أكسيد الكربون، ويقاس حجم هواء الزفير، كما يُقاس الوقت لإخراج الزفير، فمن تلك القياسات يمكن تعيين .VO2max ولمعرفة تناسب النتيجة للشخص بدقة يجب أخذ وزن الشخص في الحسبان.

- **طريقة أخرى لقياس VO2max**

$$\mathbf{Vo2max = HMV(CaO - CvO2}$$

HMV = حجم الدم الذي يدفعه القلب في الدقيقة = CaO2 محتوى الأكسجين في دم الشريان - CvO2 محتوى الأكسجين في دم الوريد.

تلك هي الطريقة الدقيقة لتعيين السعة القصوى للأكسجين للشخص، ولكنها تحتاج إلى أخذ عينات من الدم من الشريان ومن الوريد وتؤخذ تلك العينات أثناء قيام الشخص بالجهد المطلوب. هذه الطريقة تستخدم غالبا للأغراض البحث العلمي، وليست للممارسات اليومية.

طريقة تقريبية لـ «أوت وسورينسون]«

عبارة عن طريقة تقريبية وهي تعيين السعة القصوي النسبية للأكسجين، تعتمد على قياس أعلى نبض للقلب ومقارنته بنبضه أثناء الراحة، وهذه الطريقة من ابتكار سورينسون وزملائه.

$$\mathbf{VO2max = HFmax/ HFRuhe . 15 ml/ kgmin}$$

هذه المعادلة تستخدم أعلى نبض للقلب (HFmax) ونبض القلب خلال السكون (HFRuhe) بغرض تعيين الحد الأقصى للاكسجين VO2max

4- الحجم الاقصى للاكسوجين والعتبة اللاهوائية (المنطقة الحمراء)

لا ينبغي خلط الحجم الاقصى للاكسوجين والعتبة اللاهوائية، إنه يمثل قدرة هوائية كامنة ، أي أن العتبة الكامنة التي يكون اسفلها نظام طاقوي هي في الأساس النظام الهوائي (مع استخدام الأكسجين).

ففي الواقع ، لا يتم استغلال هذه الإمكانات بالكامل. فاذا اعتمدنا على درجة التدريب فهو يعتبر جزء فقط ،

وبالتالي ، فإن الشخص غير المتدرب ، على سبيل المثال لا يستخدم أكثر من 50٪ من VO2max.
بعد هذه العتبة اللاهوائية، يتولى النظام اللاهوائي إنتاج الفضلات في الدم ، اللاكتات في الدم التي تتجاوز قدرة الجسم على التخلص منهاحيث يحدث تراكم لهذه اللاكتات التي تمنع تدريجياً العضلات من العمل ومنه وتؤثر على الأداء. تتوافق العتبة اللاهوائية مع قيمة VO2max حيث يوجد توازن بين إنتاج اللاكتات والتخلص منها من قبل الجسم. تحت هذا الحد ، يتم استخدام النظام اللاهوائي ولكن بنسب قليلة

5- الحد الأقصى للاكسوجين والأداء

كلما ارتفع VO2max، زادت سرعة قدرة اللاعب على بذل جهد معين، كما يمكن اعتبار الحد الاقصى للاكسجين كمعيار لتقييم الاداء البدني، حيث انه يعطي اشارة حول مستوى اللياقة والقدرة على التحمل للرياضي، فكلما كانت قيمة VO2max مرتفعة كلما كانت باستطاعة الرياضي الحافظ على جهد بشدة معينة في زمن معين، فإذا ارتفع الحد الاقصى للاكسجين عند الرياضي سيتمكن من الجري بشكل أسرع على نفس المسافة او لفترة أطول بنفس السرعة، وبالتالي يمكن اعتبار VO2max عاملاً يحد من القدرات الرياضية. إنه يشكل حدًا لا يمكن تجاوزه من حيث تدفق الأكسجين، حجم الأكسجين الذي يتم إحضاره إلى الجسم يزداد مع التمرين البدني، ولكن فوق الـ VO2max لا يمكنه أن يرتفع أكثر، هذا لا يعني أن القدرة القصوى التي طورها الرياضي أو أن سرعته القصوى قد بلغت ذروتها. يمكنه أن يذهب أبعد من ذلك ولكن لفترة قصيرة جدًا (بضع ثوانٍ أو دقائق على الأكثر). **و**كمؤشر ، فيما يلي بعض الأرقام التي تشير إلى المدة التي يمكن من خلالها أن يحافظ الرياضي المتدرب على جهد وفقًا للنسبة المطبقة للحد الاقصى للاكسجين:

- 100 % من الحد الأقصى للأكسجين: 7 إلى 8 دقائق.
- 85 % من الحد الأقصى للأكسجين: 1 ساعة.
- 75 % من الحد الأقصى للأكسجين: 2 ساعة و3 دقيقة.

العتبة اللاهوائية مؤشر على التحملّ.

يتم طلب النظام اللاهوائي (دون استخدام الأكسجين) قبل الوصول إلى عتبة الحد الأقصى للأكسجين (القدرة الكامنة الهوائية)، حيث يجلب هذا النظام للعضلات طاقة مكملة للنظام الهوائي. فخارج العتبة اللاهوائية (50 إلى 85٪ من VO2max) يتجاوز إنتاج فضلات الدم ، اللاكتات ، قدرة الجسم على التخلص منها ويفرض على الرياضي خفض سرعته، وللحفاظ على الجهد الذي يرتكز على الوقت يجب أن يكون عمل الرياضي أقل من أو في حد العتبة اللاهوائية. تحدد هذه العتبة صفة التحمل، كما يمكن زيادة العتبة اللاهوائية عن طريق عمل محدد (تمامًا مثل VO2max).

- **لا يعني نفس الحد الاقصى للاكسجين بالضرورة نفس الاداء البدني**: ليس الحد الأقصى لامتصاص الأكسجين هو المعيار الوحيد الذي يجب مراعاته عند تقييم الأداء ، هناك معايير أخرى تتدخل مثل الفزيولوجيا وتسيير المصادر الطاقوية، وادارة الاجهاد ....إلخ إلى جانب التحمل،

وبالتالي ، فإن اثنين من الرياضيين لهما نفس VO2max لا يكون لهما بالضرورة بنفس الأداء ولن ينهيا المنافسة او السباق في أوقات متطابقة.

6- قدرة التحمل

يشير VO2max إلى قدرة هوائية كامنة ، قدرة غير مستدامة على مدى فترة طويلة. في الواقع ، فإن العتبة اللاهوائية هي التي تحدد الحدود وتحدد قدرة تحمل الرياضي.

في الواقع ، خلال تمارين التحمل ، وبالتالي الجهد الطويل ، يعمل الرياضي بشدة أقل من قدرته القصوى (VO2max) ، على سبيل المثال عند 80 ٪ ، حتى يتمكن من الحفاظ على جهده طوال مدة السباق. العتبة التي لا يجب تجاوزها هي العتبة اللاهوائية التي يتجاوز بعدها إنتاج فضلات الدم ، اللاكتات ، قدرة الجسم على القضاء عليها ، مما يجبر الرياضي على إبطاء وتيرته أو حتى التخلي عن السباق.
هذه القدرة على الحفاظ على الجهد لأطول فترة ممكنة (على الأقل طوال مدة الحدث) وبالشدة المثلى (أعلى شدة ممكنة) تسمى التحمل. يجب أن يتحكم الرياضي في السباق ليكون ذو أداء عالي ومداومًا في مرحلة ضد الساعة على سبيل المثال ، يتمكن بعض الؤياضيين من العمل بنسبة 85 ٪ من VO2max بينما البعض الآخر بنسبة 80 ٪ فقط. يحدث هذا فرقًا كبيرًا في النهاية ، حيث تختلف سرعة الجري بين المجموعتين. عند تساوي VO2max ، لن يعرضون نفس أوقات السباق.

تتحدد القدرة على التحمل من خلال 4 عوامل رئيسية: القلب والنفس والعضلات وقوة الإرادة. يمكن تحسينه من خلال الإعداد الخاص.

7- القدرة الهوائية القصوى

ترتبط القدرة الهوائية القصوى ارتباطًا وثيقًا بـ VO2max. إنها القدرة التي يكون فيها استهلاك الأكسجين للفرد في أقصى حد له أثناء المجهود البدني. بشكل عام ، من الممكن الحفاظ على هذه السرعة بين 3 دقائق و 8 دقائق.

كلما تم تدريب الؤياضي ، كلما كان قادرًا على الاحتفاظ بهذه القدرة لفترة أطول. حيث تتوافق القدرة الهوائية القصوى مع أعلى مستوى شدة النظام الهوائي، مع هذا النوع من الجهد ، تدخل النظام اللاهوائي اللاكتيكي أيضًا بطريقة ثانوية، ومنه يكون هناك إنتاج للفضلات.

في ركوب الدراجات ، نتحدث عن القدرة بالواط (وليس مثل السرعة بالكيلومترات في الساعة) لأن الجهد يبذل على آلة. بمعنى آخر ، يطور العداء الطاقة للحصول على السرعة.

PMA = [(VO2 max x Poids / 1000) - 0.435] / 0.01141

لتقييم القدرة الهوائية القصوى ، يمكن إجراء اختبارات مباشرة باستخدام مقياس القدرة.

في المختبر ، أثناء الفحص الطبي السنوي على سبيل المثال ، يوفر اختبار الإجهاد دقة ممتازة في حساب أقصى قدرة هوائية. تتم هذه الاختبارات على شكل مراحل. بعد فترة إحماء ، يبدأ العداء الاختبار بقدرة 100 واط، و في كل دقيقتين ، يجب أن تضاف 30 واط ، يشير المستوى الأخير الذي تم الوصول إليه القدرة الهوائية القصوى الخاصة بالعداء.

فوق الميدان ، يعطي اختبار مدته 5 دقائق مؤشراً على القدرة الهوائية القصوى للرياضي. الهدف بسيط: قطع أكبر مسافة ممكنة في تسلق مصعد متوسط ومنتظم، ثم تتوافق القوة الهوائية القصوى مع القدرة المتوسطة التي يتم تطويرها أثناء التدريب.

بشكل غير مباشر ، تقدر القوة الهوائية القصوى وفقا لمعادلة Hawley. هذه الصيغة هي: الوزن بالكيلوغرام ، VO2max بالملليتر لكل كيلوغرام في الدقيقة ، والقدرة الهوائية القصوى بالواط.

تحسين القدرةة الهوائية القصوى

تحسين القدرة الهوائية القصوى يعني القدرة على زيادة الامكانيات الخاصة بالفرد، والاستفادة مما اكتسبه الرياضي يكون من خلال دورة تدريبية محددة، في حين يوصى بالتدريب بالفترات، كمالا ينبغي إهمال عمل التحمل الأساسي، وتتطلب التدريبات المتقطعة

الكثير من الطاقة، وللحصول على أفضل عمل يجب توخي الحذر لاحترام دورة تدريبية قصيرة محددة.

السرعة الهوائية القصوى

وهي سرعة الجري التي ستجعلك تصل إلى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين (VO2 max)، هذا لا يعني أن السرعة الهوائية القصوى الخاص بالرياضي هي أعلى سرعة يمكنه تحقيقها ، كما في حالة الجري السريع، ومن ناحية أخرى ، إذا تجاوز الرياضي هذه السرعة الهوائية القصوى (VMA) ، فسيواجه صعوبة كبيرة في التنفس وبالتالي الحفاظ على إيقاع مجهوده لأكثر من عشرات من الثثواني. لإعطاء فكرة للقارء، تتوافق اسرعة الهوائية القصوى الخاصة بالرياضي مع أعلى سرعة يقوم بها ويمكن الحفاظ عليها بشكل مستمر على مدار فترة 6 دقائق.

السرعة الهوائية القصوى في المجال التدريب الرياضي:

بين 8 كم / س و 24 كم / س: تعتمد السرعة الهوائية القصوى بشكل أساسي على التدريب وعلم الوراثة، حيث يتم استخدامها كمؤشر أداء في رياضات التحمل مثل الجري وركوب الدراجات أو التزلج الطويل على الثلج. غالبًا ما يستخدم أيضًا في كرة القدم والرجبي لاكتشاف اللاعبين ذوي الإمكانات العالية.

العلاقة بين السرعة الهوائية القصوى والحجم الاقصى للاكسجين

الحد الأقصى للاكسجين والسرعة الهوائية القصوى هما قياسان يستخدمان للإشارة إلى قدرة القلب والأوعية الدموية، هذان القياسان يعنيان نفس الشي، والاختلاف يعبربر عنه بوحدات مختلفة. والحجم الاقصى للاكسجين هو استهلاك الأكسجين و والسرعة الهوائية هي سرعة، حيث كلما ركضت بشكل أسرع ، وكلما زاد احتياجك للطاقة فإن قدراتك التنفسية تستعمل بكفاءة اكبر، لذلك فإن VMA و VO2max مرتبطان ارتباطًا وثيقًا. من اللحظة التي تصل فيها إلى عتبة الحد الأقصى لحجم الأكسجين (VO2 max) أثناء التنفس ، ففي اللحظة التي يصل فيها الرياضي إلى عتبة الحد الأقصى لحجم الأكسجين (VO2 max) أثناء التنفس ، فأنه تقوم بالجري بأقصى سرعة هوائية (MVA).

لهذا السبب، يستخدم بعض المدربين عبارة vVO2max الذي يعني VMA وعبارة vVO2max التي تعني السرعة عند VO2max.

العلاقة بين معدل ضربات القلب و السرعة الهوائية القصوى.

عند مشاهدة حصة تدريبية في العشاري ، يتم تحديد خطوات الجري باستخدام مؤشرين ، السرعة الهوائية القصوى VMA أو النبضات القلبية القصوى fcmax. نتساءل ، ماذا يعني النبضات القلبية القصوى؟ يعني معدل ضربات القلب ببساطة عدد النبضات التي يصدرها القلب في دقيقة واحدة في حالة طبيعية، أي في حالة الراحة. لهذا السبب يتم قياس معدل ضربات القلب بشكل عام في الصباح عند الاستيقاظ.

والحد الأقصى لمعدل ضربات القلب هو الحد الأقصى لعدد النبضات التي يستطيع القلب ان يصل اليها في دقيقة واحدة، ويتم قياسه في اطار بذل أقصى جهد شديد، وبالتالي ، فإن fcmax و VMA هما طريقتان مختلفتان لتحديد شدة الجهد الرياضي وسرعة الجري.

فوق شدة معينة ، يصعب أحيانًا التعرف على ارتفاع الحد الأقصى للنبضات القلب، في هذه الحالة ، تعد السرعة الهوائية القصوى مؤشرًا أكثر صلة.

يتم قياس FCmax من خلال بعض الساعات الخاصة كتلك المجهزة بجهاز مراقبة معدل ضربات القلب (cardiofréquencemètre)، ويمكننا أيضًا معرفة FCmax باستعمال الحساب النظري.

أما بالنسبة للسرعة الهوائية القصوى، يساعد حساب السرعة الهوائية القصوى VMA في العثور على وتيرة الجري الأكثر راحة والاكثر تكيفا مع اللياقة البدنية، تتيح السرعة الهوائية القصوى VMA معرفة سرعة الجري بأريحية، وغالبًا ما تستخدم كجزء من التحضير لسباقات مثل 10 كم ونصف الماراثون والماراثون لاختيار هدف زمني معين يريد الرياضي الحصول عليه بالايقاع المبرمج القيام به ،