|  |
| --- |
| GRADO EN MEDICINA |
| SEMINARIO DE FISIOLOGÍA MÉDICA I |
| CAMBIOS RESPIRATORIOS CON EL EJERCICIO |
|  |
| **SILVIA JIMÉNEZ CABEZA;RAQUEL MAROTO CEJUDO, ÁNGELA MAQUEDA VILCHEZ Y CRISTINA PÉREZ JÓDAR.** |
| **CURSO 2011/2012** |

|  |
| --- |
|  |

**VENTILACION PULMONAR DURANTE EL EJERCICIO**

La respuesta pulmonar al ejercicio tienen como misión principal el control homeostático de los gases en la sangre arterial. Durante el ejercicio el sistema respiratorio ha de realizar las siguientes funciones:

* **Contribuir a oxigenar y disminuir el grado de acidez** de una sangre venosa mixta marcadamente hipercapnica (acidez excesiva de los líquidos corporales debida al aumento de la concentración de dióxido de carbono en la sangre) e hipoxémica. Sabemos que el CO2 procedente de las diversas reacciones metabólicas tisulares se disuelven en los líquidos corporales para formas ácido carbónico (H2CO3) este se disocia para formar un protón, por tanto el medio se hace más ácido.
* Mantener un **bajo grado de resistencia vascular** pulmonar para evitar el paso de agua al espacio intersticial
* Disminuir las resistencias dinámicas, las que se oponen al flujo del aire por las vías respiratorias. (el 50% se encuentra en nariz y boca) Mediante la dilatación de las vías aéreas, los músculos respiratorios, etc *¿Qué es mejor,* ***respirar*** *por la* ***nariz*** *o respirar por la* ***boca****?. La respiración por la nariz tiene una serie de ventajas: el aire se humidifica, se filtra y se calienta. Pero durante un ejercicio intenso se va a aumentar el volumen respiratorio, lo cual va a producir turbulencias, por lo que consecuentemente se aumenta también la resistencia al flujo de aire por las vías respiratorias y como consecuencia de ello hay un aumento del trabajo ventilatorio. Parte de la energía destinada al trabajo muscular se dedicará al trabajo ventilatorio y habrá con ello una fatiga precoz. Por ello se desaconseja respirar solamente por la nariz si los volúmenes de aire son elevados porque sino disminuye el rendimiento. Se puede respira por la nariz hasta lo que espontáneamente seamos capaces de aguantar.*

**RESPUESTA DE LA VENTILACION PULMONAR AL EJERCICIO**

La ventilación pulmonar se define como la cantidad de aire que respiramos por cada minuto. El valor resultante de la ventilación pulmonar proviene del producto entre la frecuencia respiratoria (el número de veces que respiramos por minuto) y el volumen corriente (la cantidad de aire en litros que movemos en cada respiración). Depende del estado en el que no s encontremos.

En condiciones normales la frecuencia respiratoria alcanza unos valores medios de 12 respiraciones por minuto mientras que el volumen corriente suele ser de 0’5 litros por cada respiración. Por tanto la ventilación pulmonar es de 6l·min-1.

Durante el ejercicio intenso la FC suele ser de 35 a 45 con un volumen corriente de 2 o más litros de aire en cada respiración. Es decir obtendremos una ventilación minuto que puede alcanzar los 100l por minuto. En ciclistas profesionales de resistencia se han medido valores de 220l/minuto.

En la siguiente gráfica vemos representada s las modificaciones de la ventilación con respecto al tiempo. Se diferencian varias fases:

* **Fase I:** la ventilación aumenta bruscamente, corresponde al inicio de la actividad física en sí. Cuando el ejercicio comienza no hay ninguna estimulación química, la corteza motora se vuelve más activa y transmite impulsos estimuladores al centro inspiratorio, que responde incrementando la respiración. Tiene una duración de unos 30-50 segundos.
* **Fase II:** esta segunda fase es más gradual y en ella a medida que el ejercicio progresa, el metabolismo incrementado de los músculos genera mas calor, más CO2 y mas H+. todos estos cambios son percibidos por los quimiorreceptores que estimulan al centro inspiratorio incrementando el ritmo y la profundidad de la respiración.
* **Fase III:** solo aparece en ejercicios moderados en los que la ventilación se estabiliza.
* **Fase recuperación:** en primer lugar se produce un descenso brusco ya que la actividad motora ha cesado y desaparece el estimulo nervioso desde los receptores localizados en los músculos y en las articulaciones. Después, el descenso se hace más gradual, dura unos minutos y se debe a la regulación del equilibrio ácido básico, la presión de CO2 y de la temperatura de la sangre.



En ejercicios de intensidad creciente, la fase 3 no existe.

 En primer lugar toda la primera parte de la gráfica es lineal: al incrementar la intensidad se produce un aumento del metabolismo muscular, por lo cual habrá un aumento de la producción de CO2 y esto a su vez provocará un aumento de la ventilación pulmonar para eliminar el CO2 y captar O2.

Llega un punto en el que se pierde la linealidad: **umbral ventilatorio**. Se produce un repentino aumento del CO2 ¿de dónde viene ese CO2? Está relacionado con el umbral del lactato (el punto en el que el lactato sanguíneo comienza a acumularse por encima de los niveles de reposo) es decir, cuando se supera el umbral anaeróbico. El lactato produce una acidificación del medio sanguíneo debido a que, para su eliminación, se disocia creando protones de hidrógeno (H+). Para contrarrestar esa acidificación, un conjunto de reacciones químicas provocan que este aumento de protones H+ derive en un incremento de la concentración de CO2, lo cual provoca una bajada en la capacidad de los músculos para captar oxígeno, cosa que beneficia a la fatiga. Para eliminar ese exceso de CO2 tiene que aumentar la FR

**HIPERVENTILACION:**

La hiperventilación es una respiración más profunda y más rápida de lo normal. La PCO2 (40mm de Hg) en sangre alveolar disminuye a 15mm Hg, es decir se produce una descarga de CO2 y no una carga de oxígeno (ya que la sangre que abandona los pulmones está prácticamente saturada de O2). Es una maniobra utilizada frecuentemente en la natación o en la inmersión ¿por qué? Los centros reguladores al medir poca concentración de CO2 reducen el deseo de respirar. Puede resultar una práctica peligrosa ya que el oxígeno está siendo usado pero no reemplazado llegando a niveles críticamente bajos antes de que la acumulación de CO2 indique al nadador que suba a la superficie llevándolo a una pérdida de la consciencia.



**Adaptaciones respiratorias al entrenamiento**

El sistema respiratorio experimenta adaptaciones específicas al entrenamiento de resistencia para maximizar su eficacia. Consideremos algunas de ellas, tales como el volumen pulmonar, la frecuencia respiratoria y la ventilación pulmonar.

Volumen Pulmonar: El volumen y la capacidad de los pulmones cambian poco con el entrenamiento. La capacidad vital, aire que puede expulsarse después de una inspiración máxima, aumenta levemente. El volumen residual, aire que no puede expulsarse de los pulmones, se reduce ligeramente. En general la capacidad pulmonar permanece invariable. El volumen oscilante, aire que entra y sale durante la respiración normal, se mantiene invariable en reposo y durante la realización de ejercicios submaximos, aumenta con niveles máximos de ejercicio debido al esfuerzo máximo que ello conlleva.

Frecuencia Respiratoria: Permanece estable en reposo y suele reducirse levemente con ejercicios submaximos, lo cual refleja una mayor eficacia pulmonar producida por el entrenamiento. No obstante aumenta considerablemente con ejercicios máximos.

Ventilación Pulmonar: Después del entrenamiento, la ventilación pulmonar permanece invariable o se reduce en reposo, así como a ritmos de esfuerzos submaximos. No obstante, la combinación del mayor volumen oscilante y del mayor ritmo de la respiración provocan un aumento de la ventilación pulmonar en los esfuerzos máximos después del entrenamiento. En sujetos no entrenados van de un ritmo inicial de 120l/min hasta un ritmo de 150l/min después del entrenamiento. Aumentan hasta 180l/min en deportistas muy entrenados. Los grandes deportistas con un alto nivel de entrenamiento de resistencia pueden tener índices de ventilación pulmonar máxima de 250l(min, más del doble del ritmo normal de individuos no entrenados. Ej: los remeros.

**Factores que influyen en la respuesta al entrenamiento aeróbico**

No todo el mundo responde de la misma manera. Hay varios efectos que pueden afectar a la respuesta individual al entrenamiento aeróbico. Tales como herencia, edad y sexo.

Herencia: Los niveles de consumo máximo de oxigeno dependen de los limites genéticos. La herencia es responsable de entre el 25% y el 50% de la variación en los valores del VOxigeno máximo. Esto explica las variaciones individuales en la respuesta a programas de enteramiento idénticos. Los deportistas que interrumpen su entrenamiento de resistencia continúan teniendo valores elevado del Voxigeno máximo durante muchos años en su estado sedentario y desacondicionado. Pueden bajar de 85ml/kg/min hasta 65ml/kg/min, que sigue siendo alto. El Dr. Per-Olof-Astrand, fisiólogo reconocido de la segunda mitad del siglo XX, afirmaba que “ El mejor modo de llegar a ser un deportista olímpico es ser selectivo a la hora de escoger a nuestros padres.”

Edad: Con la edad se reduce la capacidad aerobia, no obstante esto puede deberse en parte a la consecuencia de una menor actividad.

Sexo: Las niñas y mujeres sanas no entrenadas tiene valores de Voxigeno máximos mucho menores (entre el 20% y el 25% menos) que los niños y hombres sanos no entrenados. No obstante, las deportistas que tienen un nivel de acondicionamiento de resistencia muy alto tienen valores de VOxigeno máximo de solamente un 10% menos que los deportistas con un acondicionamiento de resistencia muy elevado.

Para una estatura y peso dados, ante el ejercicio, se produce un aumento del consumo de oxígeno, debido a la demanda metabólica de los tejidos y por ello, tanto el volumen pulmonar como el flujo máximo de aire tienden a ser mayores en los deportistas, hecho que se basa en el entrenamiento y en la genética.

Los deportistas respiran más lenta y profundamente que los no deportistas, y una frecuencia respiratoria más lenta es uno de los efectos del entrenamiento. Esto se debe, principalmente a unos músculos respiratorios más fuertes y resistentes.

La capacidad vital suele disminuir con la edad, pero sin embargo, el entrenamiento durante la adolescencia termina aumentándola. Personas bien entrenadas consiguieron la misma capacidad vital con 40 45 años que 21 años atrás. Doce años después se les observó una disminución de esta capacidad vital. El valor más alto registrado de capacidad vital es de un remero danés, y es de 9 litros.

**Cambios respiratorios aplicados a diferentes deportes:**

Existe un acoplamiento locomotor-respiratorio durante el ejercicio, cuando el estrés de la locomoción tiende a deformar el complejo torácico. Por ello, ante este estrés, a veces es bueno aprender técnicas de respiración aplicadas a los diferentes deportes, para disminuirlo. Sin embargo, otras veces se debe seguir el patrón ventilatorio normal. Depende del tipo de deporte que se realice.

* **Natación**. Durante la natación se aprecia una pequeña hipoventilación con respecto a otros deportes. Esto se debe a que la presión del agua sobre el tórax dificulta la respiración. Además esta respiración no es tan libre al nadar como en la mayoría de ejercicios, ya que la respiración en la natación competitiva está sincronizada con el estilo natatorio. Con el cuerpo sumergido la capacidad vital se redujo un 10% y el volumen de reserva espiratoria fue menor de 1 litro comparado con los 2.5 litros en el aire. Los estilos braza y mariposa requieren de 1 a 2 litros por minuto más de oxígeno consumido a una velocidad submáxima dada que los estilos libres y espalda. Así, por otro lado, se ha demostrado que las chicas jóvenes que nadan al estilo braza a cierta velocidad presentan un consumo de oxígeno más bajo que los hombres. Se explica por el hecho de la menor gravedad específica de las mujeres, debido a que su mayor contenido de grasa reduce el esfuerzo necesario para mantener el cuerpo a flote.
* **Ciclismo**.

En deportes en los que el peso corporal influye en el rendimiento como lo es ciclismo, el Vo2máx relativo nos va a servir para comparar la aptitud de dos ciclistas con diferente peso.

Supongamos dos corredores:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|   | **Vo2Máx** | **Peso** | **Vo2Máx Rel.** |
| **Corredor 1** | **6 L./min.** | **85 Kg** | **70,58 ml./kg/min.** |
| **Corredor 2** | **5 L./min.** | **65 Kg** | **76,9 ml./kg/min.** |

Aunque el **corredor 1** tiene un consumo mayor en términos absolutos, si tenemos en cuenta el peso de cada uno de ellos es el **corredor 2** quien tendría más aptitud para el ciclismo ya que en términos relativos su Vo2máx es mayor **76,9 ml./kg/min. del corredor1** frente a **70,58 ml./kg/min. del corredor 2**

Los ciclistas profesionales suelen tener valores que rondan entre 70-80 ml/kg/min. Miguel Induráin tenía para un peso de 81 kg un Vo2máx de 79 ml/kg/min, Lance Armstrong para un peso de 75 kg un Vo2máx de 82 ml/kg/min. Una persona sedentaria puede tener un valor de 18-30 ml/kg/min, y un deportista medio puede tener un consumo entre 50-65 ml/kg/min. Por ejemplo, un cicloturista con un Vo2máx de 60 ml/kg/min se puede considerar que tiene un muy alto nivel.

La entrenabilidad del Vo2máx es relativamente baja. Personas poco entrenadas son las que pueden presentar mayores ganancias. Se estima que se puede mejorar con el entrenamiento entre un 15-20%.

* Patinaje de velocidad.

La gráfica representa el consumo de oxígeno al patinar a distintas velocidades en dos pistas de patinaje diferentes, es decir, con dos condiciones de hielo diferentes. Está aplicada a patinaje de competición.

Las diferencias en la calidad del hielo determinan cambios en el consumo de oxígeno. Por ejemplo, cuando el hielo está blando, hay una mayor fricción.

En la gráfica, la curva no es lineal. Un aumento en la velocidad de 4 a 6 m/s requiere 0.7 l/min adicionales, mientras que un aumento de 8 a 10 m/s necesitaba un incremento de 2 l/min en el consumo de oxígeno. La explicación es que a medida que aumentamos la velocidad de los patinadores estudiados, aumenta la resistencia al aire, y esto explica en gran parte el aumento del consumo de oxígeno a gran velocidad. Así, se demostró en el estudio que un 70% del trabajo externo se dedica a superar la resistencia al aire, mientras que un 30% se dedica a superar la fricción.

En la gráfica, en condiciones excelentes de hielo y a gran altitud (menor presión atmosférica = menor resistencia al aire), la curva se desplaza hacia la derecha, es decir, se consigue una mayor velocidad con menor consumo de oxígeno que en condiciones malas de hielo.

**PREGUNTAS DEL PROFESOR.**

***2 problemas principales en el incremento de la ventilación pulmonar en el ejercicio.***

* **El aumento de la resistencia de las vías aéreas.** Cuando aumenta la intensidad del ejercicio, aumenta la resistencia dinámica, lo que provoca que para vencer esta resistencia y poder realizar una buena ventilación, el deportista tiende a respirar por la boca en lugar de por la nariz, ya que de esta forma se disminuye dicha resistencia, y se reduce el esfuerzo.
* **La altitud a la que se realice el ejercicio,** ya que si se aumenta la altitud rápidamente, se produce una bajada rápida de la presión de oxígeno, y ante un aumento de la ventilación como consecuencia de la intensidad, se producirá una disminución de la presión de dióxido de carbono, disminuyendo la actividad ventilatoria bruscamente. Por ello se debe subir en altitud lentamente y por etapas cuando se está realizando ejercicio.

***Relación ventilación-perfusión en diferentes situaciones***

* **REPOSO**

La ventilación alveolar suele ser de 4’2l/min aproximadamente, mientras que unos 5 litros de sangre por minuto atraviesan el lecho pulmonar cada minuto. Así el cociente entre ventilación alveolar y perfusión pulmonar promedio en los pulmones es de 0’8. Aunque como sabemos este cociente no es igual en toda la extensión de los pulmones. Los vértices están mejor ventiladas y peor prefundidas que las bases.

* **EJERCICIO LIGERO**

La ventilación aumenta de manera lineal con la intensidad del trabajo físico desde condiciones de reposo hasta ejercicios de intensidad moderada. El cociente ventilación/perfusión durante la realización de ejercicios de estas características tiende a mantenerse ligeramente por encima de la unidad 1,11 o 1,2. Un hecho importante a destacar es que la ventilación-percusión regionales se hacen más uniformes. Los vértices interviene de una forma más notable en la captación de oxigeno ya que en esta zona aumenta considerablemente la perfusión.

* **EJERCICIO INTENSO**

Por encima del umbral anaerobio se produce un incremento desproporcionado de la ventilación alveolar. Llega a alcanzar 200l/min en atletas entrenados en ejercicios muy intensos. En cambio, el incremento del gasto cardiaco suele ser lineal con relación al esfuerzo realizado llegando a aumentar hasta 25 o 30 l/min en individuos sanos y jóvenes. Podemos decir que la perfusión aumenta en una proporción mucho menor que la ventilación. Por tanto, el cociente ventilación/percusión puede aumentar por encima de 5 siendo además la percusión del lecho capilar pulmonar bastante uniforme para asegurar una adecuada oxigenación de la sangre procedente del sistema venoso. Por consiguiente, el espacio muerto anatómico disminuiría al aumentar la relación ventilación perfusión.