

BASES FISIOLÓGICAS DEL ESFUERZO



I.N.E.F.

INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN FÍSICA

**BASES FISIOLÓGICAS
DEL ESFUERZO**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Dimas Carrasco Bellido
David Carrasco Bellido
Darío Carrasco Bellido

ÍNDICE

TEMA 1

LA FISIOLÓGÍA COMO CIENCIA BIOLÓGICA

- 1.1. Fisiología contra biología.
- 1.2. Fisiología general contra fisiología especial.
- 1.3. Fisiología del ejercicio.
- 1.4. Fisiología del esfuerzo o del ejercicio (homeostasis).
- 1.5. Gráfica de las demandas y las adaptaciones.

TEMA 2

RESPUESTAS ANTE EL EJERCICIO FÍSICO

- 2.1. Respuestas: ajuste, huella y adaptación.
- 2.2. Entrenamiento y ejercicio físico.
- 2.3. La respuesta generalizada (síndrome general de adaptación) y la respuesta específica.
- 2.4. El principio de supercompensación.

TEMA 3

LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

- 3.1. Concepto de energía y las fuentes energéticas.
- 3.2. Formación y resíntesis de ATP.
- 3.3. Aporte de las vías energéticas principales.
- 3.4. Aporte energético de las diferentes vías metabólicas durante el ejercicio físico.
- 3.5. Clasificación metabólica de los ejercicios.

TEMA 4

UTILIZACIÓN DE LOS SUBSTRATOS ENERGÉTICOS DURANTE EL EJERCICIO

- 4.1. Factores que intervienen en la utilización de los substratos.
- 4.2. Utilización del glucógeno muscular.
- 4.3. Modelo Sherman.
- 4.4. Utilización de las grasas.

TEMA 5

CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

- 5.1. Concepto e importancia del consumo máximo de oxígeno.
- 5.2. Factores que influyen en el consumo máximo de oxígeno.
- 5.3. Fases en el ajuste del consumo de oxígeno durante el ejercicio.
- 5.4. El consumo de oxígeno en relación a la intensidad.
- 5.5. La interacción de la intensidad y de la duración del ejercicio.
- 5.6. Masa muscular y tamaño corporal.
- 5.7. Doble producto.
- 5.8. Diferencia según el sexo y el estado de entrenamiento.
- 5.9. Resumen.

TEMA 6

DEUDA DE OXÍGENO

- 6.1. Concepto DE Deuda de oxígeno.
- 6.2. Componentes de la deuda de oxígeno.
- 6.3. Pago de la deuda en la recuperación.
- 6.4. Diferentes déficit y deudas.
- 6.5. Valores de la deuda.
- 6.6. Factores que influyen en la deuda de oxígeno.
- 6.7. Destino del lactato.
- 6.8. Adaptación de la deuda de oxígeno.
- 6.9. Aplicaciones.

TEMA 7

EL UMBRAL ANAERÓBICO

- 7.1. Concepto e importancia.
- 7.2. terminología.
- 7.3. Amortiguación de ácidos por mecanismos ventilatorios.
- 7.4. Importancia y significado funcional.
- 7.5. Métodos de determinación de umbrales.
- 7.6. Los umbrales en ejercicio.

TEMA 8

LA RESPUESTA CARDIORESPIRATORIA

- 8.1. Introducción.
- 8.2. Terminología asociada.
- 8.3. Ajuste de la ventilación.
- 8.4. Ajuste de la ventilación en relación a la intensidad del ejercicio.
- 8.5. Gasto cardiaco.
- 8.6. Volumen sistólico.

- 8.7. Frecuencia cardiaca.
- 8.8. Factores de concentración. Diferencia arterio – venosa de O₂.
- 8.9 Ajuste de presión arterial.
- 8.10. Adaptaciones de los factores cardiovasculares al ejercicio.

TEMA 9

PRESCRIPCIÓN DE PROGRAMAS AERÓBICOS

- 9.1. Componentes del programa.

TEMA 10

RESPUESTA FISIOLÓGICA AL TRABAJO INTERVÁLICO

- 10.1. Definición de entrenamiento intermitente o intervalado.
- 10.2. Características del entrenamiento intermitente o intervalado.
- 10.3. La eficacia del entrenamiento continuo y la del intervalado.
- 10.4. El principio de Fick.

TEMA 1

LA FISIOLOGÍA COMO CIENCIA BIOLÓGICA

1. Fisiología contra biología.

Etimológicamente, *fisiología* proviene de “ Physys ” que es naturaleza y de “ Logos ” que significa tratado o estudio, por lo que su significado global es el estudio de los seres vivos.

Por otro lado, *biología* proviene de “ Bios ” que significa vida y de “ Logos ” que significa tratado o estudio, por lo que su significado global es el estudio de la vida.

Esto nos da a entender la dependencia a la que están sujetas ambas ciencias. La fisiología y dentro de ella la fisiología del ejercicio, salen del tronco de las ciencias de la vida, la biología.

2. Fisiología general contra fisiología especial.

La *fisiología general* es la ciencia que estudia los fenómenos comunes a los seres vivos. Mientras que, la *fisiología especial* es la ciencia que se ocupa del estudio de los fenómenos particulares de un grupo de seres vivientes.

Dentro de la fisiología especial, nos encontramos a la *fisiología humana*, la cual se ocupa del estudio de los fenómenos particulares de los seres humanos.

3. Fisiología del ejercicio.

La *fisiología del ejercicio* es la ciencia que estudia los cambios funcionales y/o estructurales que se producen al realizar un ejercicio, una sesión o unas sesiones repetidas. Es utilizada a nivel clínico, médico y deportivo, es decir, la emplean los entrenadores, los profesores, los fisioterapeutas, etc.

Dentro de la fisiología del ejercicio, se pueden encontrar dos subcorrientes:

- ***Fisiología pura***: trata de dar explicación y programar actividades en el ejercicio.
- ***Fisiología aplicada***: trata de resolver problemas particulares a determinados sectores de la sociedad que requieran la aplicación de la fisiología para resolver un problema. Es la que vamos a estudiar.

Algunas de las aplicaciones de la fisiología aplicada son:

1. Geriátrica: disminución del envejecimiento.
2. Pediátrica: Favorece el desarrollo físico y el crecimiento.
3. Fitness de adulto: mayor eficacia en el control del peso y relajación, y menor estrés.
4. Mantenimiento de la salud.

5. Mejor rendimiento en el deporte.
6. Reeducación.
7. Rehabilitación: utilización correcta de terapias.

4. Fisiología del esfuerzo o del ejercicio (Homeostasis).

De forma natural nuestro cuerpo tiende a un equilibrio que puede ser roto por cualquier agente estresor, es decir, cualquier agente externo que pueda producir un desequilibrio interno.

Una vez producido el desequilibrio, nuestros receptores, ya sean los interoceptores o los exteroceptores, producen una información que envían a los mecanismos fisiológicos de control, los cuales proporcionarán una respuesta que contrarresta el desequilibrio producido. A esta respuesta se le denomina respuesta adaptativa.

Ante esta situación de desequilibrio, se pueden plantear dos casos diferentes:

1. Cuando al organismo no se le demande trabajo físico, éste se adapta a una situación de *subcarga o subnormal*, la cual si se prolonga en el tiempo producirá un empeoramiento de la función. Ej.: subcarga de ejercicio en la pierna escayolada.
2. Cuando al organismo se le demande una intensidad de trabajo al que no está acostumbrado, se produce una *sobrecarga*. Ej.: sobrecarga de ejercicio en la pierna que se le ha quitado la escayola.

Estos dos casos fisiológicos, nos da a entender la regla que relaciona la estructura de un órgano con su función, es decir, que el diseño de un órgano está en función del trabajo que debe realizar. Por tanto, es necesario mantener ciertos niveles de actividad con el fin de tener una mínima disponibilidad corporal.

La falta de movimiento hoy en día muy normal, está provocando la aparición de enfermedades de tipo hipocinético que se manifiestan: atrofia progresiva, disfunciones orgánicas, debilidad y cansancio físico.

5. Gráfica de las demandas y las adaptaciones.

En un estudio realizado en Dallas, se somete a una serie de personas a un periodo de inmovilización en camas de 20 días y después se le entrena 50 días para observar los efectos que produce la inactividad sobre el organismo.

Este estudio es aplicado a tres grupos de personas diferentes; el primero es el grupo de control, el segundo es un grupo de personas sedentarias y el tercero es un grupo de personas entrenadas. Se obtuvieron los siguientes resultados:

	Previo	Reposo	Entrenamiento	% Cambio 1	% Cambio 2
VO2 máx (Control)	3,3	2,4	0	- 27,3 %	0 %
VO2 máx (Sedentario)	2,5	1,7	3,4	- 32 %	100 %
VO2 máx (Entrenados)	4,48	3,48	4,65	- 22,3 %	33,6 %

Las conclusiones que se obtuvieron son las siguientes:

- Existe un deterioro cardiovascular en los primeros 20 días de reposo, lo que hace pensar que la inactividad causa más perjuicios que la práctica moderada de ejercicio.
- Se comprobó que después del periodo de entrenamiento, los sedentarios tuvieron una mejora relativamente superior a los entrenados, es decir, en valores absolutos, los entrenados mejoraron más su volumen de O₂, pero los sedentarios aumentaron al doble su capacidad. Por lo tanto, ambos grupos mejoran aunque lo hacen en distinta proporción.

TEMA 2

RESPUESTAS ANTE EL EJERCICIO FÍSICO

1. Respuestas: ajuste, huella y adaptación.

Es evidente que, al hacer ejercicio, en el organismo se produce una serie de cambios fisiológicos para poder afrontar la nueva situación; a estos cambios vamos a llamarlos respuestas.

De forma general, se puede decir que caben dos posibles respuestas:

1.1. Respuestas a corto plazo (ajuste).

Las respuestas a corto plazo se denominan **ajustes**, los cuales se definen como los cambios funcionales inmediatos causados por la reacción a un agente estresante o estímulo de entrenamiento. Estos cambios desaparecen al poco tiempo de terminar el ejercicio. Deja huellas.

Por ejemplo, al realizar ejercicio aeróbico, las pulsaciones aumentan, pero cuando dejamos de correr estas vuelven a su nivel normal con las que empezamos el ejercicio.

1.2. Estado transitorio o efecto huella.

Cuando concluye el ejercicio se produce la recuperación del estado función medio. Durante este periodo, el organismo recupera su estado de reposo, se deshace de los productos de desechos, que elimina de manera gradual los efectos causados por el estímulo de entrenamiento, pero puede observarse una respuesta que aunque se manifiesta ligeramente por una elevación general del metabolismo, se mantiene durante algún tiempo después de haber cesado éste. A este tipo de respuesta se le denomina **efecto residual o de huella** y se define como: la respuesta preparatoria que aumenta la posibilidad de soportar estímulos futuros.

Por ejemplo, cuando realizamos una prueba de esfuerzo, a medida que nos incrementan la intensidad de trabajo nuestros niveles de ácido láctico en sangre aumenta por la utilización de ciertas vías metabólicas y cuando dejamos de hacer ejercicio, estos niveles lácticos se mantienen cierto tiempo. Si este ajuste se produce habitualmente, la huella (ácido láctico) indica al organismo que es una situación frecuente y que tiene que prepararse para esta situación con lo que el organismo se hace más tolerante al ácido láctico.

1.3. Respuestas a largo plazo (adaptación).

Las respuestas a largo plazo se denominan **adaptación**, las cuales se definen como una serie de cambios funcionales permanentes en estructura y función y que es consecuencia de la repetición continuada de estos cambios transitorios. Es una respuesta de tipo acumulativo, que a través del efecto de

huella va produciendo una serie de cambios progresivos, que hacen que el organismo responda más fácilmente a las sesiones posteriores de entrenamiento. Adquiere huellas.

Por ejemplo, si realizamos un entrenamiento sostenido saliendo a correr frecuentemente, al cabo de cierto tiempo, nos encontraremos habituados a ese ejercicio debido a que el organismo se ha adaptado.

2. Entrenamiento y ejercicio físico.

Hacer ejercicio no es lo mismo que entrenar. Las bases que se sostienen para esta afirmación son que el *ejercicio* puede ser o no esporádico, es decir, hacer ejercicio es por ejemplo ir con los amigos el domingo a jugar al fútbol, mientras que el *entrenamiento* son las diferentes actividades físicas realizadas de forma regular (se repite con frecuencia), sistemática (de acuerdo con unos principios) y progresiva (creando situaciones donde se rompa el equilibrio para conseguir adaptaciones) con el propósito de incrementar la eficiencia física.

Para concluir se puede decir que el ejercicio físico no tiene porque ser entrenamiento, aunque en el entrenamiento se incluya el ejercicio físico.

3. La respuesta generalizada (síndrome general de adaptación) y la respuesta específica.

3.1. La respuesta generalizada (SGA).

Cuando en el organismo se produce una alteración provocada por un agente estresor, como puede ser el ejercicio, éste responde a él de una manera específica, por ejemplo cuando hace frío, el organismo produce pequeñas contracciones musculares llamadas tiritones o cuando hace calor, el organismo produce sudor para enfriarse; en definitiva para cada estímulo corresponde una respuesta específica, pero cualquier respuesta específica se realiza a través de una respuesta orgánica generalizada conocida con el nombre de síndrome general de adaptación.

El síndrome general de adaptación se define como el conjunto sintomático que se produce de manera simultánea cuya misión es definir un estado morboso.

Un ejemplo para entender cada tipo de respuesta sería el siguiente: dentro de una casa los electrodomésticos tienen funciones diferentes como dar calor, emitir sonidos, emitir luces, etc. y la corriente eléctrica es la que posibilita la función de cada uno de los electrodomésticos, por lo que la electricidad sería respuesta generalizada y la función de los diferentes electrodomésticos sería respuesta específica.

La explicación del síndrome general de adaptación a nivel de producción hormonal sigue los siguientes pasos:

- Cuando los agentes estresores (ejercicio, hipoglucemia, frío, dolor, etc.) estimulan al hipotálamo se produce en éste una sustancia denominada factor liberador de ACTH, que es liberada al torrente sanguíneo y que al llegar a la pituitaria la estimula para que segregue la hormona ACTH, la cual llega por la sangre a las glándulas suprarrenales, actuando sobre la corteza para que segregue unas hormonas conocidas con el nombre de corticoides “ hormonas del estrés ”.

- Estas hormonas se dividen en dos: las mineralcorticoides, cuya función es la retención de líquidos por lo que son proinflamatorias; y las glucocorticoides, cuya función es mantener los niveles de glucosa en sangre y producir material necesario para las recuperaciones por lo que son las antiinflamatorias.

Un ejemplo de respuesta generalizada muy estudiada es la que se produce en los procesos inflamatorios, en la que se da una triada de acontecimientos que quedan reflejados en las siguientes tres fases:

- a) Fase inmediata: se produce la situación de emergencia y el inmediato ajuste que trata de mantener el flujo sanguíneo de los órganos vitales, defenderse de la pérdida de líquidos y mantener la presión arterial.
- b) Fase proteolítica: hay un claro predominio degradativo, siendo necesaria la redistribución de sustratos y materiales para resintetizar los elementos dañados o degradados.
- c) Fase de reparación: se produce la mezcla de hormonas y sustratos, que forman un ambiente propicio para que puedan realizarse las funciones de resíntesis.

Basándose en el mecanismo que se da en los procesos inflamatorios, Selye propone un método para explicar como el organismo responde a situaciones de estrés y que se conoce como el SGA. **Selye** describe 3 fases para explicar su método:

- a) Fase de reacción de alarma: la componen 2 subfases llamadas de choque y de antichoque. La primer de ellas dará una disminución momentánea de la resistencia (Ej.: tomar sol a principio de verano), debido a que actúan con mayor intensidad los mineralcorticoides (proinflamatorios). Por el contrario en la segunda aumenta dicha resistencia, debido a que actúan con mayor intensidad los glucocorticoides (antiinflamatorios).
- b) Fase de resistencia: no se va a producir disminución de la resistencia pero si un acomodamiento y un equilibrio, a menos que ese estrés sea excesivo y nos conduzca a la tercera etapa. La actuación de mineralcorticoides y glucocorticoides está equilibrada.

- c) Fase de agotamiento: en esta etapa se pueden producir enfermedades, si la exposición al estresor no cambia y la capacidad de adaptarse disminuye. En esta fase se observa que existe una disminución en la acción de los glucocorticoides y un aumento de los mineralcorticoides.

Prokop ha comparado los procesos que se realizan durante estas fases anteriores con los procesos que se producen durante los procesos de entrenamientos. En el *estrés del entrenamiento*, Prokop llega a las siguientes conclusiones:

SGA	ENTRENAMIENTO
1. Reacción de alarma.	- Fase de adaptación desde el comienzo hasta la condición de máximo rendimiento. Dura de 5 a 12 semanas.
2. Fase de resistencia.	- Fase de adaptación total, como consecuencia del estado de entrenamiento. Dura de 3 a 6 semanas.
3. Fase de agotamiento.	- Fase de pérdida de la preparación plena (se pierde el llamado punto óptimo).

Este planteamiento realizado por Prokop no es aplicable a un deportista que realice una temporada larga, ya que, se agotaría demasiado pronto como consecuencia del aumento de la *fatiga adrenal* y de la *estimulación excesiva*, las cuales provocarían disminución de la antiinflamatoria y aumento de la proinflamatoria respectivamente, llevando a la retención de sodio (provoca edema facial y hiperbolemia) y a una depleción del potasio (provoca fatiga y debilidad muscular).

Con el fin de solucionar este problema, se utilizó el principio del **balance alterado**, el cual nos habla de modificar paulatinamente el nivel de rendimiento para no decaer en ningún momento en la fase de agotamiento.

3.2. Respuesta específica.

Los estresores, además de provocar una respuesta generalizada, provocan una respuesta específica. La respuesta específica se construye a través del eje hipotálamo – pituitario – adrenocortical, concretamente sigue los siguientes pasos:

- El estímulo llega al hipotálamo donde se genera el impulso nervioso, el cual a través de las neuronas preganglionares simpáticas se dirige a la médula adrenérgica, donde se segrega las catecolaminas que suplementan la respuesta de lucha – huida. Pero aquí viene la diferencia con respecto a la respuesta generalizada, ya que, las neuronas preganglionares y la médula adrenérgica están conectadas a los órganos de destino del sistema nervioso simpático, lo que produce una respuesta al estrés que puede ser:

- Aumento de la frecuencia cardiaca.
- Aumento de la presión arterial.
- Aumento de la glucogenolisis.
- Dilatación de los bronquios.
- Disminución de la orina.
- Cambio del flujo sanguíneo.
- Disminución en el flujo digestivo.

4. El principio de supercompensación.

El principio de supercompensación se define como la adaptación al entrenamiento y se explica a través del siguiente proceso fisiológico:

Al realizar un esfuerzo físico de manera persistente se produce una alteración del equilibrio orgánico, que es patente por la fatiga que experimentamos, produciéndose una disminución de la capacidad funcional.

Cesado el esfuerzo, durante el periodo de reposo se ponen en marcha una serie de mecanismos para restaurar la capacidad funcional primitiva, y curiosamente estos mecanismos no se paran al recuperarla, sino que siguen trabajando compensando esa disminución que se ha tenido en exceso, con lo que se aumenta la capacidad funcional para la próxima vez que se repita el estímulo.

Podemos encontrarnos con *4 tipos de respuestas diferentes* según la continuidad de la repetición y su intensidad:

- Caso I: que el periodo de reposo fuese demasiado prolongado, por lo que la repetición de la carga se producirían cuando los efectos de supercompensación hubieran desaparecidos. No se obtendrían beneficio alguno.
- Caso II: que el periodo de reposo fuese demasiado corto y no completase la fase de recuperación, por lo que se produce una disminución de la capacidad funcional aún más acusada.
- Caso III: que la repetición de la carga se produjese coincidiendo con la supercompensación. Esta es la situación ideal, ya que, produciría una supercompensación adicional, mejorando nuestra capacidad funcional.
- Caso IV: que el periodo de descanso se suprimiera a través de la concentración de las cargas para crear una disminución funcional mayor que produjese una supercompensación mas alta. Luego la fase de descanso aumentaría.

Las *características* del principio de la supercompensación son:

1. Sobrecarga fisiológica.

Para lograr un efecto de entrenamiento es necesario romper el equilibrio, para lo cual se le somete al organismo a una sobrecarga, es decir, a un estímulo estresor que sea mayor de lo que está acostumbrado a soportar en su actividad física normal y que le provoque fatiga.

Al ir aplicando dichas sobrecargas durante el periodo de entrenamiento, puede apreciarse que se va produciendo una adaptación a los estímulos.

Un estudio muy representativo es el realizado por *Hellebrandt* y *Houtz*, en cuanto a la utilización de sobrecarga para obtener efectos de entrenamiento. Ellos consiguieron la sobrecarga mediante la utilización de pesos variados y llegaron a la siguiente conclusión:

- La carga que se debe emplear para obtener rendimiento a lo largo de los días de entrenamiento es la sobrecarga y no la subcarga, la cual se define como el estímulo que no provoca fatiga. Esto es así por que se observó que con la sobrecarga el rendimiento aumentaba un 200 %, mientras que con la subcarga sólo se conseguía un 25 % de progreso.

2. Regularidad.

Las sesiones se deben realizar con frecuencia y periodicidad, aunque el tiempo no debe ser ni muy inmediato ni excesivamente largo, sino el momento justo en el que se produce la supercompensación.

3. Posible agotamiento y sobreentrenamiento.

Se deberá tener en cuenta la concentración de las cargas y su situación en el programa, ya que, deberemos repartirla de forma adecuada para recuperar la fatiga alcanzada dejando el periodo de descanso oportuno.

4. Ajuste progresivo de la sobrecarga fisiológica.

5. Heterocronismo.

Nos explica que los procesos que se dan en la supercompensación no se producen en el mismo tiempo. Esta peculiaridad nos da la oportunidad de hablar de la especificidad del entrenamiento. Un ejemplo claro es el que se da en los procesos dietéticos de los deportistas, los cuales mientras mayor concentración glucógeno muscular tengan (mayor nivel de CH), mejor cualificado estarán para la realización de un trabajo de larga duración (maratón). A este fenómeno se le conoce como *la supercompensación del glucógeno*.

6. Techo fisiológico.

El techo fisiológico constituye el límite de máximo rendimiento que podemos alcanzar a través del entrenamiento. Esta determinada por la edad y la genética.

En las etapas iniciales de entrenamiento, se mejora mucho y rápidamente. Después de un tiempo, este rendimiento se estabiliza quedándose muy próximo a ese techo fisiológico. Pero este rendimiento casi máximo puede disminuir como consecuencia del sobreentrenamiento.

TEMA 3LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA**1. Concepto de energía y las fuentes energéticas.**

Se define *energía* como todo aquello que es capaz de producir un trabajo. Esta energía se manifiesta al exterior de diferentes formas: térmica, luminosa, solar, mecánica, eléctrica, nuclear, etc.

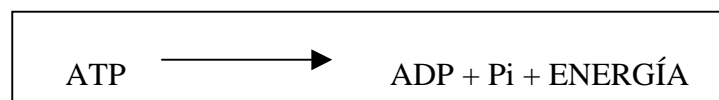
Desde el punto de vista físico, se distinguen dos tipos de energía: una que es denominada *energía potencial*, que es la almacenada en un sistema como consecuencia de la posición o estructura interna de sus moléculas; y el otro tipo de energía es la *energía cinética*, que es la energía que proviene de la velocidad y la masa de las moléculas.

El organismo humano necesita obtener energía. Para ello, tiene dos formas diferentes:

- a) Reserva de compuestos macroérgicos.
- b) Vías anaeróbicas y aeróbicas.

Pero cuando nos referimos a la energía utilizada por el aparato locomotor del propio ser humano para llevar a cabo a través del músculo esquelético los diferentes movimientos, nos referimos a la moneda energética de intercambio a nivel celular denominada *ATP*.

El ATP es un compuesto que almacena una gran cantidad de energía, la cual para ser liberada necesita de un proceso de descomposición que sigue la siguiente reacción y que posee las siguientes características:



- Se obtiene a partir del ATP.
- La cantidad es escasa, de 5 micromoles.
- Es necesario resintetizarlo rápidamente.
- Demostrado envenenando al músculo.

La energía producida al separarse uno de los grupos de fosfato de la molécula de ATP, es utilizada para diversos procesos biológicos, tales como:

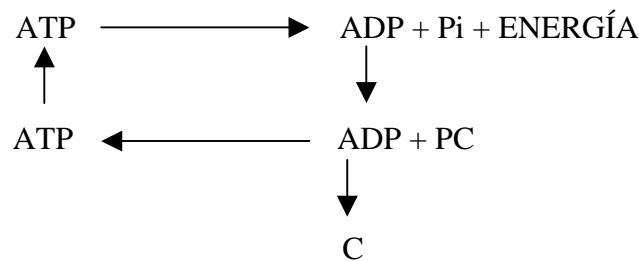
- Biosíntesis.
- Transporte activo celular.
- Contracción muscular.
- Otros procesos biológicos.

2. Formación y resíntesis de ATP.

El músculo necesita de ATP para llevar a cabo su contracción, pero la cantidad de ATP que posee como reserva energética es muy escasa, por lo que solo sería capaz de proporcionar energía durante unos pocos segundos. No obstante, el ATP puede ser resintetizado de 3 formas diferentes para volver a obtener energía:

2.1. 1ª Resíntesis del ATP.

Se realiza a expensas de otro compuesto macroérgico que se encuentra almacenado en el músculo y está a su disposición de manera inmediata. Se trata del fosfato de creatina (PC), el cual puede alcanzar concentraciones de energía de 5 ó 6 veces mayores que el ATP. De esta manera, la duración de las contracciones musculares podría alargarse. El proceso se podría esquematizar de la siguiente manera:



El ATP que ha sido resintetizado sin intervención del O₂, proceso anaeróbico, puede proporcionar de nuevo energía de una manera inmediata. El ATP y el PC son los compuestos más importantes del llamado depósito de fosfágenos.

Este primer método de resíntesis es la que utiliza el músculo cuando realiza trabajos a gran intensidad, es decir, trabajos anaeróbicos alácticos. Ej.: carrera de 100 m.

2.2. 2ª Resíntesis del ATP.

Se realiza mediante los procesos de *glucogenolisis* (degradación del glucógeno) y *glucólisis* (degradación de la glucosa). Para ello, el músculo utiliza otra fuente energética de reserva llamada glucógeno, que fue almacenada en el músculo y en el hígado.

El músculo cuando lo requiera puede degradar el glucógeno a glucosa y luego a ácido pirúvico, ganando durante este proceso 3 moléculas de ATP que pueden ser utilizada como energía. Este ácido pirúvico puede seguir degradándose dando nuevas moléculas de ATP, pero para ello necesita la presencia de O₂. Este paso se verá más adelante.

Este mecanismo puede producirse también a través de la glucosa sanguínea, la cual al ser degradada aporta 2 moléculas de ATP.

Este tipo de obtención de energía se utiliza en los ejercicios a gran intensidad y que se prolongan lo suficiente como para que el déficit energético producido no lo pueda cubrir el fosfato de creatina, es decir, trabajos anaeróbicos lactácidos.

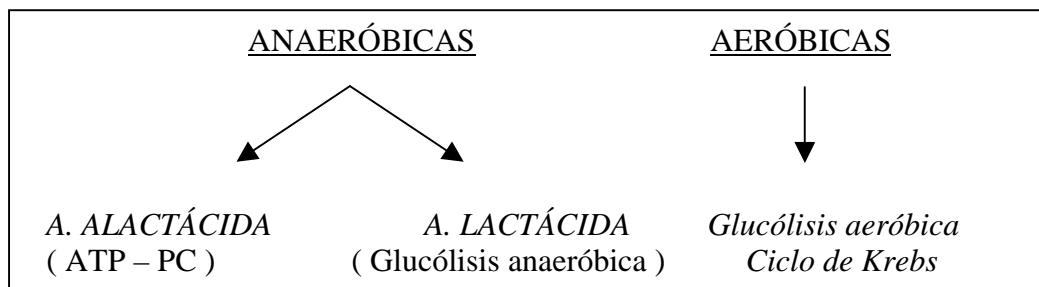
Como es de suponer esta vía metabólica tiene el inconveniente de que al degradar glucosa produce una rápida acumulación de lactato, aunque no obstante esta fuente energética nos permite conseguir gran cantidad de energía antes de que la acumulación de lactato alcance niveles críticos, por lo que tenemos como ventaja la posibilidad de realizar cambios bruscos de intensidad.

2.3. 3ª Resíntesis de ATP.

Se realiza mediante la vía oxidativa aeróbica, la cual comprende una serie de reacciones como son: el ciclo de Krebs, B-oxidación y la cadena respiratoria. En esta serie de reacciones, los sustratos son completamente oxidados hasta formar CO₂ y agua, extrayéndose de ellos toda la energía disponible.

Los sustratos más importantes que produce de los diferentes procesos son: el acetil – CoA, el ácido pirúvico y los ácidos grasos libres. De ellos, se obtiene al oxidarse con oxígeno la siguiente cantidad de energía: de la glucosa, cerca de 40 moléculas de ATP y del acetil – CoA cerca de 12 moléculas de ATP.

Este tipo de obtención de energía se utiliza en los ejercicios de esfuerzos prolongados, es decir, trabajos aeróbicos.



3. **Aporte de las vías energéticas principales.**

El rendimiento de las vías energéticas principales que hemos estudiados, esto es la B – oxidación, la glucólisis y el ciclo de Krebs, así como el acoplamiento a la cadena respiratoria, lo vamos a analizar a lo largo de este punto:

3.1. Glucólisis.

Cuando una molécula de glucosa es requerida para formar energía, las situaciones pueden ser muy variadas:

1. La molécula de glucosa procede del plasma sanguíneo. Aquí puede haber llegado por varias vías, a través de la resíntesis hepática o de la dieta.

2. La molécula de glucosa procede del glucógeno muscular.

En el primer caso, para que la molécula ingrese en el proceso de la glucólisis debe consumirse un ATP en fosforilar dicha molécula, siendo éste el primer paso de la glucólisis si la glucosa no procede de la glucogenolisis, ya que, en este caso la glucosa ya ha sido fosforilada. Por este motivo en el rendimiento anaeróbico final de una molécula de glucosa, si se producen 4 ATP y se gastan 1 ó 2 dependiendo si la molécula está fosforilada, se obtienen 2 ó 3 ATP únicamente, debido a que los 2 NADH se gastan en transformar el pirúvico en láctico al final del proceso anaeróbico.

3.2. B- Oxidación.

Cuando lo que utilizamos como energía son los lípidos el proceso se complica. Los lípidos en nuestro sistema de reserva se almacenan en forma de triglicéridos, es decir 3 ácidos grasos unidos por una molécula de glicerol. Los ácidos grasos solo se sintetizan en el hígado y los triglicéridos solo en el tejido adiposo. De cualquier forma, cuando pretendemos utilizar un ácido graso, primero hay que escindirle de su conexión en el triglicérido. Cuando se rompe esta unidad lipídica hay que hacer el balance energético de los 3 ácidos grasos que la componen y la molécula de glicerina que ingresa, tras previas transformaciones, en la glucólisis.

De los ácidos grasos que más se conocen están el Oleico, linoléico, palmítico y esteárico. De este último vamos a realizar un ejemplo de balance energético.

Vamos a suponer un triglicérido con 3 moléculas de esteárico y un propanotriol o glicerina que los une. El esteárico es un ácido graso de 18 átomos de carbono. Cada vez que en la B - oxidación se produce un bucle, se desprenden dos átomos de carbono en forma de acetil - CoA (que después ingresará en el ciclo de Krebs para formar 12 ATP de energía), una molécula de FADH₂ y una de NADH. Esto quiere decir que a nivel de sustrato (cada bucle), se producen 5 ATP y un acetil - CoA que después se acoplará al ciclo de Krebs.

Un ejemplo es la molécula de ácido esteárico, la cual da 8 bucles para degradarse completamente, obteniéndose así 9 acetil - CoA, 8 moléculas de FADH₂ y el mismo número de NADH.

3.3. Ciclo de Krebs y cadena respiratoria.

En cuanto al ciclo de Krebs, solo diremos, que cada ciclo o bucle desprende 12 ATP cuando los subproductos se pueden acoplar a la cadena transportadora de electrones, situada en las crestas intramitocondriales.

3.4. Pool de aminoácidos.

La oxidación no solo proviene de hidratos y ácidos grasos, sino que también de la glicerina y de los aminoácidos, los cuales intervienen de forma significativa en el proceso de obtención de energía por vía aeróbica.

4. **Aporte energético de las diferentes vías metabólicas durante el ejercicio físico.**

Los aportes energéticos en uno u otro ejercicio dependerá de la intensidad y de la duración del mismo, así como de la dieta y del estado físico.

En condiciones de reposo en las que el músculo tiene una leve actividad metabólica, la energía llega a través de la oxidación de la glucosa y de los ácidos grasos, produciendo el ATP necesario para el mantenimiento de la postura.

¿ QUÉ OCURRE CUANDO REALIZAMOS EJERCICIO ?

Al hacer ejercicio, la actividad muscular aumenta y consecuentemente la demanda de ATP también.

- Durante los ejercicios ligeros, el músculo puede aumentar su producción de energía aeróbica gracias a la utilización del oxígeno que le llega procedente de la mioglobina y por medio de la circulación. No obstante, para que se produzca ese ajuste cardiorespiratoria se necesita un tiempo, durante el cual existe un déficit en el aporte aeróbico de energía.

- Durante los ejercicios de intensidad moderada, los procesos anaeróbicos ganan importancia, ya que van a ser los encargados de aportar la energía que no puede conseguir el músculo por vía aeróbica. Dependiendo del trabajo realizado, es decir, la duración, las reservas de fosfágenos podrán ser gastadas o no, pero si se van agotando, el músculo deberá conseguir la energía que le falta a través de la glucólisis anaeróbica. Esta nueva fuente de energía tiene el inconveniente de que producirá acumulación de lactato, cuya cantidad dependerá de la tardanza en realizar el nuevo ajuste cardiovascular, pero tiene la ventaja de ser muy rápida. Posteriormente, si la intensidad no se eleva, la cantidad de ácido láctico producida durante el desajuste puede ser eliminada a través de un gasto de oxígeno ligeramente por encima del necesitado por el ejercicio.

- Durante los ejercicios de intensidad pesada, la única posibilidad de conseguir energía es la glucólisis anaeróbica, ya que, el fosfágeno se ha agotado. Como hemos dicho, la glucólisis anaeróbica tiene el inconveniente de producir poco ATP y mucho lactato.

- Durante los ejercicios de intensidad máxima y de poca duración, como puede ser una carrera de 100 m., no da tiempo a que se produzca el ajuste respiratorio, por lo que la fuente energética más importante es el fosfágeno.

- Durante ejercicios de intensidad máxima y de duración más prolongada que la anterior (400 m.), existe un gran aumento del lactato en la sangre lo que refleja la

creciente activación de la glucólisis anaeróbica. En pocos segundos, la acumulación de lactato habrá alcanzado un nivel crítico que forzará al sujeto a parar.

Por tanto podemos terminar diciendo que la utilización de reserva energética del músculo se producen en el orden siguiente: ATP, PC, glucógeno y triglicéridos. Sin embargo, debemos saber que se da el *modelo del continuo energético*, que significa que antes de que un elemento de reserva se agote ya se están produciendo metabolitos activadores que facilitan que se vaya obteniendo progresivamente energía del siguiente elemento de reserva, por lo que en determinados momentos existe una superposición de las vías metabólicas que suministran la energía.

El heterocronismo de las vías es un término que se relaciona con el modelo del continuo energético, y significa que las vías que proporcionan energía para cada tipo de ejercicios tienen unos umbrales de utilización, es decir, dará energía durante un determinado tiempo.

5. Clasificación metabólica de los ejercicios.

La clasificación de los ejercicios se realizará teniendo en cuenta dos conceptos:

- **Potencia:** capacidad de desarrollar la mayor intensidad por unidad de tiempo.
- **Resistencia:** capacidad de mantener esa alta intensidad el mayor tiempo posible.

La clasificación de los ejercicios desde un punto de vista metabólico es:

1. *Ejercicios de potencia anaeróbica.*

Usan principalmente ATP y PC. También pueden conseguir energía a través de la oxidación con oxígeno de la mioglobina de otros compuestos macroérgicos. A máxima intensidad estas fuentes proporcionan energía para esfuerzos de 12 a 15 segundos. *Ejemplo:* 100 y 200 m. lisos y los lanzamientos de jabalina, disco, peso, etc.

2. *Ejercicios de resistencia anaeróbicas.*

A este tipo de ejercicio es necesario añadir el suministro de energía proveniente de la glucólisis anaeróbica, ya que, no ha habido tiempo para que se produzca el ajuste cardiovascular que facilite una mayor oxidación aeróbica. Estas fuentes proporcionan energía durante un periodo de 2 a 3 minutos. *Ejemplo:* 100 y 200 m. en natación y 400 m. lisos.

Para evitar una superposición en la clasificación, debemos saber que entre el primer y el segundo grupo existe una serie de ejercicios que van desde los 30 segundos a los 3 minutos de duración, en donde la contribución aeróbica es del 50 %.

3. *Ejercicios de potencia aeróbica.*

La fuente de energía principal es la aeróbica, ya que, tiene tiempo suficiente para que el ajuste cardiovascular llegue a completarse. Esta fuente proporciona energía durante el periodo de tiempo de 3 a 6 minutos. En este tipo de pruebas, aunque duren bastante tiempo, el objetivo es trabajar a la mayor intensidad posible, por lo que requieren además de la capacidad aeróbica, una gran capacidad anaeróbica con el fin de contrarrestar las grandes acumulaciones de lactato. *Ejemplo:* 1500 m.

4. *Ejercicios de resistencia aeróbica.*

La fuente de energía es la aeróbica a través de la fosforilación oxidativa, ya que, cuanto mayor va siendo la degradación del glucógeno y de la glucosa, mayor va siendo la participación de las grasas a través de la β – oxidación de ácidos grasos. Son ejercicios que duran por encima de los 6 minutos y que a medida que aumenta su duración aumenta la participación aeróbica. En ejercicios de 10 minutos, existe un aporte de energía aeróbica del 85 – 90 %, en los de 30 minutos serían del 95 % y en los de 1h. y 2h. sería del 98 – 99 %. *Ejemplo:* un 5.000 m y una maratón. Son ejercicios largos que tienen que realizarse a intensidades submáximas.

TEMA 4**UTILIZACIÓN DE LOS SUBSTRATOS ENERGÉTICOS
DURANTE EL EJERCICIO****1. Factores que intervienen en la utilización de los substratos.**

El organismo necesita en todo momento energía, la cual obtiene a través de la molécula energética denominada ATP, la cual se forma mediante la oxidación de los diferentes substratos. La elección de unos u otros substratos depende de varios factores:

- Intensidad del ejercicio.
- Duración del ejercicio.
- Factores nutritivos (dieta).
- Estado de entrenamiento.

2. Utilización del glucógeno muscular.

Durante el ejercicio, a medida que aumenta la intensidad y antes incluso de llegar al consumo máximo de oxígeno, el organismo aumenta la utilización del glucógeno, más concretamente del glucógeno muscular, para la obtención de energía. Esto es así, porque la encima hexoquinasa inhibe la ruta de acceso de la glucosa sanguínea al metabolismo celular, debido a que hay presencia de glucógeno, por lo que da preferencia a la glucogenolisis (proceso anaeróbico). Pero cuando éste se degrada en proporciones del 92%, se pasa a utilizar la glucosa sanguínea.

La utilización del glucógeno viene definida por el porcentaje de oxígeno consumido y por la intensidad del ejercicio. Analizando cada uno de estos factores, se obtuvo el siguiente resultado:

- A medida que aumentaba el volumen de oxígeno consumido, aumenta la utilización del glucógeno de forma proporcional, hasta llegar al 100% del volumen de oxígeno máximo, en donde la utilización de la glucosa aumenta en grandes proporciones.
- A medida que aumenta la intensidad del ejercicio, aumenta la utilización de glucógeno y disminuye el tiempo del ejercicio. Pero llega un momento en el que el glucógeno no se puede oxidar por falta de oxígeno, con lo que aparece un aumento de la fatiga, como consecuencia de un aumento de la acumulación de lactato, que nos lleva al agotamiento.

La utilización del glucógeno y la glucosa, en función de los diferentes ejercicios, es la siguiente:

1. Ejercicios ligeros: la glucosa sanguínea aporta el 25 – 30% de la energía total necesaria. Esta cantidad aumenta a medida que se alarga el ejercicio.
2. Ejercicios moderados: la glucosa sanguínea aporta cerca del 50 – 60% de la energía necesaria.

3. **Ejercicios duros:** la glucosa sanguínea aporta cerca del 75 – 90% de la energía necesaria.

Por lo tanto, podemos decir que a medida que aumenta la intensidad y la duración del ejercicio, aumenta la utilización de glucosa. Pero tal y como muestra la gráfica, el incremento de esta utilización se produce al principio del ejercicio, mientras que a medida que aumenta el tiempo, a partir de los 10 minutos, la utilización de glucosa aumenta lentamente.

¿ POR QUÉ SE UTILIZAN LOS CARBOHIDRATOS EN VEZ DE LOS ÁCIDOS GRASOS LIBRES PARA OBTENER ENERGÍA EN LOS MOMENTOS INICIALES DEL EJERCICIO ?

Se utilizan los carbohidratos debido a que al no disponer de oxígeno, el rendimiento de éstos es 8,8% superior al de los ácidos grasos libres. Analizando esta pregunta en relación con el ejercicio, podemos decir:

- A medida que aumenta la intensidad, aumenta el consumo de CH y disminuye el de los ácidos grasos libres. Incluso si la intensidad sigue aumentando, se llega a la utilización del 100% de los CH.
- A medida que aumenta la duración, aumenta el consumo de ácidos grasos libres y disminuye el consumo de CH.

Un *ejemplo práctico* sería el siguiente: Un ejercicio de 4 h.

- Al principio se utiliza la glucosa.
- A partir de los 90 segundos, disminuye la glucosa y se pasa a utilizar glucosa sanguínea.
- A medida que se prolonga el ejercicio, gana importancia la utilización de los ácidos grasos libres.

Al final han aportado la misma cantidad de energía, los CH y los ácidos grasos libres.

Los factores nutritivos que afectan a la utilización de los CH y de los ácidos grasos libres son:

- **CH:**
 1. Se utiliza mayor cantidad CH mientras mayor ingestión se haga en la dieta, da ahí, que muchos atletas tres días antes de la competición ingieren gran cantidad de CH, para después hacer un día de ayuno, lo que favorece un mayor consumo del glucógeno.
 2. El aumento de insulina favorece la utilización de CH.
 3. El estrés.

- **AGL:**

1. Depende de los siguientes niveles sanguíneos:

- a) Norepinefrina: favorece la utilización AGL a largo plazo.
- b) Lactato: a medida que disminuye, aumenta el consumo de AGL.
- c) Insulina: a medida que se prolonga el ejercicio, la insulina favorece el aumento de AGL.
- d) Cafeína.
- e) Calentamiento.

3. Modelo Sherman.

Para aumentar el nivel de CH en el organismo para la competición, Sherman propone que en los tres primeros días se consuma mucha cantidad de CH para luego en los tres siguientes días de ejercicio supercompensar lo que se había perdido.

4. Utilización de las grasas.

En los ejercicios, a medida que aumenta la intensidad disminuye su proporción y según aumenta la duración, aumenta su proporción.

TEMA 5

CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

1. Concepto e importancia del consumo máximo de oxígeno.

El *consumo de oxígeno* se define como la cantidad de oxígeno que consume el organismo en un minuto. Su valor en reposo es de 0,25 l/min.

Mientras que el *consumo máximo de oxígeno* (VO_2 máx.) se define como el consumo de oxígeno, que no aumenta a pesar de haberlo hecho la carga de trabajo.

Cuando el organismo trata de obtener energía, la vía que elige es la aeróbica, ya que, el rendimiento de ATP será mucho mayor, como muestra la oxidación de glucosa a CO_2 y agua, que da 38 ATP, mientras que el paso de glucosa a pirúvico solo aporta 3 ATP.

Parece evidente que poseer un consumo de oxígeno elevado favorecerá la capacidad del organismo para conseguir energía aeróbica.

El consumo máximo de oxígeno es el mejor indicador de la potencia aeróbica, ya que, nos da una medida de la capacidad del organismo para tomar, transportar y utilizar oxígeno. Estas capacidades dependen a su vez de ciertas funciones como son:

- Función respiratoria.
- Función cardiovascular.
- Función hemática.
- Función muscular.

2. Factores que influyen en el consumo máximo de oxígeno.

Los factores externos que influyen en el consumo máximo de oxígeno son:

- a) *Ambientales*: presión atmosférica, temperatura, polución, etc.
- b) *Somáticos*: edad, sexo, tamaño corporal, etc.
- c) *Psíquicos*: la motivación, la actitud, etc.
- d) *Característicos del ejercicio realizado*: duración intensidad, posición, masa muscular empleada, etc.

Los factores internos que influyen en el consumo máximo de oxígeno son:

- a) *Factores cardiovasculares*: se dividen en:

a.1. *De gasto*: destacan:

- Presión arterial.
- Frecuencia cardíaca.
- Resistencia.

- Volumen sistólico.
- Gasto cardiaco.

a.2. *De concentración*: destacan:

- La diferencia arterio - venosa de oxígeno.

b) *Factores respiratorios*: se dividen en:

b.1. *De gasto*: destacan:

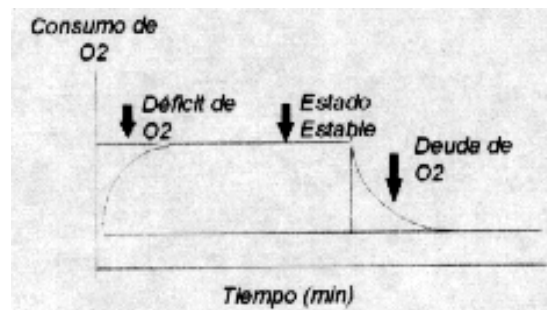
- Volumen alveolar.
- Ventilación alveolar.
- Frecuencia respiratoria.
- Volumen corriente.
- Ventilación.

b.2. *De concentración*: destacan:

- Fracción utilizada de oxígeno.

3. Fases en el ajuste del consumo de oxígeno durante el ejercicio.

El ajuste del consumo de oxígeno en un ejercicio de carga submáxima (moderada) sigue la siguiente gráfica, la cual nos disponemos a analizar:



El consumo de oxígeno tarda cerca de 2 minutos desde que se empezó el ejercicio en estabilizarse, ya que, el aumento del consumo sufre un cierto retraso. A partir de ahí, si la carga se mantiene el consumo de oxígeno se sitúa en un ritmo estable.

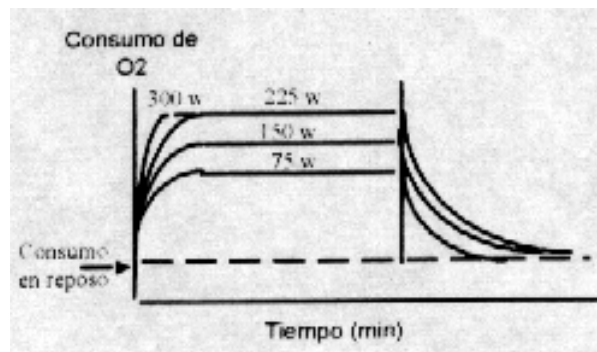
Una vez terminado el ejercicio, concretamente en la gráfica a los 5 minutos, el consumo de oxígeno vuelve de forma paulatina a los niveles de consumo previo al comienzo del ejercicio. Al consumo de oxígeno que se sitúa por encima de los valores de reposo una vez acabado el ejercicio se le denomina deuda de oxígeno, la cual contrarresta el déficit de oxígeno que hubo al iniciar el ejercicio.

4. El consumo de oxígeno en relación a la intensidad.

Si repitiésemos la experiencia anterior del ejercicio moderado pero con cargas con diferente intensidad, obtendríamos la siguiente gráfica, en la cual se aprecia que según aumenta la intensidad, la fase estable se alcanza a niveles más altos hasta que llega un momento en el que aunque si siga aumentando la intensidad la fase estable no sube más. A este consumo de oxígeno, que no aumenta a pesar de haberlo hecho la carga de trabajo, lo denominamos *consumo máximo de oxígeno*, y a la carga que lo provoca lo denominamos *carga máxima o carga crítica* (también conocida como potencia o velocidad aeróbica máxima).

No obstante, es evidente que aún podemos trabajar a mayor intensidad que a la de la carga que provoca el consumo máximo. A las cargas que están por encima de la carga máxima las denominaremos *cargas supramáximas*, y a las cargas que están por debajo *cargas submáximas*.

En definitiva, el sujeto puede conseguir el consumo máximo de oxígeno sin llegar a utilizar las cargas máximas.



5. La interacción de la intensidad y de la duración del ejercicio.

De las gráficas que a continuación se muestran, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La duración del ejercicio se acorta a medida que aumenta la intensidad de las cargas supramáximas. Además con el aumento de la intensidad lo que consigue es llegar antes al volumen máximo de oxígeno y no aumentar ese volumen.
- Cuando la duración del ejercicio tuvo que ser prolongada, la intensidad del mismo se tuvo que reducir. Así, si la duración del ejercicio ha de ser de 1h., las personas desentrenadas no están capacitadas para mantener la intensidad por encima del 50 % del consumo máximo de oxígeno, mientras que las personas entrenadas fueron capaces de mantener una intensidad de cerca del 85 % del consumo máximo. Por tanto, a mayor duración del ejercicio menor intensidad del mismo.

- Con intensidades moderadas se puede estabilizar el consumo máximo de oxígeno, pero si se aumentan las cargas la estabilización desaparece, aunque no aumente la intensidad.

6. Masa muscular y tamaño corporal.

Ambos factores intervienen de forma significativa en el consumo máximo de oxígeno, concretamente de la siguiente forma:

- A mayor masa muscular, mayor consumo de oxígeno.
- A mayor masa muscular, menor fatiga. De ello, se favorece el corazón, el cual se ve bastante liberado.
- La fatiga se relaciona con las áreas musculares y no con el total del organismo. Ej: si hago bíceps, tendré fatiga en ese músculo pero no en el organismo.
- A mayor tamaño corporal por parte de la persona, mayor masa muscular y por tanto mayor valor máximo de consumo de oxígeno. Pero esto no es así para el peso corporal, ya que poseería desventaja a nivel oxidativo.

7. Doble producto.

El doble producto se define como el índice que mide la intensidad de trabajo del músculo cardíaco. Viene determinada por la presión arterial sistólica y la frecuencia cardíaca. Su ecuación nos indica que un aumento de cualquiera de los dos factores, supone un aumento del trabajo del músculo cardíaco, así como un aumento del consumo de oxígeno por parte del mismo:

$$DP = PAS \times FCd$$

Astrand comprobó mediante unos estudios donde utilizó la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica sobre los brazos y las piernas, que la masa muscular es un factor que influye en el doble producto, ya que cuanto menor masa muscular se tenía, mayor trabajo debería realizar el corazón y viceversa.

Además comprobó que el músculo estriado y el músculo cardíaco responden de diferente forma a un aumento intensidad. El primero, aumenta de forma proporcional el consumo de oxígeno, mientras que el segundo cuando el doble producto es demasiado elevado, el rendimiento de su trabajo disminuye y se queda estancado.

8. Diferencias según el sexo y el estado de entrenamiento.

De forma general se puede decir que el valor del consumo de oxígeno es más alto en hombres que en mujeres, debido a que el hombre tiene una mayor capacidad de transporte de oxígeno gracias al mayor número de hemoglobina que la mujer. Además es más alto en los entrenados aeróbicamente tanto hombres como mujeres. Pero hay que saber que las diferencias disminuyen al considerar los valores por Kg de peso, y aún más si se refiere a la masa magra (sin grasa).

Sujetos	Consumo de oxígeno	
	L / min	ml/ kg/ min
<i>H. Atletas</i>	4,8	71
<i>H. Sedentarios</i>	3,2	44
<i>M. Atletas</i>	3,3	55
<i>M. Sedentarias</i>	2,3	38

La altura es otro de los condicionantes del consumo de oxígeno, ya que, cuando subimos la presión barométrica disminuye, esto hace que la presión parcial de oxígeno disminuya, con lo que la saturación de la sangre es menor y por tanto el consumo es menor.

Otros condicionantes son: el envejecimiento, el estado nutricional, los cambios de peso, la inactividad física y las enfermedades.

9. Resumen.

Debemos tener en cuenta de este tema los siguientes puntos:

- El consumo máximo de oxígeno es el mejor indicador de potencia aeróbica.
- Para obtener el consumo máximo no es necesario ejercicio exhaustivo.
- En ejercicios prolongados (resistencia aeróbica) no se mantiene el consumo máximo.
- Mayor masa muscular = mayor posibilidad de aumentar el consumo.
- Con cargas supramáximas no aumenta el consumo pero disminuye la duración.
- Si calentamos previamente podemos llegar al consumo máximo muy pronto.
- Con un consumo dado la frecuencia cardiaca y la presión arterial aumentan más con los brazos que con las piernas.
- El $DP = PAS \times FCd$. Y el C. Oxígeno aumenta proporcionalmente.

TEMA 6**DEUDA DE OXÍGENO****1. Concepto de deuda de oxígeno.**

La *deuda de oxígeno* se define como la cantidad de oxígeno consumida durante la fase de recuperación, por encima de los niveles de reposo.

Debemos dejar claro la diferencia que existe entre *déficit* y *deuda de oxígeno*. Cuando hablamos de *déficit* queremos aludir a la falta de oxígeno que sufre el organismo hasta que es capaz de ajustar la demanda de la actividad a las condiciones cardiovasculares, es decir, hasta que el organismo aporta el suficiente oxígeno para conseguir un estado estable en la actividad.

Sin embargo, cuando utilizamos el concepto de *deuda de oxígeno*, pretendemos hacer referencia a la cantidad de oxígeno que se consume después de haber cesado la actividad y siempre por encima de los niveles de reposo.

Para una mejor comprensión se han llevado estos términos al campo mercantil, llegando a la conclusión de que la deuda de oxígeno no es un préstamo. Además, algunos autores proponen cambiar la terminología, pasando la deuda de oxígeno a EPOC (exceso de consumo de oxígeno post – ejercicio) o volumen de recuperación.

2. Componentes de la deuda de oxígeno.

Margaria y sus colaboradores, amplió el concepto de deuda de manera interesante, así por ejemplo, realizó un gráfico en el que se trataba de establecer la relación entre la deuda de oxígeno contraída y la acumulación de ácido láctico en la sangre.

Ellos comprobaron que para una deuda de hasta 3 a 4 litros de oxígeno, no aumentaba en ningún momento la acumulación de lactato en la sangre, por lo que difícilmente puede explicarse relación alguna entre la deuda y la acumulación del lactato. Pero para valores superiores a 4 litros, observaron que la acumulación de lactato aumentaba proporcionalmente con los valores de deuda de oxígeno.

A la fracción de la gráfica donde la deuda no se asocia con la acumulación de lactato se la denominó *aláctica*, mientras que la fracción de la gráfica donde la deuda se asocia con la acumulación de lactato se la denominó *lactácida*. Estos factores son considerados como los componentes de la deuda de oxígeno.

Margaria encontró igualmente una relación matemática en ambas fracciones de la gráfica. Una, cuyo pago de la deuda es bastante rápido y que se asocia con la parte aláctica de la recuperación y otra, donde el pago es bastante más lento, correspondiéndose con la parte lactácida de la recuperación.

3. Pago de la deuda en la recuperación.

La diferencia en la rapidez del pago entre los componentes de la deuda es obvia. En ella aparece el llamado *tiempo – medio o semitiempo* y al que nosotros denominaremos **T50**, por ser el tiempo que transcurre hasta que los valores de ambos componentes han alcanzado un nivel de recuperación correspondiente al 50 %.

En el gráfico, se puede observar como la duración del T50 para el componente alactácido no vario mucho, alrededor de unos 30 segundos, a pesar del considerable aumento de la deuda. Mientras que para el componente lactácido varió mucho, alrededor de varios minutos.

Por tanto, la deuda del componente alactácido se paga antes que la del componente lactácido.

4. Diferentes déficit y deudas.

Dependiendo del tipo de ejercicio, se producirá una forma de deuda u otra. Existen 3 modelos diferentes:

4.1. Ante un ejercicio corto pero intenso.

La deuda producida es muy importante, debido a que se creó un déficit muy grande en muy poco tiempo, a consecuencia de que la utilización de las vías aeróbicas ha sido mínima.

4.2. Ante un ejercicio de intensidad y duración media.

La deuda producida es mayor que el anterior, ya que, se ha utilizado el componente anaeróbico durante un periodo más largo al iniciar el ejercicio.

4.3. Ante un ejercicio de intensidad leve y larga duración.

La deuda producida es muy pequeña, debido a que se ha utilizado en gran medida las vías aeróbicas.

5. Valores de la deuda.

Existe una diferencia notable en los valores registrados de deuda de oxígeno. Esta diferencia atiende a 3 variables: el sexo, el estado de entrenamiento y la práctica o no de la actividad física.

Los valores normales de la deuda de oxígeno oscilan entre los 3 y 12 litros, aunque se conoce que un atleta de 10000 metros llegó a una deuda de 22,8 litros.

La mayor deuda producida se encuentra en hombres con actividades atléticas. En segundo lugar se encuentran los hombres entrenados, seguidos de las mujeres atletas y de los hombres desentrenados.

En los niños, la deuda de oxígeno es mucho menor, debido a que el déficit contraído es muy pobre, por lo que su recuperación es mucho más rápido que en el adulto.

6. Factores que influyen en la deuda de oxígeno.

6.1. Componente lactácido.

- Lactato.

6.2. Componente alactácido.

- La recarga de oxígeno de la mioglobina y de los líquidos intercelulares.
- La recuperación de los niveles de oxi – hemoglobina.
- La resíntesis del fosfágeno.
- La eliminación de productos de desechos del metabolismo.

Con este cuadro, observamos que la eliminación del lactato acumulado durante el ejercicio no es el único factor que influye sobre la deuda de oxígeno.

7. Destino del lactato.

En el organismo, todos los productos son aprovechables hasta que son convertidos a CO₂ y agua. El lactato no es una excepción. El lactato va a tener diferentes destinos en función del tipo de ejercicio al que se vea sometido el organismo. Concretamente se dan estos casos:

1. Ejercicio de 1 a 4 minutos (Hermansen y Vaage).

En este tipo de ejercicio se puede observar que del 100% del lactato producido, el 10% se utiliza para la producción de glucosa y glucógeno en el hígado, el 15% para oxidarlo en el músculo y el 75% restante es utilizado por el músculo en otras rutas metabólicas y en la regeneración del glucógeno muscular.

2. Ejercicio de 3 a 6 minutos (Astrand y Rodahl).

Para ellos, en estos ejercicios se oxidó el 50% del lactato y además aumento el glucógeno muscular, lo que quiere decir que hubo un aumento del consumo de oxígeno.

Debemos decir que el objetivo del organismo es eliminar el lactato. Para ello, bien lo puede resintetizar como hemos visto o lo puede eliminar.

Existe un factor que favorece la eliminación del lactato, el cual es el ejercicio ligero, en donde el lactato es utilizado como sustrato en el músculos activos,

reemplazando entonces al glucógeno, glucosa y ácidos grasos libres. Además, la velocidad de eliminación del lactato aumenta si crece la intensidad del ejercicio, pero hasta una cierta cifra, concretamente hasta el 40%, valor donde la eliminación empieza a decrecer.

8. Adaptación de la deuda de oxígeno.

La adaptación a la deuda que se produce en el ejercicio, hace que el organismo se vuelva más eficaz. Concretamente el organismo realiza las siguientes adaptaciones:

1. El aumento en el consumo de oxígeno es más rápido.
2. Se alcanza un mayor consumo máximo de oxígeno.
3. Se dota al organismo de una mayor resistencia a la acidez, con lo que se retrasa la aparición del umbral anaeróbico.
4. Mayor capacidad para alcanzar una deuda máxima mayor y poder soportarla.

Todo ello, nos permite realizar una menor acumulación de lactato, por lo que con diferencia a cuando acumulo mucho lactato, puedo trabajar dentro de un mismo tiempo a mayor intensidad.

9. Aplicaciones.

Las diferentes aplicaciones que podemos definir son:

- El calentamiento ayuda a una adaptación de la deuda, gracias a que disminuye el déficit energético aeróbico y a que me permite conseguir el consumo máximo de oxígeno con mayor prontitud. Además retrasa la llegada al umbral crítico, por lo que el trabajo previo a través del calentamiento hace que se pueda tolerar más el lactato.
- Los estadios de las pruebas de esfuerzos deben evitar que se produzcan un déficit.
- La recuperación activa favorece la eliminación de lactato y disminuye la deuda de oxígeno.

TEMA 7

EL UMBRAL ANAERÓBICO

1. Concepto e importancia.

Es sabido que es necesario obtener un consumo de oxígeno elevado para competir en actividades deportivas aeróbicas con éxito, pero también se considera una condición aeróbica mínima para poder afrontar los trabajos con mayor intensidad.

También se ha sugerido que el umbral anaeróbico es un determinante muy importante de la resistencia aeróbica.

El umbral anaeróbico se define como la intensidad del esfuerzo o de trabajo por encima de la cual la acumulación de lactato en sangre aumenta de forma exagerada, haciéndose exponencial.

La acumulación de lactato no comienza cuando se supera el consumo máximo de oxígeno, sino que bastante antes. Cuanto mejor entrenador esté, más se aprovechará el VO₂ máximo (hasta un 70 – 90%) con un muy ligero aumento en la concentración sanguínea de lactato. La acumulación exagerada de lactato tiene influencias notables: afecta a la ventilación pulmonar aumentándola (hiperventilación) y al equilibrio ácido base del organismo; así como, la inhibición en la utilización de los ácidos grasos como fuente de energía, lo que hará cesar al ejercicio por fatiga muscular cuando se agoten los azúcares.

Las personas entrenadas soportan mejor la acumulación de lactato, por lo que es entrenable. Además, una persona entrenada produce menor cantidad de lactato a la misma intensidad que otra que no lo esté.

En deportes de resistencia aeróbica es imprescindible que no se acumule lactato. La posibilidad de mejora es mayor en los no entrenados. Al mismo valor relativo diferente implicación metabólica. No es necesario realizar ejercicio a intensidades supramáximas para que aumenta la concentración de lactato, basta con un esfuerzo submáximo.

2. Terminología.

El modelo propuesto por *Skinner* y *Mclellan* divide el proceso en tres fases, con la premisa de que el ejercicio va de baja intensidad a máxima intensidad (ejercicio de carga progresiva):

- a) 1ª Fase: intensidad submáxima en el que se produce un aumento lineal del consumo de O₂, la frecuencia cardiaca y la ventilación pulmonar, la concentración de lactato se mantiene baja menos de 2 mMol/l de sangre (metabolismo aeróbico).

- b) 2º Fase: la intensidad sigue aumentando linealmente y con ella la frecuencia cardiaca y el consumo de O₂, hiperventilación pero sin obtener mucho más oxígeno y acumulación de lactato entre 2 y 4 mMol/l de sangre.
- c) 3ª Fase: si conseguimos realizar un aumento adicional de la intensidad, observamos: la frecuencia cardiaca y el volumen de O₂ aumentan hasta que llegan a ser asintótica con el eje de la x (valor máximo); la concentración de lactato se dispara por encima de 4 mMol/l de sangre y mayor hiperventilación todavía.

- Umbral anaeróbico: inicio de la segunda fase.
- Transición aeróbica anaeróbica.
- Umbral anaeróbico: inicio de la tercera fase.

3. Amortiguación de ácidos por mecanismos ventilatorios.



4. Importancia y significado funcional.

En principio podíamos afirmar que un sujeto con mayor consumo máximo de oxígeno debería poder mantener el ritmo más rápido, pero en la práctica no, debido a los diferentes umbrales anaeróbicos.

- Velocidad de deflexión (Conconi): es la velocidad de carrera en la que la frecuencia cardiaca empieza a descender.

5. Métodos de determinación de umbrales.

1. Lactato sanguíneo: extracción de sangre y su correspondiente análisis.
2. Biopsia: extracción de tejidos para análisis de lactato, glucógeno, etc.
3. Parámetro ventilatorios: consumo de oxígeno, relación producción de CO₂/aporte de O₂. Hiperventilaciones.
4. Cambios en las catecolaminas.
5. Cambios electromiográficos.
6. Cambios en la composición de la salida.

6. Los umbrales en ejercicio.

Podemos utilizar la ventilación como elemento indicador de nuestro trabajo. Una intensidad que nos permita mantener una conversación aunque algo forzada, es para trabajar el umbral aeróbico.

La dificultad para respirar promovida por el aumento ventilatorio desproporcionado, nos indica que estamos dentro del umbral anaeróbico.

Dentro del entrenamiento aeróbico, se pueden trabajar los siguientes factores:

- Potencia aeróbica: trabajamos para el aumento del consumo máximo de oxígeno.
- Resistencia aeróbica: trabajamos para el aumento del umbral anaeróbico.

TEMA 8

LA RESPUESTA CARDIORESPIRATORIA

1. Introducción.

Al realizar ejercicio, se requiere un aumento en el consumo de O₂. Para ello, es necesario que se produzca un ajuste a nivel respiratorio y cardiovascular. El primero de ellos, para aumentar la captación de O₂, mientras que el segundo para aumentar la capacidad de transporte de ese O₂ captado.

Antes de ver los diferentes ajuste vamos a analizar los diferentes factores que influyen en el consumo de O₂ (VO₂). Ellos son:

a) *Factores cardiovasculares*: se dividen en:

a.1. *De gasto*: destacan:

- Presión arterial.
- Frecuencia cardiaca.
- Resistencia.
- Volumen sistólico.
- Gasto cardiaco.

a.2. *De concentración*: destacan:

- La diferencia arterio - venosa de oxígeno.

b) *Factores respiratorios*: se dividen en:

b.1. *De gasto*: destacan:

- Volumen minuto respiratorio.
- Ventilación alveolar.
- Frecuencia respiratoria.
- Volumen corriente.
- Ventilación.

b.2. *De concentración*: destacan:

- Fracción utilizada de oxígeno.

La mayoría de los factores los vamos a analizar posteriormente, pero algunos de ellos no, por lo que lo vamos a definir ahora:

1. Volumen minuto respiratorio (VE): cantidad de aire que entra o sale de los pulmones en un minuto. Depende del volumen corriente (VT), que es el

volumen que se inspira o expira en una respiración normal, y de la frecuencia respiratoria (FR), que es el número de respiraciones por minuto.

2. Flujo (Q): es la sangre bombeada por el corazón en la unidad de tiempo en litros/ minutos. El flujo depende de: volumen sistólico (VS), que se define como el volumen de sangre expulsada en cada latido por el ventrículo izquierdo, y la frecuencia cardiaca (FC), que es el número de latidos por unidad de tiempo.

3. Ajuste de la ventilación.

Durante la realización del ejercicio, para llegar al ajuste ventilatorio se suceden una serie de procesos:

1. Ascenso anticipatorio.

Se identifica con un aumento de VE (volumen minuto respiratorio) antes de iniciar el ejercicio.

2. Aumento acelerado instantáneo.

En ella se activa una serie de reflejos nerviosos que se inician en los receptores sensoriales de tendones, músculos y articulaciones, los cuales provocan un aumento de la ventilación.

3. Aumento retrasado.

Se produce por un componente humoral como respuesta a las condiciones del medio (nivel de acidez, concentración sanguínea de CO₂, lactato y oxígeno).

4. Obtención de estado estable a un nivel determinado de VE.

5. Descenso acelerado de la VE.

El descenso acelerado de VE se produce una vez finalizado el periodo de trabajo, debido al cese de los estímulos nerviosos.

6. Descenso más paulatino hasta alcanzar niveles de reposo.

4. Ajuste de la ventilación en relación a la intensidad del ejercicio.

Al principio el aumento de la ventilación es proporcional a la intensidad del ejercicio para un mayor aporte de oxígeno. A partir de ciertos valores, aumenta de forma exponencial, gracias al aumento de la frecuencia respiratoria (lo ideal entre 30 – 35) y un aumento del volumen corriente, el cual es el que aumenta en mayor proporción. Entre el 40 – 60 % de la capacidad vital (equivale a la suma del volumen inspiratorio de reserva más el volumen corriente más el volumen inspiratorio de reserva) y se define como la cantidad máxima de aire que una persona puede movilizar en una

respiración forzada al máximo), es la amplitud óptima del volumen corriente para conseguir una gran eficiencia respiratoria. A partir de aquí lo que aumentaría sería la frecuencia respiratoria.

La ventilación no es limitante del consumo de oxígeno, el causante de la limitación es el componente cardiovascular.

5. Gasto cardiaco.

El gasto cardiaco es mayor tumbado que erguido, es decir, la frecuencia cardiaca es mayor de pie. La disminución del volumen sistólico es compensada por una vasoconstricción refleja (para evitar caída de la presión arterial) y por el aumento de la frecuencia cardiaca; aun así, esto no es suficiente para el cambio hemodinámico y por eso es menor de pie el gasto cardiaco.

Ante actividades físicas de intensidades moderadas, el flujo es proporcional a la intensidad pero ante ejercicios supramáximos, se pierde proporcionalidad debido a que la sangre va a los tejidos superficiales para eliminar calor. Esto también sucede en ejercicios largos continuados.

6. Volumen sistólico.

En torno a intensidades del 40%, se encuentra su consumo máximo. A partir de aquí, la frecuencia cardiaca es la encargada de aumentar el flujo.

El entrenamiento aeróbico aumenta el volumen sistólico final de las personas entrenadas. Esto explica que su frecuencia cardiaca sea menor. Las mujeres presentan valores un 25% más bajo.

7. Frecuencia cardiaca.

7.1. Valores.

Los valores normales están entre 50 y 100 pulsaciones minutos. Las mujeres tienen de 5 a 10 pulsaciones más, por tener el corazón más pequeño y menor cantidad de hemoglobina.

7.2. Adaptación al ejercicio.

Las diferencias del ajuste de la frecuencia cardiaca en los diferentes ejercicios nos determinan:

En curva 1 (ejercicio ligero), al iniciar el ejercicio la frecuencia cardiaca aumenta por encima de los niveles del estado estable posterior. Seguidamente desciende para obtener los valores del estado estable, el cual a lo largo del ejercicio disminuye de forma progresiva.

En curva 2 (ejercicio moderado) al principio del ejercicio se produce un aumento rápido acorde a las necesidades del ejercicio y hasta alcanzar el estado estable. Este estado es uniforme a lo largo del ejercicio.

En curva 3 (ejercicio intenso), al principio del ejercicio se produce un aumento rápido acorde a las necesidades del ejercicio y una vez alcanzado el estado estable, éste aumenta continuamente de una forma gradual a lo largo del ejercicio.

7.3. Frecuencia cardiaca como medida de intensidad.

La frecuencia cardiaca aumenta de forma proporcional al aumento de la intensidad en forma de volumen máximo de oxígeno, pero puede sufrir ciertas modificaciones. Entre los factores que pueden modificar esa recta, destacan:

- Los entrenados tienen menor pendiente.
- Las mujeres tienen mayor pendiente.
- Un mismo sujeto entrenado disminuye la pendiente.
- La frecuencia cardiaca disminuye con la edad, pero también lo hace el consumo de oxígeno.

7.4. Frecuencia máxima.

Se halla mediante la siguiente fórmula:

$$F \text{ máx} = 220 - \text{Edad.}$$

7.5. Aplicaciones de los valores de la frecuencia cardiaca.

Con la frecuencia cardiaca podemos:

- Valorar la capacidad cardiovascular.
- Estimar el consumo y capacidad del trabajo físico.
- Clasificar los ejercicios según su intensidad (Christensen):
 - Por debajo de 75, ejercicio muy ligero.
 - 75 – 100, ejercicio ligero.
 - 100 – 125, ejercicio moderado.
 - 125 – 150, ejercicio duro.
 - 150 – 175, ejercicio muy duro.
 - Por encima de 175, ejercicio extremadamente duro.
- Valoración según tipo de curva.

Los valores de la FC se pueden utilizar durante la recuperación para valorar la condición cardiovascular utilizando el tiempo de recuperación o el valor de la FC en un momento dado de la recuperación.

Una vez, terminado el ejercicio de FC vuelve al nivel de reposo, siendo mayor el tiempo de recuperación en las que el valor de la FC ha sido mayor.

- Escala de esfuerzo percibido.

Se le pide al sujeto que escoja la definición que mejor se ajuste a como se sienta durante el ejercicio y de acuerdo a las escalas se multiplica el valor escogido por diez.

- Respuestas ante cargas estandarizadas.

Ante igual carga, el que mayor frecuencia cardiaca tenga peor condición física tiene.

8. Factores de concentración. Diferencia arterio – venosa de O₂.

Para explicar el aumento en el VO₂, es necesario añadir, la diferencia arterio – venosa de O₂.

El coeficiente de utilización de O₂, aumenta, aproximadamente se triplica.

El aumento de la diferencia arterio – venosa se explica con las siguientes razones:

- *Modificaciones en las condiciones de la curva saturación – insaturación de la hemoglobina:* Ver figura 8.7. de la pag 107.

- Cuando la sangre pasa por los tejidos de menos presión suelta más O₂.

- La cinética de la curva depende de:

- Presión parcial de O₂.
- La temperatura.
- La concentración de CO₂.
- Ph = neutro.

- Durante el ejercicio:

1. A nivel muscular, el aumento de temperatura, eleva la concentración de CO₂ y desciende el Ph.
2. A nivel alveolar, disminuye la temperatura, lo que desciende la concentración de CO₂ y eleva el Ph.

- *Hemoconcentración:*

- Aumento de la capacidad de transporte aproximadamente un 10 %.
- Salida de líquido debido a presiones osmóticas y oncóticas y aumento en presión arterial y capilar.

- La sangre es más viscosa pero hay vasodilatación, compensándose así la menor saturación.
- Durante el ejercicio aumenta la presión arterial y capilar, lo que proporciona una salida de líquidos hacia fuera, aumentando el número de metabolitos.

- *Redistribución del flujo o vasoconstricción compensatoria* (a músculos).

9. Ajuste de presión arterial.

Para saber como se produce el ajuste debemos conocer la ley de la continuidad del flujo o de Poiseuille:

$$\text{Velocidad del fluido} = \text{Flujo} / \text{Area del tubo rígido}$$

$$\text{Presión arterial media} = \text{Flujo} \times \text{Resistencias periféricas totales}$$

Debemos saber que no existe un acuerdo unánime sobre lo que ocurre con la presión arterial y los cambios posturales. Pero si sabemos que las modificaciones y la situación corporal modifica la presión arterial, al igual que determinados factores emocionales como los estados anticipativos de una competición.

Durante el ejercicio dinámico, el ajuste de la presión arterial, se ve afectado por diversos factores, tales como:

- La presión arterial sistólica aumenta, pero no la diastólica.
- Signo de intolerancia: cuando la presión arterial sistólica no aumenta en relación al ejercicio.

En ejercicio estático, el cambio resulta excesivo, al compararlo con la frecuencia cardiaca. También sube la presión arterial diastólica.

10. Adaptaciones de los factores cardiovasculares al ejercicio.

Destacan los siguientes:

- Aumenta el gasto cardiaco.
- El ajuste se realiza con mayor rapidez.
- La frecuencia cardiaca disminuye.
- Para carga estandarizada submáximas, la frecuencia cardiaca disminuye.
- A una frecuencia cardiaca estandarizada, la capacidad de trabajo aumenta.
- Aumenta la capacidad de transporte y la diferencia arterio – venosa de O₂.
- La presión arterial media disminuye para cargas estandarizadas.
- La presión arterial en los hipertensos en reposo baja.

Como resumen diremos:

1. Reposo: aumenta el corazón, disminuye frecuencia cardiaca, aumenta bolemia, hemoglobina, densidad capilar.
2. En ejercicio submáximo: no cambio en el gasto cardiaco, aumento del volumen sistólico, disminuye la frecuencia cardiaca, cambios en flujo (menor en entrenados a la misma carga, debe aumenta la diferencia arterio venosa).
3. En ejercicio máximo: aumenta el gasto cardiaco y el volumen sistólico, no cambia la frecuencia cardiaca ni el flujo muscular.

TEMA 9

PRESCRIPCIÓN DE PROGRAMAS AERÓBICOS

1. Componentes del programa.

Los programas aeróbicos se pueden dirigir de varias formas diferentes, en función al objetivo a lograr. Los objetivos que se pueden obtener son:

- Mejorar la condición cardiovascular.
- Aumentar el consumo máximo de oxígeno.
- Aumentar la resistencia aeróbica.

Una vez establecidos estos objetivos, hay que tener en cuenta cinco componentes fundamentales que determinarán las características del programa:

1. Tipo de ejercicio: debe presentar las siguientes características:
 - a) Que utilicen grandes masas musculares para aumentar el VO₂ a través de la sobrecarga funcional.
 - b) Deben ser dinámicos con movimientos cíclicos o rítmicos, que permitan una alternancia entre las fases de contracción y relajación.
 - c) Deben ser cuantificables.
 - d) Para las personas de edad avanzada, deben elegirse ejercicios que impliquen una menor sobrecarga para el corazón.
2. Intensidad del ejercicio: la intensidad del ejercicio debe ser la suficiente para crear una sobrecarga fisiológica, la cual provoque una supercompensación. Para tratar esta componente debemos tener en cuenta dos conceptos fundamentales:
 - a) **Intensidad umbral**: es la frecuencia cardíaca o la intensidad mínima que debe alcanzarse durante el entrenamiento para que puedan producirse mejoras. Esa intensidad debe ser del 60%.
 - b) **Intensidad límite**: se refiere al límite superior recomendable para la intensidad del ejercicio. Este límite superior o frecuencia cardíaca límite, se prescribe en base a dos criterios:
 - Precaución: es aplicable al deporte para todos. Propugna no sobrepasar determinadas intensidades para evitar posibles riesgos de lesión muscular o cardíaca.

- Criterio que trata de evitar la acumulación excesiva de lactato. Es aplicable a los atletas que quieren competir en pruebas de resistencia aeróbicas.
3. Duración de la sesión de trabajo: es el tiempo que deben mantenerse las intensidades a las que nos hemos estado refiriendo para conseguir mejoras aeróbicas.
 4. Frecuencia semanal: hace referencia al número de sesiones (45 minutos) por semanas, concretamente esquematizaría así:
 - a) *1 sesión / semanal* = poco o ningún beneficio.
 - b) *3 – 5 sesiones semanales* = incremento mucho mayor de los ejercicios.
 - c) *6 – 7 sesiones / semanales* = no mucho mayor incremento que el obtenido anteriormente.
 5. Progresión: se refiere al procedimiento que se utilizará para mantener la sobrecarga y así, asegurar una mejora continua hasta los niveles deseados. En la progresión se dan 3 etapas, la inicial, la de mejora y la mantenimiento.

TEMA 10

RESPUESTA FISIOLÓGICA AL TRABAJO INTERVÁLICO

1. Definición de entrenamiento intermitente o intervalado.

El entrenamiento intermitente o intervalado es un sistema de entrenamiento en el que un número de series de ejercicio se alternan con unos períodos de reposo, los cuales, no son de inactividad sino de ejercicio ligero o moderado. Un ejemplo de este tipo de entrenamiento es el intervall – training o el Farleks.

2. Características del entrenamiento intermitente o intervalado.

Para determinar las características del trabajo intermitente debemos tener en cuenta una serie de factores que afecta a dichas características. Estos factores son:

- La intensidad del ejercicio realizado: debe ser considerada como la potencia media del trabajo realizado.
- La duración del ejercicio realizado: el tiempo total que resulta de la suma de los periodos de trabajo con los de descanso.
- El trabajo o gasto energético total realizado: la intensidad por el tiempo de duración.
- Periodicidad: la duración de los periodos sencillo de ejercicio junto con el tiempo utilizado para el ejercicio y la pausa.
- El ciclo temporal: la suma del ejercicio y la pausa.
- La amplitud o rango: es la variación de intensidad en los diferentes periodos de ejercicios y de pausa.

Teniendo en cuenta estos factores, vamos a diferenciar el entrenamiento intervalo del entrenamiento continuado a través de un ejercicio práctico, que explica:

- Supongamos que tenemos que correr de manera continua tan lejos y tan fuerte como podamos durante un minuto. Luego, en otra ocasión, supongamos que lo hacemos de manera intermitente, corriendo tan fuerte como lo hizo antes pero tan sólo durante 10 segundos cada vez, descansando 30 segundos antes de repetir la carrera, tan fuerte como lo hizo anteriormente y volviendo a descansar. Si se repite esto hasta un total de 6 veces, habrá realizado la misma cantidad de trabajo, y a la misma intensidad.

A la primera parte del ejercicio práctico se le denomina *entrenamiento continuado*, mientras que a la segunda parte se le denomina *entrenamiento intervalado*.

Las ventajas de utilizar el *entrenamiento intervalo* son:

1. Nos da la posibilidad de realizar una cantidad determinada de trabajo con menor fatiga, debido a que al introducir los periodos de pausa de trabajo, la intensidad media resulta menor.
2. Nos permite mantener con cierta comodidad las altas intensidades de trabajo, gracias a ello se puede obtener un volumen mayor de trabajo a esa intensidad.

3.1. Características metabólicas.

Desde el punto de vista metabólico, la utilización del sistema de entrenamiento intervalo provocará una respuesta totalmente diferente al sistema continuado. Concretamente, ante cargas iguales de trabajo realizada a la misma intensidad, la acumulación de lactato y la fatiga será mucho mayor en el continuado que en el intervalo, debido a que hubo:

- Una rápida recarga del oxígeno de la mioglobina.
- La rápida recuperación del fosfato de creatina, que es resintetizado durante el periodo de descanso, pagando así parte de la deuda de oxígeno. La resíntesis del fosfágeno será mayor cuanto mayor tiempo dure el periodo de pausa.

Mientras que en el trabajo continuado, el fosfágeno se agotó totalmente por lo que se activó la glucólisis anaeróbica produciendo unos índices muy elevados de acumulación de lactato.

3.2. Características cardiovasculares.

Con el entrenamiento intervalo, se pueden alcanzar frecuencias cardíacas y consumos de oxígeno máximos, hecho que no se podría lograr con los entrenamientos continuados.

Pero dentro del propio entrenamiento intervalo se pueden producir dos casos diferentes de respuesta cardiovascular:

- Si la duración de la pausa se acorta hasta la mitad del tiempo que ha durado el ejercicio, el consumo de oxígeno se aproxima bastante al máximo durante la fase de esfuerzo y la frecuencia cardíaca es máxima durante todo el ejercicio.
- Si la duración de la pausa se alarga por encima del tiempo que ha durado el ejercicio, el consumo de oxígeno durante los periodos de esfuerzo llega a un valor del 80% del consumo máximo y la frecuencia cardíaca alcanza valores bastantes elevados.

Además, en el entrenamiento intervalo, el volumen sistólico aumenta durante los periodos de pausa.

4. La eficacia del entrenamiento continuo y la del intervalo.

¿ Qué tipo de entrenamiento resulta más eficiente para entrenar aeróbicamente ?.

Tras muchos estudios realizado, se llegó a la conclusión que con cualquiera de los métodos se obtiene el máximo rendimiento, ya que, la mejora depende exclusivamente del trabajo total realizado (idénticos) o del gasto energético que ocasiona el ejercicio (idénticos aunque de distinta forma).

5. El principio de Fick.

El principio de Fick nos indica la influencia que tiene el componente cardiovascular para determinar el consumo máximo de oxígeno. Su ecuación es la siguiente:

$$VO_2 = \text{Gasto cardiaco} \times \text{diferencia (arterio - venosa) } O_2$$

Esta ecuación puede desarrollarse de la siguiente manera:

$$VO_2 = \frac{\text{Fr Cd.} \times \text{VS}}{\text{Componente central}} \times 1,34 / \text{Hb} / \times \frac{\text{Dif (a - V) } O_2}{\text{Componente periférico}}$$

Para poder conseguir que el consumo de oxígeno sea máximo, tenemos dos alternativas bien diferenciadas:

1. Trabajar sobre el componente periférico con entrenamientos largos y prolongados, es decir, los entrenamientos continuos basados en la duración.
2. Trabajar sobre el componente central con entrenamientos intervalos, donde se trabaja durante periodos más cortos pero a mayor intensidad.

PREGUNTAS DE EXÁMENES

1. ¿ Por qué la fisiología del ejercicio no es una ciencia médica ?.

La *fisiología del ejercicio* es la ciencia que estudia los cambios funcionales y/o estructuras que se producen al realizar un ejercicio, una sesión o unas sesiones repetidas.

Tal y como demuestra su definición, la fisiología del ejercicio estudia al hombre en acción, por lo que su origen no es médico sino biológico, ya que sale del tronco de las ciencias de la vida, la biología. Debemos diferenciarla de la fisiología humana, la cual proviene de las ciencias médicas, debido a que estudia las funciones de los órganos vitales de los seres humanos.

2. Diferencia entre ajuste y adaptación. Pon un ejemplo de ambos.

Ajustes: son las respuestas a corto plazo y se definen como los cambios funcionales inmediatos causados por la reacción a un agente estresante o estímulo de entrenamiento. Estos cambios desaparecen al poco tiempo de terminar el ejercicio.

- Por ejemplo, al realizar ejercicio aeróbico, las pulsaciones aumentan, pero cuando dejamos de correr estas vuelven a su nivel normal con las que empezamos el ejercicio.

Adaptación: son las respuestas a largo plazo y se definen como una serie de cambios funcionales permanentes en estructura y función y que es consecuencia de la repetición continuada de estos cambios transitorios.

- Por ejemplo, si realizamos un entrenamiento sostenido saliendo a correr frecuentemente, al cabo de cierto tiempo, nos encontraremos habituados a ese ejercicio debido a que el organismo se ha adaptado.

3. ¿ Qué es el efecto huella ?.

Al *efecto huella o efecto residual* se define como la respuesta preparatoria que aumenta la posibilidad de soportar estímulos futuros.

4. Describe la gráfica de adaptación y las demandas.

En un estudio realizado en Dallas, se somete a una serie de personas (grupo de control, sedentarios y entrenados) a un periodo de inmovilización en camas de 20 días y después se le entrena 50 días para observar los efectos que produce la inactividad sobre el organismo.

Las conclusiones que se obtuvieron son las siguientes:

- Existe un deterioro cardiovascular en los primeros 20 días de reposo, lo que hace pensar que la inactividad causa más perjuicios que la práctica moderada de ejercicio.
- Se comprobó que después del periodo de entrenamiento, los sedentarios tuvieron una mejora relativamente superior a los entrenados, es decir, en valores absolutos, los entrenados mejoraron más su volumen de O₂, pero los sedentarios aumentaron al doble su capacidad. Por lo tanto, ambos grupos mejoran aunque lo hacen en distinta proporción.

5. Define respuesta específica.

La respuesta específica es aquella respuesta que se construye a través del eje hipotálamo – pituitario – adrenocortical, y que produce una modificación en el organismo (aumento de la presión arterial, aumento de la frecuencia cardiaca, etc.) debido a su conexión con los órganos de destino del sistema nervioso simpático.

6. Define supercompensación.

El principio de supercompensación se define como la adaptación al entrenamiento y se explica a través del siguiente proceso fisiológico:

Al realizar un esfuerzo físico de manera persistente se produce una alteración del equilibrio orgánico, que es patente por la fatiga que experimentamos, produciéndose una disminución de la capacidad funcional.

Cesado el esfuerzo, durante el periodo de reposo se ponen en marcha una serie de mecanismo para restaurar la capacidad funcional primitiva, y curiosamente estos mecanismo no se paran al recuperarla, sino que siguen trabajando compensando esa disminución que se ha tenido en exceso, con lo que se aumenta la capacidad funcional para la próxima vez que se repita el estímulo.

7. Enumera las 4 respuestas que se pueden producir en el principio de la supercompensación.

Podemos encontrarnos con *4 tipos de respuestas diferentes* según la continuidad de la repetición y su intensidad:

- Caso I: que el periodo de reposo fuese demasiado prolongado, por lo que la repetición de la carga se producirían cuando los efectos de supercompensación hubieran desaparecidos. No se obtendrían beneficio alguno.
- Caso II: que el periodo de reposo fuese demasiado corto y no completase la fase de recuperación, por lo que se produce una disminución de la capacidad funcional aún más acusada.

- Caso III: que la repetición de la carga se produjese coincidiendo con la supercompensación. Esta es la situación ideal, ya que, produciría una supercompensación adicional, mejorando nuestra capacidad funcional.
- Caso IV: que el periodo de descanso se suprimiera a través de la concentración de las cargas para crear una disminución funcional mayor que produjese una supercompensación más alta. Luego la fase de descanso aumentaría.

8. ¿ Qué sucedería se en la cima de la gráfica de la supercompensación se aumentase la carga ?.

Que produciría una supercompensación adicional, la cual repercutiría de manera positiva en la mejora de una determinada cualidad.

9. Síndrome general de adaptación según Selye y Protok.

Selye describe 3 fases para explicar el SGA para el estrés:

- a) Fase de reacción de alarma: la componen 2 subfases llamadas de choque y de antichoque. La primera de ellas dará una disminución momentánea de la resistencia. Por el contrario en la segunda aumenta dicha resistencia.
- b) Fase de resistencia: se produce un equilibrio de la resistencia.
- c) Fase de agotamiento: la resistencia disminuye considerablemente, por lo que se pueden producir enfermedades.

Protokop describe 3 fase para explicar el SGA para el entrenamiento:

- a) Fase de adaptación: desde el comienzo hasta la condición de máximo rendimiento. Dura de 5 a 12 semanas.
- b) Fase de adaptación total: como consecuencia del estado de entrenamiento. Dura de 3 a 6 semanas.
- c) Fase de pérdida de la preparación plena: se pierde el llamado punto óptimo.

10. Define lo que techo fisiológico.

El techo fisiológico constituye el límite de máximo rendimiento que podemos alcanzar a través del entrenamiento.

11. Define lo que heterocronismo.

- El heterocronismo nos explica que los procesos que se dan en la supercompensación no se producen de forma simultanea. Este fenómeno da lugar a determinados aspectos de la especificidad del entrenamiento.

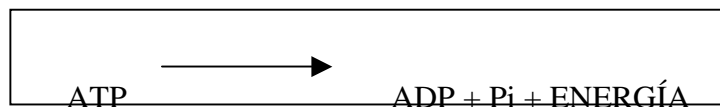
- El heterocronismo de las vías es un término que se relaciona con el modelo del continuo energético, y explica que las vías que proporcionan energía para cada tipo de ejercicios tienen unos umbrales de utilización, es decir, dará energía durante un determinado tiempo.

12. Definición de sobrecarga fisiológica.

La sobrecarga fisiológica es el estímulo de entrenamiento que se le somete al organismo, cuyo valor es superior a lo que está acostumbrado a soportar en su actividad física normal, provocándole fatiga. *Hellebrandt* demostró que para aumentar el rendimiento en el entrenamiento (200%), la carga que se debía utilizar era la sobrecarga.

13. La reacción del ATP quinasa.

El ATP quinasa es la encima que lleva a cabo la lisis de la molécula energética ATP, degradándola en: ADP, un grupo fosfato y energía. Esa energía que ha sido liberada, es posteriormente utilizada por el organismo para diversos procesos biológicos, como por ejemplo, la biosíntesis.



14. Bucle de la B – oxidación.

15. Explicar la diferencia entre glucosa muscular y sanguínea en relación al rendimiento de ATP.

El balance de ATP entre la glucosa muscular y la sanguínea es diferente. La glucosa muscular aporta 3 moléculas de ATP, mientras que la glucosa sanguínea sólo aporta 2 moléculas de ATP (3 – 1), debido a que a utilizado un ATP para su fosforilación y así poder ser utilizada en la glucólisis.

16. Obtención del ATP de un ácido graso de 18 carbonos.

17. ¿ De dónde se obtiene energía en los diferentes ejercicios ?.

1. *Ejercicios de potencia anaeróbica*: usan principalmente ATP y PC. También pueden conseguir energía a través de la oxidación con oxígeno de la mioglobina de otros compuestos macroérgicos. Ej.: 100m.
2. *Ejercicios de resistencia anaeróbica*: la fuente de energía es la glucólisis anaeróbica. Ej.: 400 m. o 100 m. natación.
3. *Ejercicios de potencia aeróbica*: la fuente de energía principal es la aeróbica, ya que, tiene tiempo suficiente para que el ajuste cardiovascular llegue a completarse. Ej.: 1500 m.

4. *Ejercicios de resistencia aeróbica*: la fuente de energía es la aeróbica a través de la fosforilación oxidativa. Ej.: 10000 m.

18. ¿ Por qué se usa el glucógeno muscular en ejercicios de intensidad ...?.

19. Diferencia en la utilización en el glucógeno muscular hepático con respecto a los ácidos grasos libres en el ejercicio de alta intensidad.

En los ejercicios de alta intensidad, la presencia de oxígeno es escasa, por lo que en esta situación, la utilización del glucógeno muscular hepático proporciona un rendimiento del 8,8% superior al de los ácidos grasos libres.

20. ¿ Por qué se degrada antes la glucosa que los ácidos grasos ?.

21. ¿ Cómo evoluciona el VO₂ en cargas submáximas y supramáximas ?.

- En cargas submáximas: a medida que aumenta la carga submáxima del ejercicio, aumenta proporcionalmente el VO₂ hasta llegar a la carga crítica.
- En cargas supramáximas: partiendo del valor de la carga crítica, por mucho que aumenten las cargas supramáximas del ejercicio, el VO₂ se mantiene constante, concretamente en el consumo máximo de oxígeno.

22. ¿ Qué es el doble producto y para qué sirve ?.

El doble producto se define como el índice que mide la intensidad de trabajo del músculo cardíaco. Viene determinada por la presión arterial sistólica y la frecuencia cardíaca.

$$DP = PAS \times FCd$$

23. ¿ Por qué se usa el doble producto como referencia cardíaca según la intensidad del ejercicio ?.

Debido a que el doble producto viene determinado por la presión arterial sistólica y la frecuencia cardíaca. Cualquier aumento que se produzca en la intensidad del ejercicio, quedará reflejado en ambos factores y consecuentemente en el doble producto. De ahí que sirva como referencia cardíaca.

24. Define lo que es carga crítica.

La carga crítica se define como la carga que lleva al individuo al consumo máximo de oxígeno.

25. Definición de carga submáxima y supramáxima.

- **Carga supramáxima:** es toda carga que se encuentra por encima de la carga crítica y que produce el mismo consumo máximo de oxígeno que la carga crítica.
- **Carga submáxima:** es toda carga que se encuentra por debajo de la carga crítica y que produce un consumo de oxígeno por debajo del máximo.

26. ¿ Qué es el ritmo estable ?.

El ritmo estable se considera como el parámetro que indica la energía que se puede obtener por vía aeróbica, teniendo en cuenta la intensidad y la duración del ejercicio. Se identifica con una meseta en la gráfica del ajuste del consumo de oxígeno.

27. Definición de deuda de oxígeno.

La *deuda de oxígeno* se define como la cantidad de oxígeno consumida durante la fase de recuperación, por encima de los niveles de reposo.

28. Relación entre la edad y el consumo máximo de oxígeno.

- Según la gráfica, desde los 10 años hasta los 18 años, el consumo de máximo de oxígeno aumenta de forma considerable, alrededor de 2,5 litros en muchachos. Mientras que en las muchachas, el aumento es muy pobre, manteniéndose casi constante.

- Entre los 18 a 25 años, ambos consumos máximos de oxígeno se mantienen.

- A partir de los 25 años, el consumo máximo de oxígeno en hombres disminuye proporcionalmente a medida que se incrementa la edad. Mientras que en mujeres, la disminución del consumo máximo de oxígeno se produce de forma paulatina y muy lentamente.

29. Relación entre sujetos entrenados y no entrenados en cuanto al volumen máximo de oxígeno.

Durante un ejercicio de 1h, se comprobó que los sujetos entrenados fueron capaces de mantener una intensidad de un 85% del consumo máximo de oxígeno, mientras que los desentrenados no estaban capacitados para mantener la intensidad por encima de un 50% del consumo máximo de oxígeno.

30. Diferencia entre el componente láctido y alactácido de la deuda de oxígeno.

Margaria en la gráfica que relacionaba la deuda de oxígeno con la acumulación de lactato en sangre determinó dos componentes, cuyas diferencias eran:

- *Componente alactáida de la deuda de oxígeno:* se identifica con la parte de la gráfica, en la que para una deuda de hasta 3 o 4 litros de oxígeno, la acumulación de lactato no aumenta, es decir, no existía relación.

- *Componente lactacida de la deuda de oxígeno*: se identifica con la parte d la gráfica, en la que para una deuda con valores superiores a los 4 litros, la acumulación de lactato aumentaba proporcionalmente con los valores de deuda de oxígeno.

31. ¿ Qué es el T50 ?.

El T50 es el tiempo que transcurre hasta que los valores de ambos componentes de la deuda de oxígeno han alcanzado un nivel de recuperación correspondiente al 50 %.

32. Destino del lactato en función del ejercicio.

Concretamente se dan estos casos:

1. Ejercicio de 1 a 4 minutos (Hermansen y Vaage): en este tipo de ejercicio se puede observar que del 100% del lactato producido, el 10% se utiliza para la producción de glucosa y glucógeno en el hígado, el 15% para oxidarlo en el músculo y el 75% restante es utilizado por el músculo en otras rutas metabólicas y en la regeneración del glucógeno muscular.
2. Ejercicio de 3 a 6 minutos (Astrand y Rodahl): para ellos, en estos ejercicios se oxidó el 50% del lactato y además aumento el glucógeno muscular, lo que quiere decir que hubo un aumento del consumo de oxígeno.

33. ¿ Por qué el ejercicio ligero favorece la eliminación del lactato ?.

Existe un factor que favorece la eliminación del lactato, el cual es el ejercicio ligero, en donde el lactato es utilizado como sustrato en el músculos activos, reemplazando entonces al glucógeno, glucosa y ácidos grasos libres.

34. La paradoja del lactato.

La paradoja de lactato en relación con la *edad* dice:

- En ejercicios anaeróbicos por vía láctica, las personas mayores acumulan menos lactato que las personas jóvenes.

La paradoja de lactato en relación al *sexo* dice:

- En ejercicios anaeróbicos por vía láctica, las mujeres acumulan menos lactato que los hombres.

35. Beneficios del calentamiento.

El calentamiento ayuda a una adaptación de la deuda, gracias a que disminuye el déficit energético aeróbico y a que me permite conseguir el consumo máximo de

oxígeno con mayor prontitud. Además retrasa la llegada al umbral crítico, por lo que el trabajo previo a través del calentamiento hace que se pueda tolerar más el lactato.

36. Explica cuando se dan los diferentes umbrales según el modelo de Skinner.

- **Umbral anaeróbico:** se da en el inicio de la segunda fase y se corresponde con el punto en el que ocurre la primera subida significativa del lactato (hasta 2 mMol/l) y el aumento no lineal de VE.
- **Umbral aeróbico:** se da al inicio de la tercera fase y se corresponde con el punto en el que el aumento de la concentración de lactato se hace exponencial y la ventilación sufre una aceleración adicional.

37. Explica el principio de Fick.

El principio de Fick nos indica la influencia que tiene el componente cardiovascular para determinar el consumo máximo de oxígeno. Su ecuación es la siguiente:

$$VO_2 = \text{Gasto cardiaco} \times \text{diferencia (arterio - venosa) } O_2$$

Para poder conseguir que el consumo de oxígeno sea máximo, tenemos dos alternativas bien diferenciadas:

1. Trabajar sobre el componente periférico con entrenamientos largos y prolongados, es decir, los entrenamientos continuos basados en la duración.
2. Trabajar sobre el componente central con entrenamientos intervalos, donde se trabaja durante periodos más cortos pero a mayor intensidad.

38. Determina el consumo de oxígeno y el oxígeno disponible para los sujetos a y b, sabiendo que a pesa 70 kg. y su % de VO₂ máximo es de 60 y b, pesa 70 Kg. y su % de VO₂ máximo es de 80.

39. Determina la frecuencia cardiaca máxima, sabiendo que el sujeto tiene 30 años.

40. Determina la función de los mineralcorticoides y de los glucocorticoides.

Las funciones de las hormonas corticoides son:

- Los mineralcorticoides: son proinflamatorias y se encargan de retener líquidos en el organismo.
- Los glucocorticoides: son antiinflamatorias y se encargan de mantener el nivel de glucosa en sangre y de proporcionar el material necesario para las recuperaciones.

PREGUNTAS DE EXÁMENES

1. ¿ Por qué la fisiología del ejercicio no es una ciencia médica ?.
2. Diferencia entre ajuste y adaptación. Pon un ejemplo de ambos.
3. ¿ Qué es el efecto huella ?.
4. Describe la gráfica de adaptación y las demandas.
5. Define respuesta específica.
6. Define supercompensación.
7. Enumera las 4 respuestas que se pueden producir en el principio de la supercompensación.
8. ¿ Qué sucedería se en la cima de la gráfica de la supercompensación se aumentase la carga ?.
9. Síndrome general de adaptación según Selye y Protok.
10. Define lo que techo fisiológico.
11. Define lo que heterocronismo.
12. Definición de sobrecarga fisiológica.
13. La reacción del ATP quinasa.
14. Bucle de la B – oxidación.
15. Explicar la diferencia entre glucosa muscular y sanguínea en relación al rendimiento de ATP.
16. Obtención del ATP de un ácido graso de 18 carbonos.
17. ¿ De dónde se obtiene energía en los diferentes ejercicios ?.
18. ¿ Por qué se usa el glucógeno muscular en ejercicios de intensidad ...?.
19. Diferencia en la utilización en el glucógeno muscular hepático con respecto a los ácidos grasos libres en el ejercicio de alta intensidad.

20. ¿ Por qué se degrada antes la glucosa que los ácidos grasos ?.
21. ¿ Cómo evoluciona el VO₂ en cargas submáximas y supramáximas ?.
22. ¿ Qué es el doble producto y para qué sirve ?
23. ¿ Por qué se usa el doble producto como referencia cardiaca según la intensidad del ejercicio ?.
24. Define lo que es carga crítica.
25. Definición de carga submáxima y supramáxima.
26. ¿ Qué es el ritmo estable ?.
27. Definición de deuda de oxígeno.
28. Relación entre la edad y el consumo máximo de oxígeno.
29. Relación entre sujetos entrenados y no entrenados en cuanto al volumen máximo de oxígeno.
30. Diferencia entre el componente láctico y aláctico de la deuda de oxígeno.
31. ¿ Qué es el T50 ?.
32. Destino del lactato en función del ejercicio.
33. ¿ Por qué el ejercicio ligero favorece la eliminación del lactato ?.
34. La paradoja del lactato.
35. Beneficios del calentamiento.
36. Explica cuando se dan los diferentes umbrales según el modelo de Skinner.
37. Explica el principio de Fick.
38. Determina el consumo de oxígeno y el oxígeno disponible para los sujetos a y b, sabiendo que a pesa 70 kg. y su % de VO₂ máximo es de 60 y b, pesa 70 Kg. y su % de VO₂ máximo es de 80.
39. Determina la frecuencia cardiaca máxima, sabiendo que el sujeto tiene 30 años.
40. Determina las funciones de los mineralcorticoides y las glucocorticoides.

BIBLIOGRAFÍA

1. Meléndez, A. (1987). *Bases fisiológicas y fisiológicas del movimiento*. Madrid. Ed. Alianza.
2. Meléndez, A. (1990). *Entrenamiento de la resistencia aeróbica: principios y aplicaciones*. Madrid. ED. Alianza.
3. Astrand, P., Rodhal, K. (1978). *Fisiología del trabajo físico*. Buenos Aires. Ed. Panamerica.