

III Parte

Metabolismo

y Nutrición

Tema 11

Metabolismo Energético.

1.- ATP.

El **ATP** es una molécula compleja (nucleótido), compuesta por una base nitrogenada **ADENINA**, un azúcar **PENTOSA**: La **RIBOSA** y 3 grupos fosfatos. De los 3 grupos fosfatos dos de ellos estarían unidos a la molécula por enlaces de alta energía, siendo su aporte energético de **12.000 calorías/mol de ATP**.

El ATP es el almacén energético de la célula y cuando esta necesita energía para realizar cualquiera de sus funciones demanda ATP. El ATP es la aportación última de energía, y cuando sus enlaces se rompen, liberan energía a aquellos lugares del organismo que así lo demanden.

Cuando el ATP rompe el 1º grupo de fosfato se convierte en **ADP (Adenosin difosfato) + P + energía**.

Cuando el ADP rompe su 2º grupo de fosfato se convierte de **AMP (Adenosin monofosfato) + P + energía**. De este último si se rompiera el último grupo de fosfato ya no liberaría energía.

La ruptura del ATP participa en numerosas funciones orgánicas:

Todos los procesos de síntesis de estructuras celulares: por ejemplo de la proteínas, del colesterol, etc...

En los procesos de contracción muscular.

Mecanismo de transporte activo en contra de gradiente de presión.

En los procesos de secreción hormonal.

Conducción nerviosa: Se utiliza el aporte energético de ATP para la bomba Sodio-Potasio en el periodo de post potencial de acción, recuperando el gradiente de concentración mediante la síntesis del neurotransmisor **ACETILCOLINA**.

2.- Fosfocreatina.

La fosfocreatina (CP), es un fosfato de reserva energética que tiene un enlace de alta energía. Aporta la energía necesaria para reponer las reservas de ATP.

3.- Energía Anaerobia/Aerobia.

La energía anaerobia es la que se libera como resultado del metabolismo en ausencia de O₂ y la energía aerobia se produce como resultado del metabolismo oxidativo, es decir, en presencia de O₂ (el O₂ actúa como aceptor de electrones).

La glucólisis es el proceso del paso de glucosa a ácido pirúvico, que en presencia de oxígeno libera mucha energía. El **Ciclo de KREBS** es el proceso final del **metabolismo oxidativo**.

La energía de los procesos aeróbicos proceden de la glucosa y de los ácidos grasos provenientes de los lípidos. La energía utilizada por vía anaeróbica se recupera por vía aeróbica. En condiciones aneróbicas jamás se utilizan los estratos grasos. La ausencia de ADP hace que las reacciones metabólicas que producen energía no se produzcan, siendo este el factor limitante para las reacciones que producen. Si no hay actividad funcional la concentración de ATP será máxima y por lo tanto no habrá $ADP + P$ y las reacciones que liberaran energía no se producirán.

4.- Metabolismo.

Es el conjunto de todas las reacciones químicas que se producen en el organismo.

ANABOLISMO: Formación de sustancia propia a partir de las sustancias que se ingieren a través de los alimentos.

CATABOLISMO: Formación de sustancias propias en moléculas más sencillas.

Durante el anabolismo se consume ATP y durante el catabolismo se produce ATP.

Las reacciones químicas son reacciones exotérmicas, por tanto si conseguimos medir la cantidad de calor que produce el organismo podremos obtener un valor fiable de las reacciones químicas que se producen en el interior. En el proceso de calorimetría directa el individuo se mete en una cámara, en la que se mide el calor producido por unidad de tiempo.

El método de la calorimetría indirecta es más fácil, ya que si nuestras reacciones químicas necesitan O_2 para que se produzcan, midiendo el consumo de O_2 , podremos tener una idea fiable de las reacciones químicas que se producen en su interior.

La cantidad de energía producida por la metabolización de un litro de O_2 es del orden de **4'825 Kilocalorías**.

Ejemplo: Un litro de O_2 libera aproximadamente 5 kilocalorías. Si un individuo tiene un metabolismo de 3.000 kilocalorías. ¿Cuántos litros de O_2 está consumiendo?

$$3000/5 = 600 \text{ litros de } O_2$$

A esta medición se le llama el **EQUIVALENTE CALÓRICO**.

4.1.- Factores que modifican la intensidad del Metabolismo.

EJERCICIO: Supone variaciones importantísimas en el metabolismo haciendo que este sea hasta 3 veces superior. Un hombre de 70 kg., gasta unas 2.000 kc. En condiciones laborales duras llega a gastar del orden de 6000/7000 kc.

INGESTIÓN DE ALIMENTOS: La ingesta lleva implícita un trabajo digestivo que supone una activación metabólica. Determinadas sustancias del alimento tienen una acción estimulante del metabolismo general del organismo como por ejemplo los aminoácidos, proteínas. A esta reacción se le llama **ACCIÓN DINÁMICA METABÓLICA**.

EDAD: El metabolismo de un recién nacido es el doble que el metabolismo de un anciano. Está relacionado con los procesos de crecimiento y desarrollo.

ACTIVIDAD HORMONAL: Existen diversas hormonas que aumentan el metabolismo como la hormona tiroidea, los andrógenos y la hormona del crecimiento (GH).

ESTIMULACIÓN SIMPÁTICA: Es un poderoso estimulante del metabolismo general.

CLIMA: El calor frena el metabolismo y el frío lo aumenta. El frío aumenta la actividad del Tiroides.

SUEÑO: Durante el sueño disminuye el metabolismo como consecuencia del menor tono muscular y de la menor actividad simpática.

FIEBRE: Aumenta el metabolismo.

4.2 Metabolismo Basal.

Es el metabolismo que se obtiene en condiciones basales, es decir:

Ayuno durante 12 horas.

A primera hora de la mañana después de una noche de sueño tranquila.

No hay que realizar ejercicio físico una hora antes.

Ausencia de excitación física o psíquica.

Condiciones de temperatura agradable (18 a 26° C.)

Un varón de 70 kg. de peso tiene un metabolismo basal de 1.700 kc. Una mujer de igual peso tendría una 10% menos.

TEMA 12

Metabolismo Energético

durante el ejercicio. La Fatiga

1.- Fuerza, Potencia, rendimiento y recuperación del glucógeno muscular.

La fuerza es la tensión que se ejerce contra una resistencia con independencia de que esa resistencia pueda ser vencida o no. Dicha fuerza va a depender de varios factores:

Factores musculares: Del volumen y de la sección transversal (mayor Sección transversal ==> mayor fuerza / Se consigue una fuerza contráctil máxima de 3 ó 4 kg./cm² de Sección transversal), de la densidad de la distribución de las fibras, de la densidad de los miofilamentos, de la longitud de los músculos, etc...

Factores nerviosos: Modificando el nº de neuronas motoras que se apliquen y la frecuencia de estimulación de cada unidad motora podremos aumentar la fuerza.

Existen también otros factores como por ejemplo los **biomecánicos** (longitud del hueso, al ángulo de la articulación, etc...). También existen los **factores individuales** (factores genéticos y raciales, factores antropométricos, la edad, el sexo, la condición física, etc..).

La **POTENCIA** es el trabajo total o capaz de realizar el músculo por unidad de tiempo.

El **RENDIMIENTO** es la medición de la capacidad total de trabajo de un músculo. En el rendimiento se unen los conceptos de fuerza y trabajo y está unido de forma directa con el sostén nutritivo: el **GLUCÓGENO muscular**.

Por ejemplo para una cantidad de glucógeno muscular de 40 g. por kg. de masa muscular se pueden permanecer 240 minutos de carrera.

Para una misma carga de trabajo si hay más glucógeno en el músculo el rendimiento será más alto y por consiguiente se podrá realizar el esfuerzo por más tiempo. La cantidad de glucógeno en el músculo va a depender de la dieta previa

Una dieta rica en hidratos de carbono nos proporcionara mayores reservas de glucógeno mientras que una dieta rica en grasas y proteínas tardaremos varios días en conseguir el mismo propósito. Una vez realizado un gran esfuerzo si la dieta es rica en hidratos de carbono se tardara del orden de 48 horas en recuperarse los niveles de glucógeno anteriores a la actividad y si la dieta es rica en grasas se tardará varios días en recuperar la concentración de glucógeno en el músculo. Se estima que para el periodo de 48 h., en el que con los hidratos de carbonos se consigue recuperar las reservas de glucógeno, con las grasas para el mismo periodo, el glucógeno recuperado está por debajo de la mitad.

¿Porqué vía metabólica se recupera el glucógeno muscular después del ejercicio?

El músculo dispone de todos los enzimas necesarios para transformar el ácido láctico en glucógeno, pero también puede absorberse este ácido láctico por la sangre y transformarse en glucógeno en el hígado (NEOGLUCOGÉNESIS) y pase a la sangre llegando otra vez al músculo

CONCLUSIÓN: Extraemos dos conclusiones respecto del rendimiento muscular. Dos días antes de realizar un ejercicio exhausto no debe de realizarse ningún ejercicio intenso, porque no se da tiempo a que el organismo recupere las reservas del glucógeno previas al ejercicio. Y la segunda es que la dieta del deportista antes y después del ejercicio es de vital importancia para su rendimiento.

2.- Metabolismo energético muscular durante el ejercicio.

La única fuente de energía que utiliza el músculo de forma inmediata es el **ATP**. Después utiliza la **Fosfocreatina** para reponer el ATP. Estas fuentes son anaeróbicas alácticas y son de corta duración (< 20 s.). Después se utiliza el **glucógeno** muscular que en su metabolismo produce ácido y si no se ha puesto en marcha la vía aeróbica se podrá trabajar alrededor de 100 s. más o menos, acumulándose ácido láctico.

Cualquier ejercicio que se haga tiene un componente anaeróbico en un primer momento. Ocurre que se necesita un tiempo para poner en marcha el metabolismo oxidativo. Las fuentes energéticas se reponen por oxidaciones durante o después del ejercicio.

3.- Clasificación de las actividades deportivas según energía.

Actividades de potencia: Duran menos de 20 segundos, se realizan a expensas del ATP y de la Fosfocreatina y ejemplos de estas actividades son la carrera de 100 m., la natación 50 m., los saltos, los lanzamientos, etc.. Son actividades anaerobias alácticas.

Actividades anaerobias lácticas: Se caracterizan porque son actividades que duran entre los 20 a los 60 s. y además porque la participación de la fuente aeróbica es muy reducida. Ejemplos sobre este tipo de actividades son: los 400 m., los 100 m. de natación, etc...

Actividades aeróbicas-anaerobias máximas. Se caracterizan porque duran entre 1 y 6 minutos. Las

actividades que nos sirven como ejemplo son las siguientes; los 800 m., el ciclismo persecución, los 200 m. de natación, el remo, etc..

Actividades aerobias–anaerobias alternas: como por ejemplo los deportes de equipo, la lucha, etc..

4.– La Fatiga.

La fatiga es la incapacidad de un músculo o del organismo en su conjunto de mantener la misma intensidad de esfuerzo. Representa un fenómeno fisiológico, es decir actúa como un mecanismo protector del organismo, que tiende a impedir que el organismo tenga problemas graves, en una palabra favorece la **HOMEOSTASIS**.

La fatiga aparece cuando existe una desproporción entre la intensidad del esfuerzo y las posibilidades de ejecución del mismo. Además la fatiga va a estar condicionada para un mismo individuo por varios factores: la intensidad, la duración y la velocidad de ejecución del mismo.

Esfuerzos de alta intensidad a una velocidad de ejecución muy alta en un periodo de tiempo corto producen el mismo estado de fatiga que esfuerzos de baja intensidad a una velocidad moderada o baja de ejecución durante un tiempo largo de duración.

La fatiga va a depender también de la condición física y psíquica del individuo y de la actitud.

En términos fisiológicos no hay que confundir el cansancio con la fatiga, ya que el primero es una sensación subjetiva del individuo de apatía, sin que a veces haya realizado ningún tipo de ejercicio físico. Obedece por lo general a causas psíquicas.

4.1.– Tipos de fatiga.

En función del territorio al que afecta se puede hablar de:

Fatiga local o muscular, que afecta exclusivamente a grupos musculares específicos implicados en el ejercicio físico.

Fatiga General: Cuando la sensación de incapacidad afecta al organismo en su conjunto. Depende de la cantidad grupos musculares que se movilicen para poder hablar de fatiga general.

En función de la duración o incidencia de los factores causales la fatiga puede ser:

Fatiga Aguda: Es aquella que sobreviene tras la realización de ejercicios cortos. La fatiga aguda condiciona a la fatiga muscular, ya que afecta exclusivamente al grupo muscular implicado en la actividad. La fatiga aguda representaría por lo tanto la incapacidad del músculo para responder a un estímulo que en condiciones normales le hacia contraerse.

Fatiga Crónica: Se presenta tras la acumulación de fatiga durante semanas o meses, es decir, aparece a largo plazo y se le denomina bajo el nombre de **SOBRENENTRENAMIENTO**.

4.2.– La fatiga muscular aguda.

Como hemos dicho anteriormente la fatiga aguda afecta a un grupo particular de músculos al efectuar un tipo de ejercicio específico. Podemos encontrar varias causas que condicionan la fatiga muscular:

Factores nerviosos: Se aprecia una disminución de la transmisión nerviosa por parte de la neurona motora.

Falla la sinapsis como consecuencia del agotamiento del neurotransmisor. Hay una falta de estímulos nerviosos para que produzca una contracción adecuada. Aparece en todos los ejercicios de carácter prolongado.

Factores Isquémicos: Debido a la falta de riego sanguíneo en el territorio muscular que está realizando el ejercicio, va haber una falta de aporte de O₂ y tampoco se va retirar el CO₂ y los H⁺. La isquemia se explica por la compresión muscular de las arteriolas musculares la cual produce un desequilibrio de presiones. Si el músculo se contrae mediante una contracción intensa y mantenida se produce en él, un aumento de la presión intramuscular y cuando esta supera la presión arterial, la presión de perfusión sería nula por lo que no produciría intercambio debido a que el O₂ no puede ir en contra del un gradiente de presión.

Sucede también que la presión arterial aumenta con el ejercicio como mecanismo de defensa, pero esta como mucho puede llegar a valores que oscilen entre los 200 mg./cm³, mientras que la presión intramuscular puede superar en varios centenares dicha presión.

Factores metabólicos:

El primer factor es el agotamiento de las reservas energéticas del organismo (ATP + Fosfocreatina + Glucógeno), cuando el componente anaeróbico es alto.

La disminución del PH. El PH disminuye con la acidosis, es decir, con el aumento de hidrogeniones en el músculo, procedentes del ácido láctico. El ácido láctico cuando se ioniza en el organismo produce un ion lactato y un ion hidrógeno. Cuando este se acumula en el músculo, el medio se acidifica provocando la disminución del PH, aumentando la fatiga.

El PH queda representado por el logaritmo de la concentración de hidrogeniones con signo cambiado, por ejemplo: **PH= - log (H⁺)**

Además la acidosis del medio provoca la inhibición de determinados enzimas necesarios para la utilización de la vía metabólica de la glucosa, por ejemplo; la **FOSFOFRUCTOQUINASA** es necesaria para liberar la glucosa 6 fosfato del glucógeno y la **GLUCOGENOFOSFORILASA** que cataliza un paso intermedio en la vía metabólica de la glucosa (fructosa 6 fosfato a la fructosa 1'6 Difosfato). De esta manera se están inactivando una de las vías más importantes de obtención de energía al no producirse la glucólisis.

La acidosis también inhibe la liberación de Ca desde el retículo sarcoplásmico.

Los desequilibrios iónicos: Como consecuencia de todos los factores mencionados anteriormente se alteran los mecanismos de transporte a través de la membrana, tanto a nivel de la permeabilidad como en la despolarización, por lo que queda alterada la excitabilidad de la célula y por consiguiente la posibilidad de contraerse el músculo adecuadamente.

1.- Acumulación de **iones amonio**. El ion amonio aparece porque en situaciones de gran compromiso energético la célula obtiene la energía a partir del **ADP obteniendo ATP + AMP**. La enzima que se encarga de romper el enlace de alta energía la lleva a cabo la enzima **MIOQUINASA**.



En este proceso se produce la desaminación o pérdida del grupo amino. Es entonces cuando el amoniaco se ioniza formándose el ion amonio (**NH₄⁺**) que es tóxico y es el hígado el órgano encargado de transformarlo en urea para su posterior eliminación a través de la uretra. El problema reside que desde que el AMP llega

desde el músculo hasta el hígado por la sangre puede producir fatiga.

Así cuando la presencia de amoníaco es local estaremos hablando de fatiga muscular, mientras que cuando el amoníaco pasa a la sangre, si se va acumulando la urea por sobreproducción y esta no es eliminada adecuadamente hablaremos de fatiga crónica.

La fatiga general se manifiesta a través de varios síntomas como son: la disminución progresiva o paulatina de la capacidad de trabajo, equivocaciones frecuentes, sensación subjetiva de cansancio, irritabilidad, sensación de falta de aire (disnea), respiración jadeante, aumento del tiempo de reacción, Alteraciones sensoriales como los acúfenos (sensación de oír cosas que no se están oyendo), alteraciones de los reflejos, taquicardia, extrasístoles, (*) alteraciones tensionales como consecuencia de la disminución de la presión arterial diferencial, tendencia a la hipertermia como el famoso golpe de calor debido a la disfunción de los mecanismos termorreguladores.

(*) Con el ejercicio aumenta las dos presiones, tanto la sistólica como la diastólica, pero en mayor medida la primera. El aumento de la presión arterial diferencial es un buen signo de adaptación al esfuerzo.

La fatiga general aparece por la sumación de varios factores diferentes:

Factores musculares: Fracaso funcional del músculo como consecuencia de la acumulación de lactato en el mismo (dependerá del nº de grupos musculares implicados en la actividad de que estemos hablando de fatiga muscular o general), producción de iones amonio y por la acumulación de urea, en definitiva estaremos hablando de un cuadro de toxicidad general.

Factores neurológicos: Ocasionados por la **HIPOGLUCEMIA**. La Neurona consume exclusivamente glucosa. La falta de glucosa hace que se altere el Sistema Nervioso Central produciéndose alteraciones sensoriales y motoras, falta de coordinación etc... Esto ocurre en las fases más avanzadas de un ejercicio intenso y duradero.

Factores Cardiovasculares: Vienen determinados por la fatiga del corazón, ya que a este le llega menos sangre de la que le llega habitualmente para la actividad que esta realizando, para impedir que mantenga un gasto elevado durante mucho tiempo. Si el corazón se fatiga, la capacidad de trabajo del individuo durante el ejercicio también va a fallar. El corazón va a sufrir una alteración funcional y una cierta isquemia.

Factores endocrinos: Se producen una serie de cambios hormonales que van a contribuir a la aparición de los diferentes síntomas durante la fatiga.

Factores termorreguladores. Durante la actividad intensa se produce un aumento de la producción de calor. El organismo debe de perder dicho calor (actividad termorreguladora) y dicha actividad termorreguladora es sanguínea, por lo que la sangre que pasa a través de la piel se va encargar de esta actividad y esta sangre no va ir a parar al músculo por lo que se puede producir una isquemia.

AGOTAMIENTO.

La imposibilidad absoluta de continuar realizando una tarea de intensidad elevada y de baja duración. Se le ha llamado también **enfermedad atlética** y estaría muy condicionada por una hipoglucemia intensa. Sus síntomas son los siguientes: Intensa sudación (a veces fría y pegajosa), debilidad intensa, visión borrosa, náuseas y vómitos.

Todos estos síntomas suelen ceder con el reposo. Por ejemplo en los corredores de larga distancia, se les suele observar sacudidas musculares, palidez intensa, cianosis, excitabilidad nerviosa e incoordinación neuromuscular, puede incluso llegar al colapso cardiocirculatorio con pérdida del conocimiento e incapacidad

de realizar movimientos voluntarios.

Cuando un corredor nota un cierto grado de desorientación mental (bajada del grado de conciencia), es el momento en el que el corredor ya no corre por su propia iniciativa sino lo hace por inercia, de forma automática.

FATIGA CRÓNICA (Sobreentrenamiento).

Aparece después de periodos largos de entrenamientos intensos o actividades físicas intensas. Se le considera una situación prepatológica que si no se soluciona pronto puede desencadenar una enfermedad. Sus manifestaciones son las siguientes:

Disminución del rendimiento deportivo de las prestaciones deportivas.

Problemas psicosomáticos (ansiedad, falta de aire, etc..)

Problemas psicológicos. En las mujeres son frecuentes los problemas menstruales.

Tendencia depresiva, etc...

Las causas que producen la fatiga crónica son los mismos que condicionan la fatiga general pero sus factores actúan de forma prolongada.

TEMA 13

Metabolismo General

Orgánico durante el ejercicio.

1.- Consumo de O₂ (VO₂) y factores de los que depende:

El oxígeno es necesario en la metabolización de los principios inmediatos para conseguir energía ya que sin energía no hay contracción y por tanto cuando se realiza un ejercicio para la contracción muscular se necesita aumentar la cantidad de O₂ que llega al músculo. Parte del O₂ que entra en los pulmones no va a salir (se va transformar en agua). Entra más oxígeno que sale. La diferencia entre el que entra y el que sale, se le llama consumo de O₂ o **VO₂**, lo mismo la diferencia entre el CO₂ que entra y el CO₂ que sale se le llama consumo de CO₂ o **VCO₂** (sale más que entra)

El consumo de oxígeno (**VO₂**) basal para un varón de 70 kg. es de **200/300 mil./min.** Este consumo dependerá de la edad, altura, etc..

Cuanto más intenso sea el ejercicio mayor será el consumo como por ejemplo:

Pasear 600 mil./min.

Carrera lenta 2.000 mil./min.

Esfuerzos máximos 3.000/4.000 mil./min.

Pregunta de examen: Una mujer de 1'65 m. y de 60 kg. de peso, cuyo consumo basal es de 175 mil./ min. Hallar su metabolismo basal.

1 litro de O₂ = 4'825 calorías.

175 mil. X 60 min. X 24 horas = 252.000 mil./días = 252 litros/día

252 litros X 5 calorías = **1.260 calorías.**

El aumento de la demanda de oxígeno dependerá de una serie de factores:

De las características del esfuerzo o del ejercicio: Intensidad o potencia (a mayor intensidad mayor consumo de O₂), de la velocidad y de la duración (a mayor duración de un ejercicio estable, habrá un aumento del VO₂, por lo cual aumentará la fatiga).

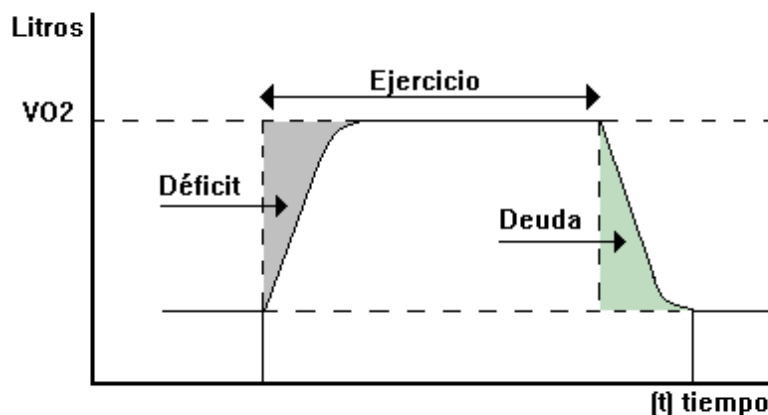
Condicionantes mecánicos: El VO₂ será menor cuando mejor sea la realización técnica del ejercicio.

Del material utilizado.

Del nivel de entrenamiento: A mejor entrenamiento para el mismo trabajo habrá un consumo menor de oxígeno. Hay una mejora del metabolismo muscular, por lo cual a igual actividad, menor costo.

Factores climáticos y ambientales: en situaciones climáticas adversas aumentará el consumo total de oxígeno puesto que además de la contracción muscular el organismo tendrá que poner en marcha mecanismo para vencer la climatología hostil (condiciones de humedad, dirección e intensidad del viento, temperatura, etc.).

2.- Déficit y deuda de O₂.



Lo primero que observamos es que partimos del consumo basal de O₂, en un momento dado el individuo empieza a realizar un ejercicio de intensidad moderada y constante. Durante los primeros instantes el consumo de O₂ aumenta, pero llega un momento en el que se llega a una fase en la que el nivel de consumo de O₂ es el propio del ejercicio que se está realizando. Esta fase de estacionamiento se llama **STEADY STATE**.

Si el ejercicio finaliza bruscamente el individuo no alcanza el nivel de VO₂ de forma inmediata, sino que baja en primer lugar de forma rápida y al final de forma más lenta. Lo mismo ocurre durante el primer instante de la realización del ejercicio el individuo no alcanza el nivel de VO₂ característico del esfuerzo que está realizando y a esto se le llama **DÉFICIT O₂**.

DÉFICIT O₂: Es la diferencia entre el O₂ que se está consumiendo y el que tenía que haber consumido si hubiera alcanzado desde el primer instante los valores de VO₂ propios del ejercicio.

DEUDA O₂: Representaría la diferencia entre el O₂ consumido durante el periodo de recuperación y el oxígeno que tendría que haber consumido si desde el primer instante en que finaliza el ejercicio tuviera valores de consumo propios del estado de reposo.

Esta primera fase de déficit de O₂ se debe a que el organismo necesita un tiempo para que se ponga en marcha el metabolismo aerobio y mientras tanto se realiza a expensas del metabolismo anaerobio.

Para el caso de la deuda existe una primera fase de deuda aláctica (fase rápida de recuperación: reposición del CP muscular, ATP, etc...), para después continuar con una fase de deuda láctica (fase de recuperación lenta).

En la 1ª fase, parte del O₂, se encarga para reponer el oxígeno extraído de la Mioglobina almacenada en el sarcoplasma celular y la hemoglobina, así como a la reposición de las reservas pulmonares. En la 2ª fase, se corresponde con la reintegración metabólica del ácido láctico (metabolización de la glucosa, y posteriormente reponer los depósitos de glucógeno). También se consume O₂, necesario para conseguir una adecuada eliminación del exceso de calor, función metabólica termorreguladora, y en 2º lugar, un consumo adicional de O₂, como consecuencia del aumento de la actividad metabólica, debido al aumento de las concentraciones ya de por sí elevadas de las hormonas (catecolaminas y hormonas tiroideas y corticoides), hasta que se normalicen estos niveles hormonales.

La deuda en términos generales siempre supera al déficit, ya que no solo se debe a factores musculares sino que refleja tanto el metabolismo anaeróbico del ejercicio, como los ajustes respiratorios, circulatorios, hormonales, iónicos y térmicos, que ocurren durante la fase de recuperación.

1º Problema. Mujer de 35 años con un VO₂ de 0'27 l/m corre a V=cte durante 7 minutos. El VO₂ en la fase Steade/state = 3'3 l/m. El consumo total medido durante el ejercicio es de 18'5 l. La recuperación se completa en 12 minutos, siendo el consumo de O₂ durante esta fase de 8'4 l. Calcular el déficit y la deuda.

Déficit = 3'3 l/m X 7 m. - 18'5 l. = 4'6 litros.

Deuda = 8'4 l - 0'27 l/m X 12 l. = 5'16 litros. --->[Author: ÅE.V]

2º Problema. Hombre de 28 años, de 1'75 cm. y 70 kg. de peso. Posee un VO₂ en reposo de 3 mil/m.Kg. Pedalea durante 10 minutos a 50 r.p.m con una potencia desarrollada de 100 Watios. Tiene un VO₂ medio de 30 mil/m.Kg. El VO₂ total consumido = 16'4 l, la recuperación es de 9 minutos y el VO₂ recuperación = 7'3 l. Calcular el déficit y la deuda de O₂.

VO₂ reposo = 0'003 l/m.Kg X 70 kg. = 0'21 l/m VO₂ medio = 2'1 l/m

Déficit = (2'1 l/m X 10 m.) - 16'4 l. = 21 - 16'4 = 4'6 litros.

Deuda = 7'3 l - (9m. X 0'21 l/m)= 7'3 - 1'89 = 5'41 litros.

3º Problema.. Una mujer de 29 años con VO₂ en reposo de 0'24 l/m. que realiza un ejercicio de 7 minutos de duración cuyo VO₂ medio es de 3'1 l/m. Sabiendo que el VO₂ total es de 18'6 l y que la recuperación se realiza en 10 minutos y su VO₂ de recuperación es de 6'3 l/m. Calcular el Déficit y la Deuda.

Déficit = (3'1 X 7) - 18'6 = 3'1 litros.

Deuda = 6'3 - (10 X 0'24) = 3'9 litros.

Consumo Máximo de O₂ (VO₂ máx) y factores de los que depende.

Un individuo corre a una $v=cte$ y moderada. A medida que dure el ejercicio iremos modificando la pendiente. En terreno llano el VO_2 es cte y bajo. En el 1º escalón el VO_2 aumenta hasta que vuelve a estabilizarse y así sucesivamente. Llega un momento, donde con el paso de pendiente el aumento de VO_2 se hace de manera muy moderada hasta que con el aumento de la pendiente no conseguiríamos aumentar el VO_2 . Cuando este valor no se modifica aun a expensas de aumentar las cargas de ejercicio se le denomina **CONSUMO MÁXIMO DE O_2 ó $VO_{2máx}$** .

Este valor se le conoce como potencia aeróbica máxima y representa la máxima capacidad del individuo de generar energía aeróbica. Se le define también como la máxima cantidad de O_2 que un individuo puede extraer de la atmósfera y utilizar en los tejidos, mientras realiza una actividad física, respirando aire al nivel del mar.

También nos da información acerca de la máxima capacidad funcional cardiocirculatoria, ventilatoria y neuromuscular, y de como se producen los mecanismos adaptativos de los sistemas que van a permitir al músculo disponer de la máxima cantidad de Energía aerobia.

En personas sedentarias este valor es de 40/50 mil/mKg. para hombres y de 35/40 para las mujeres. Los valores más altos se han encontrado en personas que realizaban esquí nórdico H = 95 mil/mKg y para las M = 76 mil/mKg.

Factores de los que depende el VO_2 máx.

La constitución genética del individuo (gemelos con el mismo VO_2 máx).

El entrenamiento: Influye relativamente poco. La mejora se cifra en torno al 10/20% del VO_2 máx, el resto se debe a factores genéticos. El nivel de entrenamiento es determinante para mantener niveles de VO_2 máximos elevados en el tiempo (los ayuda a estabilizarlos).

Tipo de ejercicio: Cantidad de masa muscular empleada durante el ejercicio. A mayor masa muscular mayor consumo de O_2 .

Sexo: Antes de la pubertad los valores se mantienen estables tanto para los niños como para las niñas, después se diferencian en torno a un 10/30% más en el caso de los hombres. Este hecho se le atribuye al menor porcentaje de grasa en el hombre, más músculos (mayor % de masa magra). También el hombre dispone de un % en Hg. mayor que en la mujer, así como de andrógenos (hormonas sexuales masculinas) que aumentan la producción de hematíes, además de no tener pérdidas menstruales periódicas. A mayor % de O_2 en Hg mayor disposición de O_2 ==> Mayor VO_2 máx.

Edad: Durante el crecimiento los valores de VO_2 máx. aumentan, alcanzando su máximos valores entre los 18/25 años. A partir de dicha edad empiezan a disminuir paulatinamente. Hacia los 50 años se mantiene en un % < del 27% que a la edad de los 25 años. A los 60 en torno al 30%.

- ¿Porqué disminuye el VO_2 máx. con la edad?.

- Deterioro progresivo de la masa corporal.
- Disminución de la Frecuencia cardiaca.

Disminución progresiva de la actividad física. El entrenamiento permite disminuciones más lentas.

Factores psicológicos: Una persona motivada alcanzará mayores valores de VO_2 máx.

Factores Sociales: Las personas que trabajan desarrollando una actividad física importante alcanzan mayores

valores de VO₂. El grado de actividad física a lo largo de la historia, ha sido mucho menor en el caso de la mujer, así se obtenían valores bastantes menores para esta población, después esto ya no ha venido ocurriendo.

Factores limitantes del VO₂ máx.

Contenido de O₂ en el aire inspirado (presión parcial de O₂ en el aire).

Ventilación pulmonar (Si la CV. se encuentra disminuida por alguna causa afectará al VO₂máx).

Difusión del O₂ a través de la membrana respiratoria (fibrosis pulmonar). A mayor pared mayor dificultad para el paso de O₂.

Disminución del volumen total de sangre (Volemia), debido a alguna causa como una hemorragia.

Cantidad de Hg. disponible (Anemia, etc..).

Capacidad del corazón para bombear sangre.

Distribución del flujo sanguíneo. Los mecanismos de regulación de la llegada de sangre a determinados lugares pueden quedar afectados por determinados cambios de presión , etc..

La vascularización muscular. El entrenamiento mejora la red muscular, por lo que dispondremos de mayor cantidad de O₂.

La capacidad metabólica energética de los músculos (metabolismo aeróbico).

Reservas energéticas y capacidad para movilizarlos (depósitos de glucosa, capacidad de movilizar grasas).

Integración neuromotora. A mayor aumento de la integración neuromotora mayor rendimiento.

Motivación.

Valoración de la Potencia aeróbica (VO₂ máx).

Las pruebas que valoran la potencia aeróbica han de cumplir tres requisitos básicos:

Se tiene que realizar un ejercicio que implique la movilización de grandes masas musculares.

Que el ejercicio no suponga un hábito especial o entrenamiento específico.

La prueba debe de ser sencilla (aplicable a la mayoría de los individuos), mensurable y reproducible en cualquier sitio, para poder compara datos.

Existen dos tipos de pruebas que cumplen estos requisitos:

- **Directas:** Estas pruebas requieren la recogida de los gases ventilatorios y el posterior análisis de los mismos (ergoespirómetro que lleva incorporado un analizador de gases). Son pruebas que requieren del individuo **esfuerzos máximos** , por lo que encierran riesgos potenciales, ya que llevan a este a una situación límite y a una condición fisiológica extrema, por lo que el sujeto en cuestión debe de estar informado acerca de los riesgos de la misma. Esta prueba exige una monitorización continua del electrocardiograma y de la presión arterial.

Esta prueba se puede suspender siempre que:

El individuo lo considere oportuno.

Cuando la frecuencia cardiaca se dispare (mala adaptación cardiovascular).

Cuando empiezan aparecer muchas extrasístoles ventriculares.

Cuando el aumento de la presión arterial sistólica supere los 200 mm. Hg. y la diastólica los 100/110 mm. de Hg.

Cuando disminuya la presión arterial al aumentar la carga del esfuerzo (mala adaptación).

Cuando la frecuencia cardiaca no aumente a pesar del aumento de la carga.

Cuando aparezcan síntomas como mareo, dolor de cabeza, sensación de falta de aire, palidez, visión borrosa, dolor precordial, etc..

Los métodos directos se pueden realizar en el laboratorio o en el campo para lo que se necesita un ergoespirómetro portátil. En el laboratorio se utiliza también como test el tapiz rodante o el cicloergómetro. Las pruebas de campo se realizan en carrera aumentando regularmente la velocidad.

- **Indirectas:** Buscan generalmente la evolución de un parámetro que tenga correlación directa con el consumo de O₂ (no se precisa análisis de gases). Los parámetros utilizados más habituales son los siguientes:

1.- Los cambios en la Frecuencia cardiaca.

La máxima potencia desarrollada durante una prueba máxima y partir de esta se podrá calcular el costo de O₂ basado en: La relación lineal existente entre la frecuencia cardiaca y la potencia de esfuerzo desarrollada (por tanto consumo de O₂). Esto ocurre siempre que realicemos esfuerzos submáximos. Si conocemos la ecuación que define la recta de la frecuencia cardiaca, podemos calcular el consumo de O₂ o su equivalente. Por eso es importante conocer la evolución de la frecuencia cardiaca en función de la edad

Esta prueba presenta algunos inconvenientes. La relación real entre la F.C. y la potencia de esfuerzo es lineal para esfuerzos submáximos. En situaciones reales, para esfuerzos máximos esta linealidad se pierde, por lo que los aumentos en la frecuencia cardiaca en relación con el aumento de las cargas, son menores para esfuerzos máximos, que en esfuerzos medios/bajos.

Relación lineal F.C. / VO ₂ máx	La pérdida de linealidad, está haciendo que si se está estimando el VO ₂ máx., partiendo de la linealidad teórica de la misma, se esté infravalorando el VO ₂ máx. real del individuo, que realmente es mayor que cuando se pierde dicha linealidad, por lo que se deduce que el individuo es capaz de tener valores más mayores de VO ₂ .
F.C. F.C.máx	
VO ₂ m1 VO ₂ m2	
VO ₂	

2.- Máxima potencia desarrollada durante una prueba máxima.

Esta prueba ha tenido que ser validada por métodos directos, para ver que la correlación de la que se parte en la prueba indirecta es correcta (por ejemplo, ver si la máxima distancia recorrida o potencia máxima desarrollada se correlaciona con el consumo de O₂). Para ello hay que recurrir a tablas que marcan la

correlación anteriormente señalada.

Su método de aplicación es más sencillo y se basa en los siguientes datos: En aumentar la F.C. máxima teórica aumentando la carga, por lo que sabiendo cual es el esfuerzo máximo que puede realizar un individuo podremos estimar cual será el valor del VO₂máx.

La frecuencia máxima teórica está estimada en 220 – edad para el tapiz y 200 – edad para el ciclo.

El tiempo de aguante o la distancia recorrida, que son parámetros fáciles de controlar.

Estas pruebas directas podrán realizarse en el campo o en laboratorio. En el laboratorio se podrán realizar:

Tapiz rodante: Aumentamos la carga aumentando la velocidad o la pendiente.

Bicicleta estática: Este medio permite cuantificar de modo fiable, la potencia desarrollada mediante una aumento de la resistencia al pedaleo o aumentando las revoluciones o velocidad del pedaleo, con lo cual aumentaremos el esfuerzo.

El error predecido para este tipo de pruebas es del orden de un 10/30%, pero se consideran aceptables para la práctica diaria.

Ejemplos de pruebas Máximas.

Test de Hellman: Esta prueba se realiza sobre un cicloergómetro en el laboratorio y el esfuerzo realizado es máximo. El protocolo inicial se hace con cargas de 50–150 Watios, aumentando progresivamente en 50 Watios en las primeras fases y en 25 Watios durante las fases finales.

En función de la máxima potencia desarrollada se puede calcular el Consumo de O₂

Test de Cooper: Este test es de campo y se trata de realizar la máxima distancia posible durante 12 minutos. Es una prueba muy utilizada y existen muchos valores de referencia. Al final de la prueba se valora el VO₂ para una distancia recorrida dada. El inconveniente más grave es la falta de dosificación del esfuerzo por parte del individuo que la está realizando.

Course Navette. Es una prueba en que el sujeto recorre una distancia de 20 m. ida/vuelta, aumentando progresivamente la velocidad. Se empieza a 8 km. y se incrementa en 0'5 km., en intervalos de 1 minuto. El VO₂ máximo se estima a partir de la máxima velocidad alcanzada por el individuo en el último estadiillo completo de la prueba.

Pruebas Submáximas.

Prueba de Astano y Ryliming, para cicloergómetro	Consiste en buscar la carga necesaria para producir una frecuencia cardiaca submáxima estable entre 130 – 140 pulsaciones por minuto.
F.C.	La larga distancia se calcula en mujeres 100 W y para hombres de 150 W. Los estadiillos son cada 6 minutos y se busca la F.C. estable en cada uno de ellos. Para cada estadiillo debe de haber un steady–state y F.C. estable. Si la F.C. no llega a las 130 pulsaciones se suben las cargas de 50 en 50 Watios, hasta alcanzar que la F.C. sea estable.
130/140	
Reposo	
VO ₂ m. VO ₂ m.	

Indiv 1 Indiv 2	
VO2	
F.C.	
170	
150	
130	
100 150 200 W	
	Physical Work Capacity. Capacidad de trabajo físico para una frecuencia determinada. Busca la relación entre la frecuencia cardiaca y la capacidad de realizar trabajo.

Test de escalón: Consiste en subir y bajar a un ritmo determinado un escalón con una altura determinada y valorar la frecuencia cardiaca que tiene durante la fase de recuperación.

Test de Mc. Ardell: La frecuencia cardiaca se mide durante el 1º minuto de la recuperación y a través de dicho valor, se estima el VO2 máximo.

Test de Astaud: Se mide la Frecuencia cardiaca que se alcanza en el minuto 5.

Test de Ruffier – Dikson: Este test valora la aptitud cardiovascular del individuo (no el VO2 máximo). El protocolo es el siguiente: Hay que realizar 30 flexiones completas de piernas/tronco realizadas en 45 segundos. A continuación se toma la frecuencia cardiaca a los 15 segundos y se expresa en pulsaciones por minuto.

Índice de Ruffier = $(p + p' + p'') - 200$

10

donde p = Frecuencia en reposo, p' = F.C. al final de la ejecución al cumplir los 15 segundos de reposo y p'' = F.C. después de un minuto de reposo completo (parado). Cuando el índice es mayor de 20 podemos sospechar de alguna anomalía patológica, si se encuentra entre 10–20 podemos pensar que la adaptación es mala, entre 5–10 regular, entre 1–5 buena y <1 muy buena.

Producción de CO2 durante el ejercicio.

Durante el ejercicio habrá un aumento de la producción de CO2. Este aumento de CO2 dependerá de varios factores:

Cuando la potencia del ejercicio aumenta, la producción de CO2 se verá incrementada. El CO2 es un metabolito del Ciclo de Krebs (vía oxidativa). Si los músculos se encuentran en pleno esfuerzo se producirá este metabolito.

- La alteración en el equilibrio ácido–base. Dicho equilibrio está relacionado con el tampón carbónico, de manera que cuando hay un aumento de H⁺, estos se combinan con una base llamada "ion bicarbonato" produciendo ácido carbónico, que acaba disociándose y dando lugar a CO2 y H2O. Si por el contrario se da una disminución de H⁺ se invierte el proceso, por lo que hay una disminución de la eliminación de CO2, ya que es empleado en equilibrar el PH.
- Tipo de sustrato metabólico utilizado: La oxidación de la glucosa produce diferentes cantidades de CO2, que la metabolización de los ácidos grasos.

1 mol. de glucosa + 6 mol. O₂ + 38 ADP + 38 P ==> 6 CO₂ + 6 H₂O + 38 ATP. mientras que,

C₆H₃₂O₂ + 23 O₂ + 135 ADP + 135 P ==> 16 CO₂ + 16 H₂O + 135 ATP.

donde el C₆H₃₂O₂ = A. Palmítico.

En términos relativos la glucosa produce más CO₂, ya que por cada molécula de glucosa se produce una molécula de CO₂, mientras que por cada molécula de A. Palmítico se produce 0'7 moléculas de CO₂.

COCIENTE RESPIRATORIO

Se define el Cociente respiratorio = VCO₂ producido

VCO₂ consumido

Ejemplo: C.R. del ácido Palmítico = 16 l/ 23L = 0'7 y el de la glucosa = 6 l/ 6l.= 1

El **C.R** dependerá de varios factores:

1.- Tipo de sustrato metabólico:

- Si el metabolismo oxidativo resulta a expensas de los hidratos de carbono o de la glucosa el C.R =1.
- Si se trata de la glucólisis el C.R.>1 (a expensas del tamponamiento de los H⁺)
- Si se trata del metabolismo oxidativo a expensas de los ácidos grasos el C.R.< 1. En general la metabolización de los ácidos grasos tendrá C. R. = Entre 1 y 0'8.

2.- Cambios en el **PH**. Con la acidificación el C.R. aumenta y con la alcalinización el C.R disminuye.

3.- Situación en la que nos encontremos. **REPOSO–ACTIVIDAD–RECUPERACIÓN–REPOSO.**

En reposo el C.R. tiende a ser menor que 1, ya que se consume ácidos grasos fundamentalmente **C.R.= 0'8**. Al inicio de toda actividad se pasa por una fase anaeróbica por lo que C.R. aumentará (C.R. > 1). Cuando el ejercicio se estabiliza y la vía es oxidativa el C.R. tiende a disminuir (si la intensidad del ejercicio es moderada el **C.R. es aprox=1**, si la intensidad aumenta el **C.R.>1** debido a la producción de lactato y la acidificación del medio).

Cuando el **C.R.>1'2** se consideran que el tipo de ejercicio es anaeróbico.

Cuando finalizamos el ejercicio, en los primeros momentos se mantiene alto el C.R., ya que se incorpora el lactato a la sangre. Más tarde el C.R. tiende a disminuir, a pesar de que el consumo de O₂ permanece elevado como consecuencia de la deuda de oxígeno. Además se está produciendo paralelamente una retención de CO₂ que servirá para reponer el ion bicarbonato del sistema tampón durante el ejercicio (Reposición de la reserva alcalina), por lo que habrá una menor eliminación de CO₂.

Umbral anaeróbico.

Existe un momento en el que el metabolismo aeróbico a medida que la intensidad del ejercicio aumenta, es insuficiente para suministrar al músculo la energía que necesita. Estaremos pues cerca del Umbral anaeróbico:

El umbral anaeróbico es la potencia de trabajo, que se expresa el % del VO₂ máx de la potencia aeróbica máxima, a partir del cual el metabolismo aeróbico se hace insuficiente para satisfacer las demandas energéticas derivadas de la contracción muscular, obligando a recurrir a las fuentes anaeróbicas adicionales de

suministro energético.

Se considera como el mejor indicador de la resistencia aeróbica del individuo como, la capacidad de mantener un esfuerzo durante un tiempo prolongado entre 10 minutos y varias horas. Valorará la potencia de trabajo a la cual el metabolismo anaeróbico es insuficiente para la realización del ejercicio.

Supongamos ahora 2 individuos que tienen el mismo VO_2 máx.= 80 mil/mkg. Uno de ellos tiene el UA. al 50 % y el otro al 75 %. La persona que se encuentra su UA. al 50% estará trabajando con un VO_2 = 40 mil/mKg. en metabolismo aeróbico durante una hora, mientras que el otro puede realizar un esfuerzo en la misma hora con un gasto de VO_2 = 60 mil/mKg. con metabolismo aeróbico.

Supongamos ahora 2 individuos. El 1º tiene un VO_2 máx = 70 mil/mKg con un U.A. al 50 %, mientras que el 2º tiene un VO_2 máx = 55 mil/mKg. con un UA. al 90%. En principio parece ser que el 1º tiene mayor potencia aeróbica, pero en realidad la realizar un trabajo de una hora el primero tendrá una intensidad de trabajo fundamentalmente aeróbica de 35 mil/mKg. y el 2º de 49'5 mil/mKg.

Modelo trifásico de Skinner–Malellan

Este modelo intenta explicar los fenómenos metabólicos que ocurren en un esfuerzo creciente, además de buscar respuestas a como se produce la transición entre el metabolismo aeróbico y el anaeróbico. Establece que durante un ejercicio progresivo, que empieza con cargas de intensidad bajas y acaba en esfuerzos máximos, existen 3 fases fundamentales:

- **FASE I:** Esta fase se caracteriza por:

Metabolismo totalmente aeróbico.

Se estima que la concentración normal de lactato en plasma está alrededor de 12–20 mil/100 mil de plasma que representa de 1'3–2'2 mH. Por debajo de 2 (valor basal), se considera que no hay producción de lactato como consecuencia del ejercicio.

Aumento de la ventilación lineal.

PH normal.

Aumento del consumo de O_2 y de la extracción de O_2 desde el aire inspirado por minuto y disminuye la fracción de O_2 de aire expirado.

Aumento de la producción de CO_2

Aumento de la presencia de CO_2 en el aire expirado. Aumento de F_{ECO_2}

Aumento lineal de la Frecuencia cardiaca.

Participación de las fibras aeróbicas de tipo I.

- **FASE II.** Esta fase se caracteriza por un aumento de la intensidad del esfuerzo (Umbral aeróbico).

Pequeño componente anaeróbico.

Aumento pequeño de lactato en relación a la producción basal. La concentración de lactato se encuentra estabilizada.

Aumento grande de la ventilación, de manera no lineal.

PH normal, ya que se tampona gracias al ion bicarbonato

Aumento del VO_2 y del VCO_2 .

Aumento de la frecuencia cardiaca lineal y utilización de la fibras de tipo IIa y I (las fibras del tipo II al tener más actividad glucolítica, producen un aumento del lactato).

- **FASE III.** Umbral anaeróbico.

Metabolismo anaeróbico.

Aumento grande de la concentración de lactato, por encima de 4 mM. No es estable.

Un gran aumento de la ventilación porque aumenta la concentración de CO_2 , ya que el sistema tampón no es suficiente para contrarrestar el exceso de H^+ , por lo que un aumento en la concentración de este último será un estímulo directo del aumento de la ventilación para eliminar el CO_2 .

Acidosis como consecuencia del aumento en la concentración de H^+ .

Aumento del VCO_2 .

La frecuencia lineal crece pero no de manera lineal (decrece proporcionalmente respecto a las fases 1 y 2).

Utilización del fibras de Tipo IIa , con metabolismo anaeróbico.



Mediciones del Umbral anaeróbico.

1.- Búsqueda a través del umbral anaeróbico lactacidérmico (UAL).

Durante un ejercicio en el que aumenta moderadamente la intensidad aparece lactato y se establece. Cuando la intensidad aumenta un poco más aumenta la concentración de lactato, estableciéndose, pero con aumentos grandes de la intensidad del ejercicio habrá un aumento de lactato por encima del cual no se establezca, será inestable (Umbral).

A la máxima intensidad de ejercicio en condiciones de concentración de lactato en plasma, estable, se le conoce como UAL. Esta estabilidad se consigue entre el lactato producido y el utilizado por el organismo. Al iniciar el ejercicio comienza la producción de lactato (metabolismo anaeróbico láctico), pero el metabolismo aeróbico es capaz de oxidar este lactato si la intensidad del ejercicio es moderado. Llega un momento en que si sigue aumentando la carga, el metabolismo anaeróbico es insuficiente para oxidar este lactato, por lo que habrá un aumento de la concentración de lactato (rotura de la estabilidad). A ese punto se le llama UAL.

Se considera que la cantidad de lactato producido en este punto es aproximadamente de 4 mM en plasma. Este valor del Umbral varia para cada individuo, de manera que lo más adecuado sería realizar la prueba a cada individuo.

Al inicio de la producción de lactato, es lo que se conoce como UMBRAL AERÓBICO (respecto del basal orgánico). Este lactato se mantiene estable hasta que por un aumento de la intensidad del ejercicio se rompe el equilibrio. A dicho punto se le conoce como UMBRAL Anaeróbico (inicio de la acumulación de lactato OBLA (Outset Blood Lactate Accumulate).

Lactato	
14	
10	
6	
4 Pérdida de la	
0 estabilidad (UAL).	
12 15 18 km./h.	Para calcularlo, existe un método en el cual se utiliza una progresión creciente de cargas, teniendo que determinar la carga que produce la acumulación de lactato (muy laborioso).

2.- También se puede medir el U.A., a través de los **parámetros ventilatorios (UAV)**. Llegará un momento en que habrá una carga de esfuerzo en la que se perderá la linealidad ventilatoria, considerándose esta como el Umbral aeróbico. Se producirán aumentos ventilatorios mayores que cuando se producían con cargas menores.

Vol. 100 V_e/VO_2 V_e/VO_2 Equivalente

(l/m) 80 V_e/VCO_2 ventilatorio del O_2

60 UAV

V_e/VCO_2

Equi. Vent. CO_2

50 100 150 200 250 Potencia (W) VV1 VV2 Intensidad de trabajo

Para utilizar el método ventilatorio, tendremos que usar la curva entre los equivalentes ventilatorios del O_2 y del CO_2 .

Conforme aumenta la intensidad de trabajo, habrá un aumento del E.V del O_2 , para cada aumento de la carga. En el caso del CO_2 , este se mantendrá estable conforme aumente la carga, dado que V_e/VCO_2 se mantiene constante, hasta que llegue un momento que al aumentar la carga el EV del CO_2 aumentará. Esto se debe a que hay un aumento de la concentración de H^+ por lo que activará el Sist. de tamponamiento del ion bicarbonato y producirá más CO_2 .

En VV1 se da un aumento similar de V_e y VCO_2 ==> V_e/VO_2 aumenta y V_e/VCO_2 = cte. Este se debe a que el Sist. Tampón es capaz de mantener constante la concentración de H^+ .

En VV2 se da un aumento mayor en V_e que en VCO_2 ==> V_e/VCO_2 aumentará, ya que el sist. tampón será incapaz de mantener constante la concentración de H^+ , de ahí la ruptura de EVO_2 y del $EVCO_2$.

V_e = Ventilación y VCO_2 = Volumen de CO_2 producido.

El aumento en la ventilación es consecuencia de la acidosis existente en el organismo producido por el aumento de la concentraciones de H^+ en el plasma.

Otra manera de hallar el umbral sería a través del cociente respiratorio, que como ya sabemos para el U.A. > 1'2.

Existe también otras formas de determinar el Umbral anaeróbico a través de la frecuencia cardiaca. En líneas generales existe una linealidad entre la carga de trabajo y la frecuencia cardiaca, hasta que llega un momento que esta linealidad se rompe. Este punto de ruptura se le identifica con el U.A. (Test de Conconi).

Factores que influyen en la determinación del Umbral anaeróbico

- La metodología y el procedimiento empleado para determinar el U.A. Es preferible comparar umbrales estimados con los mismos métodos.
- Factores genéticos y de la composición miotipológica del individuo (Fibras de tipo I y II.). Un individuo con mayor % de fibras de tipo I tendrá más alto el U.A., que otro con un % menor.
- La masa muscular en actividad. Si esta es pequeña se producirá poco lactato, de manera que la determinación no será lo suficiente relevante. Para que la determinación sea fiable deberemos de implicar grandes masas musculares.
- Modalidad de contracción muscular. Las isométricas producen mucho lactato, pero el acceso de este a la sangre se ve dificultado por el efecto de compresión de los vasos del plasma.
- De la capacidad de captura y reutilización de lactato por parte del hígado (Gluconeogénesis).
- De la duración del ejercicio. Ejercicios de larga duración a menor potencia serán aeróbicos y ejercicios de menor duración a mayor potencia serán anaeróbicos.
- Eficacia de los sistemas amortiguadores del PH del individuo. No todos los individuos amortiguan igual los cambios de PH.
- El Entrenamiento: En personas no entrenadas el U.A. se sitúa en torno al 55% de VO₂ máx. y en personas entrenadas en torno al 85%. Hay una mejora de la eficiencia al ejercicio que realiza.

TEMA 14

METABOLISMO Y NUTRICIÓN.

Introducción.

Metabolismo = conjunto de todas las reacciones químicas que se producen en el organismo.

Nutrición = Proceso de aporte a un organismo vivo de las sustancias que necesita para su crecimiento y para reparar las estructuras orgánicas.

Dietética = Ciencia que estudia las reglas de la alimentación que contribuyen a mantener la salud.

Hambre = Deseo, ansiedad de alimento.

Apetito = Se refiere a un deseo específico de ciertos alimentos y no de alimentos en general. Ayuda al individuo a escoger los alimentos.

Saciedad = Sensación de que la búsqueda de alimentos ha llegado a su fin. Es consecuencia de una comida satisfactoria.

La Ingesta.

Un individuo en condiciones normales come lo suficiente para satisfacer sus necesidades y no más. Los mecanismos reguladores de la ingesta llevan al individuo a comer aquello que necesita, por lo tanto, éste tiende a llevar una dieta variada de los principios inmediatos.

¿Como se lleva a cabo la regulación de la ingesta?.

Existen unos centros nerviosos que controlan que las personas coman. Estos se localizan en el hipotálamo y son de dos tipos:

Control del hambre: Provoca un impulso en busca de alimento.

Control de la saciedad: Provoca la inapetencia y la saciedad. Al estimularse dicho centro, el individuo rechaza el alimento.

Existen otros centros en diferentes puntos del S.N.C. que también participan en la repulsión de la ingesta de alimentos, pero no tanto en la cantidad de los mismos, sino en la búsqueda de algún alimento específico.

Factores que regulan la ingestión de los Alimentos.

- **Factores a largo plazo:** Dependen del estado emocional del individuo. Si una persona ha pasado un periodo largo de hambre y pasa a estar en contacto con la comida parece como si no se saciara nunca. Parece estar relacionado con la bajada de la glucosa, aminoácidos y ácidos grasos en los diferentes espacios corporales. La bajada de las reservas de hidratos de carbono y ácidos grasos estimulan la búsqueda de más alimento de lo normal.
- **Factores a corto plazo:** Están relacionados con la cantidad de alimentos que pueden digerir el aparato gastrointestinal en un periodo dado. Esta regulación está condicionada por:

Las señales de distensión del estómago y el duodeno, que inhiben el centro del hambre y la búsqueda de alimento.

Señales humorales: Hormonas como la CCK, insulina, glucagón, se liberan a continuación de la ingesta e inhiben el centro del hambre.

Señales procedentes de la boca, que de alguna manera miden el alimento ingerido.

- **La temperatura corporal;** así en periodos fríos, los animales tienden a hiperalimentarse y en periodos cálidos los animales tienden a hipoalimentarse. Esto se explica por la conexiones existentes entre el Centro termorregulador y el Centro del hambre y la saciedad. La sobrealimentación en respuesta al frío, es un mecanismo de adaptación del individuo al frío, puesto que al aumentar la ingesta, hay un aumento del metabolismo que contrarresta la disminución del frío. Además de acumula grasa, debido al exceso de alimentación provocando el revestimiento frente al frío.

Alteraciones en la ingesta de los alimentos.

Una ingesta insuficiente provoca una delgadez excesiva, mientras que una ingesta excesiva, conduce a la obesidad. El almacenamiento de Ácidos grasos en el tejido graso es ilimitado.

Causas que explican la obesidad:

Factores psíquicos: Situación de tensión emocional intensa, frustraciones, ansiedad, llevan indiscriminadamente a comer más de la cuenta. También pueden producir el efecto contrario.

Factores genéticos: Existen personas con una mayor predisposición a la obesidad.

Sobrenutrición en la infancia; durante los primeros años de la vida se forman adipocitos, por lo tanto

dispondrá de mayor cantidad de los mismos.

Tumores en el hipotálamo que alteran los mecanismos reguladores de la ingesta.

-

Factores que explican la delgadez:

Escasez de alimento. Falta de ingesta voluntaria.

Factores psíquicos: Factores que provocan anorexia nerviosa, que llevan implícita una alteración en la percepción del alimento.

Tumores en el hipotálamo o enfermedades que producen inapetencia absoluta (infecciosas, etc..

TEMA 15

Principios Generales de la Dietética.

Valor Energético de los Alimentos.

Todo lo que ingerimos lo quemamos produciendo energía. Los alimentos que proceden de la ingesta se transforman en $H_2O + CO_2 + \text{Energía}$. El H_2O y el CO_2 solo forman parte estructural de nuestro organismo. Además no todos los principios inmediatos proporcionan la misma energía:

- La combustión de 1 gramo de Hidratos de Carbono proporciona 4 Kc.
- La combustión de 1 gramo de ácidos grasos proporciona 9 Kc.
- La combustión de 1 gramo de proteínas proporciona 4 Kc.

Clasificación funcional de los Alimentos.

Desde el punto de vista de su composición química podemos establecer 7 grupos:

H_2O

Hidratos de carbono.

Proteínas.

Grasas.

Minerales; Ca, P, Fe, etc..

Oligoelementos; I, Zn, Fl, etc..

Vitaminas.

Existe otra clasificación en función del papel que desempeñan en el organismo:

Energéticos: Sirven de suministro energético. Alimentos ricos en hidratos de carbono y grasas.

Plásticos; Son los encargados en formar las estructuras del organismo. Alimentos ricos en proteínas y calcio.

Reguladores: Se encargan de conseguir que las funciones del organismo se realicen adecuadamente, como por ejemplo las vitaminas, minerales y los oligoelementos.

Esta clasificación permite agrupar a los alimentos en 7 grupos. Para que una alimentación sea adecuada y equilibrada deberá de contar con al menos 1 ó 2 en cantidad suficiente de cada uno de los grupos.

Necesidades diarias:

Calorías: Dependerán de la actividad de cada uno y del metabolismo basal, por lo que una parte irá a parar a cubrir las necesidades del metabolismo basal y las otras deberán de abastecer las necesidades de cada individuo, según la actividad que desarrolle (normalmente durante el día).

Proteínas: Todos los días se degradan alrededor de 20/30 g. de proteínas corporales, para fabricar otro tipo de sustancias, quedando destruidas. Habrá que reemplazar esas proteínas mediante dos formas:

Proteínas que contiene aminoácidos esenciales y aquellos que no los contienen, que los puede sintetizar el organismo (en el hígado, a partir de otros amino ácidos).

Proteínas de alto valor biológico: huevos, leche, carne, pescado (50% de aminoácidos esenciales).

Proteínas de bajo valor biológico: Proteínas vegetales 20/30% de aminoácidos esenciales.

Las necesidades diarias son las siguientes: 45 gramos de proteínas de alto valor biológico y 65 gramos para las de bajo valor biológico. Estas necesidades diarias en cuanto a proteínas deben de aportar el 15% del aporte total calórico.

HIDRATOS DE CARBONO: Obviamente dependerá de las necesidades calóricas y de la actividad. No obstante deben de representar el 55% del aporte calórico total y su misión será fundamentalmente energética. En este grupo encontramos 2 tipos:

Azúcares rápidos: Son los monosacáridos y disacáridos como la sacarosa, fructosa, lactosa. Al ser azúcares sencillos de fácil absorción, provocan una sobrecarga pancreática (segregen bruscamente insulina). Aumentos bruscos de la glucemia. Afectan al equilibrio homeostático.

- **Azúcares lentos:** Polisacáridos (pastas, féculas, etc...).

-

GRASAS: Supone un importante aporte energético del orden del 30% del total. Permiten la síntesis del colesterol y de los fosfolípidos, que son necesarios para la síntesis de las membranas celulares, síntesis de hormonas esteroideas (cortisol, etc..), de las sexuales, además de servir de sostén de las vísceras digestivas y de aislante del medio exterior. Los excesos de hidratos de carbono y proteínas se almacenan en el organismo en forma de grasa.

Problema. Hallar la cantidad de principios inmediatos de una persona que consume diariamente 2.000 k/c.

Proteínas = $2.000 \times 15 / 100 = 300$ Kcl. $\implies 300/4 = 75$ g. de proteínas.

Hidratos de carbono = $2.000 \times 55/100 = 1.100$ Kc. $\implies 1.100/4 = 275$ g. de H.C.

Grasas $2.000 \times 30 / 100 = 600$ Kc. $\implies 600/9 = 64$ g. de grasas.

Grupo I: Leche y derivados.

- Fundamentalmente son plásticos. Ricos en proteínas de alto valor biológico, además de calcio y fósforo. También contienen una importante cantidad de grasa de origen animal con una alta cantidad de ácidos grasos saturados y colesterol, además de vitamina A.
- EL queso como derivado de la leche tiene menor valor. Parte de albúmina, lactosa, minerales y vitaminas, se pierden en el proceso de elaboración. Tiene un alto contenido de grasa, además de poseer cantidades importantes de Ca y P.
- Yoghurt: Se pierden las proteínas y vitaminas de la leche.
- Cremas de leche: Poseen un alto contenido en lípidos saturados y Ca.

Grupo II. Carnes , pescados y huevos.

- Fundamentalmente son plásticos (ricos en proteínas de alto valor biológico).
- Tienen cantidades variables de grasas.
- Ricos en minerales (Fe, P, Zn).
- Ricos en vitaminas A, D y B.
- En el pescado hay más cantidad de ácidos grasos poliinsaturados que los animales terrestres.
- En la Yema del huevo, encontramos grandes cantidades de colesterol. 2 a 4 por semana.

Grupo III: Patatas, legumbres y frutos secos.

- Fundamentalmente son energéticos (alto contenido en hidratos de carbono).
- Las legumbres suponen un aporte importante de proteínas de bajo valor biológico. Al combinarse, se mejora el aporte dietético.
- Los frutos secos tienen un importante aporte de grasas y vitaminas del grupo B.

Grupo IV: Verduras y hortalizas.

- Tienen una función fundamentalmente reguladora. Poseen grandes cantidades de minerales, vitaminas y fibra sobre todo si son frescas.
- Aumentan el volumen de alimento si aumentar el contenido calórico.
- Por su presencia en fibra, favorecen el tránsito intestinal al aumentar el volumen de heces, que activa el reflejo enterogástrico.
- Su consumo es aconsejable no como una base pero si como un complemento de la alimentación.

Grupo V: Frutos.

- Alto contenido en vitaminas (fresca siempre). Son productos reguladores por la importante presencia vitamínica.
- No contienen proteínas pero si contienen hidratos de carbono rápidos en cantidades variables, excepto para las olivas y aguacates, que contienen grasa.
- El contenido de ácidos grasos es prácticamente nulo.
- Aporte variable de fibra.

GrupoVI: Pan, pasta, cereales y azúcar.

- Son energéticos fundamentalmente. Poseen un alto contenido en hidratos de carbono.
- Los cereales contienen un porcentaje no despreciable de proteínas (10/15% en proteínas).
- En nuestro medio se muelen las grasas de los cereales, obteniéndose las harinas, y eliminándose el salvado (rico en vitamina B, Ca).
- También se pierde gran parte del germen, rico en Vitaminas B, E y proteína.
- Las harinas se convierten en fuente exclusiva de Hidratos de carbono, siendo aconsejable el consumo de los productos derivados del pan desde el punto de vista nutricional.

Grupo VII: Aceites, mantequillas y grasas.

- Son fundamentalmente energéticos y ricos en vitaminas liposolubles.
- La mantequilla tiene un % alto en colesterol, ácidos grasos saturados y vitaminas A y B.
- La manteca de cerdo y tocino posee un 82/99% de colesterol y ácidos grasos saturados sin vitaminas (hay que evitar untar el pan con la manteca.)

En una dieta equilibrada tiene que aparecer al menos 1 ó 2 elementos en cantidad necesaria de cada uno de los grupos. Las dietas que eliminan radicalmente un grupo, producen algún déficit a largo plazo (mal funcionamiento de los sistemas).

TEMA 16

Vitaminas y minerales.

Las vitaminas.

Las vitaminas son hidrocatalizadores o sustancias naturales que van a permitir que las diferentes reacciones metabólicas se pueden llevar a cabo en las condiciones en las que se producen: Tª 37°, PH, presión, etc..

Están relacionadas con los procesos oxidativos celulares y con los procesos de liberación de Energía; es la consecuencia de reacciones metabólicas, íntimamente relacionadas con los procesos de crecimiento y de desarrollo del individuo, puesto que intervienen en las reacciones anabólicas, que producen la creación de sustancias propias.

La carencia generalizada de vitaminas, provocan a su vez carencias de elementos que forman parte de la estructura propia, además de fracasar los procesos de suministro energético, síntesis de estructuras propias, etc..

Es importante destacar que las etapas que implican un aumento del metabolismo, implican un aumento de las necesidades vitamínicas, además del aumento de la ingesta alimenticia y calórica. Normalmente las vitaminas necesarias para los procesos de metabolización se encuentran en los alimentos que ingerimos.

R.D.A. Representa el aporte diario necesario para que no se produzcan enfermedades carenciales por hipovitaminosis. Dependerá de la edad, de la situación personal del individuo, etc..

Una enfermedad carencial está producida por un aporte vitamínico insuficiente de una determinada vitamina. Hoy en día son prácticamente inexistentes, como por ejemplo la falta de vitamina C causa el escorbuto.

CAUSAS DE ESTADOS CARENCIALES.

- Dieta escasa.
- Dietas desequilibradas.
- Absorción insuficiente: alteraciones digestivas, diarreas crónicas e interacciones de medicamentos (Ca, vit C, Fe).
- Aumento de las necesidades orgánicas, inadecuadamente satisfechas por mayor aporte (embarazo, lactancia, etc.)
- Enfermedades infecciosas (necesitan un aumento de las necesidades).
- Infancia y adolescencia,
- Situaciones de Stress
- Fumadores/bebedores
- El deporte causa un aumento del metabolismo en general que trae como consecuencia un aumento en

la producción de radicales libres.

- Las mujeres que toman anticonceptivos hormonales, que provoca el aumento de las necesidades vitamínicas.

Una dieta equilibrada contiene las necesidades diarias del individuo. Por ejemplo en el caso de la vitamina C son necesarios unos 6'5 mg./día, mientras que en países como en Inglaterra ingieren alrededor de 45 mg./día y en Rusia y EE.UU. sobre los 250 mg./día.

Las vitaminas A, C y E, poseen una función antioxidante, o antirradicales libres (evitan la oxidación de los radicales libres que son moléculas o átomos inestables, que pueden captar o ceder electrones de las moléculas que los rodean, deteriorando las moléculas sobre las cuales intercambian electrones. Por ejemplo en las proteínas de la membrana, lípidos, ácidos grasos y otras proteínas estructurales, de forma que pueden producir de grandes déficit en la unidad. El organismo contiene dos sistemas de defensa contra los radicales libres.

Enzimas antioxidantes, que contiene Fe, Se, Mn, Zn, Ca, etc..

Nutrientes antioxidantes, que contienen vitaminas A, C, Beta carotenos, que los aporta nuestra dieta.

Los radicales libres se asocian al: Cáncer de colon, de estómago, de pulmón y de piel., a la arteriosclerosis y a las cataratas.

Su producción esta aumentada en las personas que realizan Actividad Física. Estas personas están sometidas a un mayor stress oxidativo provocado por los radicales libres, con lo que sería necesario un aporte extra de vitaminas autooxidantes. La administración de antioxidantes mejora el rendimiento en aquellas personas que tenían deficiencias en Vitamina E.

Clasificación de las Vitaminas.

Vitaminas liposolubles: Están presentes en los alimentos con grasas. A, D, E, y K

1.- Vitamina A (Retinol)

- Síntesis de los pigmentos de la retina
- Crecimiento de las células (revestimientos mucosos y epiteliales del organismo).
- Su déficit ocasiona: ceguera nocturna, alteraciones en el crecimiento, inflamación en la mucosas, queratinización de la córnea (dura).
- Se pueden encontrar en los siguientes alimentos: Hígado, carne de pescado, leche, huevos en los precursores carotídeos (verduras).

2.- Vitamina D (Antirraquítica).

- Aumenta la absorción intestinal del Ca y el P, facilitando la incorporación de los fosfatos cálcicos a los huesos. Su déficit causa raquitismo.
- Precursor en la piel. Se activa mediante la radiación de rayos ultravioleta (calor), que la activa.
- La vitamina D se almacena en el hígado, siendo éste una importante fuente de vitamina D
- La leche radiada con luz ultravioleta la sintetiza.

3.- Vitamina E (Ticiferol o antiesteril).

- Es una de las principales vitaminas antioxidantes (necesaria para el desarrollo celular)
- Su déficit provoca esterilidad en el hombre por la alteración en el proceso de formación del espermatozoide. En la mujer puede provocar abortos precoces.

- Se encuentra en los cereales, verduras, semillas oleaginosas y sus aceites, en el cacahuete y las olivas y también en el hígado, huevos y leche.

4.- Vitamina K

- Interviene en la síntesis hepática de los factores de coagulación (el hígado sintetiza proteínas que intervienen en fenómenos de coagulación).
- Su déficit puede provocar la aparición de hemorragias por alteración de los factores de coagulación.
- Se sintetiza a través de bacterias en el interior del intestino grueso, sin necesidad de aporte externo. Si te cargas la flora intestinal, te cargas el aporte de vitamina K.
- Se encuentra en las hortalizas, espinacas, coles verdes, tomate, etc...

Vitaminas hidrosolubles:

1.- Vitamina C (Ácido Ascórbico).

- Síntesis de las hormonas esteroideas de la corteza suprarrenal (Corticoides).
- Síntesis del colágeno (forman parte de las fibras que envuelven a los tendones, músculos, piel, etc..)
- Síntesis de las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina)
- Síntesis de la carnitina (interviene en el proceso de la oxidación de los ácidos grasos).
- Facilita la absorción gastroduodenal del Fe.
- Participa en la síntesis de anticuerpos (inmunoglobulina).
- Su déficit provoca el escorbuto.
- Es un importante antioxidante de los radicales libres.
- Se encuentra en la fruta y verdura fresca (las vitaminas se quedan en el agua cuando cocemos las verduras). En contacto con el aire y la luz la Vitamina C se oxida perdiendo sus cualidades.

2.- Vitamina B1 (Tiamina):

- Interviene en el metabolismo oxidativo de los Hidratos de carbonos sobre todo.
- Su déficit causa alteraciones en cualquier lugar del organismo, afectando sobre todo la Sistema nervioso (depende de la glucosa), cardíaco e intestinal, provocando una enfermedad que se conoce como enfermedad de BeriBeri.
- Se encuentra en la levadura de cerveza, cereales, hortalizas, frutas, hígado, riñones, yema de huevo y leche, etc..

3.- Vitamina B12 (Riboflebina):

- Forma parte de las Ilaco proteínas (cadena de transporte electrónico). Influye en toda la fase final del metabolismo.
- Se encuentra en los alimentos naturales, carne, pescado, huevo, cereales, leche.

4.- Vitamina PP (Antipelagrosa, niacina, nicotinamina).

- Forma parte del coenzima NAD y NADP, participando en la cadena de transporte electrónico y en el proceso de obtención de energía.
- Se encuentra en la carne, pescados y huevos y su déficit causa pelagra.



5.- Vitamina B6 (Piridoxina):

- Interviene como coenzima en numerosas reacciones metabólicas, especialmente en el de las proteínas.
- Su déficit causa Raro, alteraciones cutáneas, anemia y alteraciones neurológicas.

- Se encuentra en todos los alimentos (leche, cereales, fruta, etc.).

6.- Vitamina B12 (Cobalmina).

- Interviene junto con el ácido fólico en la síntesis de los elementos estructurales celulares.
- Su déficit causa anemia perniciosa.
- Se encuentra en la carne, pescados, leche, pero no se encuentra en los vegetales.

7.- Vitamina B5 (Ácido Pantoteico).

- Es un componente del coenzima de la fase final del metabolismo de grasas, hidratos de carbono y proteínas). No se conoce que puede causar su déficit y se encuentra en todos los alimentos.

8.- Vitamina B (Biolona ó Vitamina H).

- Actúa como coenzima en el Ciclo de Krebs. No se conoce su déficit y se encuentran en todos los alimentos.



9.- Ácido fólico.

- Sin el funcionamiento y secreción del ácido gástrico. el ácido fólico ve comprometida su función.
- Es necesario para la síntesis del ADN y portanto necesario en todo el proceso de crecimiento.
- Su déficit causa anemia, leucocemia, alteraciones neurológicas y se encuentra en el hígado, riñones, carnes, huevos, verduras, legumbres.

Minerales y oligoelementos.

El ser humano está formado por H₂, O₂, C₂ y N₂, combinándose para constituir H₂O. HC, lípidos y proteínas. Además tenemos otros 7 elementos en concentraciones > 0'01 como el Ca, P, K, Mg, Na, Cl y S (macro elementos esenciales). El grupo con concentraciones < 0'01 (Fe, Zn, Cu, Se, Cr, Mn, Molibdeno, Y, Co, Y, etc.) que son los oligoelementos.

Su función es formar parte de al menos 1 enzima. Tanto el déficit como el exceso, pueden provocar problemas al organismo.

K, Na, P: Dan estabilidad a la membrana, ATP, ADP ácidos nucleicos, hueso...

Ca: Para la contracción, neurotransmisor, coagulación y formación ósea.

Cl: Secreciones digestivas.

Fe. Sintáis de Hemoglobina, eritrocitos, transporte de O₂.

I: Parte de las hormonas tiroideas.

Zn: Parte de la anhidrasa carbónica.

TEMA 17

La Nutrición del deportista.

Requerimientos nutricionales del deportista

En principio deberá de cumplir las necesidades que vienen del mayor gasto calórico debido a la actividad deportiva. Deberá de incrementar la ingesta calórica y ésta cantidad estará en relación a la cantidad de ejercicio que realice. El cuerpo mientras tanto se adapta de manera espontanea al gasto, aunque a veces al principio pueden haber desajustes.

La dieta que deberá de consumir el deportista será aquellas que le permite mantener su peso ideal (dependerá de cada caso en particular). El tipo de actividad que realiza le molestará o no un sobrepeso o un sobre esfuerzo.

la dieta está rodeada de factores personales, sociales, creencias religiosas, respetando todas las circunstancias, para que no distorsionen los principios fundamentales de la dieta.

Hidratos de Carbono:

Representa el 55% del total de la dieta. Es un elemento importantísimo para el suministro energético. El O₂ empleado en la combustión de glucosa, va a rendir un 10% más de calorías que la combustión de ácidos grasos y proteínas.

1 mol. de glucosa + 6 O₂ =====> 38 ATP por lo que por cada O₂ = 6'33 ATP (más eficaz).

1 mol. de ácido palmítico + 23 O₂ =====> 135 ATP por lo que O₂= 5'87 ATP.

Nos podemos preguntar, ¿ porque no suministramos más cantidad de H.C. para mejorar el rendimiento de la Energía?. En principio se desaconseja superar el 55 %

Hay un aumento de trastornos digestivos (meteorismo o gas estomacal, constipación o estreñimiento).

El hígado no llega a metabolizar todos los H.C. apareciendo glucosa en la orina (Glucosuria).

Tiende a disminuir el apetito.

Produce insuficiencias de ácidos grasos y proteínas (si mantenemos el nº de calorías).

Las dietas de hidratos de carbono son pobres en Ca. Insuficiencia cálcica.

Son hipercalóricas. Si mantenemos la misma ingesta de proteínas y grasas, con el consecuente aumento de peso.

Al llevar muchos azúcares rápidos puede provocar caries.

Habría que modificar levemente la ingesta de H.C. para aumentar el rendimiento (hasta un 25%), para aumentar el almacenamiento de glucógeno. Aunque en otros estudios no se ha podido comprobar su eficacia.

Proteínas y actividad deportiva.

Las dietas hiperproteicas facilitarían a los deportistas de fuerza. Se puede aumentar la masa muscular si se aumenta un 5% del aporte proteico. Este aumento de la dieta se deberá de realizar de manera progresiva , para evitar sobrecargas de sobrealimentación, además de realizarla con una administración de H₂O, para evitar la eliminación renal, de los productos nitrogenados (proteínas).

Un aumento de las proteínas de origen animal enriquece los alimentos con leche descremada en polvo o alimentos hiperproteicos de administración, conllevan a un aumento del aporte de ácidos grasos con el

consiguiente aumento de peso corporal (ponderado) y calórico.

Lípidos:

Son el soporte de las vitaminas liposolubles. Pueden representar hasta el 70% del aporte energético al músculo, siendo mayor cuando, el glucógeno muscular y la glucosa en sangre sea menor. Posee además una importante función termorreguladora.

Ración de Entrenamiento:

1. Cumplir las necesidades calóricas.
2. La ración diaria se administra en 3/4 tomas.
3. El desayuno debe de tener un 25% de aporte calórico total (Plato con carne como el jamón).
4. La merienda debe de ser ligera, a base de 1 lácteo, galleta o biscuit y una pieza de fruta.
5. Hay que aumentar la ingesta de lípidos. Aporte suplementario de 1'5 l. de H₂O, suministrado en pequeñas cantidades a lo largo del día.

Ración de Competición:

1. El día de la competición el individuo esta estresado, afectándole a todos los órganos.
2. No hay que realizar cambios dietéticos a los que el cuerpo no está acostumbrado.
3. La última ingesta de comida se debe de realizar de 3/4 horas antes de la competición.
4. tazón de cereales con leche azucarada o un palto de pasta, arroz o patatas cocidas.
5. Medio biscuit con miel o mermelada.
6. Medio biscuit con mantequilla.
7. Carne de Buey picada, muy salada, a la que se añade una yema de huevo, fritos con una mínima cantidad de aceite
8. Ensalada.
9. De una a dos piezas de fruta.
10. Un taza de café o una infusión si lo tiene por costumbre.
11. Moderar la ingesta de agua caliente durante la comida.

Hidratos de carbono lentos.

Hidratos de carbono rápidos.

Proteínas de fácil digestión.

Pocos fritos que retrasen la digestión.

Importante aporte calórico.

Entre el final de esta y el comienzo de la competición, habremos de tomar los que se llama ración de espera: Cada 30 a 60 minutos de 125 a 250 ml de zumo de fruta fresca no muy fría, con 10 gramos de azúcar o miel, de forma que se absorban entre 250 a 750 ml. de la solución antes de la competición (recomendable hasta 30 minutos antes de la competición).

Al encontrarse con stress, es hiperglucemiante (aumento de la glucosa en sangre, aumento de la secreción de insulina, que provoca hipoglucemia). Si administramos esta solución, evitaremos descargas de insulina. Busca evitar que la hiperglucemia, se realiza a expensas de los depósitos de glucógeno hepático y muscular y si de los azúcares administrados.

En las actividades deportivas que tengan descanso en el intermedio (ración de la media parte), de deberá de intentar rehidratarse (ni frío, ni en grandes cantidades), con algo de azúcar, sal, para compensar la pérdida de sal a través del sudor y algo de potasio.

En las pruebas de más de 20 Km. las curva de glucemia desciende considerablemente a los 25 km., acompañándose de una intensa sensación de fatiga psíquica y física, recomendándose suministrar glucosa en comprimidos, H2O azucarada en pequeñas cantidades (20 g. de azúcar en 100 ml. de H2O, cada 8 km.). Evitar beber en exceso, pero si en cantidades pequeñas y repetidas.

Ración de recuperación.

Después de la competición, el individuo no se encuentra en reposo metabólicamente. La dieta debe de intentar contribuir a aliviar los problemas que pueda haber tenido durante dicha fase de fatiga.

1. Pérdida de H2O; (mayor o menor deshidratación), que obliga a que se le aporte de 2 a 5 litros cada 24 horas.
2. Pérdida de sales: La dieta deberá de aportar 1.500 mg. de Na cada 6 horas posteriores a la competición y 500 mg. de K⁺ en forma de gluconato potásico, disuelto en la bebida nada más terminar la competición.
3. Depleción o vaciamiento del glucógeno (muscular y hepático): Se recupera a cuenta de aporte de H.C. en comidas y bebidas posteriores.
4. Depleción de lípidos; Se reparan también en comidas posteriores.
5. Aumento de los catabolitos tóxicos procedentes de las proteínas. Son productos nitrogenados como la urea, ácido úrico, amoníaco, que el hígado y los riñones habrá que metabolizar. Estos duran entre las 24 a las 36 horas posteriores. Se recomienda que durante este período no se administren proteínas de origen animal o restringirlos, para no sobrecargar los procesos de metabolización o de desintoxicación.
6. Mantener el mínimo proteico, con un huevo duro, leche, queso y cereales, y en estos casos se menciona un suplemento de vitamina B6 y B12, para la metabolización proteica y síntesis de estructuras celulares.
7. Acidosis: Acumulación de lactato (ácido pirúvico). Hay que administrar bebidas bicarbonatadas.

Régimen disociado escandinavo.

Pretende aumentar el glucógeno almacenado, mediante la adecuación entre entrenamiento–dieta. La idea en la que se basa es la siguiente: Sometemos al músculo al vaciamiento del glucógeno inmediatamente le

suministramos gran cantidad de Hidratos de carbono, para que rellene más todavía las reservas del mismo,

Se aplica una semana antes de la competición:

1. El día 7º se realiza un ejercicio exhaustivo.
2. Los días 6º, 5º y 4º se realiza una dieta hiperproteica en torno al 20% e hiperlipídica en torno al 70%, realizando un entrenamiento al 75% VO₂máx.
3. Se toman dos platos de pescado, carne, huevos, crema, queso mantequillas, aceites y salsas, eliminando el pan, pastas, con una pequeña cantidad de hortalizas y una pieza de fruta al día.
4. Los días 3º, 2º y 1º se realiza entrenamiento ligeros y dieta hiperglucídica. 7% de proteínas, 8% de lípidos, 20% de glúcidos rápidos y 65% de glúcidos lentos.

Esta dieta está exenta de carnes y pescados, y con un contenido básico en leche y huevos, en comparación con la proporción de pastas, pan, arroz, patatas, frutas, azúcar, mermelada y miel.

Se pueden producir alteraciones durante la fase proteica y lipídica, además de problemas digestivos.

TEMA 18

Introducción a la Endocrinología.

Existe una gran interrelación entre el sistema nervioso y el sistema hormonal

Entre la glándula suprarrenal y la hipófisis posterior existe una gran interrelación neuro hormonal.

Hormona: Es una sustancia química segregada en los líquidos corporales por una célula o grupo de células (que forman la glándula endocrina y que ejerce un efecto fisiológico de control de otras células del organismo). Las hormonas pueden ser de tres tipos atendiendo al punto de vista químico.

- **Esteroideas:** Su estructura química deriva del colesterol, entre ellas encontramos el cortisol, la aldosterona, estrógenos, progesterona y andrógenos. El más importante es la testosterona.
- **Derivadas del amino ácido Tirosina:** Hormonas tiroideas, adrenalina y noradrenalina.
- **Hormonas proteicas o peptidas:** Hormonas de la hipófisis anterior y posterior, insulina, glucagón y la hormona paratohormona.

Además estas se pueden clasificar en hormonas locales y generales:

La hormona local ejerce la acción en la vecindad al punto donde están siendo liberadas, como por ejemplo las hormonas gastrointestinales.

- **Las hormonas generales,** ejercen su acción en puntos distantes a la glándula que la ha segregado. Afectan a la práctica totalidad del organismo. Tejido u órgano diana es el órgano donde actúa selectivamente.

Glándulas endocrinas:

La Cápsula suprarrenal (corteza y médula), hipófisis, páncreas, tiroides y paratiroides. Aunque no se les considera como tal están el hipotálamo, epífisis o glándula pineal, testículos y ovarios y la placenta.

Almacenamiento y secreción hormonal.

Gran parte de las hormonas, se segregan en forma de sustancias inactivas, llamadas prohormonas; cuando se precisa la hormona, se activa dentro de la glándula que la segrega. En la glándula estroidea no hay hormonas almacenadas en el interior de esta; estas la estimularse, segregan la cantidad suficiente de hormonas, que a continuación se liberaran en la sangre.

Control de la secreción hormonal.

A través de los mecanismo de retroalimentación negativa o feedback; ante un déficit de hormonas; se estimula la glándula que la segregará: esta hormona tiene el efecto de cortar el estímulo que provoco la secreción.

Mecanismos de acción hormonal:

Las hormonas en las células diana, ejercen su función porque aquellas dispone de receptores específicos para las hormonas en cuestión. Los receptores se sitúan en la membrana (hormonas proteicas), se produce en citoplasma, así como también las catecolaminas; en las estroideas los receptores se encuentran en el núcleo.

Una vez producida la unión de la hormona con su receptor específico, van a ocurrir 3 posibles respuestas:

Cambios de permeabilidad de la membrana. En los canales iónicos produce cambios en el potencial de membrana, desencadenando un potencial de acción. (como la bomba de Na^+/K^+). Por ejemplo el efecto que produce la adrenalina y la noradrenalina.

- **Activación de una enzima intracelular.** Por ejemplo la Adenilatociclasa provoca la formación de AMPc, que desencadena la función de 2º mensajero en el interior de la célula, activando otras funciones, dentro de esta.
- **Activación genética:** Hormonas que la unirse con receptores citoplasmáticos, provocan la formación de proteínas, que van a desempeñar funciones específicas en las células dianas (hormonas estroideas y tiroideas).

TEMA 19

El eje Hipotálamo Hipófisis.

La hipófisis está localizada en la silla turca (cavidad del esferoides en la base del cráneo) y es una glándula de secreción interna. Esta se divide en dos parte:

- Anterior: Adenohipófisis
- Posterior: Neurohipófisis.

Existen fibras nerviosas que van desde los nervios o núcleos sinápticos y para ventricular, que terminan en la hipófisis posterior. La hipófisis anterior s encuentra muy vascularizada y las sangre antes de llegar aquí, pasa por un lecho capilar a nivel del hipotálamo, llamado Sistema Portal Hipotálamo hipofisario. La sangre del hipotálamo realiza un intercambio con la de la hipófisis.

Gracias a esto , las sustancias liberadas en el hipotálamo, van a actuar directamente en la zona de la hipófisis anterior, ejerciendo la función de manera rápida.

Los productos liberados del hipotálamo (neurotrasmisores de las neuronas hipotalámicas de los nervios sináptico y ventricular), que se liberan a la sangre pasando a la hipófisis posterior, con posterior secreción y terminando en la sangre, siendo la composición realmente de esta secreción las hormonas liberadas en el

hipotálamo.

Hormonas de la Adenohipófisis:

La hipófisis anterior segrega hormonas glandulotrópicas y hormonas efectoras. Las glandulotrópicas, controlan la secreción de las glándulas periféricas, que corresponden a la ACTH (Adenocorticotropa). esta regula la secreción de la corteza suprarrenal o secreción del grupo corticoide.

TSH (tirotrópica o tiroestimulante): Controla la secreción de la glándula tiroides.

FSH (foliculoestimulante) y la LH (Luteoestimulante); Regulan la actividad de los ovarios y los testículos.

Las glándulas efectoras serán tres:

La hormona del crecimiento o GH

La melanotropa o tropina o MSH (melanoestimulante): Favorece la pigmentación de la piel, y la secreción de melanina.

Prolactina o LTH (Lactotropa): Favorece la secreción de leche en las glándulas mamarias durante el embarazo.

Acciones de la Somatotropa (GH):

Actúa en todo el cuerpo. Su acción está mediada a través de la producción de somatomedinas (sustancias producidas en respuesta a la activación de la hormona).

Favorece la síntesis proteica y va a disminuir el catabolismo de las proteínas, o sea, acción anabolizante.

Va a aumentar la utilización energética de ácidos grasos de manera que movilice las grasas almacenadas en los depósitos.

Va a disminuir la utilización energética de la glucosa, potenciando los depósitos de glucógeno. La tendencia será de hiperglucemia, portanto provocará una acción hiperglucemiante.

En la juventud aumentará la activación de los cartílagos epifisarios, favoreciendo el crecimiento de los huesos en longitud, mientras que en la edad aumentan en grosor.

•

Control hipotalámico de la secreción de la Adenohipófisis

Nos podíamos preguntar ¿Quién regula al regulador?. El hipotálamo segrega unas hormonas que llegan a la hipófisis anterior a través del sistema Porta hipotalámico hipofisario. Existen 2 tipos:

- **Hormonas hipotalámicas estimuladoras** de la secreción de la hormona hipofisarias, que son las liberinas.
- **Hormonas hipotalámicas inhibidoras** de la secreción de las hormonas Adeno hipofisarias, conocidas como las Estatinas.

Existen liberinas para todas las hormonas adenohipofisarias (Somatoliberina, tiroliberina, corticoliberina, etc.) del mismo modo que las estatinas para las hormonas adenohipofisarias efectoras (somatoestatina, prolactoestatina, melanoestatina, etc..).

Hormonas de la hipófisis posterior o neurohipófisis.

Son producto elaborados en neuronas hipotalámicas y que pasan a la sangre a nivel de la neurohipófisis o donde se localizan las terminaciones nerviosas de las neuronas hipotalámicas. Estas son de dos tipos:

La hormona ADH (Antidiurética o vasopresina); Favorece la absorción de H₂O a nivel renal. Gracias a ella se reabsorbe entre 15/30 l de H₂O diarios. Controla el volumen plasmático, manteniendo la tensión arterial y además tendrá una acción directa sobre los vasos sanguíneos, produciendo vasoconstricción.

- **Oxitocina:** Provoca las contracciones rítmicas de la musculatura lisa del útero al final del embarazo y que indican el comienzo del parto, además de participar en el proceso de formación de leche, de forma que la succión del pezón provoca la liberación de Oxitocina, que liberará la salida de leche al exterior.

TEMA 19

El Tiroides.

Introducción.

La glándula del tiroides está formada por 2 lóbulos unidos por un pequeño estrechamiento, situado a ambos lados de la traquea por delante y debajo de la laringe. Es además uno de los órganos más vascularizados.

Segrega tiroxina o T₄, Triyodotironina o T₃, que tienen un importante efecto sobre el metabolismo de todos los tejidos. También segrega la Calcitonina que juega un importante papel en el metabolismo de Ca²⁺. La secreción hormonal está regulada por la TSH o tirotropina, segregada por la adenohipófisis (hipófisis anterior).

Está formado por un gran número de vesículas, esféricas, con un nº de células, rellenas de un líquido espeso denominado coloide. La parte exterior se encuentra en contacto con los vasos. en el interior de las vesícula (coloide), hay principalmente una proteína voluminosa llamada Tiroglobulina, en cuya estructura se encuentran las hormonas, la T₃ y la T₄.

Síntesis de las hormonas tiroideas.

Se necesita Iodo. Este es captado por el interior de las células tiroideas, por un transportador activo (bomba de Iodo) y podrían convertirlo todo en cantidades mucho mayores que en su exterior. La síntesis se realiza dentro de las células tiroideas donde se forma la Tiroglobulina (TG), se segrega hacia el coloide, produciéndose en ese paso la Iodización de la TG. Ésta tiene muchos aminoácidos de la tiroxina y será donde se une al Iodo, formando la TG-I (tiroglobulinaiodada).

Después de la Iodación, se queda la tiroglobulina, donde se van a colocar la T₄ (lleva 2 átomos de Iodo) y la T₃ (que lleva 3 átomos de Iodo), quedando almacenadas en el interior de las coloides. Existe más T₄ que T₃, en una proporción de 10 a 1. Cuando el organismo requiere que se segregue a la sangre, esta liberará solo T₄ o T₃, pero nunca TG.

Secreción.

Las células tiroideas exocitatorias, engloban una parte del coloide, que contiene TG, formando una gr... de vesículas, a las cuales se les unirán los lisosomas celulares, que poseen enzimas proteolíticas que segregan la TG, liberándose la T₄ y la T₃ hacia la sangre.

Una vez salen a la sangre las hormonas tiroideas (sobre todo la T₄), son transportadas por la sangre unidas a

proteínas plasmáticas (globulinas), y en un porcentaje bajo de forma libre. Estas globulinas tienen mucha afinidad por estas hormonas tiroideas, lo que hace que su liberación a los tejidos sea de forma lenta y pausada. Una vez éstas se han soltado, llegan al interior celular uniéndose a nuevas proteínas intracelulares, quedándose en ese lugar almacenadas, de donde serán utilizadas poco a poco.

Debido a la afinidad y al almacenamiento dentro de las células, los efectos de estas hormonas tardan mucho en aparecer, siendo además estos últimos prolongados (sobre todo la T4) y tardando bastante en desaparecer.

Funciones:

Aumenta el metabolismo de los tejidos corporales. Una vez en el interior celular la T4 (prohormona) inactiva o precursora, se desioda parcialmente y se convierte en T3 (hormona activa), que será la que tenga una mayor afinidad por los receptores de dichas hormonas que se encuentran en el interior celular. El complejo T3-receptor, activa la transcripción de muchos genes y la síntesis de muchas proteínas, que van de un tejido a otro. Los excesos de hormonas tiroideas, pueda aumentar el metabolismo basal hasta en un 60%, mientras que los defectos lo disminuyen hasta en un 40%.

- Provocan el aumento del tamaño de las mitocondrias celulares, aumentan el metabolismo oxidativo y el aumento de ATP, de manera que aumentan el calor corporal.
- Influyen en el crecimiento, sobre todo durante la infancia. Fomentando la formación y maduración del Sistema Nervioso en la época fetal y durante los primeros años.
- Estimulan el metabolismo de los hidratos de carbono, de los ácidos grasos y de las proteínas por lo que habrá un aumento de las necesidades de nutrientes (O₂, etc.), lo que produce una vasodilatación generalizada (aumento de la frecuencia cardíaca).
- Aumenta la actividad del sistema respiratorio y del sistema digestivo, aumentando la absorción de T.D.

Regulación de la secreción de las hormonas tiroideas.

La TSH (hormona estiroidea del tiroides) segrega en la hipófisis anterior..... y activa la síntesis y liberación de la T3 y la T4. Sus efectos son un aumento de la captación de Ca⁺, un control de la liberación de T4 y T3, además de un control posterior a cargo de la TRH o hormona liberadora de TSH. Esta se sintetiza y libera a través de los canales nerviosos del hipotálamo, que a través del sistema porta-hipotálamo-hipofisario, llega a la hipófisis y activa la liberación de TSH.

Además existe un control de secreción o autocontrol (retrofeedback), que actúan sobre la T3 y la T4, sobre la hipófisis anterior, inhibiendo la liberación del TSH.

Pueden actuar directamente sobre el hipotálamo, inhibiendo la liberación TRH, con lo cual disminuyen la liberación de hormona tiroidea (T4, T3)

Para que el organismo pueda actuar de forma equilibrada, debe de realizar una secreción constante y adecuada de la hipófisis anterior.

TEMA 20

Fisiología del Sexo Femenino.

Anatomía fisiológica.

El órgano sexual de la mujer está formado por los ovarios, las trompas de falopio, el útero, la vagina y la vulva.

- **Ovarios:** Es un órgano para en forma de ovoide. En la pubertad, contiene alrededor de 300.000 a 400.000 óvulos. Cada óvulo está rodeado de una capa de células epiteliales, formando los folículos primordiales. Hasta la menopausia, un folículo cada 24 horas. En la vida fértil solo alrededor de unos 400 folículos se desarrollan del 400.000 originarios.
- **Las trompas de falopio:** Son unas estructuras de tubos, que comunican el ovario con el útero y será en este lugar donde se produce la fecundación. Tiene forma de pera invertida con dos partes diferenciadas; el cuerpo y el cuello que ocupa el 1/3 inferior.
- **La cavidad uterina:** Está formada por la cavidad corporal y el conducto cervical, formando 2 orificios. El externo comunica con la vagina mientras que el interior comunica con la cavidad corporal.
- **La vagina:** Es un músculo epitelial, largo y elástico desde el cuerpo uterino hasta la vulva. El epitelio no posee glándulas, ni desemboca en ningún conducto glandular.
- **La vulva:** Es el conducto de desembocadura del canal genital de mujer al exterior. Posee unas estructuras epiteliales, los llamados labios mayores y labios menores, que representan la transición entre el revestimiento epitelial cutáneo mucoso. Los labios menores forman un repliegue en la parte anterior alrededor del clítoris. El clítoris es un órgano eréctil, que equivale al pene en el hombre. El orificio vestibular estará fabricado por una membrana o himen, donde desembocan una serie de glándulas (Bartolino), que dan paso a la vagina.

Ciclo Ovárico.

Gracias a la secreción cíclica de 2 hormonas, esta regulación se realiza de manera cíclica (actividad cíclica de la gónada (ovarios)).

• *Iª Fase folicular.*

Bajo la influencia de la hormona Foliculoestimulante (FSH), se producirá una estimulación del crecimiento de los folículos primordiales (6 a 12 folículos). Las células que envuelven al óvulo segregan la hormona Estradiol (estrógenos). Al cabo de una semana, un folículo crece más que los otros, de manera que los restantes se atrofian.

Hormonas hipofisarias: Yª fase aumenta la FSH y disminuye la LH al principio.

IIª fase disminuye la FSH y disminuye la LH.

Hacia el día 12º aumenta la FSH y se da además un aumento brusco de la hormona Luteoestimulante (LH), que provocará una bajada brusca en la producción de estrógenos y un aumento de la secreción de progesterona por las células foliculares que envuelven al óvulo. Este aumento de la secreción de progesterona junto con la caída de estrógenos y el desarrollo del folículo, ocasiona la ovulación por la rotura folicular, que suele ocurrir normalmente hacia el 14º. El resto de las células del folículo, el formarán el cuerpo lúteo, que producirá grandes cantidades de progesterona y bastantes estrógenos. Estos entrarán en proceso de atrofia y al cabo de 6 a 8 días después de la ovulación, como consecuencia de la pérdida de estimulación de las hormonas hipofisarias (Feedback negativo) que provienen de las hormonas ováricas (atrofia de las células foliculares).

• *La ovulación o fase o también llamada fase lútea, marca el inicio de la 2ª fase.*

Al atrofiarse estas células se pierde la estimulación de las hormonas ováricas, cayendo los valores de la secreción de estas (progesterona y estrógenos).

Función de las hormonas ováricas:

- **Estrógenos:** El más importante es el estradiol cuyas funciones son las siguientes:

En la pubertad induce el desarrollo de los órganos sexuales y de las mamas.

Estimular la proliferación del endometrio (estructura mucosa interna del útero), la cual la prepara para la anidación del huevo, en caso de que se produzca (función nutritiva del huevo o cigoto).

Aumento de la actividad osteoblástica: son los responsables del crecimiento acelerado de los niños en la pubertad. Además, produce la soldadura o cierre de la epífisis de los huesos largos (zona de crecimiento). Por esta acción, la mujer tras la menopausia le produce osteoporosis.

Produce un balance nitrogenado hormonal, que implica que cuando el anabolismo es elevado, se mantiene en la estructura proteica.

Facilita el depósito de ácidos grasos, a nivel del tejido celular subcutáneo, la distribución femenina de las grasas, en los glúteos, mamas y muslos.

Hay un aumento del colesterol junto a las HDL.

- **Progesterona.**

A nivel del endometrio, estimula la función secretora del mismo.

A nivel de las mamas, actúa predisponiéndola para que segregue la leche, bajo la influencia de la prolactina. Se acompaña también de un aumento mamario en la 2ª mitad del ciclo.

Aumenta la termogénesis o el aumento de la producción de calor. Es el responsable de aumento de la mitad de la temperatura de la mujer en la 2ª mitad del ciclo.

Ciclo endometrial y menstruación.

Viene representada por los cambios en el endometrio en dos fases:

1ª Fase proliferativa. Bajo la influencia de los estrógenos, desde el final de la menstruación hasta la ovulación, donde el endometrio sufre un engrosamiento por la proliferación del epitelio, glándulas y por el aumento de los vasos sanguíneos. Con la ovulación, las glándulas endometriales segregan un moco localizado en el conducto cervical y que ayuda a dirigir el ascenso de los espermatozoides por el canal cervical en dirección al óvulo.

2ª Fase secretora. Está producida bajo la influencia de la progesterona. El endometrio sigue creciendo y aumenta el desarrollo de la glándula y de la capilarización; ello le permite la función nutritiva del huevo, si este llega a implantarse en el útero. Si no hay implantación-fecundación en el útero ocurrirá la tercera fase.

3ª Fase: La menstruación. El endometrio pierde su estructura y se atrofia rápidamente. Los vasos sanguíneos sufren intensa vasoconstricción (espasmos), provocando una isquemia epitelial y glandular, produciéndose una necrosis endometrial y una salida al exterior (se desprende de donde estaba alojado el endometrio) de la sangre acompañada de una hemorragia.

Fertilidad femenina y anovulatorios:

El óvulo se conserva fértil 24 horas, tras la ovulación; el espermatozoide se mantiene fértil unas. La máxima capacidad de fecundación va desde las 24 horas antes de la ovulación hasta las 24 horas después y la probabilidad máxima es de unas 72 horas antes de la ovulación y 24 horas después de la misma.

TEMA 21

Fisiología del sexo masculino.

Anatomía fisiológica.

El aparato reproductor del hombre está formado por las gónadas (testículos) y el conducto excretor formado por el epidimo, el conducto deferente, el conducto eyaculador y la uretra. Hay otras estructuras llamadas accesorias que son: la próstata, las vesículas seminales, las glándulas bulbouretrales y el pene.

Testículo: Es un órgano par, suspendido en el escroto, fuera de la cavidad abdominal (la t^a óptima es de $32^{\circ}5'$ para los espermatozoides). En el interior encontramos los túbulos seminíferos, que será el lugar donde se producirán los espermatozoides. En el epitelio tendrá:

Células germinales, que formaran los espermatozoides.

Células de sertoli, que realizan una función nutritiva y protectora de las células germinales.

Entre los túbulos seminíferos, encontraremos una células, llamadas de LEYDIG, que serán las encargadas de segregar la testosterona. Estos túbulos, confluyen en otros de mayor tamaño, hasta confluir en un conducto común que se llama epidimo, que continuará hasta fuera de zona testicular y dirigido hacia arriba que tomará el nombre de conducto deferente. En el momento que recibe las secreciones de las vesículas seminales, lo denominaremos conducto eyaculador, que desembocará en la uretra a nivel de la próstata.

La próstata verterá al conducto secretor (uretra), un líquido prostático. Las glándulas bulbouretrales (alrededor de la próstata), segregan a la uretra un líquido mucoso claro, justo antes del eyaculador. El pene es un órgano eréctil., cuya misión es hacer llegar los espermatozoides al canal genital femenino.

Espermatogénesis.

Es el proceso mediante el cual las células seminales de los túbulos seminíferos sufren una serie de transformaciones hasta formar los espermatozoides. El espermatozoide la llegar al epidimo aún le falta movilidad (todavía no está maduro), que la conseguirá durante las horas que tarda en recorrer el epidimo, gracias a las sustancias que segrega el conducto del epidimo (en su epitelio). Todo este proceso está regulado por varios factores:

- Testosterona: Será necesaria para todo el proceso de madurez de las células germinales.
- La hormona LH (Luteinizante): Estimula las células de LEYDIG, para que segreguen la testosterona.
- La hormona FSH (Foliculoestimulante): Actúa sobre las células de Sertoli realizándose adecuadamente la espermatogénesis. Además estas células de SERTOLI segregan estrógenos, que también juegan un papel importante en la
- La hormona del crecimiento GH: Estimula la división y maduración de las células germinales.

El semen

Representa el líquido eyaculado durante el coito. está formado por líquidos y espermatozoides del conducto deferente, líquido seminal (60%), líquido prostático-. y secreciones mucosas de las glándulas bulbouretrales.

El PH se mantiene alcalino, alrededor del $7^{\circ}5'$ (sobre todo el líquido prostático). este PH será importante para contrarrestar la acidez del vagina, Mejora la movilidad de los espermatozoides en el canal genital femenino. El semen forma un coágulo que al cabo de unos 15 segundos se disuelve será donde se inicie la progresión ascendente hacia el útero y la trompa de falopio. El volumen de una eyaculación normal se cifra en torno a los $3^{\circ}5'$ mil.,

con un promedio de unos 120 millones de espermatozoides por mil. Un semen con un porcentaje < de 20 millones por mil. no es fértil.

Hormonas sexuales masculinas

A las hormonas sexuales masculinas se les denomina andrógenos y se sintetizan a nivel de las células de LEYDIG. esta denominación engloba a todas las hormonas que estimulan el crecimiento del ciclo reproductor masculino. Los andrógenos naturales son 3:

Testosterona (que representa el 95% de los andrógenos naturales).

Dihidro-testosterona.

Androstenediona.

Todas estas hormonas son esteroideas y derivan del colesterol. Existe también producción a nivel de las glándulas suprarrenales tanto en los hombres como en las mujeres, que tendrán una influencia sobre el crecimiento del vello púbico y axilar, además de estimular el apetito sexual.

El testículo segrega una cierta cantidad de estrógenos, que son los encargados de la maduración de los espermatozoides en las células de Sertoli.

Acciones biológicas de la testosterona.

Favorece el desarrollo de los órganos masculino intraútero, inhibiendo la diferenciación de estos órganos en las mujeres..

Descenso de los testículos en los dos últimos meses de la vida intrauterina (sino ocurre esto se aplican andrógenos para estimularlo).

Durante la pubertad favorece el desarrollo de las características sexuales secundarias: distribución del vello corporal en el pubis, tórax, cara, etc.. además de la caída del pelo en la cabeza en algunos sujetos. Cambio en la voz hacia un tono más grave, aumento del espesor de la piel y la secreción sebácea (grasa = granos), acción anabolizante con su consiguiente crecimiento de la masa muscular (síntesis proteica), aumento de la matriz ósea y del Ca^{+2} depositado en ella, crecimiento acelerado de los huesos en longitud como también del cierre de las zonas de crecimiento, aumento del metabolismo basal, aumento de la eritropoyesis que explica porque los hombres poseemos más glóbulos rojos que las mujeres, aumento de la retención de H_2O y Na^+ a nivel renal (tendencia a aumentar la tensión arterial)

Produce una distribución sexual de la grasa.

Aumento de la LDL; VLDL y disminución de la HDL (lipoproteínas de baja densidad, que protegen de las enfermedades cardiovasculares, como la arteriosclerosis) por lo que hay un aumento del riesgo de infartos en personas menores de 40 años.

Regulación de la secreción de T.

Gn RH (hormona liberadora de gonadotropinas)

(-) (-) Inhibición por feedback

LH FSH (-)

(-)

Testosterona Células de Sertoli.

Inhibina

TEMA 22

Aspectos fisiológicos de la mujer deportista.

1.- Diferencias morfológicas.

- Menor tamaño
- Brazos más cortos en relación a la altura del cuerpo.
- Hombros más estrechos con más inclinación de los brazos.
- Pelvis más ancha
- Muslos inclinados hacia dentro.
- Estructura corporal más ligera.
- Palanca de los brazos más corta (lanzamientos, etc.).
- Mayor inestabilidad de la rodilla (más lesiones).

Composición corporal.

- Mayor porcentaje de grasa corporal.
- Más tejido subcutáneo
- Menor masa muscular y ósea tanto en términos porcentuales como en términos absolutos.
- Contornos redondeados y no angulosos.
- Más endomórficas y menos mesomórficas.
- Mayor flotabilidad
- Menor Fuerza.

Diferencias sanguíneas:

- Menor número de hematíes y disminución de la hemoglobina.
- Volemia menor.
- Capacidad de transporte de O₂ menor

Todo ello debido a los andrógenos y a las pérdidas sanguíneas.

Diferencias cardiovasculares.

- Corazón más pequeño.
- Volumen sistólico menor.
- Frecuencia cardíaca mayor.
- Pulso de O₂ menor (Consumo de O₂/frecuencia cardíaca).

Diferencias ventilatorias.

- Parámetros espirométricos estáticos del orden del 20 al 30% menores (VC, IRV, ERV, TV, RV, TPC).
- Parámetros espirométricos forzados menores (FVC, FEV y PEF).
- Ventilación voluntaria máxima menor (MVV).
- Menor capacidad de movilización de aire.

- Menor capacidad de absorción de O₂ (Al tener menor superficie de absorción de la membrana respiratoria).

Diferencias metabólicas durante el ejercicio.

- Capacidad de transporte de O₂ menor.
- Menor capacidad de movilizar aire a los pulmones.
- Menor capacidad de absorción de O₂.
- Pulso de O₂ menor.
- Potencia aeróbica máxima (VO₂ máx) menor: 50/60% en l/min. 10/25% en ml/minKg. y 1/10% ml./minkg. de masa magra.
- El umbral de lactato menor en términos relativos y no términos absolutos. En términos absolutos menor producción de lactato
- Menor porcentaje de fibras lentas y rápidas.

Diferencias de termoregulación:

- Menor masa corporal activa por lo que habrá menor producción de calor.
- Mayor relación m²/kg (efecto de la toalla que cuando esta mojada es más fácil secarla estando estendida que si permanece doblada). Provocara mayor ganancia o pérdida de calor por radiación, convección y evaporización.
- Mayor grasa subcutánea. Aislamiento extra contra el frío.
- Mayor vasoconstricción cutánea frente al frío, por lo que habrá mayor protección interna frente al frío pero mayor riesgo de congelaciones. Conserva mejor la temperatura interna. Las partes distales a las capas internas por el contrario sufrirán necrosis por falta de oxigenación cutánea.
- Sudar menos, pero más eficazmente, por lo que habrá menor pérdida hídrica, sobre todo en ambiente húmedos. Los hombres sudamos más de lo necesario.

Diferencias endocrinas.

ESTROGENOS (mujeres)	PROGESTERONA (mujeres)	TESTOSTERONA (hombres)
• Durante la pubertad desarrollo de los órganos sexuales y mamas. • Maduración del folículo y óvulo. • Proliferación del endometrio. • Actividad osteoblástica. • Anabolizante • Retención renal (CLNa y H₂O). • Distribución sexual de la grasa. • Aumento del colesterol (HDL). • Disminución de la secreción sebácea.	• Estimula la función secretora del endometrio. • Estimula a las mamas para segregar leche bajo la acción de la prolactina. • Aumento de la termogénesis. • Aumento del apetito.	• Durante la pubertad desarrollo de los órganos sexuales y los caracteres secundarios. • Aumento de la eritropoyetina. • Actividad osteoblástica. • Anabolizante. • Distribución sexual de la grasa (tronco). • Aumento de la LDH; VLDL y disminución de HDL. • Aumento de la secreción sebácea.

Influencia del ciclo menstrual en el rendimiento.

- En mujeres no deportistas tienen una pubertad retrasada, por la fase del ciclo en la que se encuentran.
- En deportistas las respiraciones hiperventilantes al ejercicio son mayores durante la fase lútea, lo cual podría tener una respuesta negativa sobre el rendimiento.
- La menstruación no afecta al rendimiento.
- La presencia de dismenorrea repercute negativamente en el rendimiento. (fibra, malestar, dolores de cabeza y corporal, etc...).



Retraso de pubertad menor.. (1ª regla).

- Existen evidencias que los deportistas tienen una pubertad retrasada.
- Existe relación directa con la intensidad /duración del entrenamiento, que afecta a la pubertad.
- No existe relación con el aumento de peso o con la disminución del % de grasa.
- Se tiende a pensar que quizás una maduración tardía implique mejores resultados deportivos y una maduración precoz aparte de la competición a las niñas.

Consecuencia:

- No hay evidencia de una posterior infertilidad, debido al retraso del desarrollo pubertal.
- Se sospecha una posible relación con la osteoporosis hipoestrogénica (fracturas patológicas). Pueden que aparezcan fracturas en épocas prepubertales, por falta de estrógenos, que activan la osteogénesis (calcificación).

.

TEMA 23

Fisiología de la corteza suprarrenal.

Introducción.

En las glándulas suprarrenales se distingue la corteza y la médula que ocupa la parte central. La corteza tiene 3 capas:

La capa externa o zona glomerular: esta capa segrega las hormonas mineralcorticoides.

La capa intermedia o zona fascicular, que segrega las hormonas glucocorticoides y en menor proporción andrógenos.

La capa interna o zona reticular, que segrega andrógenos y menor medida glucocorticoides

Hormonas mineralcorticoides:

La hormona mineralcorticoide está representada por la **aldosterona** y tiene una serie de acciones biológicas, aunque también podrá tener acciones de las glucocorticoides y andrógenos en menor medida.

Aumentar la reabsorción de Na⁺ a nivel renal, por lo que aumentará la concentración de Na en el LEC.

Estimula la excreción de K⁺ a nivel renal por lo que disminuirá la concentración de K⁺ en el LEC.

Como consecuencia de reabsorción de Na⁺, aumentará la retención de H₂O (osmosis), por lo que aumentará el volumen plasmático y será un regulador de la tensión arterial aumentándola.

Regulación de la secreción de la Aldosterona (Examen).

Existen dos mecanismos que regulan la secreción de aldosterona.

- **Pequeños aumentos de la concentración de K⁺** van a provocar un aumento de la secreción de la aldosterona y viceversa **pequeñas disminuciones de la concentración de K⁺** van a provocar la disminución de la secreción de la misma. Este mecanismo es muy sensible.
- **Sistema Renina – Angiotensina – Aldosterona.** Cuando hay una disminución del volumen plasmático, disminuye la presión renal y esta disminución va a provocar la liberación de la Renina, que pasará a la sangre. Esta entrará en contacto con una sustancia proteica que está inactiva (el angiotensinógeno), que se convertirá en Angiotensina I en el plasma. A nivel pulmonar por medio de una enzima convertidor A (ECA) esta se convertirá en Angiotensina II, que actuará sobre la corteza suprarrenal estimulando la liberación de la aldosterona. que producirá la retención o reabsorción de Na⁺ y H₂O (aumento del volumen plasmático), que provocará un aumento de la presión arterial. Por otro lado La angiotensina II va producir una acción de vasoconstricción sobre las arteriolas, por lo que aumentará la presión arterial.

Hormonas glucocorticoides.

Existen varias pero la más importante viene representada por el cortisol o también llamada hidrocortisona que representa el 95% de la secreción glandular glucocorticoide. Sus acciones biológicas son:

Disminuye la utilización energética de la glucosa por parte de las diferentes células del organismo.

Estimula la gluconeogénesis (formación de glucosa a partir de estructuras no hidrocarbonadas. amino ácidos, ácidos grasos, etc...), por lo tanto es una hormona hiperglucemiante.

Disminuye la síntesis proteica y aumenta el catabolismo de las proteínas para la gluconeogénesis. Es una hormona catabolizante (disminuye la masa muscular).

Tiene una acción movilizadora de las grasas del organismo porque estimula la utilización energética de las mismas por parte de las células.

Tiene un potente efecto antiinflamatorio y además produce una estabilización de las membranas de los lisosomas (reservorio enzimático de las células: absorbe sustancias extrañas.)

Regulación de la secreción de Cortisol.

Esta regulada por la hormona ACTH, que a su vez está controlada por un factor hipotalámico que es el CFR. El Stress produce un aumento de CFR..

Debido a este mecanismo de regulación el Stress puede provocar la aparición de infecciones. El cortisol inhibirá la estimulación de la hormona ACTH y la liberación de CFR (Feedback negativo). El ritmo de la secreción es circadiano (24 horas). Los mayores niveles se dan sobre las 8 de la mañana y el mínimo nivel sobre las 8 de la noche y así sucesivamente. Est explicaría en parte los problemas de adaptación a los nuevos cambios horarios.

TEMA 24

Fisiología del páncreas endocrino.

Hay tres tipos de células diferentes en los islotes de Langerhans:

Células que segregan el 60% de la insulina

Células que segregan el 25% del glucagón.

Células que segregan el 10% de la somatoestatina.

Acciones biológicas de la Insulina.

1.- Acciones sobre el metabolismo de los **hidratos de carbono.**

La acción de la insulina es que facilita el transporte de la glucosa al interior de las células (todas las células del organismo). Sin el concurso de la insulina la glucosa no puede pasar al interior de la célula y por consiguiente ésta no puede elaborar sus propias reservas del glucógeno y metabolizar la glucosa.

A nivel de las células hepáticas la insulina facilita la transformación de la glucosa en glucógeno, activa la gluconeogénesis y además ayuda a la formación de depósitos de glucógeno en el músculo. Una vez la glucosa entra en el interior de la célula, la insulina aumenta la utilización energética de la misma.

La insulina además facilitaría la transformación de los excesos de glucosa en grasas, que se depositarían sobre el tejido adiposo. La insulina retira la glucosa de la circulación sanguínea, por tanto es una hormona hiperglucemiante.

2.- Acciones sobre el metabolismo de las **grasas.**

- Facilita la transformación de los excesos de glucosa en grasa.
- Facilita la síntesis y el almacenamiento de grasas.
- Disminuye la utilización energética de las grasas.
- Inhibe las lipasas del adipocito (el enzima que moviliza las grasas). Cuando hay un déficit de insulina se altera el metabolismo energético hidrocarbonado y se empieza a utilizar las grasas como fuente de energía.
- El hígado realiza la betaoxidación de las grasas y hay un aumento de los cuerpos cetónicos.

3.- Acciones sobre el metabolismo de las **proteínas.**

- La insulina facilita el transporte de los aminoácidos al interior de la célula.
- Facilita la formación del ácido ribonucleico y a expensas de este se produce la síntesis de proteínas en los ribosomas de la célula.
- La insulina aumenta la síntesis de proteínas a nivel celular, produciendo una disminución de la utilización energética de los aminoácidos.
- La insulina produce un cierto ahorro proteico y tienen un efecto anabolizante que ayuda al crecimiento corporal.

Regulación de la secreción de la insulina.

El factor fundamental que regula la secreción de insulina es la glucemia. Cuando aumenta la concentración de glucosa en sangre aumenta la secreción de insulina y como este aumento es hipoglucemiante se opone al estímulo que provoca su secreción (mecanismo de feedback negativo).

Cuando se ingieren los alimentos las hormonas gastrointestinales van a producir un aumento de la estimulación de la secreción de la insulina. Cuando hay un aumento de los aminoácidos en el plasma también se produce un aumento de la secreción de la insulina. todas las hormonas hiperglucemiante van a producir un aumento de la secreción de insulina. El problema del diabético es que teniendo gran cantidad de glucosa no es

capaz de metabolizarla.

Acciones biológicas sobre el glucagón.

- Aumenta la liberación de glucosa a partir del glucógeno a partir del glucógeno.
- Estimula la gluconeogénesis (formación de glucosa a partir de las grasas y proteínas). aumenta por tanto la Lipolisis.
- Estas hormonas van a tener un efecto hiperglucemiante.

Es necesario tener unos niveles de glucosa adecuados a la normalidad para el correcto funcionamiento del tejido neuronal (ya que la neurona no oxida grasas y su metabolismo energético se realiza a expensas de la glucosa, de la sangre ya que el tejido neuronal no almacena glucógeno).

El glucagón es necesario para mantener los niveles normales de glucosa.

Regulación de la secreción de glucagón.

Esta regulación depende de la glucemia. La disminución de los niveles de glucemia aumentan la secreción de glucagón. El aumento de los niveles de glucemia inhiben la secreción de glucagón.