



Facultad de Estudios a Distancia

Programas de Estudio a Distancia



FISIOLOGÍA DEPORTIVA

Presencia con Calidad e Impacto Social

Pedro León Peñaranda Lozano

Rector

María Eugenia Velasco Espitia

Decana Facultad de Estudios a Distancia

TABLA DE CONTENIDOS

Unidad 1 introducción a la fisiología del ejercicio

- 1.1 Perspectiva histórica
- 1.2 Enfoque de la fisiología del esfuerzo y del deporte
- 1.3 Reacciones fisiológicas agudas al ejercicio.
- 1.4 Adaptaciones Fisiológicas crónicas al entrenamiento.
- 1.5 Principios básicos del entrenamiento.

Unidad II. Sistemas Energéticos

- 2.1 combustibles celulares
- 2.2 Luz energía y movimiento
- 2.3 Respiración y energía
- 2.4 Medición de gasto energético
- 2.5 Calorimetría

Unidad III. Control muscular del movimiento

- 3.1 Estructura y función de los músculos esqueléticos
- 3.2 Músculos esqueléticos y ejercicio
- 3.3 Acción de las fibras musculares
- 3.4 Tipos de fibra
- 3.5 Generación de Fuerza.

Unidad IV. Control Cardiorrespiratorio durante el ejercicio.

- 4.1 Estructura y función del sistema cardiovascular
- 4.2 Respuesta cardiovascular al ejercicio
- 4.3 ventilación pulmonar
- 4.4 Difusión pulmonar
- 4.5 Transporte de Oxígeno y dióxido de carbono
- 4.6 Adaptaciones cardiorrespiratorias al entrenamiento.
- 4.7 Evaluación espirométrica

Unidad V. Evaluación de las capacidades condicionales

- 5.1Evaluación de la resistencia aeróbica
- 5.2Evaluación de la resistencia anaeróbico
- 5.3Evaluación de la Fuerza
- 5.4Evaluación de la velocidad
- 5.5Evaluación de la Flexibilidad

INTRODUCCION

La fisiología deportiva surge de la aplicación de las investigaciones realizadas en medios controlados como en laboratorios del esfuerzo donde se miden los límites físicos que nuestro cuerpo puede soportar, evaluando cada una de las respuestas fisiológicas que son modificadas, fundamentalmente por desestabilización de la homeostasis interna entre ellas las condiciones químicas y físicas es por ello que la fisiología del deporte concibe nuestro cuerpo humano como una máquina compleja y que para su perfecto funcionamiento se deben integrar numerosos procesos, realizando de una manera muy sincronizada tareas específicas que hacen que la vida sea posible, incluso cuando estamos en reposo o estados básales los sistemas respiratorio, digestivo, cardiovascular, nervioso y por supuesto nuestro aparato locomotor están trabajando activamente para permitir las acciones correspondiente, pero estos sistemas son alterados rápidamente cuando entramos a etapas donde la nuestra actividad física se incrementa, es así como los músculos demandan más nutrientes, más oxígeno, más actividad metabólica y por tanto más eliminación de los productos de desechos producidos principalmente para la oxidación de reservas energéticas que a su vez producen el aumento del calor corporal.

Comenzaremos nuestro estudio, con el capítulo 1 donde detallaremos que es la fisiología deportiva y como se llegó a plantear desde las investigaciones como es que el cuerpo humano se adapta a cargas de trabajo físico, aprenderemos como esta ciencia ha ido evolucionando y como los investigadores han generado desde muchos años atrás interés por conocer como el cuerpo se adapta a altas exigencias física para que hoy en nuestros días se consideren a los atletas como super máquinas, también conoceremos las respuestas y adaptaciones más importantes que sufren los diferentes sistemas al ser sometidos a estímulos físicos, En la segunda unidad entraremos en el funcionamiento celular y sobre todo la forma como se puede generar energía para los diferentes procesos fisiológicos posteriormente en la tercera unidad entraremos a conocer como esta compuesto nuestro sistema muscular y como es posible la generación de movimiento corporal, y como desarrollarlos para un mejor desempeño en la cuarta unidad estudiaremos el sistemas cardiovascular y respiratorio cuando estamos sometidos a estrés físicos y en la quinta unidad analizaremos las formas como estas capacidades pueden ser evaluadas, con la utilización de diferentes criterios para conocer como se encuentra un individuo desde el punto de vista de su condición física y por consiguiente de su salud ya que existe una relación ya demostrada en baja condición física mayor riesgo para la salud

Horizontes

-El estudiante con la lectura y análisis de este modulo estará en la capacidad de:

1. Identificar como los avances en la investigación científica han contribuido a que la actividad física y el deporte tengan tan altos niveles de ejecución.
2. Conocer como se estructuran los músculos y como pueden convertir la energía química en energía mecánica para desarrollar movimiento.
3. Conocer la forma en que sistemáticamente y científicamente nuestros músculos podrían trabajar de manera mas eficiente .
4. Determina como los sistemas energéticos aportan la energía necesaria para la realización de las diferentes actividades del hombre.
5. Valorar los sistemas cardiovascular y respiratorio.
6. Evaluar las diferentes capacidades físicas, en diferentes poblaciones y como desarrollar programas para el mejoramiento de cada una de ellas.
7. Demostrar de una manera confiable como se podrían mejorar la condición física empleando herramientas confiables y efectivas

UNIDAD I INTRODUCCIÓN A LA FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO

Descripción Temática

En la presente unidad estudiaremos la importancia de la fisiología deportiva en la realización de cualquier actividad física, también estudiaremos la evolución histórica de la fisiología del ejercicio y deportiva, cuales han sido los adelantos tecnológicos hasta nuestros días, también conoceremos que son las respuestas y las adaptaciones cuando el organismo es sometido a cargas de trabajo físico y como estas afectan los sistemas orgánicos internos, tales como el sistema nervioso, circulatorio, respiratorio, digestivo, y osteomuscular.

Estudiaremos los antecedentes históricos y la forma como esta ciencia ha evolucionado con la aplicación de la tecnología a través de los tiempos y como ella ha influenciado la investigación para el mejoramiento del rendimiento físico, y algunos aspectos relevantes de la salud.

Horizontes

- Conocer la importancia de esta ciencia en lo que tienen que ver con los cambios que se producen en el cuerpo cuando se realizan actividades físicas y deportivas que requieren grandes cantidades de energía extras.
- Reconocer a los investigadores que han desarrollado esta ciencia a través de sus estudios científicos y cuales han sido sus aportes para el deporte y para la salud.
- Evaluar las respuestas y las adaptaciones en el organismo después de una práctica deportiva.
- Aplicar los principios básicos del entrenamiento.

Núcleo Temático y Problemático

- Historia y fundamentos de la fisiología del ejercicio
- Que importancia tiene la aplicación de los conceptos y prácticas de la fisiología del ejercicio a la fisiología deportiva.
- Se podría hoy en día concebir un atleta sin un respaldo científico.
- Como se podrían aplicar los Principios de entrenamiento, a la clase de educación física

- Es posible modificar las Respuestas y adaptaciones al ejercicio con diferentes tipos de entrenamiento.

Proceso de información

Evolución de la fisiología deportiva.

Los primeros estudios sobre el cuerpo humano se desarrollaron por los antiguos Griegos, pero las contribuciones significativas en cuanto a la comprensión de la estructura y función del cuerpo humano no fue posible sino hasta el siglo XVI cuando científicos de la época como Andreas Vesalius presento su libro (estructura del cuerpo humano) donde se centraba especialmente en la descripción de los órganos, y en algunas indicaciones de la función, este se ha considerado como elemento fundamental para el comienzo de los estudios de la medicina, mas tarde las observaciones realizadas sobre músculos por Hieronymus Fabricius(1574) sugirieron que el potencial contráctil del músculo residía en los tendones fibrosos y no en su carne, pero esta dudas acerca de la conformación y función del músculo fue demostrada hasta el año 1600 cuando el científico Antón Van Leeuwenhoek introdujo el microscopio y se pudo descubrir la existencia de fibras individuales, y como estas fibras se acortaban y creaban fuerza, siendo esto un misterio hasta mediados del presente siglo, cuando se descubrió el trabajo de las proteínas musculares a través del microscopio electrónico.

La fisiología del ejercicio entra a finales del siglo XIX , y surge como una necesidad de explicar clínicamente como el cuerpo respondía a estímulos físicos, ya que se conocía los efectos benéficos de la actividad física para mantenerse sano, el primer libro sobre fisiología del ejercicio fue escrito por Fernand LeGrange en 1889 titulado *physiology of bodily exercise* y fue una recopilación de las investigaciones que se habían llevado a cabo por aquellos tiempos y trataban temas tales como; trabajo muscular, la fatiga, habituación al trabajo y la función del cerebro en el ejercicio, aunque ya algunas investigaciones en bioquímica estaban dando resultados significativos el autor admitió que todavía se desconocían algunos procesos tales como la combustión (metabolismo energético) entre otros.

Ya en el siglo XX algunos investigadores ayudaron a desentrañar algunos misterios del metabolismo celular entre ellos Archival (A:V) Hill quien fue galardonado con el premio Nobel en 1921 por su estudios sobre metabolismo energético, aunque posterior a él otros como Albert Grogui, Otto Meyerhof, August Krogh y Hans Krebs estudiaron como las células generaban energía. Los primeros estudios sobre humanos se deben a Jhon Haldane quien desarrolló métodos y materiales necesarios para medir el uso del oxígeno durante el ejercicio, estos y otros investigadores del mundo proporcionaron la estructura básica para nuestra

comprensión de la producción de energía en todo el cuerpo, que se convirtió en el centro de innumerables investigaciones durante la mitad de este siglo, y que hoy se ha basado en ordenadores usados para medir el consumo de oxígeno en los laboratorios de la fisiología del ejercicio.

El laboratorio de fisiología del ejercicio más importante en el mundo fue el Harvard Fatigue Laboratory Diseñado y dirigido por el bioquímico Lawrence J. Anderson quien reconoció la importancia de la fisiología del movimiento humano con especial interés en los efectos de la tensión ambiental (tales como el calor y la altitud), mas tarde fue dirigido por D.B Dill quien sentó las bases modernas de la fisiología del esfuerzo, y describió problemas generales que los deportistas debían conocer tales como la nutrición y los beneficios para la salud, junto con Sid Robinson demostraron los efectos del envejecimiento sobre la frecuencia cardíaca máxima y sobre el consumo de oxígeno.

En estos años las investigaciones no contaban con la ayuda de la tecnología y se realizaban generalmente con máquinas operadas manualmente que hacían que las pruebas realizadas fueran muy largas y necesitaran de mucho personal, por ejemplo el análisis de una muestra de 1 min de aire exigía una esfuerzo de 30 a 40 minutos de una persona o varias personas del laboratorio. En la actualidad estas pruebas se llevan a cabo casi instantáneamente, con poco esfuerzo del personal evaluador y con la obtención de datos precisos.

Muchos de los avances de la fisiología del esfuerzo deben atribuirse a las mejoras de la tecnología, por ejemplo, la construcción de analizadores electrónicos para medir gases respiratorios hizo que el estudio del metabolismo energético fuese mucho más fácil y productivo que antes, también la ayuda de la telemetría para controlar variables fisiológicas a distancia fue de gran impacto y estos se debió fundamentalmente a los avances del programa espacial americano, también con el descubrimiento por parte de Bergstrom de la aguja para biopsias musculares se dio una gran paso para el conocimiento de la composición de los músculos y de la diferenciación de las fibras musculares, también se llevó a cabo estudios sobre la nutrición muscular y dietas para mejorar la resistencia a la fatiga. Como vemos esta ciencia tiene una gran historia donde se le ha reconocido el valor y la importancia, dado que el estudio de cómo el cuerpo puede mejorar sus respuestas al ejercicio siempre nos inquietará para ser más saludables y mejores deportistas.

Respuestas Fisiológicas

Para comenzar el estudio de la fisiología del ejercicio hay que conocer como responde el cuerpo a una serie individual de actividad física, tal como trotar en una pista o caminar, esto es lo que se *respuesta aguda*, entre las más significativas se

encuentran , aumento de la frecuencia cardiaca, de la frecuencia respiratoria, de la temperatura corporal entre otras. Entonces podremos entender como ocurren las adaptaciones crónicas que se llevan a cabo en el cuerpo cuando se le desafía con repetidas series de ejercicio, tales como cambios en la función cardiorrespiratoria después de 6 meses de entrenamiento de resistencia.

Cuando el organismo es sometido a estímulos físicos se presentan variables intervinientes que no se pueden controlar en el campo deportivo tales como, las ambientales, ruido, humedad, temperatura, psicológicas, etc, que no permiten realizar evaluaciones físicas precisas y confiables. Pero existen laboratorios especializados se cuentan con tecnología para evitar que estas variables intervengan en la evaluaciones del trabajo físico, ya que poseen dispositivos portátiles que pueden informar constantemente de variables fisiológicas como: actividad del corazón (frecuencia cardiaca, y ECG), frecuencia respiratoria, temperatura de la piel, y de partes profundas del cuerpo, de la actividad muscular (electro miografía). Es por ello que las investigaciones más confiables son las 1as que se realizan en el laboratorio bajo condiciones controladas ya que sus datos pueden ser validados con facilidad.

Otro factor a tener en cuenta en las evaluaciones de los deportistas, son las reacciones fisiológicas, tanto en reposo como en ejercicio, y como varían durante el día, esto es conocido como variación diurna y esto se refiere a las fluctuaciones que se producen durante las 24 horas de un día normal, por ejemplo se puede indicar que la frecuencia cardiaca en reposo se encuentra en 60 lat/min, al medio día se encuentra en 72 lat/min y en la noche antes de dormir puede encontrarse en 69 lat/min.

Adaptaciones fisiológicas al Entrenamiento

Ya hemos conocido como nuestro cuerpo da una respuesta fisiológica cuando es sometido a una serie de ejercicios, la otra área importante en la fisiología del ejercicio es como estos estímulos hacen que se lleven a cabo en el organismo adaptaciones que pueden mejorar nuestra capacidad y la eficiencia en el ejercicio, como ejemplo con el entrenamiento de resistencia aeróbica nuestro sistema cardiorrespiratorio trabaja más eficazmente, en la absorción, transporte, y utilización del oxígeno, para generar mayor trabajo y generando menor gasto de energía. Es por ello que para saber como estas adaptaciones se van dando hay que conocer los principios básicos del entrenamiento para poder comenzar a obtener resultados tanto de rendimiento deportivo como modificaciones en lo que a la mejora en la salud respecta.

Principio de individualidad

No todos los seres humanos tenemos las mismas capacidades físicas, como tampoco tenemos el mismo nivel de adaptabilidad, en ello intervienen variables tales como la edad, herencia, medio ambiente, variaciones en los ritmos de crecimiento celular, metabolismo, regulación nerviosa y hormonal entre otras. Estas variaciones individuales pueden explicar porque algunas personas muestran grandes mejoras después de participar en algún programa determinado, mientras otras presentan poco o ningún cambio después de seguir el mismo programa, es por ello que cualquier programa de entrenamiento debe tener en cuenta las necesidades y las capacidades específicas de los individuos para los que se está diseñando, esta recomendación también es aplicables a cada grupo atareo que se maneja en la clase de educación física o en un programa de entrenamiento deportivo.

Principio de Especificidad

Las adaptaciones al entrenamiento son altamente específicas del tipo de actividad y del volumen e intensidad del ejercicio ejecutado. Por ejemplo un deportista dedicado al levantamiento de pesas, donde sus condiciones específicas son de gran potencia no puede entrenar con carreras de fondo para mejorar la capacidad de resistencia aeróbica, ya que esta condición no es necesaria para su desempeño deportivo, con este principio el programa de entrenamiento debe estar dirigido a forzar los sistemas fisiológicos que son críticos para que haya un rendimiento óptimo en el deporte que se practique a fin de lograr adaptaciones de entrenamiento específicas.

Principio de Desuso

Los deportistas que están sometidos a entrenamiento programados durante el año pueden ver que sus músculos pueden generar mayor energía y resistir más eficientemente a la fatiga, pero una vez que estos entrenamientos son interrumpidos nuestro nivel de condición física a un nivel que solo cumplirá con las exigencias de nuestras actividades cotidianas, cualquier mejora que el entrenamiento haya dejado se perderá. Para este caso de preverá crear planes de mantenimiento del nivel de condición física.

Principio de Sobrecarga Progresiva.

Los conceptos de sobrecarga y entrenamiento progresivo, forman la base de todo el entrenamiento, y se deben tener expresas para cualquier diseño del plan. Por ejemplo para ganar fuerza hay que sobrecargar a los músculos, más allá del punto

en que normalmente están cargados. Esto implica que a medida que los músculos se fortalecen es preciso aplicar una resistencia proporcional mayor para estimular nuevos incrementos de la fuerza. Como ejemplo consideremos a un hombre que realiza 10 repeticiones de press banca antes de fatigarse, usando 70 Kg de peso. Con una o dos semanas de entrenamiento deberá ser capaz de aumentar de 14 a 15 repeticiones con el mismo peso, luego podría añadir 2,5 Kg de peso a la barra y sus repeticiones comenzarían con 8 o 10. Y así de una manera progresiva las exigencias físicas se pueden ir superando para esperar un estímulo mucho mayor. Asimismo con los entrenamientos anaeróbicos y aeróbicos con variables con el volumen y la intensidad estos deben ir exigiendo cada vez más a los deportistas para alcanzar altos niveles de rendimiento deportivo de una forma programada y planificada.

Actividades

Proceso de Comprensión y Análisis

1. Existe para ud una diferencia entre la fisiología del ejercicio y la fisiología deportiva?
2. Como puede influir la fisiología del ejercicio en la clase de ed. Física?
3. Cual es la diferencia Principal entre las respuestas al ejercicio y las adaptaciones crónicas la ejercicio?
4. Definir el principio de individualidad?
5. Definir el principio de sobre carga progresiva?
6. Como aplicaría ud los principios de entrenamiento a una clase de ed. Física?

Soluciones de problemas

1. Cual cree ud que fue el principal suceso histórico por el cual la fisiología del esfuerzo surgió como herramienta vital en el desempeño humano.
2. Cuales son las diferencias básicas entre una simple respuesta y una adaptación morfológica.
3. Como influyo la aparición de tecnologías en el adelanto de esta ciencia.
4. Cuales considera usted son las variables ambientales que mas modifican las respuestas fisiológicas.

Síntesis Creativa y Argumentativa

1. Cuales son las respuestas más fácilmente valorar en la ejecución de un ejercicio de tipo aeróbico?
2. Porque es importante la puesta en practica de los principios básicos del entrenamiento?

3. Cual cree usted que fueron los principales adelantos de la fisiología del ejercicio ha tenido a través de la historia?

Autoevaluación

. Según lo expuesto en la unidad nombre tres de los países donde esta ciencia de la fisiología del ejercicio tiene una tradición investigadora a través de la historia.

. Nombre tres respuestas al ejercicio que usted pueda manejar en la clase de educación física.

. Nombre tres consecuencias de haber dejado un entrenamiento en los sistemas orgánicos.

Repaso significativo

. Realizar un mapa conceptual en los que se destaque las diferencias mas importantes entre las respuestas y adaptaciones fisiológicas

. valorar las diferentes respuestas fisiológicas en la clases de educación física y aplicar instrumentos de medición acorde con los recursos existentes.

Bibliografía sugerida

- American College of Sports Medicine. (2000). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Sixth Edition. Lippincott Willias & Wilkins: Philadelphia.
- Kendrick ZB, Pollock ML., Hiclman TN. (1971). Effects of training and detraining on cardiovascular efficiency. *Am Correct Ther J*, 25:79-83.

UNIDAD II SISTEMAS ENERGETICOS

Descripción Temática

En la presente unidad estudiaremos como las células que conforman nuestro organismo, generan energía para sus propios procesos biológicos y para la relación con los otros sistemas, investigaremos como se realiza el proceso de obtención de energía a partir del sol que al ser absorbidos por las plantas en estructuras especializadas es convertida en energía química que más adelante dentro de los organismos será el combustible para generar energía mecánica, acción realizada en la especie humana por los músculos.

Horizontes

- Conocer como ocurre el proceso de obtención de la energía.
- Identificar como los sistemas energéticos del organismo aportan la energía necesaria para cumplir con los requerimientos exigidos.
- Conocer la forma de medir la cantidad de energía gastada
- Conocer como el organismo utiliza los diferentes macro nutrientes.
- Clasificar los deportes por sistemas energéticos
- Realizar una sesión de entrenamiento teniendo en cuenta los sistemas energéticos.

Núcleo Temático y Problemático

- Sistemas energéticos en la máquina humana
- Obtención de la energía y como ella actúa en el movimiento.
- Tipos de alimentos y su contribución energética
- Gasto de energía de los diferentes deportes
- Técnicas de valoración Valoración

Proceso de información

Conceptos Básicos De Bioenergética

Antes de comenzar de lleno en el estudio de la bioquímica del ejercicio, es necesario discutir algunos términos esenciales para entender los conceptos que se habrán de manejar más adelante en este modulo.

¿Que es **bioenergética**? La bioenergética es una ciencia que se encarga de estudiar las transformaciones energéticas en los sistemas vivos. Además, incluye el estudio de la energía química almacenada en la **biomasa** (conjunto de especies vegetales y animales utilizadas como nutrientes y fuente de energía) y los métodos de recuperación bajo formas distintas; alimentos, calor y combustibles.

La **termodinámica** representa el campo de las ciencias físicas que estudia los intercambios de energía entre conjuntos de materia, i.e., los cambios asociados con el paso de un sistema desde un estado inicial a otro final. Se define **sistema** como un conjunto de materia y energía que representa el foco de estudio. Para poder estudiar un sistema, este debe aislarse, i.e., imponer ciertas restricciones al flujo de materia o energía o ambas hacia o desde el sistema.

La **primera ley de termodinámica (ley de la conservación de la energía)** es el principio que asienta que la energía ni se crea ni se destruye sólo se transforma de una forma a otra. Esto implica de qué se puede hablar de un equilibrio energético entre el aporte calórico y el gasto de energía.

Cuando estudiamos **bioquímica**, nos referimos a los principios y patrones moleculares que contribuyen al movimiento y fenómeno metabólico.

Las billones de células que componen al cuerpo humano poseen la vital tarea de mantener trabajando al organismo. Para esto, es necesario que se lleven a cabo un conjunto de reacciones químicas y enzimáticas del organismo dirigidas a la producción de compuestos energéticos y a la utilización de fuentes de energía, donde las células de nuestro cuerpo sirven de escenario. Estas transformaciones energéticas que liberan y emplean la energía para mantener funcionando nuestros órganos corporales se conoce como **metabolismo**. El metabolismo celular consume nutrientes (hidratos de carbono o glúcidos, grasas o lípidos y proteínas o protídos) y oxígeno (O_2), generando desechos y gas carbónico que deben eliminarse.

Los Fragmentos que resultan del rompimiento de estas sustancias nutricias energéticas o combustibles metabólicos pueden entrar al Ciclo de Krebs (o ciclo de ácido cítrico), especie de vía común para su degradación, en la cual son

desdobladados hasta átomos de hidrógeno y CO₂. Los átomos de hidrógeno son oxidados para formar agua (H₂O) por medio de una cadena de flavoproteinas y citocromos dentro de la cadera respiratoria (o sistema de transporte electrónico). Dentro del metabolismo se realizan dos reacciones químicas complementarias, a saber, el **catabolismo** y el **anabolismo**. Las enzimas catalizan las reacciones químicas tanto catabólicas como anabólicas.

La **fase catabólica** del metabolismo posee la importante tarea de hidrolizar (degradar, desdoblar, romper) moléculas alimentarias grandes a moléculas más pequeñas, con la consecuente liberación de energía útil dirigida para desencadenar reacciones químicas necesarias para el mantenimiento orgánico. Por consiguiente, el catabolismo representa un proceso de descomposición, o fragmentación de una molécula en partes cada vez más pequeñas, donde se acompaña la liberación de energía en la forma de calor y energía química. La energía derivada de reacciones catabólicas primero deben de transferirse a **enlaces de alta energía (~)** de las moléculas de **trifosfato de adenosina (ATP)**. Más adelante en este capítulo veremos en detalle que el catabolismo energético se efectúa en tres etapas particulares.

A continuación una breve descripción de cada etapa. La primera se encarga de catabolizar las sustancias nutricias energéticas mediante tres reacciones químicas, conocidas como glucólisis (degradamiento de la glucosa en acetil-co-A), el metabolismo beta de las grasas (se acortan progresivamente, dando acetil-co-A), y la desaminación de los amino ácidos (rompimiento de los amino ácidos, donde se produce acetil-co-A). El ciclo de Krebs o ciclo del ácido citrico participa en la segunda etapa del catabolismo, donde se libera el hidrógeno de la molécula de acetil-co-A para unirlo con los transportadores de hidrógeno y la eventual producción de gas carbónico y agua. La tercera y última etapa consiste de la cadena respiratoria (o sistema de transporte electrónico) mediante la cual se emplean los transportadores de hidrógeno para sintetizar un compuesto de alta energía química potencial, llamado adenosina de trifosfato (ATP).

Por otro lado, la **fase anabólica** utiliza energía libre para elaborar moléculas grandes a partir de moléculas más pequeñas. Representa, entonces, una reacción química de síntesis, construcción o formación que requiere energía (se acompaña de utilización de la energía). Esta energía se deriva de las reacciones catabólicas. Por consiguiente, los procesos metabólicos de naturaleza anabólica involucran la unión de pequeñas moléculas para formar moléculas más grandes, i.e., reúnen los pequeños fragmentos moleculares para formar moléculas mayores. Los procesos anabólicos recurren siempre a la energía, de manera que puedan producir compuestos de mayor tamaño que se derivan de los fragmentos moleculares de menor tamaño (e.g., enzimas, hormonas, anticuerpos, tejido muscular, entre otras moléculas). Por ejemplo, durante el anabolismo energético los acetil-co-A detienen

los procesos degradadores para poder producir glucógeno, el cual será almacenado especialmente en los músculos esqueléticos e hígado.

Los compuestos de alta energía poseen enlaces químicos. Un **enlace químico** representa la energía potencial que mantiene los átomos juntos en una molécula. Toda reacción o proceso químico a nivel celular involucra sustratos y enzimas. Los **sustratos** son las moléculas sobre las cuales actúan las enzimas. Una **enzima** representa un tipo de proteína (catalizador biológico) encargado de acelerar las reacciones bioquímicas en una vía metabólica particular. Las enzimas no sufren cambios durante las reacciones, ni cambian la naturaleza de la reacción ni su resultado. Los nombres de todas las enzimas poseen el sufijo "**asa**". Por ejemplo, la enzima **quinasa**, la cual le añade fosfatos a los sustratos con los cuales reaccionan. Otro tipo de enzima es la **dehidrogenasa**, la cual se encarga de remover/eliminar los hidrógenos de los sustratos. La **dehidrogenasa láctica** cataliza la conversión del ácido láctico a ácido piruvico y viceversa. La actividad enzimática dependerá de la temperatura corporal y el pH (medición de acidez) de una solución.

Los **sustratos** representan las moléculas sobre las cuales actúan las enzimas. Los nutrientes (o nutrimentos) que proveen energía (liberan calor y energía cuando son degradados durante la catabolia del metabolismo) se conocen también como **macromoléculas**, i.e., compuestos relacionados con las reacciones metabólicas (hidratos de carbono o glúcidos, grasas o lípidos y proteínas o protídos). Estas macromoléculas también pueden considerarse como sustratos. Otros sinónimos para estos nutrientes energéticos (o caloríficos) pueden ser **reactivos, sustancias nutricias o combustibles metabólicos**. Cuando los sustratos penetran la pared celular del organismo, se inician los múltiples procesos metabólicos. Las secuencias específicas de reacciones se conocen como **vías metabólicas**. La finalidad de los procesos metabólicos es el crecimiento, mantenimiento y la reparación.

Cuando hablamos de una **reacción oxidativa (oxidación o respiración celular)**, nos referimos a la combinación de una sustancia con el oxígeno (O_2), la pérdida de hidrógeno (H_2) o la pérdida de electrones (e^-). La reacción inversa correspondiente se conoce como reducción. Las oxidaciones biológicas son catalizadas por enzimas, siendo una proteína enzimática particularmente la responsable, en casi todos los casos, de una reacción particular. Los cofactores (iones simples) o las coenzimas (substancias orgánicas no proteínicas) son substancias accesorias que usualmente actúan como transportadoras de los productos de la reacción. A diferencia de las enzimas, las coenzimas pueden catalizar varias reacciones.

PRINCIPIOS DE BIOENERGÉTICA

El Concepto de Energía

Es muy importante comenzar definiendo del concepto de **energía**. Tradicionalmente, energía ha sido definido como la *capacidad para realizar trabajo* (Aguilar & Aguilar, 1983, p.78). La energía presente en el universo, particularmente en el planeta tierra, puede adoptar múltiples formas. Tenemos, entonces, que la energía puede ser de tipo química, mecánica, térmica (o calorífica), luminosa (radiante, solar o electromagnética), eléctrica y nuclear. Estos estados de la energía pueden intercambiarse entre si.

La energía puede encontrarse en otras formas o estados, a saber, la energía potencial y cinética. La **energía potencial** es aquella almacenada dentro de un sistema que posee la capacidad para realizar trabajo. Por ejemplo, la energía química (aquella almacenada químicamente en ciertas moléculas) que contiene la glucosa posee el potencial de generar trabajo si se cataboliza a través de la vía glucolítica. La activación de dicha energía química potencial se le llama **energía cinética**, i.e., energía en proceso/acción de realización de trabajo.

Origen de la Energía - El Ciclo Energético Biológico

La energía que requieren las actividades biológicas del organismo humano provienen en última instancia del sol (energía luminosa, radiante o solar). La energía luminosa, a su vez, se origina de la energía nuclear. Esta energía que se deriva del sol la capturan las plantas verdes en forma de energía química a través de la fotosíntesis. Esto se debe a que las células de las plantas son transductoras de energía luminosa, la cual es absorbida por sus pigmentos clorofílicos y transformada en energía química (reacción sintética de fotosíntesis).

Por consiguiente, junto con la energía radiante, la clorofila de las plantas, el agua y dióxido de carbono, las células vegetales producen moléculas de alimentos (hidratos de carbono, grasas y proteínas) que poseen energía potencial química. Esta energía se almacena en un estado molecular fosforilado de alta energía, conocido como **adenosina de trifosfato** o **adenosina trifosfatada (ATP)**. Dicho compuesto se encuentra en todas las células de origen animal y en las plantas. El ATP posee la función importante de reservorio de energía. Cada uno de los enlaces energéticos de sus fosfatos es capaz de liberar gran cantidad de energía (aproximadamente 8,000 por molécula-gramo en condiciones normales). Al desdoblarse una molécula de trifosfato de adenosina, se libera suficiente energía para los procesos bioquímicos del cuerpo. A nivel vegetal, la energía derivada de la hidrólisis (degradamiento o desdoblamiento) del ATP se utilizará eventualmente

para reducir el bióxido de carbono a glucosa, la cual se almacena en la forma de almidón (un hidrato de carbono complejo o polisacárido) y celulosa (o fibra).

Los animales (y seres humanos) dependen de las plantas y otros animales para poder producir su propia energía, la cual se forma mediante la degradación de los nutrientes (hidratos de carbono, proteínas y grasas) en la célula con la presencia de oxígeno; dicho proceso se conoce como respiración celular (o metabolismo), y tiene el objetivo de proveer energía para el crecimiento, contracción del músculo, transporte de compuestos y líquidos y para otras funciones del organismo.

Según lo discutido previamente, a diferencia de las células vegetales, las células del cuerpo humano dependerán del consumo de los alimentos de origen vegetal o animal para poder sintetizar el ATP. En otras palabras, el ser humano necesita ingerir alimentos que posean nutrientes energéticos (e.g., hidratos de carbono, grasas y proteínas) para la producción de energía química (potencial) en la forma de ATP. Este proceso se lleva a cabo mediante reacciones oxidativas-enzimáticas de dichos combustibles metabólicos. Al desdoblarse una molécula de trifosfato de adenosina, se libera energía útil canalizada hacia la generación de las reacciones químicas a nivel celular. No obstante, el combustible energético preferido del organismo es el hidrato de carbono (particularmente la glucosa). Los hidratos de carbono son también muy importantes para los deportistas o personas activas físicamente.

Como resultado de estas reacciones, el ATP se halla disponible para las células del cuerpo, de manera que se pueda suministrar la energía que se necesita para el trabajo biológico del individuo. En el proceso, el ATP es hidrolizado a **difosfato de adenosina (ADP)**. La refosforilación del ADP (síntesis del ATP a partir de una molécula de fosfato, ADP y energía) se puede efectuar a través de la energía liberada por la oxidación de las sustancias nutricias dispuestas en los alimentos que se ingieren. Durante dicha reacción, el ADP se convierte en un acceptor de fosfato y el ATP en un donador que, junto a una fuente de energía, se sintetiza la molécula de ATP.

Transformaciones Biológicas de la Energía

El constante flujo de energía que ocurre dentro de las células de los seres vivos se conoce como **transformaciones biológicas de la energía**. Los cambios entre las diferentes formas de energía se fundamentan en los principios (o leyes) de termodinámica. La **primera ley de termodinámica (ley de la conservación de energía)** postula que la energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma de una forma a otra.

Esto quiere decir que la energía no se pierde, pero si se puede transformar de una estado a otro. La **segunda ley de termodinámica** nos indica que como resultado de las transformaciones/conversiones de energía, el universo y sus componentes (i.e., los sistemas vivientes) se encuentran en un alto estado de alteración/disturbio (llamado **entropía**). Esto implica que los cambios energéticos en los sistemas vivientes tienden a ir desde un estado alto de energía a un estado bajo de energía.

Reacciones Químicas Celulares

La función o propósito de estos procesos bioquímicos que se llevan acabo en cada célula animal es la de transformar la energía de las sustancias nutricias a una forma biológicamente utilizable. Como fue mencionado previamente, durante los procesos metabólicos se libera energía para el trabajo biológico de las células corporales. En adición, en estas reacciones, se utiliza o absorbe energía para finalidades plásticas (de construcción). Podemos, entonces, clasificar las reacciones bioquímicas en dos tipos, a saber, endergónicas y exergónicas. Las **reacciones endergónicas** se manifiestan durante los procesos anabólicos; de manera que, requieren que se le añada energía a los reactivos (sustratos o combustibles metabólicos), i.e., se le suma energía (contiene más energía libre que los reactivos). Por otro lado, durante las **reacciones exergónicas** se libera energía como resultado de los procesos químicos (e.g., el catabolismo de macromoléculas). La energía libre se encuentra en un estado organizado, disponible para trabajo biológico útil. También se encuentra disponible para encausar las reacciones endergónicas. Esto quiere decir que ambos tipos de reacciones (endergónica y exergónicas) trabajan en forma acoplada, i.e., una libera energía, mientras que la otra utiliza esa energía para otros tipos de reacciones (de tipo anabólica). Los productos finales de las reacciones exergónicas sirven de precursores para resintetizar los reactivos (junto con la energía libre) mediante las reacciones endergónicas.

A base de lo previamente discutido, decimos que ocurren **reacciones acopladas** cuando la energía libre de una reacción (exergónica) es utilizada para conducir/dirigir una segunda reacción (endergónica). Fraseado de otra forma, las reacciones acopladas representan reacciones liberadoras de energía **acopladas** a reacciones que requieren energía.

Principios de reacciones acopladas. La energía emitida durante la descomposición de los alimentos y la fosfocreatina (PC), o creatina de fosfato (CP), se unen funcionalmente o se acoplan con las necesidades energéticas de la reacción que resintetiza el ATP de ADP y Pi. Se ha comprobado que ese acoplamiento es el principio fundamental en la producción metabólica del ATP.

Los Combustibles Metabólicos Para El Ejercicio

La energía que requieren las células del cuerpo humano proviene indirectamente de las macromoléculas energéticas (energía química potencial) derivadas de los alimentos que se consumen diariamente. Estas sustancias son los hidratos de carbono, las grasas y proteínas.

Los Hidratos de Carbono

Este tipo de nutriente se encuentra químicamente estructurado de un átomo de carbono, uno de hidrógeno y otro de oxígeno (CHO). Los hidratos de carbono representan la forma preferida de energía para las células corporales. El catabolismo de un gramo de esta macromolécula libera aproximadamente 4 kilocalorías (kcal). Los hidratos de carbono se clasifican como **monosacáridos** (azúcares simples), **disacáridos** (dos monosacáridos) y **polisacáridos** (hidratos de carbono complejos). Existen tres tipos azúcares simples, a saber, glucosa (en la sangre), fructosa (frutas, miel de abaja), y galactosa (glándulas mamarias). La combinación de dos monosacáridos producen tres tipos de disacáridos. La unión química de una molécula de glucosa con otra de fructosa elabora una molécula de **sucrosa** (caña de azúcar); la **maltaosa** se forma de dos moléculas de glucosa; finalmente, la **lactosa** resulta de la combinación de una molécula de glucosa con otra de galactosa (azúcar de la leche). Los **almidones** (e.g., granos, tubérculos, entre otros), la **celulosa** o fibra y el **glucógeno** representan los tres tipos de polisacáridos de mayor importancia para el funcionamiento apropiado del organismo.

El glucógeno es una reserva de energía en los músculos esqueléticos e hígado. Durante el ejercicio, se utiliza como sustrato la glucosa circulante (sanguínea) a través de la glucólisis. Cuando las reservas plasmáticas de glucosa se reducen, el cuerpo comienza a catabolizar el glucógeno almacenado. Esto se conoce como **glucogenólisis**. Como resultado, vuelven a subir los niveles sanguíneos de glucosa disponibles para las células musculares. Los polisacáridos, particularmente los almidones, son de suma importancia para un reabastecimiento apropiado del glucógeno luego de un ejercicio de alta intensidad y prolongado. Un entrenamiento deportivo diario muy agotador puede drásticamente reducir las reservas de glucógeno. Durante la recuperación, el atleta deberá, pues, tener una dieta alta en hidratos de carbono, de manera que se pueda reponer el glucógeno perdido.

Las Grasas

Las grasas o lípidos se caracterizan por no ser solubles en agua. Proveen 9 kcal de energía por cada gramo de grasa. Los lípidos se pueden clasificar como **simples** (o **neutras**), **compuestas** y **derivadas** (de las compuestas). Los **triglicéridos** es un tipo de grasa simple que representa la forma en que se almacena la grasa en el tejido adiposo del cuerpo. Se compone de tres moléculas de **ácidos grasos** y una molécula de **glicerol**. Al degradarse en glicerol y ácidos grasos libres, estos podrán ser utilizados como sustratos de energía. Los fosfolípidos y las lipoproteínas son los tipos de grasa compuestas mas comunes. Los **fosfolípidos** representa un constituyente estructural de las membranas celulares. Por otro lado, los **lipoproteínas** representan el medio de transportar las grasas en la sangre. Existen varios tipos de lipoproteínas. Por ejemplo, las lipoproteínas de baja densidad (LDL, siglas en Ingles) o colesterol malo y las lipoproteínas de alta densidad (HDL, siglas en inglés) o colesterol bueno.

Bajo las grasas derivadas hallamos el **colesterol**. Este compuesto forma parte de las membranas celulares. Además, el colesterol pose la importante función de sintetizar las hormonas de sexo (estrógeno, progesterona y testosterona. Se ha vinculado al colesterol con los cardiopatías coronarias (enfermedad aterosclerótica en las arterias coronarias del corazón).

Las Proteínas

Las proteínas son principalmente componente estructural de diversos tejidos, enzimas, proteínas sanguíneas, entre otros. También, representan una fuente potencial de energía; cada gramo de proteína catabolizada puede generar alrededor de 4 kcal. Las proteínas se encuentran constituidas por subunidades de **aminoácidos** y **enlaces pépticos** (uniones químicas que eslabonan los aminoácidos).

Existen dos tipos de proteínas, a saber, proteínas esenciales y proteínas no esenciales. Las **proteínas esenciales** (aproximadamente nueve) no pueden ser sintetizadas por el cuerpo (se obtienen de los alimentos. Las proteínas no esenciales pueden ser sintetizados por el organismo (mediante los alimentos y aminoácidos esenciales).

Aunque la preferencia del cuerpo es utilizar la glucosa como el combustible metabólico de preferencia, durante ejercicios vigorosos (de alta intensidad y prolongados) las proteínas pueden servir de sustrato energético. Durante estas situaciones, se degradan las proteínas en aminoácidos. El aminoácido **alanina** puede ser convertido en glucógeno en el hígado. Luego, el glucógeno se degrada en glucosa y se transporta hacia los músculos esqueléticos activos. Muchos

aminoácidos (e.g., isoleucina, alanina, leucina, valina, entre otros) pueden ser convertidos en intermediarios metabólicos (i.e., compuestos que directamente participan en la bioenergética) para las células musculares y directamente contribuir en las vías metabólicas.

Compuestos De Alta Energía

Los compuestos de alta energía se caracterizan por uno o más enlaces (químicos) de alta energía que liberan un gran volumen de energía libre a través del catabolismo. Los enlaces de alta energía tienen este nombre porque almacenan mayor cantidad de energía que los enlaces químicos ordinarios (poseen cantidades relativamente grandes de energía). Estos enlaces químicos se encuentran en los reactivos. Además, se degradan con facilidad. La tilde o enlace ondulante (\sim) representa simbólicamente el enlace de alta energía, que no es otra cosa que un enlace de tipo éster entre los residuos de ácido fosfórico y ciertos compuestos orgánicos. La energía libre (como resultado de una reacción exergónica) representa el trabajo útil máximo que puede ser obtenido de una reacción química. Debido a que la energía para la formación del enlace en estos fosfatos es particularmente alta, se liberan cantidades relativamente grandes de energía (10-12 kcal/mol) cuando se hidroliza (rompe o cataboliza) el enlace. Los compuestos que contienen tales enlaces se denominan **fosfatos macroérgicos**. La energía liberada cuando se rompe el enlace de alta energía entre los fosfatos que componen una molécula de alta energía (e.g., ATP) es transferida a otras moléculas que la utilizan directamente, o a otras moléculas que la almacenan como **fosfato de creatina** o **fosfocreatina** (**CP** o **CrP**). La CP es otro compuesto macroérgico que se encuentra almacenado en el músculo esquelético. La formación de enlaces de alta energía requiere el ingreso o entrada de energía.

Otro grupo de compuestos de alta energía son los tioésteres, i.e., los derivados de acilo de los mercaptanos. La **coenzima A (co-A)** es un mercaptano ampliamente distribuido que contiene adenina, ribosa, ácido pantoténico y tioetanolamina.

Descripción General e Importancia

La **adenosina de trifosfato (ATP)** es uno de los compuestos de alta energía más importantes, puesto que proporciona directamente energía a las reacciones que la requieren en todas las células del organismo. Este compuesto se produce en las células al utilizar los nutrientes que provienen de las plantas y animales. El ATP representa el almacén de energía del cuerpo. Por hidrólisis (catabolismo), el ATP se descompone hasta **adenosina de difosfato (ADP)**, liberando energía directamente para diferentes funciones vitales del cuerpo, tales como la contracción muscular, transporte activo, digestión, secreción glandular, síntesis de

compuestos químicos, reparación de tejidos, circulación, transmisión nerviosa, entre otras.

Formación/Síntesis de la Molécula de ATP

Mediante la utilización de energía (reacción endergónica) un **fosfato inorgánico (Pi)** libre se une a una molécula de **adenosina de difosfato (ADP)** para poder formar una molécula de **adenosina de trifosfato (ATP)**. Esta reacción se puede expresar como: **Pi + ADP ATP**.

Adenosina de Trifosfato (ATP) y Compuestos Afines: Estructura y Propiedades

Hemos mencionado que las células podían sintetizar el ATP a partir de hidratos de carbono, grasas y proteínas. Además, se ha señalado que el ATP, a su vez, representa una fuente inmediata de energía para las diversas funciones celulares. Durante la degradación del compuesto ATP, se libera energía útil para trabajo biológico (e.g., contracción muscular, transmisión nerviosa, secreción de hormonas, entre otras), transformándose el ATP en adenosina de trifosfato (ADP). El ADP vuelve a transformarse en ATP en virtud de la energía suministrada mediante el catabolismo de los combustibles energéticos (hidratos de carbono, grasas y proteínas) y de la fosfocreatina (PC). El ATP pertenece a una serie de compuestos orgánicos fosforilados que sirve de reserva energética y distribuyen energía en las células. Esta energía se transfiere con facilidad de un compuesto a otro en presencia de la correspondiente enzima. Estos compuestos fosforilados se distinguen unos de otros por el número de grupos de fosfato y el tipo de enlace fosfato en el resto de la molécula. Son todos **nucleótidos**, compuestos constituidos de una base nitrogenada (**adenina**), un azúcar de cinco-carbonos (**ribosa**), y uno o más grupos de fosfato.

Monofosfato de adenosina (AMP). Posee un grupo fosfato, unido por un enlace éster en posición 5' a la molécula de ribosa. No representa un enlace de alta energía.

Difosfato de adenosina (ADP). Representa un nucleótido formado por dos grupos fosfatos, el segundo unido al enlace anhídrido con el grupo fosfato 5' de AMP. Este segundo enlace es el fosfato de alta energía.

Trifosfato de adenosina (ATP). Es un nucleótido constituido mediante tres grupos fosfatos. Posee un tercer grupo de fosfato en un enlace lineal (anhídrido), el cual proporciona dos enlaces ricos en energía, los dos últimos grupos de fosfatos representan enlaces de alta energía (almacenan un alto nivel de energía química potencial). Posee un gran complejo de moléculas, llamada **adenosina**. En

la estructura de la adenosina se observa una porción conocida como **adenina** y otra llamada **ribosa**.

Cuando se rompe el enlace terminal del fosfato, se emite energía (alrededor de 7 a 12 kcal por cada mol de ATP), lo cual permite que la célula realice trabajo biológico. Los subproductos finales del desdoblamiento de una molécula de ATP son adenosina de difosfato (ADP) y un fosfato inorgánico (Pi).

Monofosfato Ciclico de adenosina (AMP ciclico o cAMP). Se deriva del ATP, pero posee su único grupo fosfato esterificado en un ciclo a través de las condensaciones de dos grupos hidroxilo en la misma molécula. Esta molécula no se vincula con la transferencia de energía pero representa un "segundo mensajero" de gran importancia entre una hormona y sus efectos sobre sistemas enzimáticos.

Hidrólisis o Desdoblamiento del ATP

Cuando el ATP es enzimáticamente hidrolizado, i.e., se degrada le enlace químico que almacena energía entre ADP y Pi, el grupo fosfato terminal es transferido a agua, con liberación de ADP y fosfato inorgánico (Pi). La energía libre derivada (biológicamente útil) de esta reacción puede ser acoplada con reacciones que requieren energía (**ATP + H₂O ADP + Pi + energía**). Las enzimas que catalizan esta reacción de descomposición son **trifosfatasas de adenosina**, o **ATPases**. Las enzimas que transfieren el grupo fosfato desde ATP a otro substrato son **cinasas**. Esta reacción se puede resumir como sigue:

ATPase



(Reactivo) (Productos) (Energía Libre)

El ATP puede ser enzimáticamente hidrolizado y ambos enlaces fosfatos ricos en energía eliminados para producir AMP (**ATP + H₂O AMP + Pi + energía**). El ATP puede ser enzimáticamente hidrolizado a **cAMP** bajo la influencia de la enzima **ciclasa de adenilo** (**ATP + H₂O cAMP + Pi + energía**).

Energía en el Ejercicio

En el atleta, y en general, durante la práctica de ejercicios físicos se activan todos los mecanismos energéticos celulares debido a los procesos de contracción muscular y sus requerimientos energéticos, en función de los cuales ocurren no solo variaciones bioquímicas sino de tipo fisiológicas vinculadas con la llegada de oxígeno y glucosa a las células musculares al prolongarse la actividad durante más de 3 minutos.

Esta simultaneidad de activación de los mecanismos energéticos no impide que unos prevalezcan sobre otros en dependencia del tiempo y la intensidad del trabajo físico, pero en todos los casos son necesarios sustratos oxidativos que dependen directa o indirectamente tanto de las reservas del organismo como de la dieta que consume.

De fuente energética inmediata para la actividad muscular se utiliza el ATP, debido a que durante su hidrólisis enzimática se libera energía que en el proceso de contracción muscular es transformada en trabajo mecánico. En condiciones fisiológicas normales la energía de hidrólisis de 1 mol de ATP aporta cerca de 40 kJ.

El contenido de ATP en el músculo es relativamente constante. Su concentración es de unos 5 mM por Kg. de peso bruto, aproximadamente 0,25%. Estas concentraciones suelen bastar para unas 3 ó 4 contracciones aisladas de fuerza máxima. El mismo se recupera a partir de los productos de descomposición, se resintetiza a una velocidad igual a la de su desintegración durante el proceso de contracción muscular.

En los músculos no se puede acumular una mayor cantidad de ATP debido a que surgen procesos de inhibición de sustrato por la ATPasa de miosina que impide la formación de comisuras entre los filamentos de actina y miosina en las miofibrillas y provoca la pérdida de la capacidad contráctil del mismo.

Al mismo tiempo, no puede disminuir el contenido de ATP a valores inferiores a 2 mM por Kg. de tejido muscular, puesto que dejaría de funcionar la bomba de calcio y el músculo se contraerá hasta agotarse completamente la reserva de este intermediario macroérgico.

Con la actividad muscular la resíntesis de ATP puede realizarse tanto en reacciones que se desarrollan sin oxígeno como a expensas de las transformaciones oxidativas de la célula, relacionadas al consumo de oxígeno.

En condiciones normales, la síntesis de ATP se realiza fundamentalmente por medio de las transformaciones aerobias, pero en el caso de la actividad muscular intensa se dificulta el suministro de oxígeno y en los tejidos se intensifican simultáneamente los procesos anaerobios dirigidos a la producción de ese intermediario común, aunque la eficiencia de producción disminuye al aparecer metabolitos todavía ricos en energía y de cierto modo relacionados con la fatiga muscular, como es el caso del ácido láctico.

Cuando comienza el trabajo muscular los suministros de oxígeno en las células se hacen insuficientes debido a que el organismo necesita de tiempo para que se incremente la actividad de los sistemas circulatorios y respiratorios, y por tanto, para que la sangre enriquecida de oxígeno pueda llegar a los músculos, por esta razón en los primeros dos o tres minutos se activan los mecanismos anaerobios de síntesis de ATP.

En los músculos, además del ATP de reserva se cataboliza el creatín fosfato (CrP), ambos compuestos macroérgicos actúan como las principales fuentes de energía durante los primeros 10 a 12 segundos iniciales de la actividad, sin embargo, el mecanismo del creatín comienza a disminuir a los 5 ó 6 segundos a consecuencia del agotamiento de su existencia y la aparición de la creatina que funciona como inhibidora de la reacción.

La reacción de descomposición del creatín fosfato, antes descrita, actúa como un "tapón energético" que asegura el contenido de ATP y su elevación de un modo casi simultáneo en respuesta a una intensificación de la actividad fisiológica muscular, permitiendo pasar con rapidez del reposo a la acción.

La reacción de la creatín fosfoquinasa constituye la base biológica de la resistencia muscular local, tiene importancia decisiva en el abastecimiento energético de los ejercicios de corta duración y potencia máxima, tales como las carreras de distancia corta, saltos, lanzamientos, levantamiento de pesos, ciclismo de pista, entre otros.

Es de destacar que la descomposición rápida de metabolitos macroérgicos impone una exigencia inmediata de sustratos oxidativos para la producción de ATP, pasando los glúcidos celulares a una posición preponderante, utilizando principalmente el glucógeno muscular en condiciones anaerobias con formación de ácido láctico rico en energía metabólica, lo que califica el proceso de eficiencia energética baja.

No obstante lo expresado, debemos destacar que la glucólisis anaerobia desempeña un papel importante durante la actividad muscular intensa en condiciones de un inadecuado abastecimiento de oxígeno en los tejidos, por lo que sirve de base bioquímica para la llamada resistencia a la velocidad, es fuente de energía en los ejercicios cuya duración máxima oscila entre 30 seg. y 2,5 min.

Pasados unos 2,5 min. y mediante diferentes mecanismos se intensifican la ventilación pulmonar y la circulación, asegurando con esto el oxígeno necesario para la realización de la oxidación biológica aerobia, es a partir de este momento que comienza a ser la fuente primaria de energía, en estos momentos las reservas de glucógeno muscular comienzan a ser insuficientes y se pasa al uso de sustratos extramusculares, siendo el fundamental el glucógeno del hígado, aunque con el aumento de la duración del trabajo físico son utilizados los ácidos grasos, pero este último solo se activa cuando ha disminuido la concentración de glucosa y ácido láctico en sangre, llegando incluso a utilizarse las proteínas.

A diferencia de la glucólisis, cuya capacidad metabólica se limita por variaciones de la homeostasis debido a la acumulación de ácido láctico excesivo en el organismo, los productos finales de las transformaciones aerobias (dióxido de carbono y agua) no provocan alteraciones en el medio intracelular y son eliminados fácilmente, siendo la principal fuente de síntesis del ATP en los ejercicios de larga duración, por ejemplo, en ciclistas ruteiros, remeros, maratonistas, entre otros.

Las proteínas son utilizadas como sustratos energéticos cuando el trabajo muscular es de larga duración, en tal caso los aminoácidos componentes participan en la neoformación de glúcidos mediante la gluconeogénesis, en este estado el nivel de amoníaco y el contenido de urea en sangre se eleva entre 4 y 5 veces sobre la condición normal manteniéndose así, e incluso con fluctuaciones ascendentes, si predominan reacciones anaerobias en el organismo sometido a carga física.

Grandes concentraciones de amoníaco en sangre es negativa para el atleta sometido a una carga física prolongada debido a que este metabolito separa eficazmente el ácido alpha-cetoglutárico del ciclo de Krebs o de los ácidos tricarboxílicos (Guyton, 1999, p 595), pudiendo provocar una fuerte inhibición de la respiración en el cerebro e incremento de cuerpos cetónicos.

Toda actividad muscular duradera desarrolla un estado caracterizado por una disminución temporal de la capacidad de trabajo, conocido como estado de fatiga, no es un estado patológico y desempeña un papel protector.

La fatiga se produce según la actividad muscular y las particularidades del organismo, su origen es muy variado entre las causas que la producen se encuentran, entre otros:

- la disminución de los recursos energéticos de los organismos,
- reducción de la actividad de las enzimas,
- alteración de la integridad de las estructuras en función.
- trastornos de la regulación nerviosa

La Calorimetria Indirecta

La Calorimetría Indirecta (**CI**) resurge, ampliando su espectro de aplicaciones clínicas. Determina el gasto energético en reposo (**REE**), que es parte del gasto energético total, junto con la termogénesis inducida por la dieta y la actividad física. El valor de REE está influenciado por factores básicos, como tamaño del individuo y masa magra corporal, que son la mayor fuente de variación entre sexos. Otros factores como edad del paciente, profundidad y duración del sueño, influyen en el REE. Además, factores normalmente de baja influencia, como el trabajo respiratorio, adquieren notable peso en estados patológicos.

Desde etapas precoces en la evolución de la humanidad, nuestros antecesores han asociado el calor del cuerpo humano con la vitalidad, y su contrapartida, el frío, con la muerte. Este concepto de "calor vital" ha perdurado a través de 1.500 años a pesar de los cambios doctrinarios que se han suscitado en la historia de la Medicina. Por su lado, la historia de la Nutrición estuvo íntimamente ligada a la evolución de los conceptos de la relación entre calor y energía. No es coincidencia que la ingesta de nutrientes se contabilice como "ingreso calórico" expresado en kilocalorías diarias como unidad de medida.

La evolución de la Nutrición describe un punto de inflexión al adquirir características de disciplina científica, que algunos autores lo identifican en el momento en el que se desarrolla la calorimetría a mediados del siglo XVIII. Pero esto no fue notorio hasta que un siglo después, se profundizaron los conocimientos en la medición cuantitativa del gasto calórico en manos de Voit y Rubner, quienes provocaron que hubiera entre los años 1890 y 1930, la mayor interrelación entre la calorimetría y la nutrición en toda su historia. Por otro lado, Francis G. Benedict desarrolló en el Laboratorio de Nutrición del Carnegie Institution de Washington en Boston, numerosos estudios sobre el metabolismo basal en humanos, que a su vez sirvieron de base para la formulación de ecuaciones predictivas del gasto energético en reposo (*resting energy expenditure: REE*).

Dichas ecuaciones tenían por objetivo establecer los estándares normales que, posteriormente, servirían como tabla comparativa contra los gastos energéticos de pacientes con diversas enfermedades. Una de las mayores utilidades clínicas de la calorimetría en esa época, fue la aplicación de la tasa metabólica basal (*basal metabolic rate: BMR*) en el diagnóstico y terapéutica de la enfermedad tiroidea. A posteriori, ya a mediados de siglo, ese lugar de preponderancia fue desplazado por los crecientes estudios sobre el conocimiento bioquímico de las enzimas y las vitaminas.

Esta última situación provocó entre 1950 y 1980, una notable escasez de estudios científicos respecto a la medición y valoración objetiva del gasto energético humano mediante la calorimetría. Así lo reflejan las consideraciones, inquietudes y replanteos que generó Kinney en su artículo publicado en 1980, referente a la introducción de un nuevo equipamiento diseñado para la valoración del intercambio gaseoso en la cama del paciente. A partir de allí, el incremento de la aparición en el mercado de dispositivos similares, se correspondió con una elevación en el número de trabajos científicos respecto al gasto calórico, y su relación con diferentes situaciones de la práctica médica diaria.

Bases y Fundamentos

La *calorimetría indirecta (CI)* provee la siguiente información:

1. La medida del gasto energético o requerimiento calórico en 24 hs. reflejado por el gasto energético en reposo, el **REE**.
2. La medida de la utilización del sustrato, reflejado en el cociente respiratorio (*respiratory quotient: RQ*), cuando se obtienen mediciones concomitantes del nitrógeno urinario.

El conocimiento de los muchos factores que afectan estos valores ha llevado a una variedad de aplicaciones clínicas. Por un lado, la CI ha conducido a la caracterización de la respuesta hipermetabólica al estrés por injuria. Además, ha permitido determinar el régimen nutricional según la asimilación más eficiente de los substratos, en diferentes procesos y estados de falla multiorgánica. Por otro lado, la CI ha influenciado la práctica y el cuidado intensivo diario, tal es el caso del calentamiento de las unidades de pacientes quemados y quirúrgicos en general, así como también el manejo nutricional del paciente con *asistencia respiratoria mecánica (ARM)* y la decisión del momento adecuado para suspender la misma (weaning de ARM). Por último, el monitoreo del consumo de O₂ (VO₂) mediante calorímetros indirectos, se perfila como un medio de creciente confiabilidad para la adecuación de la *disponibilidad de O₂ (DO₂)* en el paciente crítico. Gasto energético en reposo.

La calorimetría indirecta mide el VO_2 y la *producción de CO_2* (**VCO₂**), y obtiene el gasto energético sobre la base de una serie de asunciones y ecuaciones matemáticas. El VO_2 es el mayor determinante del gasto energético, a través de, la ecuación de Weir:

$$\text{GASTO ENERGÉTICO} = [\text{VO}_2 (3,941) + \text{VCO}_2 (1,11)] \text{ 1440 min/dia}$$

Obviamente, el gasto energético en un paciente despierto, en reposo, durante el período postabsortivo, medido por CI, refleja el **REE**. Este valor es aproximadamente 10% mayor que el gasto energético basal (*basal energy expenditure*: **BEE**), el cual sólo puede ser medido durante el sueño profundo.

Aunque la ecuación de Harris Benedict supuestamente predice el BEE, al ser evaluadas las condiciones del test original por diferentes autores, éstos sugieren que el valor obtenido es el REE. Otros estudios en cambio, aseguran que las variables que intervienen en dicha ecuación cuentan con las bases fisiológicas para una predicción confiable del BEE, y que sólo en sujetos francamente obesos la ecuación sobreestima éste valor. El metabolismo del cerebro, el riñón, el corazón y el hígado, es relativamente constante y corresponde a un 60 a 70 % del REE. A su vez, este último representa del 75 al 90 % del gasto energético total, el resto se debe a la termo-génesis inducida por la dieta, a la temperatura ambiente, y a la actividad física

El REE posee una variabilidad significativa, que oscila entre los siguientes valores: 12,5 % en voluntarios normales medidos en forma horaria, durante 8 hs. en 2 días consecutivos, 23,2 % en voluntarios normales medidos mensualmente durante 2 años, 10 a 23 % en pacientes críticos, monitoreados durante 24 hs., por último, el promedio de variabilidad diaria fue 15 % cuando las mediciones se realizaron en los días subsiguientes. Además, cuanto más grave es el estado del paciente, mayor es la variabilidad diaria, siendo de 12 % en el estable, y de 46 % en el más grave.

Existen factores básicos que afectan el REE. Uno de los más importantes es el tamaño del individuo, otro es la masa magra corporal. En este sentido, los hombres tienen mayor REE que las mujeres de igual tamaño porque tienen mayor masa magra. Esta diferencia entre géneros es mayor cuando el REE se expresa por peso corporal, e indistinguible cuando es por masa magra. También, el incremento de la edad se acompaña de descenso del REE, por el aumento de la grasa corporal y la disminución de los tejidos de sostén. Asimismo, el trabajo respiratorio, representa sólo 2 a 3 % del REE, pero este puede aumentar a 25 % en insuficiencia respiratoria.

Además, la termogénesis inducida por la dieta, también afecta el REE, y en consecuencia, también el gasto energético total. Esto se evidencia claramente en

pacientes que reciben *nutrición enteral (NE)* en bolo, en su justa medida, pues se incrementa de 8 a 10 % durante las siguientes 3 a 6 hs. Sin embargo, cuando la NE se administra en forma continua, el REE de 24 hs. disminuye a valores que oscilan entre 4 a 8 %. Esta mayor eficiencia energética, se debería a que, en la modalidad continua, no habría pérdida de energía debido a la formación de depósitos en tejidos específicos. Por otro lado, cuando existe "sobrealimentación relativa" favorecida por la NE en bolo, hay lipogénesis, y, por lo tanto, se incrementa el REE a 25 %.

La profundidad y duración del sueño, afectan el gasto energético, y son responsables de las variaciones diurnas del REE. Si un paciente duerme poco, existe poca diferencia en el gasto energético en el período de 24 hs., y la diferencia entre el gasto energético total y el REE puede ser sólo de 5 %. En cambio, si el paciente duerme más, esta diferencia se eleva hasta 15 %.

Existe una serie de métodos y técnicas destinados a la medición del gasto energético de un individuo, sin embargo el método más difundido es la calorimetría, es decir, la medición de energía como calor. Esta técnica está sustentada en las leyes de conservación de la energía y permite que el contenido de energía de un sistema, como el cuerpo humano, pueda ser medido de manera exacta.

La calorimetría aplicada a los estudios clínicos hechos en seres humanos puede dividirse en dos tipos, calorimetría directa que es el método de referencia y que cuantifica el gasto energético en forma de calor y la calorimetría indirecta que mide el gasto de energía a través del consumo de oxígeno y producción de anhídrido carbónico de un sujeto en un cierto período.

Calorimetría Directa

Esta técnica mide de manera directa la producción de calor del cuerpo para lo cual se utiliza una pieza calorimétrica que consiste en una habitación en la cual permanece el individuo y cuyas paredes se mantienen a una temperatura constante; de esta manera se monitorea permanentemente la diferencia producida entre la temperatura corporal del individuo y de la habitación, permitiendo conocer la cantidad de calor corporal producido.

Sin embargo, el costo, la complejidad y el tiempo que requiere este método no permiten su aplicación en forma rutinaria y queda circunscrita sólo al ámbito de la investigación y su utilización en un reducido número de lugares en el mundo.

Proceso de comprensión y Análisis

1. Nombre tres tipos de energía que con los que tenga contacto?
2. Diga cual es el combustible celular más importante para las funciones vitales de la célula.
3. Investigue como se lleve a cabo el proceso de la fotosíntesis
4. Que funciones tiene la clorofila y donde se encuentra.

Solución de Problemas

1. Cuales son las formas de almacenamiento de energía dentro de nuestro cuerpo?
2. En que componente de la célula se produce la fosforilación oxidativa?
3. Nombre tres actividades que aumenten en gran medida el gasto cardiaco.
4. Como podría usted medir el gasto energético en el deporte que practica

Síntesis Creativa y Argumentativa

1. Haga un recuento sobre la fotosíntesis
2. Cual cree usted que la energía sea provista del sistema de la fosforilación oxidativa
3. Haga un breve paralelo entre las actividades deportivas que necesiten energía de la fosforilación oxidativa y otras que dependan de la glucólisis.
4. de que manera seria más confiable medir la energía gastada en una actividad física.

Autoevaluacion

- Realizar un ensayo sobre las formas de energía y su importancia en la actividad física.
- De que manera el ser humano puede ser capaz de transformar la energía para sobrevivir.
- Que papel juegan los organelos celulares en la generación energía.
- Que alimentos son los que dan mas fácilmente energía para la actividad física.

Repaso significativo

- . Explicar con un mapa conceptual de que manera es transformada la energía potencial para finalmente ser cinética.

Bibliografía sugerida

Astrand, P.-O (1994) Fisiología del trabajo físico. Edi Panamericana, 2da Edición, Barcelona España.

Badillo J., y Serna J. Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza.

Lopez Chicharro. (1998), Fisiología del esfuerzo, Edi Panamericana, 3ra Edición. Madrid España

Wilmore. J. H. y Costill. D. L. (2.000), Fisiología del esfuerzo y del deporte. Edi Paidotribo, 1ra Edición, Barcelona España

WWW. Sobreentrenamiento.com

WWW. Efdeportes.com

WWW. Google/ salud/histología

WWW. Aurasalud.com

WWW.i-natacion.com

UNIDAD III CONTROL MUSCULAR DEL MOVIMIENTO.

Descripción Temática

En esta unidad estudiaremos al eje principal para la generación del movimiento, el músculo, como se conforma estructuralmente, como se clasifica y como es su funcionamiento, también explicaremos los sustentos bioquímicos que hace que el sistema muscular sea activado, para generar movimientos eficaces. También entraremos en la valoración de su producción de fuerza y como este puede mejorar su capacidad de contracción.

Horizontes

- Identificar los diferentes tipos de músculos que componen nuestros diferentes sistemas orgánicos.
- Conocer la estructura y función de los músculos esqueléticos y las diferencias con los otros tipos de músculos.
- Conocer como esta relacionado el sistema muscular con los otros sistemas, tales como el nervioso, circulatorio, y respiratorio principalmente.
- Distinguir la composición de las diferentes tipos de fibras musculares y sus particularidades.
- Conocer como se genera la contracción muscular coordinadamente con el sistema nervioso.

Núcleo Temático y Problemático

- Estructura y función de los músculos esqueléticos.
- Generación de fuerza de los músculos de forma coordinada.
- Tipos de fibras.
- Evaluación de la fuerza muscular
- Tipos de fuerza

Tipos de músculos

En nuestro organismo se encuentran diferentes tipos de músculos con distinta función ellos están clasificados en tres tipos principales: El músculo liso; que reciben la denominación de involuntarios, porque no están directamente bajo nuestro control consciente y se encuentran principalmente en la mayoría de los vasos sanguíneos , capacitándolos para relajarse o contraerse a fin de regular el flujo sanguíneo, se hayan también en las paredes de los órganos internos, permitiéndoles contraerse y relajarse, quizá para mover la comida a través del tracto digestivo, para expulsar la orina o para dar a luz a un niño.

El segundo tipo de músculo es el cardiaco que se halla solamente en el corazón abarcando la mayor parte de la estructura de este, comparte algunas características con los músculos esqueléticos , pero al igual que los músculos lisos no se hayan bajo nuestro control consciente , este se controla a sí mismo, con una coordinación del sistema nervioso y del endocrino, generalmente nosotros solo prestamos atención a aquellos músculos que podemos controlar, estos son los músculos esqueléticos o voluntarios denominados así porque se unen al esqueleto y entre ellos producen el movimiento.

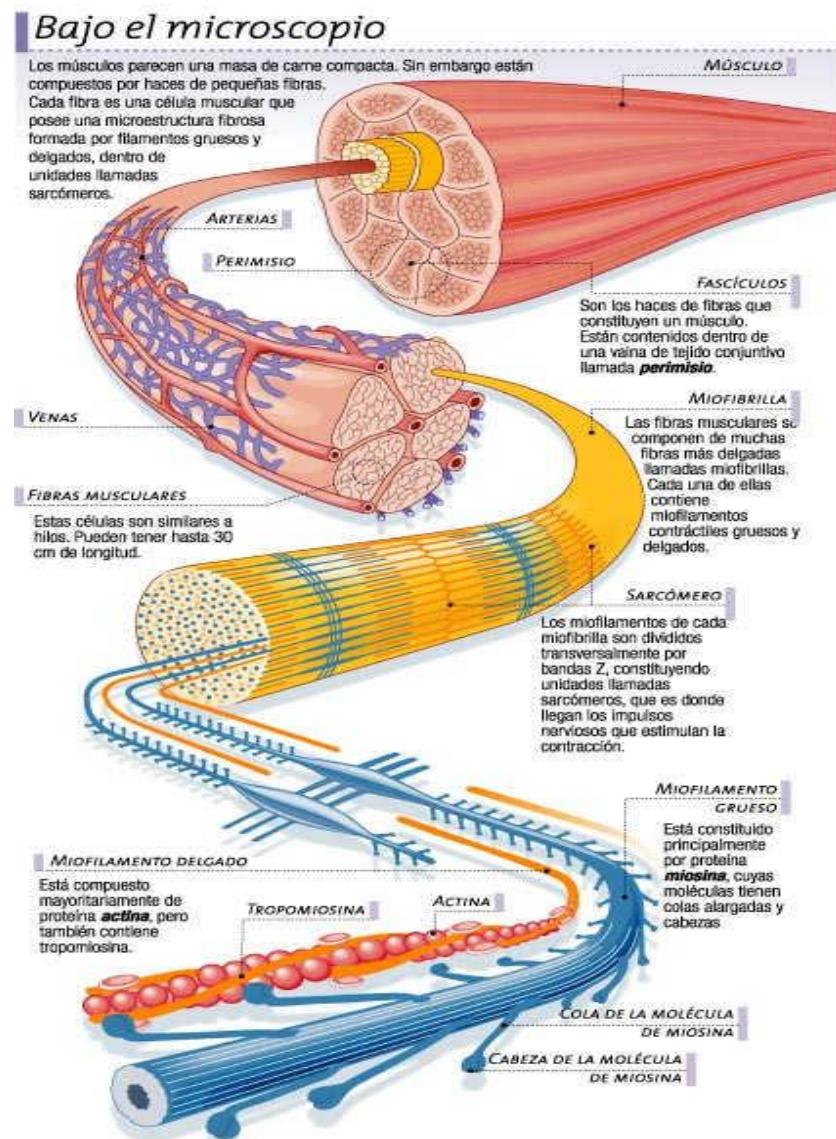
Conocemos muchos de estos músculos por sus nombres tales como: deltoides, bíceps, tríceps, pero el cuerpo humano posee mas de 215 pares de músculos esqueléticos, como ejemplo de la unión osteomuscular se puede decir que el movimiento del pulgar es posible gracias a el trabajo coordinado de nueve diferentes músculos, puesto que el movimiento del cuerpo es producido por la acción muscular debemos conocer como este se activa para hacer su labor de convertir la energía química en energía mecánica.

Estructura y función de los músculos esqueléticos

Cuando pensamos en los músculos nos imaginamos una sola unidad, pero ellos son más complejos de lo que se ven, si diseccionásemos un músculo , primero cortaríamos el tejido exterior que lo recubre, este es conocido como epimisio y su función es la mantener unido al músculo para protegerlo, una vez cortado se ven pequeños haces de fibras envueltas por una capa de tejido conectivo, estos haces reciben el nombre de fascículos, por último cortando el perimisio se pueden

distinguir las fibras musculares , estas se encuentran protegidas por una capa de tejido conectivo , denominada endomisio.

Estructura Muscular



En el embrión las células musculares están perfectamente identificadas y alineadas, dividiéndose progresivamente hasta el séptimo y octavo mes del embarazo. Se unen entre ellas formando unas fibrillas llenas de núcleos excéntricos, participando en la fabricación continua de proteínas y observándose una estructura repetitiva e idéntica (zonas oscuras con bandas alternativas más claras).

A estas miofibrillas se unen otras envueltas por una membrana (ENDOMISIO) de tejido conjuntivo. Un conjunto de haces de miofibrillas forman FASCÍCULOS envueltos por otra membrana (PERIMISIO). La unión de fascículos da lugar al MÚSCULO, cubierto por la membrana llamada EPIMISIO.

El músculo se une al hueso por una inserción en cada extremo llamado TENDÓN, también de tejido conjuntivo. La inserción más cercana al cuerpo se llama PROXIMAL y la más alejada DISTAL.

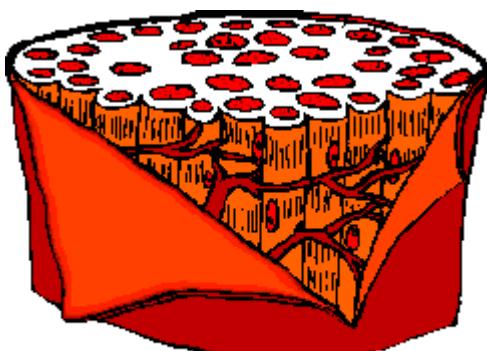


Grafico 2. tejido muscular

TEJIDO MUSCULAR

Contenido de las miofibrillas.

Dentro de las miofibrillas hay gránulos de glucógeno, mioglobina, lípidos, sustancias ricas en energía (fosfocreatina = CP) y proteínas contráctiles que forman parte de las manchas claras y oscuras.

- Las bandas claras tienen una línea más oscura o Z (proteína contráctil). El espacio entre dos líneas Z se denomina SARCÓMERO y constituye la unidad funcional del tejido muscular.
- La línea H es una proteína contráctil.
- La banda I está compuesta de 3 proteínas: actina, troponina y tropomiosina.
- La banda A está compuesta de miosina.

Proteínas contráctiles:

- Miosina: filamento grueso de la banda A. Proteína con dos cadenas polipeptídicas. Con diámetro de 150 micrómetros y longitud de 1,6 nanómetros.
- Actina, tropomiosina y troponina, son proteínas de contracción rápida y constituyen el filamento delgado.

Músculo esquelético y ejercicio.

1º) Se acorta el sarcómero por una disminución total de todo el sistema muscular (CONTRACCIÓN CONCÉNTRICA), o sin que se modifique la longitud (CONTRACCIÓN ISOMÉTRICA).

2º) Una vez que cesa el estímulo nervioso (EFFECTO CONTRÁCTIL), el músculo recupera su longitud inicial, siempre y cuando no hayan fuerzas externas que lo impidan.

3º) Si el sistema muscular es ESTIRADO o ELONGADO, se produce un alargamiento del conjunto de sus elementos que afecta tanto al sistema conjuntivo en paralelo, como al de serie.

4º) Los movimientos que son necesarios para alcanzar una gran fuerza de impulsión, se consiguen mejor si existe un estiramiento previo.

Tipos de fibras musculares esqueléticas

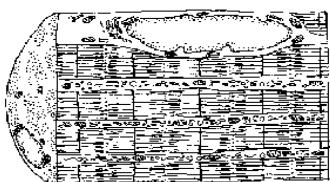


Grafico 3



Grafico 4

Fundamento teórico

Como sabemos el músculo esquelético se compone de fibras (denominadas así por su elevada relación longitud/sección). En los mamíferos, la inervación del músculo esquelético es mononeuronal, o lo que es lo mismo, una fibra es inervada por una neurona, pero una neurona puede inervar a varias fibras. Es cierto también, que una neurona está en contacto siempre con el mismo tipo de fibra, y por eso, podemos definir la relación *neurona "fibras"* como unidad motora. Las diferentes unidades motoras que pueden componer un músculo pueden activarse de forma independiente, consiguiendo así una regulación de la intensidad de la contracción.

Estas fibras son el resultado de la fusión de células, llamadas *miocitos*, durante el desarrollo. Los sincitios presentan en su interior las miofibrillas, que están envainadas por el retículo citoplasmático, al que denominamos *retículo sarcoplásmico*. Las miofibrillas constan de sucesiones de sarcómeros unidos por el disco o banda Z, que se ve rodeado por el túculo T. Este túculo es una invaginación de la membrana que permite poner en contacto la membrana plasmática con el retículo sarcoplásmico. El túculo T está en contacto, a todo lo largo de la circunferencia del sarcómero, con las cisternas terminales. Estas son el resultado de un ensanchamiento del retículo sarcoplásmico. Esta relación entre membranas (plasmática, túculo T y cisternas terminales) es esencial para la regulación de la contracción muscular.

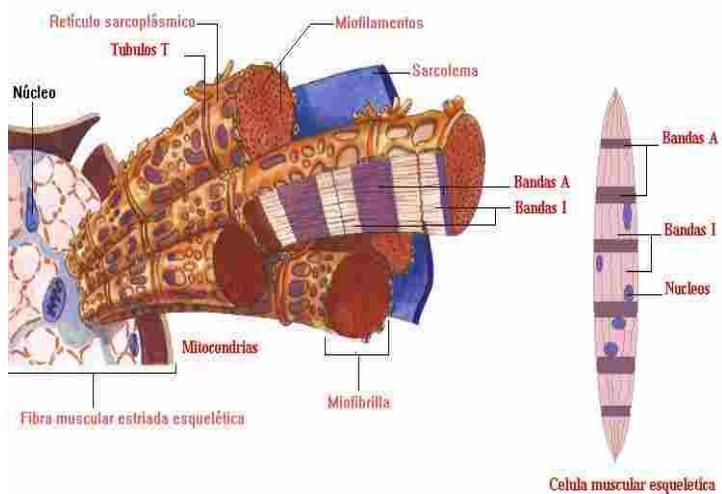


Grafico5.el sarcomero

En un corte transversal de un sarcómero, se observa que un filamento delgado se rodea de tres gruesos, y como se muestra en la figura, uno grueso se rodea de seis delgados. La contracción se produce gracias a la conversión que realiza la cabeza globular de la miosina, de la energía de hidrólisis del ATP a energía mecánica. La contracción se debe al acortamiento de las zonas I y H, por el desplazamiento de los filamentos delgados sobre los gruesos.

Es importante la polaridad de los filamentos de actina, ya que si no el desplazamiento se realizaría en sentido contrario, desplazándose la estructura sarcomérica en lo que sería elongación, no contracción. La actividad ATPasa se localiza en la cabeza globular de la miosina, y es el motor molecular más antiguo que se conoce. El estudio de su estructura y su actividad ha permitido caracterizar otro tipo de proteínas que permiten el movimiento, no solo sobre actina, sino

sobre microtúbulos, no habiéndose caracterizado ninguna que deslice filamentos intermedios.

El movimiento de contracción del sarcómero se explica gracias a modelos de interacción entre la miosina y la actina. Todo comienza cuando la miosina, unida a la actina, une ATP. En ese momento se despega de la actina cambiando su conformación durante la hidrólisis del ATP. Al finalizar el proceso de hidrólisis, la miosina con ADP + Pi en el sitio de unión a ATP), ha estirado el cuello, fijándose a otra subunidad de actina, de la cual no se despegará. Al salir del ADP + Pi, la conformación de la cabeza de miosina cambia de nuevo al estado original. Como no se ha soltado de la actina, hace que el filamento se desplace.

El método de movimiento es esencialmente igual para toda la familia de las miosinas, lo único que cambia es la cola que bien puede ser larga y estar unida a otra en un sarcómero, o corta asociada a otra corta o corta y suelta. Este movimiento se puede producir *in vitro*, únicamente hace falta la actina, la miosina el calcio y el ATP. Sin embargo, *in vivo*, las cosas necesitan regularse, y en este caso muy finamente. Es el calcio el principal regulador de la actividad muscular, algo lógico, ya que manejar la otra variable, el ATP no es lógica, recordemos que tenemos que hacer caso a estímulos rápidos. La regulación se resume en estas etapas:

Etapa de despolarización. Se manda un mensaje vía neuronal, como onda de despolarización. La onda pasa por el túbulo T al ser este un continuo de la membrana. A ese estímulo responde un canal sensible a despolarización, ubicado en la membrana del túbulo, pero orientado hacia la cisterna terminal, iniciando la segunda etapa. En cuanto al sarcómero hay que destacar que la miosina no está unida a la actina ya que la TM se dice que está en *off* porque obstruye el sitio de unión de la miosina.

Etapa de salida de Calcio. La despolarización ha llegado al canal que libera al sarcoplasma la concentración de 10 mM que tiene este Ion en la cisterna terminal (no en forma libre, sino unido a una proteína llamada calsecuestrina). El calcio llega a la Tn^{"C}, capaz de unir 4 iones, y hace cambiar la disposición de las dobles hélices de TM sobre la actina, dejando libres los sitios de unión de la miosina.

Etapa de captura de calcio. Una vez recuperada la polaridad, se cierra el canal y comienza a funcionar una bomba Ca⁺⁺ ATPasa, la cual introduce dos cationes por molécula de ATP gastada. Al disminuir la concentración de calcio en el sarcómero, se vuelve a la configuración inicial, no pudiendo la miosina unirse a la actina.

Fibras rápidas y lentas

En la actualidad, la puesta a punto de nuevas técnicas histoquímicas e inmuno histoquímicas, han permitido corroborar lo que se había observado por técnicas de microscopía o electroforéticas. Esto es: las fibras de los músculos esqueléticos de vertebrados son heterogéneas en su velocidad de contracción.

El desarrollo de variedad de fibrillas de músculo esquelético responde a una tendencia evolutiva que se ha tratado de resolver de diferentes formas según avanzaba el tiempo. Se trata, por tanto, de poder responder a dos exigencias básicas:

Estímulos potentes de forma rápida.

Estímulos menos potentes pero que se alargan en el tiempo.

En definitiva, la velocidad de reacción frente a la resistencia ante un ejercicio físico. Ambas son necesarias para la supervivencia de un individuo. En el hombre, como buen generalista no posee ningún músculo que esté mayoritariamente formado por un solo tipo de fibras. El resultado en un corte transversal de un músculo, es un mosaico de fibras rápidas y lentas. Sin embargo, si hay mamíferos que poseen músculos compuestos casi en su totalidad de fibras de un solo tipo.

Nosotros, vamos a utilizar como modelo de músculo preferentemente lento el músculo soleo. Procede grupo extensor del tobillo de la extremidad posterior, y se asocia con dos músculos más. El soleo tiene actividad en el mantenimiento de la postura sufriendo un ligero aumento durante la locomoción. Como modelo de músculo rápido utilizaremos el músculo extensor de los dedos largos (EDL), de roedor. El músculo debe responder a estímulos rápidos en un tiempo mínimo, aunque se agote enseguida la energía. Las diferencias entre los distintos tipos de fibras son, tanto metabólicas, como fisiológicas. Ambas, en su conjunto proporcionan a cada una las características necesarias para realizar bien su función.

Las fibras rápidas necesitarán una inervación rápida y un método de obtención de energía igualmente rápido. Para conseguirlo, se fabrican isoformas de las proteínas descritas anteriormente o proteínas nuevas (como la cadena ligera de miosina LC3, sólo presente en este tipo de fibras). Además, se ve potenciada la vía de obtención de energía más rápida que poseemos, la glucólisis. Con esto se consigue un menor rendimiento de la glucosa y un rápido agotamiento de los recursos, lo que conlleva inexorablemente a la fatiga de la fibra en un corto periodo de tiempo. La glucólisis no requiere oxígeno, de modo que, ¿porque gastar energía en fabricar mioglobina y capilarizar en exceso la fibra?. Ya que no se van poder alargar las contracciones

con el tiempo, habrá que agrandar la sección de la fibra para que la contracción sea más eficaz y violenta.

Las fibras lentas necesitarán de isoformas más lentas, ya que una contracción demasiado rápida llevaría a agotar las energías, al igual que sucedía en las fibras rápidas. El poder alargar los periodos de contracción da como posibilidad la utilización de una vía de obtención de energía mucho más lenta pero mucho más eficaz, el ciclo de los ácidos tricarboxílicos. Esta ruta metabólica requiere oxígeno y no mucha glucosa, de modo, que no hace falta mucho almidón (al contrario que en las fibras rápidas), pero si que hay que fabricar mioglobina y hacer que llegue suficiente oxígeno capilarizando la zona. Evidentemente, si necesitamos el ciclo de respiratorio, tendremos muchas mitocondrias. Los citocromos respiratorios junto a una mayor irrigación de las fibras, hacen que a simple vista podamos diferenciar los dos tipos de fibras, ya que las oxidativas tendrán un tono más rojizo que las rápidas, carentes de componentes de color rojo.

Los diferentes rendimientos de las rutas glucolítica y oxidativa se pone de manifiesto en esta tabla.

	Tasa relativa	Glucosa utilizada	Lactato producido	O2 necesario
Metabolismo oxidativo	36-38 ATP	1	0	Si
Metabolismo glucolítico	64 ATP	32	64	no

1 Generación de fuerza:

Introducción

A la fuerza, la física la define como el producto entre la masa y la aceleración. La fisiología describe a la fuerza motriz, como a la capacidad del sistema neuromuscular de oponerse a una resistencia, venciéndola (contracción concéntrica), manteniéndola (contracción isométrica) o cediendo (contracción excéntrica) ante ella. Al deportista debe interesarle la mayor fuerza (y aún mejor, la mayor potencia) con el minimo de desarrollo muscular. Con más frecuencia se ven deportistas con menos masa muscular pero más fuertes y potentes que otros con más masa.

La fuerza muscular es importante para:

- la actividad y rendimiento deportivo.
- la ejecución de actividades cotidianas.

- impedir dolores relacionados con lo postural.
- razón estética (autoconfianza, personalidad).

Tipos de contracción muscular:

- ISOMETRICA (estática)
- AUXOTONICA
- ISOTONICA (la resistencia debe variar adaptándose a la fuerza ejercida sobre ella, para que se produzca una misma tensión muscular en todo el recorrido articular a velocidad constante). Puede ser excéntrica o concéntrica.
- EXCENTRICA (el músculo se alarga mientras se desarrolla la tensión).
- CONCENTRICA (el músculo se acorta mientras se desarrolla la tensión)

Hay dos formas de graduar o variar la fuerza:

- variando el Nro total de unidades motoras reclutadas.
- variando la frecuencia con la cual un Nro dado de unidades motoras son activadas (o sea variando la frecuencia de contracción de cada unidad motora).

La resistencia de un músculo depende directamente de:

- Su contenido de mitocondrias
- Su concentración de glucógeno
- Su vascularidad
- Su concentración de mioglobina

2. Relación entre el tipo de fibra muscular y el ejercicio

- El significado funcional de las diferentes características bioquímicas y funcionales de las FCL y FCR durante el ejercicio, es indicado por el hecho de que las FCR son reclutadas preferentemente para la realización de trabajos de corta duración y alta intensidad y las FCL son reclutadas preferentemente durante actividades de larga duración y resistencia.

Las FCR son capaces de producir mayor tensión muscular máxima y en un ritmo más rápido de desarrollo de tensión que las FCL. Las propiedades bioquímicas y fisiológicas relacionadas con esa dinámica contráctil, son las actividades de la miosina ATPasa y su velocidad de liberación y captación del Ca++ a partir del retículo sarcoplasmático. Estas dos propiedades son más nítidas dentro de las FCR que en las FCL.

3. Funciones Del Componente Conjuntivo Muscular

Tanto desde el punto de vista estructural como funcional, debe considerarse al músculo como un sistema integrado por dos elementos con propiedades muy distintas: el componente contráctil y el conjuntivo. Ambos actúan conjuntamente y de forma coordinada, con el objeto de asegurar la máxima eficacia funcional. La activación del componente contráctil produce la disminución de la longitud del sistema, mientras que el comportamiento mecánico (elasticidad, resistencia a la tracción, flexibilidad, etc.) es atribuible principalmente al componente conjuntivo.

Cuando el sistema muscular esquelético es sometido a un efecto de estiramiento activo (por contracción de los antagonistas), o pasivo (como consecuencia de la acción de la gravedad o por el efecto de fuerzas externas que actúan sobre él, traccionándolo), manifiesta una respuesta elástica dependiente del componente conjuntivo y que se expresa como fenómeno mecánico de rebote elástico.

Como cualquier otro cuerpo elástico, cuando el músculo esquelético es distendido, acumula energía potencial que podrá manifestarse en forma de energía mecánica al cesar las fuerzas que actúan sobre él. Este tipo de efecto se hallan bajo la influencia de factores temporales, de manera que si transcurre un período de tiempo excesivo entre el final del estiramiento y la posibilidad de que se manifieste la respuesta elástica, la energía potencial acumulada se disipa en forma de calor sin que se produzca la respuesta del acortamiento de forma espontánea. Además de la respuesta mecánica, el músculo estirado puede evidenciar también una respuesta refleja de naturaleza totalmente distinta a la anterior, producida por la estimulación de los propioceptores musculares de estiramiento (husos musculares y órganos tendinosos de Golgi).

Se desencadenan reflejos medulares miotáticos, cuya expresión puede verse modificada por el tono muscular y otros factores moduladores adquiridos (por ejemplo, mediante el entrenamiento).

4. Participación De Los Efectos Elásticos En El Desarrollo De La Fuerza De Contracción

La energía almacenada en el componente elástico muscular depende de la cuantía de la elongación a la que se vea sometido. La energía almacenada en el componente elástico durante la elongación depende de la longitud alcanzada de estiramiento, así como de las características de elasticidad propias.

Debe tenerse en cuenta, que la energía potencial acumulada en el componente elástico debe ser utilizada en forma de rebote, es decir, sin que transcurra un período de tiempo excesivo entre su manifestación y su almacenamiento. Este tipo de efectos es ejercido tanto por los tendones y elementos de inserción como por el conjunto de cubiertas conjuntivas.

En lo relativo a los tendones y otros elementos conjuntivos de inserción, existen muchas diferencias en lo que concierne al comportamiento mecánico, por las diferencias que se registran en su constitución y estructura. Por ejemplo, el efecto elástico atribuible al tendón de Aquiles es remarcable y adquiere un protagonismo e importancia notables en el transcurso de la deambulación, el salto o la carrera.

5. Modelo Mecánico Del Músculo

Las propiedades y características elásticas del músculo son absolutamente imprescindibles para que el movimiento ocurra correctamente y presentan una gran importancia en lo que concierne a las habilidades manuales y deportivas. La elasticidad permite conservar la energía potencial acumulada en el proceso de elongación o estiramiento, provocada por la contracción de la musculatura antagonista, la fuerza de la gravedad, momento de fuerza del movimiento, resistencia ofrecida por otras partes del cuerpo, tracción ejercida por otra u otras personas o dispositivos mecánicos de entrenamiento o de rehabilitación, etc., que se expresará como energía mecánica cuando las condiciones lo permitan, al cesar la tracción sobre el correspondiente músculo.

Modelo mecánico del músculo: CC es el componente contráctil, SEC el componente elástico en serie y PEC el componente elástico en paralelo. El total de tensión activa que el sistema puede generar equivale a la suma de tensión ejercida por el conjunto de sus componentes. Por su estructura y sus características funcionales, debe considerarse al músculo esquelético como un sistema integrado por tres elementos constituyentes:

a) El componente contráctil (CC), constituido por los miofilamentos acto-miosínicos que presenta un doble comportamiento: una parte es capaz de manifestar efectos contráctiles debidos las interacciones acto-miosínicas, y otra parte evidencia un comportamiento elástico. Cuando actúa acortando la longitud del sarcómero, causa una distensión de igual magnitud del componente elástico en serie, hasta lograr vencer la resistencia que se ofrece al movimiento.

Presenta también comportamiento elástico de manera que, cuando es alongado por un sistema de fuerzas externo, evidencia una notable tendencia a recuperar su

longitud inicial (de reposo). Esta propiedad, que es independiente de los componentes conjuntivos elásticos del sistema, se explica por efectos de interacción de índole molecular no conocidos en detalle, ejercidos tanto por el sistema actomiosínico como atribuibles al conjunto de elementos de estabilización que cumplen funciones decisivas en el mantenimiento de la estructura en trama reticular de los miofilamentos gruesos y delgados.

b) El componente conjuntivo dispuesto en paralelo respecto al CC (PEC) está formado por el epimisio, perimisio, endomisio y la propia membrana plástica de la fibra muscular. Estas estructuras presentan una elevada tendencia elástica y son las responsables primarias de la capacidad de generar la tensión que el músculo soporta después de ser sometido a un efecto de estiramiento.

c) El componente conjuntivo situado en serie respecto al CC (SEC) está formado por el tendón y otros elementos de inserción ósea, caracterizados por su comportamiento elástico limitado, dado el gran predominio de tejido fibroso, y cuyas funciones se desarrollan esencialmente con el mantenimiento de la necesaria solidez, tolerando fuerzas elevadas de tracción sin romperse, capacidad de transmisión de la fuerza, etc.

En el transcurso de la contracción, el comportamiento del conjunto de estos componentes puede esquematizarse así:

a) Durante la contracción muscular se produce el acortamiento del sarcómero, con disminución de la longitud total del sistema (en el caso de las contracciones concéntricas) o sin que éste se vea modificado (como ocurre en las isotérmicas). La disminución de longitud del CC, actúa distendiendo el SEC, en grado variable, en función de la intensidad de la contracción y de la magnitud de la resistencia a vencer.

b) En el curso de la relajación muscular, una vez cesado el efecto contráctil, el músculo recupera su longitud inicial, siempre que no existan fuerzas externas que lo impidan, por ejemplo, las contracciones de los antagonistas o el propio peso corporal. Interviene en ello la elasticidad del sistema muscular, representado por el moderado efecto de rebote elástico debido al estiramiento del tendón, junto a la influencia que pueda asimismo desempeñar la propia tendencia elástica atribuible al CC, y la dependiente de la compresión que se registre en el PEC cuya importancia y participación en el proceso es poco conocida.

c) Cuando el sistema muscular es estirado, se produce la elongación del conjunto de elementos que lo integran, tanto los situados en serie como los que se disponen en paralelo. Esta acción es especialmente significativa para el PEC por

presentar una alta capacidad de almacenamiento, de energía potencial, dada la destacada presencia de fibras elásticas. El PEC no es el exclusivo responsable de la elasticidad muscular y, por tanto, de la capacidad de rebote elástico frente al estiramiento del sistema muscular, aunque juegue un importante papel y, en algunos movimientos, pueda ser el responsable principal.

El músculo, en estas condiciones, tenderá a recuperar la longitud de reposo y, por tanto, "contraerse" (disminución de la longitud del sistema cuando las circunstancias lo permitan, esto es, cuando cese la acción elongante). Este efecto es muy variable respecto del tiempo, si transcurre un período temporal excesivo entre la producción del efecto de estiramiento y la posibilidad de que se manifieste el efecto elástico de rebote, la energía potencial almacenada en el curso de la elongación no llega a manifestarse cinéticamente y se pierde como calor.

d) En el transcurso de una contracción muscular excéntrica en la que coexisten el efecto de interacciones acto-miosínicas con los derivados de la acción de estiramiento del componente elástico muscular, se adicionan ambos efectos y, por ello, en las contracciones de este tipo, la fuerza alcanzable máxima (tal como más adelante se comenta) deberá ser sensiblemente superior. Dado que, por este motivo, es posible alcanzar mayores niveles de generación de fuerza, la inmensa mayoría de movimientos fisiológicos en los que sea necesario alcanzar una fuerza de impulsión grande se ven precedidos por un efecto de estiramiento muscular previo, buscando el "rebote" para poder, de esta manera, alcanzar los máximos niveles de generación de tensión

6. Modificaciones De La Tensión Ejercida Por El Músculo En Función De Su Longitud.

a) Comportamiento atribuible al componente contractil: el músculo en su longitud de reposo responde, frente a la estimulación, de forma máxima (porque la eficacia de las interacciones actomiosínicas es a este nivel también máxima). Por encima y por debajo de esta longitud de reposo la tensión generable atribuible al componente contráctil es menor, debido a que las interacciones acto-miosínicas son cada vez menos efectivas. Por tanto, si la longitud del músculo es distinta a la que éste adopta de manera espontánea, tanto si es inferior (músculo acortado), como si es superior (músculo estriado), la tensión que puede ejercer el componente contráctil es más pequeña, o nula si el acortamiento o la distensión son muy altas.

b) Comportamiento atribuible al componente elástico: cuando el músculo es estirado pasivamente más allá de su posición de reposo, genera un nivel de tensión que es proporcional a la cuantía con la que es estirado, como consecuencia de su comportamiento elástico. Ello es así hasta altos niveles de estiramiento a

partir de los cuales, y de forma paulatina, el músculo irá demostrando cada vez menor tendencia al rebote elástico e incluso, puede llegar a romperse.

c) Comportamiento del músculo atribuible a ambos componentes considerados de manera conjunta: El comportamiento global del músculo obedece a la integración de ambos componentes. O sea, cuando es activado su componente contráctil y a la vez es sometido a cambios en su longitud. Por tal motivo, el máximo nivel alcanzable de efectividad corresponde cuando el músculo estirado hasta al 110 - 120 % respecto de la situación de reposo, momento en que la respuesta contráctil sigue siendo satisfactoria, mientras que la elástica es ya considerable. En el músculo estirado por encima de este nivel, aunque mejora la respuesta elástica, empeora la contráctil y, por tanto, la tensión que es capaz de expresar es cada vez más pequeña.

Cuando se consideran longitudes inferiores, disminuye progresivamente la capacidad de generación de tensión, por una parte porque los efectos de rebote elástico son cada vez menores, dada la menor elongación y, además, porque por debajo de su longitud normal, la capacidad de establecimiento de enlaces y puentes acto-miosínicos se ve progresivamente dificultada. Por tanto, el efecto de tensión que es capaz de generar el músculo depende de la suma de la energía mecánica suministrada por la actividad del componente contráctil (dependiente de las interacciones acto-miosínicas), más la respuesta elástica del componente elástico en paralelo y del componente elástico en serie.

Esta eficacia en el comportamiento muscular, es fácilmente comprobable saltando desde una plataforma generando un impulso desde el suelo. La fuerza de impulsión será máxima para un determinado valor de altura de la plataforma. Para efectuar las actividades motrices en general y, en particular, para alcanzar el nivel máximo de rendimiento en la actividad deportiva, el estiramiento es esencial, al objeto de alcanzar la máxima potencia muscular. Los ejemplos de tal tipo de comportamiento motor son muchos: en el futbolista que realiza una hipertensión a nivel del cuádriceps; los corredores al iniciar una carrera adoptan una posición de manera de asegurarse un importante estiramiento muscular del glúteo mayor; el lanzador de jabalina antes del impulso estira el brazo y efectúa un movimiento de inspiración profunda lo que aumenta la longitud del pectoral mayor.

7. Factores Que Afectan Al Comportamiento Mecánico Muscular.

- Alineación y orientación de las fibras.
- Influencia del entramado de fibras.
- Presencia de sustancias interfibrilares.

- Número de fibras y fibrillas.
- Área de sección de las fibras.
- Proporción de colágeno y elastina.
- Composición química tisular.
- Grado de hidratación.
- Grado de relajación de los componentes contráctiles.
- Temperatura antes y durante la aplicación del estímulo.
- Nivel de fuerza aplicada.
- Duración (tiempo), nivel (carga) y tipo (dinámica o estática) de fuerza aplicada.
- Temperatura tisular antes de dejar de aplicar la fuerza.

8. Tipos De Fuerza.

a) Fuerza máxima (absoluta o pura)

Según Weinek la fuerza máxima puede ser estática (es la mayor fuerza que el sistema neuromuscular puede ejercer con una contracción voluntaria y contra una resistencia insuperable) y dinámica (es la mayor fuerza que el sistema neuromuscular puede ejercer con una contracción voluntaria en la ejecución de un movimiento gestual).

La fuerza máxima depende de:

- La sección fisiológica transversal del músculo.
- La coordinación inter-muscular (entre los músculos que cooperan en un movimiento determinado).

-La coordinación intra-muscular (coordinación en el interior del músculo).

- Los esfuerzos concéntricos y excéntricos máximos de corta duración provocan
- un aumento de fuerza por mejora de la coordinación intramuscular (capacidad de reclutar fibras en relación con el sistema nervioso; aumenta la fuerza sin incrementar la sección transversal del músculo -hipertrofia- y por lo tanto su peso tampoco aumenta). El componente de fuerza máxima es condición indispensable para todos los deportes de fuerza explosiva como así también en parte para los deportes de fuerza resistencia.

b) Fuerza Potencia (velocidad)

Es la capacidad del sistema neuromuscular para superar resistencias con la mayor velocidad de contracción posible. Hay una estrecha relación entre la fuerza

isométrica máxima y la velocidad de movimiento (un aumento de la fuerza isométrica máxima implica una mejora de la velocidad de movimiento). Es la fuerza dinámica en la unidad de tiempo. Tanto la fuerza máxima, explosiva y de arranque, juegan un papel importante en la expresión de la fuerza velocidad. Se desarrolla la coordinación intermuscular (coordinación entre músculo y músculo).

c) Fuerza explosiva

Es la máxima expresión de la potencia, teniendo en cuenta el mínimo peso que somos capaces de desplazar, inervando el máximo de fibras musculares de un músculo, la misma puede observarse con mayor frecuencia en deportes acílicos. La fuerza explosiva constituye el "límite inferior" de la fuerza velocidad. Existe la capacidad límite para inervar teóricamente el total de las fibras musculares involucradas en la acción. La fuerza explosiva depende en parte de la fuerza máxima, la velocidad de contracción y la coordinación y la contracción intra e intermuscular.

d) Fuerza resistencia

Es la capacidad de la musculatura de realizar un trabajo intenso de fuerza durante largo tiempo sin disminuir la calidad de ejecución. En la fuerza resistencia, el trabajo muscular puede ser estático o dinámico. La fuerza resistencia depende entre otras cosas de la fuerza máxima y la resistencia general (vía aeróbica).

d) Fuerza de arranque

Es la capacidad de generar una tensión máxima al comienzo de la contracción muscular (velocidad inicial). Si la resistencia que hay que vencer es baja, domina la fuerza de arranque. Si la carga aumenta, y por consiguiente hay mayor implicación dinámica y prolongada de unidades motrices (FCR), domina la fuerza explosiva. Y en el caso de cargas muy elevadas, interviene la fuerza máxima.

Existen variadas definiciones según la forma mediante la cual se manifiesta la fuerza muscular como, por ejemplo: fuerza relativa, fuerza inicial, fuerza mantenimiento, fuerza final, fuerza evolutiva, fuerza velocidad, etc. pero todas derivan o se relacionan de alguna forma con las expuestas anteriormente.

Factores Determinantes de la fuerza muscular.

La fuerza muscular está condicionada por los siguientes factores: la edad; el sexo; la masa muscular; el tipo de fibra muscular, disposición y reclutamiento; las palancas; las condiciones psicotemperamentales; la ingestión de esteroides (perjudicial); la elongación muscular; la coordinación de los procesos

neuromusculares; el entrenamiento y la capacidad de recuperación; la fatiga; los depósitos energéticos; y otros de menor incidencia como ser el tejido adiposo; la temperatura; el entrenamiento; la composición corporal; el número de articulaciones involucradas; dirección en que se aplica la fuerza y la longitud del músculo. Si se quiere desarrollar la fuerza, no solo se deben conocer estos factores sino también como se asocian o relacionan con el entrenamiento de la fuerza muscular.

a. **El sexo y la edad**

En ambos sexos, el desarrollo de la fuerza se mantiene paralelo hasta los 11 años con ligera ventaja para la mujer. La fuerza rápida se comienza aproximadamente a los 10 años de edad y la Fuerza Resistencia a los 11 años. Primero se da en la mujer por su desarrollo prematuro. Entre los 7 y 9 años hay apreciable aumento de la fuerza en función del desarrollo. Hasta los 9 - 10 años se aconsejan actividades de fuerza básica (Formación Física Básica: trepar, lanzar, empujar, nadar, correr, etc), con elementos ligeros y el propio peso. El objetivo será el desarrollo armónico de la musculatura y el logro de un buen nivel técnico en las ejercitaciones básicas (fuerza resistencia y fuerza rápida).

La fuerza aumenta rápidamente en los varones entre los 11/12 y 17/18 años y se estabiliza entre los 18/20 años, aumentando más lentamente hasta los 30 años. En las mujeres aumenta regularmente entre los 10 y los 19 años y con más lentitud hasta los 30 años. De no mediar entrenamiento, la fuerza tanto en el hombre como en la mujer, empieza a declinar aproximadamente a los 30 años. A los 65/70 años la fuerza de los hombres como de las mujeres ya declinó aproximadamente el 75% de la que poseyeron entre los 25/30 años (según Nocker el hombre mantiene el 67% y la mujer solo un 33%). Estas diferencias parecen estar dadas por el tamaño de la musculatura, la maduración del sistema nervioso y el papel cultural de los sexos.

Según A. Gonzalez, entre los 17 y 25 años aproximadamente, se dan las condiciones favorables para el desarrollo de la fuerza máxima. Antes de esta edad, un entrenamiento de fuerza máxima en forma excesiva, podría atentar contra el crecimiento en largo del hueso. La fuerza máxima comienza a entrenarse sistemáticamente a partir de los 17/18 años en los varones y a partir de los 15/16 años en las niñas; es decir, cuando el crecimiento óseo en largo ha disminuido o terminado y la musculatura presenta un mayor contenido de proteínas, grasas y sales (Fritzsche). Según Nocker, el hombre alcanza su máxima fuerza entre los 26 y 28 años y la mujer entre los 23 y 25 años.

Cuando el hombre llega a su apogeo en el desarrollo de la fuerza muscular, dispone de aprox. 35 kg de musculatura, mientras que la mujer solo de 23 kg. Según diversas investigaciones, el rendimiento de fuerza por cm² en la mujer es entre el 20 y el 25 % inferior al del hombre. También la capacidad para el entrenamiento del músculo femenino es inferior a la del hombre. Estas diferencias de sexo y edad entre el hombre y la mujer, son mayores en los músculos de los brazos, hombros y tronco y menores en los de las piernas.

b. La masa muscular.

Uno de los principales factores que determinan la fuerza muscular es la masa muscular, la sección transversal, el grado de hipertrofia muscular (aumento del grosor, volumen y tamaño de las fibras musculares). La fuerza tiene un alto coeficiente de correlación con la masa muscular (la fuerza muscular es proporcional a su diámetro fisiológico). Cuando se desea medir o comparar la fuerza muscular de personas que poseen distintas masas corporales, se utiliza el principio de "fuerza relativa" (cantidad de peso que es capaz de desplazar la persona por kilo de peso corporal). Para los pesistas y lanzadores atléticos la fuerza absoluta es fundamental, en cambio para los gimnastas lo es la fuerza relativa.

Para aumentar la masa muscular se deben realizar ejercicios durante un tiempo prolongado, lentos, de intensidad media, "hasta el rechazo", en donde se reclutan la mayor cantidad de fibras musculares y se llega hasta el agotamiento. La fuerza absoluta representa la fuerza producida independiente del peso del individuo. La fuerza relativa es la fuerza producida en relación al peso del sujeto.

Aumentos en el tamaño del músculo esquelético es consecuencia del entrenamiento y una adaptación biológica a una mayor carga de trabajo. Este ajuste compensatorio conduce finalmente a un aumento de la capacidad del músculo para generar tensión. Sin embargo, debería tenerse en cuenta que un aumento en el tamaño del músculo no es necesariamente un prerequisito para mejorar la fuerza y la potencia.

Esto probablemente se relaciona con los importantes factores neurológicos implicados en la expresión de la fuerza humana. De hecho, las mejoras rápidas y significativas en la fuerza observada durante las etapas iniciales de un régimen de entrenamiento, no están acompañadas normalmente por la hipertrofia muscular que ocurre más tarde al progresar el entrenamiento. Tales resultados apoyan la posición de que las mejoras tempranas rápidas de la fuerza son el resultado de alteraciones en las vías neurales inhibitorias y facilitadoras.

El crecimiento muscular como respuesta al entrenamiento con sobrecarga ocurre principalmente por el crecimiento o hipertrofia de las fibras musculares individuales. El proceso de la hipertrofia está relacionado directamente con la síntesis del material celular, particularmente con la proteína que constituye los elementos contráctiles. El aumento en la proteína contráctil con el entrenamiento pesado, parece ocurrir sin un aumento paralelo en el volumen total de las mitocondrias dentro de la célula muscular. Por tal motivo, la relación entre el volumen mitocondrial y el volumen miofibrilar (proteína contráctil), se reduce en el músculo entrenado en fuerza. Si bien esta adaptación puede ser beneficiosa para los atletas de fuerza y potencia, puede ser perjudicial para el rendimiento aeróbico, ya que disminuye la potencia aeróbica de la fibra por unidad de masa muscular.

La sobrecarga también puede estimular la proliferación del tejido conjuntivo y de las células satélites que rodean la fibra muscular. Esto espesa y fortalece el arnés de tejido conjuntivo del músculo. La sobrecarga muscular también mejora la integridad estructural y funcional tanto de los tendones como de los ligamentos. Estas adaptaciones proporcionan alguna protección contra las lesiones articulares y musculares; lo que apoya el uso del ejercicio con sobrecarga en los programas preventivos y rehabilitadores de fuerza para atletas.

c. El tipo, distribución y orientación de la fibra muscular.

- Tipos de fibra muscular:
- * **Fibras tipo I:** Rojas - Oscuras - Aeróbicas - Contracción lenta (FCL) - Oxidativas
- Tónicas
- * **Fibras tipo II:** Blancas - Claras - Anaeróbicas - Contracción rápida (FCR) - Glucolíticas - Fásicas

La fibra muscular "clara", "glucolítica" (blanca rápida), tendrá mayor injerencia en el desarrollo de la fuerza que la fibra muscular "oscura", "oxidativa" (roja, lenta). Las fibras claras se predominan en los velocistas, los levantadores de pesas y en los lanzadores atléticos. Con respecto a la distribución del tipo de fibra muscular (rápida y lenta), no existen cambios a causa del entrenamiento de fuerza.

La distribución predominante del tipo de fibras está establecido muy temprano en la vida y es determinada en gran parte por factores genéticos. La hipertrofia muscular implica generalmente cambios estructurales dentro del mecanismo contráctil de las fibras individuales, especialmente el de las fibras de contracción rápida. Si de verdad se desarrollan fibras musculares nuevas, su contribución a la hipertrofia muscular es mínima. Los músculos cuyas fibras corren paralelas a su eje mayor no son tan potentes como aquellos en que están dispuestas en sentido oblicuo. Hasta el presente no se ha podido demostrar que el entrenamiento pueda

cambiar la proporción de fibras musculares de un deportista, y sí que puede potenciar un determinado tipo.

d. Factores neuromusculares y reclutamiento de las fibras musculares.

Las fibras musculares se desarrollan con el entrenamiento de la fuerza. Sin embargo la fuerza también aumenta sin el incremento significativo de la masa muscular, lo que puede deberse a cambios que ocurren en el sistema nervioso. La velocidad de contracción también tiene una relación muy directa con la constitución del músculo y con la del sistema nervioso. Los aumentos de la fuerza conseguidos mediante un entrenamiento de sobrecarga se deben a una mejor capacidad de reclutamiento de las unidades motrices y a cambios en la eficiencia funcional del patrón de descarga de los nervios motores.

En cuanto al "reclutamiento de las fibras musculares", solo 2/3 del total de las fibras musculares que componen un músculo pueden ser inervadas mediante la voluntad. En personas entrenadas existe un mayor reclutamiento de fibras como también una mayor frecuencia de estímulos desde el sistema nervioso central. La frecuencia e intensidad de los estímulos, determinan la excitación de un número mayor de fibras musculares.

La participación de las fibras musculares puede ser sincrónica o asincrónica. En la primera, las fibras musculares entran en funcionamiento al mismo tiempo; en la asincrónica las fibras musculares entran en actividad con pequeños intervalos entre sí. Con el entrenamiento aumenta el sincronismo hasta el 80 %.

e. Los brazos de palanca.

Los brazos de palanca cortos se verán favorecidos para el desarrollo de la fuerza muscular (ver "géneros de palanca", "brazos de resistencia y de potencia", "resistencia o carga", "ejes". Con el codo medio flexionado (el antebrazo en ángulo recto con el brazo), la palanca en esta posición es de máximo rendimiento mecánico.

f. Factores emocionales, psico-temperamentales (motivación), fuerza de voluntad.

Las distintas influencias en la fuerza muscular que proporcionan la masa, las palancas, el sexo, la edad, el tipo de fibra muscular, etc., pueden sufrir alteraciones ante determinadas condiciones temperamentales. El estado psíquico del deportista y la concentración de su atención son los factores decisivos para desplegar fuerza a su máximo nivel. El entusiasmo y el aliento de espectadores, el

conocer las características del rival, el ser observado (especialmente por el sexo opuesto), etc., da claros indicios de la importancia de la motivación como elemento indispensable para el incremento del rendimiento ya que se produce una descarga nerviosa y liberación de adrenalina, lo cual aumenta la fuerza muscular. También una alteración mental, casos de locura, un estado hipnótico o un estado pasajero de desesperación, pueden provocar una tremenda fuerza.

La movilización del sistema nervioso superior, redunda en el mejoramiento de la sincronización de las unidades motoras (fase de superación de la fatiga como cuando se mantiene 10 kg con un brazo extendido). El entrenamiento provoca más rápidamente la movilización y sincronización durante dicha fase. La mayoría de las personas operan normalmente a un nivel de inhibición neural y les impide expresar su verdadera capacidad de fuerza.

La inhibición neuromuscular podría ser el resultado de experiencias pasadas desagradables relacionadas con el ejercicio, un ambiente familiar demasiado protector, o el miedo a lesionarse. Sea cual sea la razón, la persona normalmente es incapaz de expresar su capacidad máxima de fuerza. Durante la excitación de la competición intensa, o bajo la influencia de drogas desinhibidoras o la sugerencia hipnótica, sin embargo, se quita la inhibición, y se llega a un rendimiento aparentemente "máximo".

Los atletas altamente entrenados en muchos deportes crean un estado casi auto hipnótico mediante la concentración intensa o la "activación psicológica" previa a una competición. Los cambios en la facilitación neural probablemente también ocurren en las primeras etapas del entrenamiento de la fuerza y pueden explicar en gran parte la mejora rápida conseguida en la fase inicial de la etapa del entrenamiento. El límite final de la fuerza está determinado por los factores anatómicos y fisiológicos dentro del músculo.

g. Ingestión de esteroides.

La ingestión sistemática de anabólicos esteroides (preparados sintéticos con propiedades muy similares a las hormonas masculinas -testosterona-), tiene la capacidad de fijar los productos proteicos en la musculatura lo cual colabora para la hipertrofia muscular (con el consiguiente aumento de peso corporal), y el aumento de fuerza. Si bien en un principio los anabólicos posibilitan el incremento de la energía para el entrenamiento, aumento de la fuerza muscular, aumento del apetito e incremento de la actividad sexual (al comienzo de su ingestión), se pudieron apreciar serios daños a nivel orgánico como también en los psicotemperamentales. Además de los diferentes daños orgánicos, se sufre un proceso inverso, una disminución de todas aquellas ventajas anotadas

anteriormente como virtudes debido a la ingestión de los anabólicos. En este sentido podemos nombrar las siguientes consecuencias debidas a la ingestión de anabólicos:

- * Virilización (masculinización) en las mujeres, con la aparición de acné, vello, transformaciones en los órganos reproductores y la voz.
- * Alteraciones en la osificación del esqueleto en los niños.
- * Deficiencia en la eliminación de productos de desecho (intoxicación).
- * Irritación nerviosa, mal humor, insociabilidad.
- * Trastornos a escala hepática.
- * Trastornos artromusculares.
- * Disminución en cuanto a la producción de hormonas en la hipófisis y como consecuencia de ello:
 - * Disminución en la formación de esperma en los hombres y atrofia de los testículos.
 - * Disturbios en la regulación de los ciclos menstruales en la mujer.
 - * Aceleración en la osificación del esqueleto en el caso de la ingestión en los niños.
 - * Deficiencia en cuanto al equilibrio de las sales en la célula, con retención de productos de deshecho que normalmente deben ser eliminados, con la consecuente intoxicación del organismo y la formación de edemas.
 - * Irritación nerviosa, mal humor, insociabilidad.

De acuerdo a numerosos estudios, se ha podido también determinar serios trastornos a nivel hepático, con disturbios en la digestión, cefaleas, vómitos, trastornos artromusculares, etc. Las masas musculares hipertrofiadas de modo artificial manejan cargas que sus articulaciones no pueden soportar.

h. El nivel de elongación muscular

La fuerza de un músculo puede aumentar a cuenta de su elasticidad (un músculo extendido puede contraerse con más fuerza y velocidad). Para mejorar la elasticidad de los músculos, hacen falta ejercicios en los cuales tenga lugar la extensión del músculo tenso.

i. El tejido adiposo

La fuerza de dos músculos de igual circunferencia difiere según la cantidad de tejido adiposo que contiene cada uno. La adiposidad no solo carece de poder contráctil sino que también actúa como un freno por fricción, limitando la frecuencia y amplitud del acortamiento de las fibras musculares.

j. La fatiga

La fatiga disminuye la excitabilidad, la fuerza y la amplitud de la contracción de un músculo. La fatiga muscular hace que se eleven los umbrales de excitación de las fibras musculares, llegándose hasta la total inhibición del movimiento. La fatiga puede estar localizada en el SNC, en la unión neuromuscular y el sistema contráctil.

k. La temperatura

La contracción de un músculo es más rápida y potente cuando la temperatura de sus fibras excede ligeramente de la temperatura corporal normal. En tal condición de leve calentamiento, la viscosidad del músculo disminuye, las reacciones químicas de la contracción y la recuperación son más rápidas y la circulación aumenta. También con el aumento de la temperatura, los nervios conducen impulsos con mayor rapidez y los tendones, tejidos conectivos y ligamentos se hacen más elásticos y permeables.

I. Los depósitos energéticos

Si los depósitos de las sustancias energéticas (glucógeno y PC) disminuyen por inanición o por trabajo prolongado sin una adecuada nutrición, los elementos esenciales para la contracción se consumen en los procesos metabólicos y el tejido contráctil se atrofia. El estado de entrenamiento aumenta los depósitos de sustancias energéticas y también se produce una mayor capacidad de recuperación.

k. El entrenamiento

En un músculo debilitado por la inactividad, la aplicación de un entrenamiento suele producir un incremento de fuerza del orden del 50 % en las primeras dos semanas. Esta capacidad de ganar fuerza va disminuyendo a medida que aumenta el rendimiento.

I. La capacidad de recuperación

La capacidad de recuperación depende de la provisión de oxígeno, la proporción de CO₂ eliminado, la provisión de sustancias alimenticias energéticas y del reemplazo de minerales y otros elementos consumidos durante el trabajo. Para esto la circulación debe ser adecuada. Resultan más eficientes para la recuperación las pausas breves. Por ejemplo, la recuperación luego de un ejercicio exhaustivo será: a los 30 seg. el 70 % y a los 42 min el 95%.

m. Pre-tensión y nivel de elongación previa

La pre-tensión del músculo se produce cuando hay un movimiento antagónico o excéntrico que pre-tensa el músculo antes de la contracción concéntrica. En esta pre-tensión es almacenada energía en la fibra y tejido conectivo que es inmediatamente liberada al inicio de la contracción concéntrica. Según la teoría de los filamentos deslizantes, debe haber una longitud óptima del músculo en la cual el mayor número de puentes cruzados pueden ser activados para generar fuerza. En otras palabras, parece ser que en muchos gestos deportivos la máxima tensión se produce cuando la musculatura en acción parte de una extensión ligeramente más allá de su longitud normal de reposo.

n. El Metabolismo Relacionado Con El Entrenamiento De La Fuerza

Aunque los métodos de entrenamiento de la fuerza son eficaces para aumentar la fuerza del músculo, estos ejercicios proporcionan sólo un estímulo mínimo para mejorar la capacidad aeróbica y disminuir la grasa corporal. Asimismo, sobre la función cardiovascular, no ocurrió ninguna mejora adaptativa en el Vo₂ máx. ni en la frecuencia cardíaca submáxima de ejercicio ni en el volumen sistólico. Esta falta de mejora se debe probablemente al costo metabólico relativamente pequeño de los ejercicios de entrenamiento de la fuerza.

Las demandas cardiovasculares y aeróbicas metabólicas son mínimas comparadas con las de la marcha, la carrera, la natación o el ciclismo vigoroso o de cualquier otra actividad que utiliza grandes grupos musculares. Aunque una persona puede pasar una hora o más realizando un entrenamiento con pesas, el tiempo total pasado realmente haciendo ejercicio es relativamente corto. Claramente, los programas tradicionales de entrenamiento de la fuerza no deberían formar la parte principal de un programa diseñado para proporcionar una sobrecarga cardiovascular y un control de peso. No obstante es posible con el "Entrenamiento en Circuito" aumentar el costo calórico del ejercicio y occasionar mejoras en más de un aspecto de la condición física. Este sistema proporciona un acondicionamiento más general orientado a mejorar la fuerza y la resistencia muscular y algo de la condición cardiovascular.

En el entrenamiento en circuito, la carga en cada estación representa aproximadamente entre el 40 y el 55% de la fuerza máxima. Puede ejecutarse cada estación por tiempo (por ej: 30 seg) o por cantidad de repeticiones (50 /60 % del máximo). El descanso entre estación es de 10 a 15 seg y se realizan entre 8 y 15 estaciones. El circuito se repite entre 3 y 4 veces lo que permite realizar un esfuerzo total de 20 a 30 minutos. Este sistema es un buen programa de

acondicionamiento suplementario para fuera de la temporada con atletas implicados en deportes que requieren un alto nivel de fuerza, potencia y resistencia muscular.

I. Efectos Del Entrenamiento De La Fuerza

Se incrementa en un 20% - 75 % el contenido de la PC (fosfocreatina) dentro de la musculatura (Yampolskaja, 1952). Se incrementa el ATP y la actividad de las correspondientes enzimas, en especial la creatinfosforilasa (Jakovlev, 1958). Se incrementa la concentración de los ácidos desoxiribonucleico y del ribonucleico. Aumenta la densidad capilar por fibra y el grosor de la fibra muscular.

Se fortalecen las membranas musculares: el sarcolema, el perimisio y el epimisio. Aumenta el glucógeno y la hemoglobina en el músculo, el músculo se vuelve más sensible al influjo nervioso. Aumenta el número y tamaño de las miofibrillas (hiperplasia).

O. Relación Entre Fuerza Y Velocidad

¿Qué sucede con el trabajo de sobrecarga en los deportes que requieren gran velocidad de movimiento?. En principio, existe un componente de fuerza máxima. De hecho, dentro de cada tipo de fuerza, debe haber un porcentaje de fuerza máxima. Ahora bien, la pregunta es ¿cuál es el porcentaje de Fza máxima que debe existir dentro de la Fza rápida y la Fza lenta?. El porcentaje de Fza máxima es mayor en la Fza lenta que en el Fza rápida.

Por otra parte, cuanto mayor son las cargas de trabajo, mayor será el contenido de Fza máx.; y cuanto mayor es la velocidad, menor es el contenido de Fza máxima. La velocidad mayor, se obtiene cuando el gesto es sin ninguna carga. Lo importante en el trabajo con sobrecarga, es respetar lo "gestual" (el gesto deportivo); tanto la estructura interna como externa del gesto. La "estructura interna", sería: el músculo, la contracción muscular, el metabolismo energético, la transformación de energía química en energía mecánica. La "estructura externa" es la técnica del movimiento que también se debe respetar.

Midiendo el contenido de fuerza máxima (en Kgr) y la aceleración (m/seg), se determina la siguiente curva:

Con respecto a la relación entre la fuerza y la aceleración, podemos definir tres zonas:

ACELERACIÓN (m/seg)

- Zona I (fuerza explosiva, aceleración máx).

- Zona II (fuerza rápida)
- Zona III (fuerza lenta)

Contenido de fuerza (Kgr) La fuerza tiene que ver con la aceleración que voy a imprimir al movimiento.

Valoración de La Fuerza Muscular

La fuerza muscular o más precisamente la fuerza o tensión máxima generada por un músculo, se mide generalmente utilizando algunos de los siguientes métodos: 1) la tensiometría, 2) la dinamometría, 3) una repetición máxima (RM) y 4) en forma computarizada.

La tensiometría por cable mide la fuerza de tiro de un músculo durante una contracción estática o isométrica. Es útil para medir la fuerza en casi todos los ángulos del movimiento. También se utiliza para medir la fuerza en músculos específicos debilitados como resultado de una enfermedad o una lesión. Los dinamómetros de mano o de espalda operan según el principio de compresión. En el método de una repetición máxima, se realiza la medición de fuerza utilizando la mayor carga que permita realizar una sola repetición. Se debe evitar aplicar cargas altas en cuerpos no adaptados para soportar dichas cargas. Los incrementos de peso deben ser progresivos.

Entrenamiento De La Fuerza Muscular

Los músculos se fortalecen como respuesta a un entrenamiento de sobrecarga. La sobrecarga se crea aumentando la carga, aumentando la velocidad de la contracción o mediante una combinación de las dos. Una carga que representa del 60 al 80 % de la capacidad del músculo es suficiente para producir ganancias de fuerza.

Los ejercicios de fuerza pueden ser Generales (fortalecen todo el sistema neuromuscular y se trabajan grandes grupos musculares, principalmente en la primera etapa de entrenamiento, de base), Especiales (fortalecen los músculos que intervienen en la disciplina deportiva específica), y Competitiva (son formas de movimiento con características y cargas específicas a las de competencia). Con respecto a la carga, los trabajos de fuerza pueden ser: "de superar" (la resistencia es menor que la fuerza), "de ceder" (la resistencia, es mayor que la fuerza) y una combinación de ambas formas de carga (ejercicios pliométricos: ceder/superar).

Pero todos los trabajos de fuerza deben estar dirigidos a mejorar la capacidad para utilizarlos en acciones de competición, en armonía con las necesidades técnicas y tácticas del deporte practicado.

Entrenamiento Dinámico (Isotónico - Auxotónico - Isokinético)

En el método de entrenamiento dinámico (isotónico - auxotónico), se producen contracciones concéntricas y excéntricas en forma alternada lo que facilita un mayor flujo e ingreso de sangre al músculo, mayor riego y aporte de oxígeno y sustancias energéticas como también mejor utilización del glucógeno para la combustión, como así también mayor remoción del material de deshecho. Mediante el entrenamiento dinámico, se entrena la fuerza máxima, la fuerza velocidad, la fuerza explosiva y la fuerza resistencia, dependiendo uno u otro tipo de fuerza de la carga aplicada.

El trabajo isotónico (con tensión constante), sólo es posible si se mantienen constantes las exigencias de fuerza aplicadas al sistema neuromuscular (la carga debe variar en función del recorrido articular para lograr mantener la misma tensión muscular en todo el movimiento). En este caso, la tensión muscular puede ser máxima en todo el recorrido.

En el trabajo auxotónico (con tensión variable), el sistema neuromuscular se adapta a las variadas exigencias de fuerza aplicadas al mismo. Como la carga es constante (una pesa), la tensión muscular vería según el recorrido articular.

En el entrenamiento isocinético, mediante un dispositivo mecánico, el músculo encuentra una resistencia igual en todo el recorrido articular. Cualquier esfuerzo encuentra una fuerza opuesta igual. Se activan el mayor número de unidades motrices. La máquina se ajusta para por ejemplo, se pueda realizar un movimiento de 200 grados en un segundo.

Cuando se entrena con pesas comunes, la resistencia se fija con la carga mayor que permite realizar el movimiento. La fuerza generada por los músculos durante un movimiento determinado no es máxima en todas las fases del movimiento. Por lo tanto, la resistencia no puede ser mayor que la fuerza máxima del músculo en la posición de la articulación más débil del recorrido del movimiento. Para solucionar este problema, se fabricaron máquinas con resistencia variable que utilizan una leva o polea de forma irregular cuyo radio varía en función del recorrido del movimiento, y por lo tanto varía la carga movilizada.

Entrenamiento Estático (Isométrico)

En la contracción isométrica el comportamiento neuromuscular es estático, no hay movimiento (no varía la longitud del músculo, no hay acortamiento de las fibras musculares, no hay acercamiento de los puntos de inserción). El entrenamiento de

la fuerza isométrico es altamente específico. Se ve una mejora de la fuerza en el ángulo articular y posición corporal con los que se desarrolla la fuerza. Si se utiliza el entrenamiento isométrico para desarrollar fuerza en un movimiento particular, es necesario entrenar isométricamente en varios puntos del recorrido de dicho movimiento. Esto puede ocupar mucho tiempo.

Sin embargo, el método isométrico sí parece ser beneficioso en la evaluación y rehabilitación musculares. Con las técnicas isométricas, la debilidad específica muscular puede detectarse y pueden realizarse ejercicios de fortalecimiento con el ángulo apropiado de la articulación. Si bien tanto el método isométrico como el isotónico pueden aumentar la fuerza, este último es el más conveniente y con el movimiento específico del gesto deportivo.

El inconveniente del entrenamiento estático - isométrico es que existe una disminución de la coordinación neuromuscular, del sentido cinestésico del movimiento y de la flexibilidad y movilidad articular. Por esta razón cuando se realiza tensión isométrica, es necesario realizar trabajos complementarios para evitar dichos trastornos, como por ejemplo alternar las contracciones isotónicas con las isométricas.

Los progresos en el entrenamiento isométrico son más rápidos durante las primeras etapas del entrenamiento con respecto al isotónico. Los beneficios del trabajo isométrico son muy limitados para un deportista muy entrenado. La tensión isométrica no puede ser utilizada para el desarrollo de la potencia muscular y por supuesto mucho menos para la fuerza explosiva y movimientos veloces.

La tensión isométrica es muy útil para personas de vida sedentaria, imposibilitadas de concurrir a centros deportivos y no tienen necesidad de rendimiento atlético; como así también es eficaz para la recuperación de lesiones musculares. También es de gran ayuda para la memorización de determinada actitud, ángulo de un recorrido (subsana puntos débiles en el recorrido articular) o aprendizaje - corrección de una técnica deportiva.

Las contracciones isométricas no están indicadas para cardíacos o personas mayores con presión alta. Cuanto mayor es la tensión, menor será el aprovisionamiento de oxígeno (por "estrangulamiento de los capilares"). A partir del 20 % de la fuerza isométrica máxima, se ve perturbada la circulación sanguínea. En el 50 % de la fuerza isométrica máxima existe una obturación total de los vasos. Por lo tanto la FIM tendrá una expresión aeróbica, anaeróbica o aeróbica-anaeróbica.

Entrenamiento Pliométrico

Los ejercicios pliométricos se basan en una puesta en juego del máximo de poder muscular en un mínimo de tiempo, logrando la mayor potencia. Se considera que la contracción concéntrica de un músculo es mucho más fuerte si sigue inmediatamente a una contracción excéntrica de mismo músculo, es decir si previo al acortamiento ha existido una pretensión. Los músculos se contraen con más fuerza y rapidez si son antes pretensados. Se aprovecha la energía liberada por el músculo al caer desde una altura para luego realizar un salto. Se realiza una contracción excéntrica, pasando por una isométrica y finalmente una contracción concéntrica.

Proceso de comprensión y análisis

1. Relacionar y definir los componentes fundamentales de la fibra muscular
2. Relacionar los componentes de la unidad motora
3. Cuales son las características básicas de las fibras musculares de contracción lenta y de contracción rápida.
4. Diferenciar y dar dos ejemplos de acciones concéntricas, estáticas, y excéntricas.

Solución de Problemas

1. Nombre tres diferencias fundamentales entre los músculos esqueléticos, lisos y cardíaco.
2. Que pasaría si en un accidente la conexión nerviosa con los músculos de los miembros inferiores se pierde.
3. Explique porque los hombres pueden generar mayor fuerza que las mujeres.
4. Cual método para el desarrollo de la fuerza utilizaría usted para sus estudiantes de la clase de educación física.
5. Cuales serían las consecuencias de la disminución del calcio

Síntesis Creativa y Argumentativa

- Cuales considera usted las proteínas más importantes para que se produzca la contracción muscular.
- Cuales serían los beneficios de realizar un programa dirigido a mejorar la capacidad de fuerza.
- Cual considera usted es el tipo de fuerza más importante para los deportes de contacto.
- Como propondría usted el trabajo de fuerza en los niños menores de 12 años.

Autoevaluación

- Realizar un recuento sobre los procesos que dan en la activación muscular
- Generar y comprobar hipótesis sobre el mecanismo de los calambres musculares

Repaso significativo

- Realizar un cuadro relacional entre los deportes que se practican en su región y los tipos de fibra que este necesitaría.
- Esquematice la composición de los músculos esqueléticos desde la parte externa hasta los componentes proteínicos contráctiles.

Bibliografía sugerida.

- WILMORE, J.L., y COSTILL, D.L. (2003). Fisiología del Ejercicio y del Deporte. 5 ed. Barcelona:Paidotribo.
- SIFF, M., y VERKHOSHANSKY, Y. (2000). Superentrenamiento. Barcelona:Paidotribo.
- ENOKA, R.M. (1988). Neuromechanical Basis of Kinesiology. Champaign: Human Kinetics.
- BOMPA, T.O. (2000). Periodización del entrenamiento deportivo. Barcelona: Paidotribo.
- BOSCO, C. La fuerza muscular: aspectos metodológicos. Zaragoza: Inde.
- GONZALEZ, J.J. y RIBAS, J. (2002). Bases para la programación del entrenamiento de la fuerza. Zaragoza: INDE.
- GONZALEZ, J.J. y GOROSTIAGA, E. (1998). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. Zaragoza: INDE.

UNIDAD IV. SISTEMA CARDIORESPIRATORIO.

Descripción Temática

En esta unidad nos centraremos en el trabajo de los sistemas directamente relacionados a la capacidad de captar y transportar el oxígeno a nuestros músculos como materia prima en la realización de la combustión de la energía celular, y por ende de la posibilidad de mantener al cuerpo con la energía necesaria para ejecutar los movimientos de nuestra vida diaria. Ellos de una forma coordinada pueden sufrir alteraciones cuando se está sometido al ejercicio y sin la eficiencia de estos sería imposible el logro de resultados deportivos, ellos también son los sistemas que más posibilidad adaptación pueden lograr cuando se entrena con regularidad, de hay que el ejercicio contribuya a el logro de una buena salud por encima de los estándares de sanidad establecidos.

Horizontes

- Conocer el funcionamiento del sistema cardiovascular
- Conocer el funcionamiento del sistema respiratorio
- Saber como interactúan estos sistemas con el sistema muscular
- Identificar como están estructurados y como cada unidad ejerce sus tareas de forma eficiente
- Evaluar la eficiencia de los sistemas cardiovascular y respiratorio cuando realizamos una actividad física.
- Conocer los principales medios para el mejoramiento de su función.

Núcleos Temáticos y Problemáticos

- Anatomía y fisiología del Sistema cardiovascular
- Sistema eléctrico de conducción
- Alteraciones cardiológicas
- electrocardiografía
- Sistema respiratorio
- Evaluación de la función pulmonar.

Proceso de información

Generalidades del sistema cardiovascular

Analizaremos la estructura y función del sistema cardiovascular y como estos pueden alterados cuando están sometidos a cargas de trabajo físico, como responden y como se adaptan de una manera eficiente a las exigencias deportivas.

También conoceremos el sistema respiratorio y como este aporta el oxígeno a los músculos en perfecta coordinación con la circulación para que ellos puedan emplear este elemento fundamental para generar energía, al final describiremos como evaluar la eficiencia de los sistemas con unas pruebas básicas de espirometría, que nos permitirán establecer si los pacientes presentan alguna obstrucción o una restricción al aire que proviene del ambiente

Nuestro organismo, que está compuesto por millones de células, necesita para su normal funcionamiento oxígeno y sustancias generadoras de energía. Estos elementos vitales se encuentran en la sangre, y es el aparato circulatorio el encargado de realizar su distribución por todo el organismo. Es decir, es un sistema de bombeo continuo en circuito cerrado, formado por un motor, que es el corazón; los conductos o vasos sanguíneos, que son las arterias, venas y capilares; y el fluido que transita por ellos, la sangre.

Además de transportar los elementos nutritivos, este centro de distribución cumple otras funciones primordiales, como el transporte de algunas hormonas, la eliminación de los productos finales del metabolismo y la regulación de la temperatura.

Sistema cardiovascular

El Corazón

Se puede comparar con un trabajador incansable, que día y noche bombea el líquido que nos mantiene vivos: la sangre. Se calcula que el corazón late a un promedio de 70 veces por minuto en estado de reposo. Tiene forma de pera, mide 12,5 centímetros de longitud y pesa aproximadamente 450 gramos.

Este poderosísimo órgano se encuentra situado en el interior del tórax, entre ambos pulmones. Está formado por un músculo hueco llamado miocardio, el que a su vez se recubre en el lado interno y externo por el endocardio y el pericardio, respectivamente.

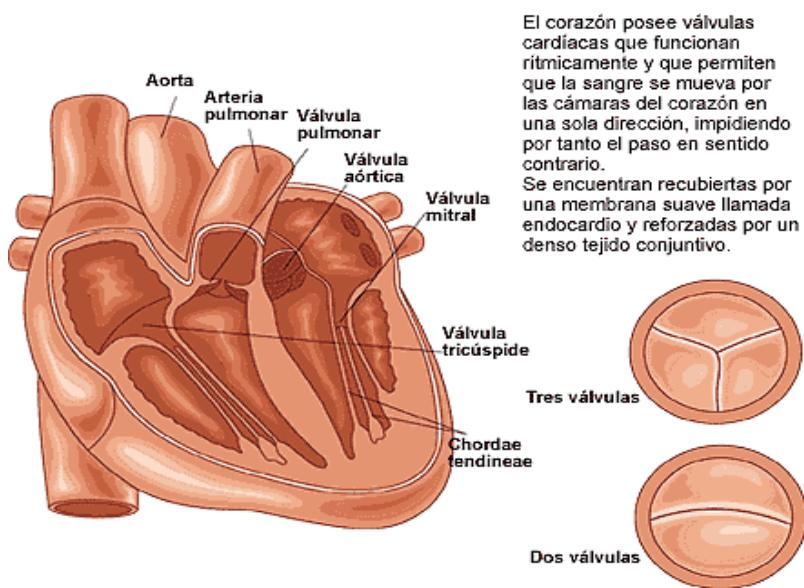
Posee cuatro cavidades: dos superiores, llamadas aurículas, y dos inferiores, los ventrículos. Estas cavidades están separadas por tres tipos de tabiques: el interauricular, que divide las aurículas; el interventricular, que divide los ventrículos, y el auriculoventricular, que separa las aurículas de los ventrículos. Ahora que ya sabemos cómo está formado nuestro corazón, te habrás preguntado cómo se comunican sus cavidades, si aparentemente hay tabiques que las separan. Pues bien, te lo vamos a explicar: la aurícula derecha comunica con el

ventrículo derecho por un orificio llamado auriculoventricular derecho. En los bordes de este agujero se sitúa la válvula tricúspide.

La aurícula izquierda hace lo mismo con el ventrículo izquierdo a través del orificio auriculoventricular izquierdo, en cuyos contornos se encuentra la válvula mitral o bicúspide.

Estas válvulas son sumamente importantes, por cuanto dejan pasar la sangre desde las aurículas hacia los ventrículos, pero impiden el paso en sentido contrario. Otras dos válvulas, denominadas pulmonar y aórtica, evitan que la sangre que está en las arterias refluja hacia los ventrículos.

Tránsito en un solo sentido



La principal acción que ejecuta nuestro corazón es la contracción, por lo que existen en él unos centros nerviosos -de células altamente especializadas- capaces de provocar impulsos rítmicos que ocasionan el latido cardíaco. Este sistema está formado por cuatro estructuras, que son: el nódulo sinoauricular, el nódulo auriculoventricular, el fascículo auriculoventricular de His y las fibras de Purkinje.

La conducción de los impulsos en el corazón, en estado normal, se inicia en el nódulo sinoauricular y se propaga a través del fascículo de His por las fibras de Purkinje, desde donde llega a los músculos papilares y las paredes ventriculares, donde tiene lugar el estímulo contráctil.

La actividad del corazón consiste en la alternancia sucesiva de un movimiento de contracción, llamado **sístole**, y uno de relajación, denominado **diástole**, de las paredes musculares de aurículas y ventrículos. Este proceso se puede resumir en las siguientes etapas:

- 1.** La aurícula se encuentra en diástole (relajación) y recibe la sangre que viene por las venas hasta llenarse.
- 2.** Se produce la sístole (contracción) auricular que envía la sangre al ventrículo a través del orificio auriculoventricular. Esta contracción no es muy energética, porque la sangre pasa al ventrículo, que está muy cerca.
- 3.** Una vez lleno el ventrículo, se contrae a su vez. Esta sístole (contracción) impulsa la sangre hacia la arteria, cuyas válvulas están abiertas. La sangre no puede retroceder a la aurícula porque las válvulas aurículo-ventriculares se cierran. Esta contracción es muy energética, porque el ventrículo izquierdo debe impulsar la sangre a todo el cuerpo.
- 4.** Una vez en la arteria, la sangre no puede retroceder al ventrículo, porque se cierran las válvulas sigmoideas.
- 5.** Terminada la sístole ventricular, se inicia la diástole (relajación) general del corazón.

El ciclo completo que tiene una duración aproximada a los 0.8 segundos- se puede dividir, en términos generales, en tres períodos. El primero, donde se contraen las aurículas; el segundo, donde se produce la contracción de los ventrículos; y el tercero, en que tanto las aurículas como los ventrículos permanecen en reposo.

Presión Arterial

Cada célula tiene sus propias necesidades de alimento y energía, que han de ser satisfechas por un sistema de abastecimiento común. Las células precisan de oxígeno y alimento, proporcionados por la sangre, que tiene que llegar a cada parte del cuerpo a la presión adecuada, ya que si es muy baja estos nutrientes no podrán llegar a su destino, y si es muy alta se corre el riesgo incluso de dañar a las células que debe nutrir.

La presión arterial es un índice de diagnóstico importante, en especial de la función circulatoria. El corazón puede impulsar hacia las grandes arterias un volumen de sangre mayor que el que las pequeñas arteriolas y capilares pueden absorber. Es por esto que cualquier trastorno que dilate o contraiga los vasos sanguíneos, afecte su elasticidad o interfiera con la función de bombeo, afecta a la presión sanguínea.

En las personas sanas, la presión arterial normal se suele mantener dentro de un margen determinado, que se calcula en base a dos valores: el punto máximo en que el corazón se contrae para vaciar su sangre en la circulación (sístole), y el punto mínimo en que el corazón se relaja para llenarse con la sangre que regresa de la circulación (diástole).

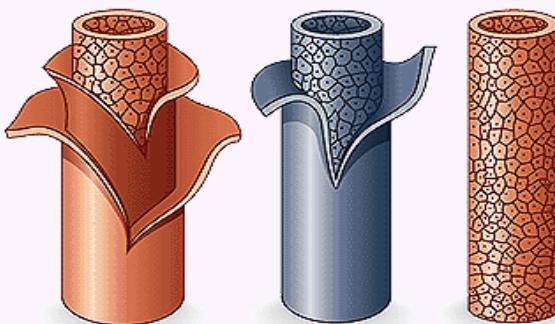
La presión se mide en milímetros de mercurio, con la ayuda de un instrumento denominado esfigmomanómetro.

Arterias, venas y capilares.

El sistema de canalizaciones de nuestro cuerpo está constituido por los vasos sanguíneos, que según su diámetro se clasifican en: *arterias, venas y capilares*. Por esta estructura de conductos grandes y pequeños, circula la totalidad de nuestra sangre una y otra vez.

Estructura de los vasos sanguíneos

Las arterias, venas y capilares constituyen la red por donde circula diariamente una cantidad de entre 5 y 6 litros de sangre. Estos vasos están formados primordialmente por tejido conjuntivo, endotelial y fibras musculares.



A) Las arterias tienen tres capas: una interna o endotelial, una media, formada por fibras musculares y elásticas, y una externa constituida por fibras conjuntivas

B) Las venas tienen dos capas: una interna o endotelial y una externa formada por fibras musculares, elásticas y conjuntivas.

C) Los vasos capilares tienen solamente una capa, formada por células endoteliales.

Las Arterias

Son tubos que parten del corazón y se ramifican como lo hace el tronco de un árbol. Tienen paredes gruesas y resistentes formadas por tres capas: una interna o endotelial, una media con fibras musculares y elásticas, y una externa de fibras conjuntivas.

Llevan sangre rica en oxígeno, y según la forma que adopten, o hueso y órgano junto al cual corran, reciben diferentes denominaciones, tales como humeral, renal o coronaria, entre otras.

Las venas

Una vez que la sangre ha descargado el oxígeno y recogido el anhídrido carbónico, este fluido emprende el viaje de regreso hacia el corazón y los pulmones a través de las venas. Estos conductos constan de dos capas, una endotelial y otra formada por fibras elásticas, musculares y conjuntivas. A diferencia de las arterias, sus paredes son menos elásticas, y cada cierta distancia poseen válvulas que impiden que la sangre descienda por su propio peso.

Los capilares

Los vasos sanguíneos se hacen cada vez más finos a medida que se van ramificando en el cuerpo. Formados por una sola capa de células, la endotelial, esta red, por su extrema delgadez, facilita su función de intercambio gaseoso entre la sangre y los tejidos o entre la sangre y el aire que ha penetrado en los pulmones.

En la entrada de estos pequeños tejidos hay unas franjas que se distienden o contraen para permitir o impedir el paso de la sangre. En todo el cuerpo se estima que hay más de 60 mil kilómetros de ellos, siendo el punto más lejano del viaje que hace la sangre, y el lugar de aprovisionamiento de todos los tejidos y órganos, porque cada una de las células del cuerpo está a menos de 0,2 milímetro de un capilar.

El corazón recibe el aporte sanguíneo a través de dos arterias denominadas coronarias, derecha e izquierda. Ambas salen de la aorta, la gran arteria que recibe la sangre del ventrículo izquierdo, casi inmediatamente después de las válvulas aórticas.

Las arterias coronarias no están aisladas entre sí; cada una de ellas es responsable de suministrar sangre a un área cardíaca, en un complejo de ramificaciones que constituyen una red de vasos de menor calibre unidos los unos con los otros. Luego, por un proceso de repetidas divisiones, las arterias más pequeñas van disminuyendo de calibre hasta convertirse en capilares que se hallan distribuidos por toda la masa del corazón, en contacto íntimo con el miocardio. Es aquí donde sus finas paredes permiten el paso del oxígeno y los nutrientes, además de recoger anhídrido carbónico, ácido láctico y otros productos de desecho desde las células cardíacas.

Los capilares se reúnen nuevamente en vasos de mayor diámetro, hasta formar las venas coronarias que drenan la sangre en la aurícula derecha. Se estima que aproximadamente una vigésima parte de la sangre que bombea el corazón sirve para su propio mantenimiento.

Ejercicio cardiovascular

El ejercicio cardiovascular comprende todos aquellos movimientos que van a alterar la frecuencia cardiaca en reposo mediante cualquier movimiento, es decir, el hecho de desplazarte de un lado a otro o realizar un movimiento un tanto acelerado, implica un efecto cardiovascular, por ejemplo el subir las escaleras de tu casa implica un trabajo de este tipo, lo cual no quiere decir que se convierta o llegue a producirse un efecto aeróbico y por tanto pierdas grasa si lo haces constantemente.

La mayoría de las personas que acuden a un gimnasio siempre buscan el área de ejercicio cardiovascular y clases de ejercicios aeróbicos “para perder grasa y tonificar”.

El entrenamiento con Resistencia Progresiva (Pesas) definitivamente no figura en sus planes porque no les gusta sentir dolor o peor aún, piensan que la grasa se les pondrá dura, siento mucho decirles que para que nuestras sesiones de cardiovascular sean productivas, debemos estar trabajando con la frecuencia cardiaca de entrenamiento correcta, sólo de esa forma, sabremos que se está llegando satisfactoriamente al umbral aeróbico, lo que garantiza que ocurra la Beta-oxidación, proceso mediante el cual se lleva a cabo el transporte de ácidos grasos al interior de la célula en la mitocondria para ser usados como fuente energética y aunque no exista dolor muscular hay un agotamiento exhaustivo.

El ejercicio aerobio recibe su combustible inicial de las moléculas de glucosa almacenadas como glucógeno en los propios músculos, pero luego de unos pocos minutos los músculos dependen más y más de los ácidos grasos liberados en la sangre por el tejido adiposo (grasa). Cuanto mayor sea el periodo de ejercicio, mayor la dependencia de ácidos grasos.

Así que los ejercicios aerobios como correr, montar bicicleta , remar , etc. a una intensidad adecuada y por un periodo mínimo de 35 minutos tiempo en el que se alcanza el umbral aeróbico de tu programa de ejercicio cardiovascular intenso constituye una de las mejores formas de reducir el contenido de grasa de tu cuerpo.

Por otro lado, el ejercicio aeróbico, implica que la frecuencia cardiaca se eleve en promedio, a un 70 % de tu máxima capacidad; algo realmente difícil de alcanzar y para las personas promedio y más aún, mantenerlo constante.

Sabiendo esto, quisiera darte una breve explicación de la formula típica que se emplea para determinar que tu ejercicio cardiovascular sea realizado de manera que te permita alcanzar la fase aeróbica.

Esta es la frecuencia común dentro del trabajo cardiovascular y se llama formula de Karvonen:

Frecuencia Cardiaca De Entrenamiento Máximo

Se obtiene realizando la siguiente operación, (Ejemplo realizado para una persona de 25 años de edad).

$$220 - \text{edad} \times 0.65$$

Es decir

$$220 - 25 \times 0.65 = 126.75 \text{ latido por minuto.}$$

Existen algunos aparatos que miden la frecuencia cardiaca por medio de una banda que se coloca alrededor del torso y capta la señal de tus latidos enviándolas a un reloj o los censores que se encuentran en las máquinas de cardio que funcionan como parámetros (aunque no muy exactos) para determinar el número de pulsaciones por minuto, nos pueden dar una referencia pero lo ideal es que aprendas a medirte tu frecuencia cardiaca.

Determinar La Intensidad Del Entrenamiento

Lo anterior, lo podrás determinar mediante el pulso radial, que se ubica en la muñeca, o el pulso carótido que se encuentra a lado de la tráquea.

Deberás comenzar tu entrenamiento y aproximadamente a los 5 minutos de estar haciéndolo de forma intensa, detente, toma tu dedo índice y medio y toca la zona lateral izquierda de tu cuello y cuenta los latidos que estás dando durante los próximos 15 segundos; posteriormente, multiplícalos por cuatro, y tendrás el resultado.

Si la cantidad de latidos no se acerca al resultado que obtuviste en la fórmula, deberás poner más resistencia a la máquina, o aumenta tu velocidad.

Debes realizar cada sesión con la mayor intensidad posible, tomando en cuenta tu capacidad cardiovascular, edad, lesiones (si existen) y el objetivo que quieras alcanzar.

La mayoría de las personas al iniciar ésta práctica no son tri-atletas; tal vez jamás lo han practicado de manera correcta, fuman mucho, tienen problemas cardiopulmonares, o han sido personas sedentarias por mucho tiempo, y esto, claro, disminuye la capacidad de poder realizar este tipo de trabajo de forma adecuada.

¿Cómo empezar correctamente un entrenamiento cardio?

Una buena sesión de cardio, no te permite estar hablando, dado que hay una deuda de oxígeno, tu respiración debe estar sumamente agitada, no importa el nivel de resistencia o inclinación que manejes en la máquina debido a que todos tenemos una condición cardiopulmonar diferente, y por tanto una resistencia diferente.

Uno de los grandes beneficios del ejercicio cardiovascular realizado durante un periodo de tiempo prolongado es originar hipertrofia del músculo cardiaco y también aumento de volumen de sus cavidades ventriculares.

En consecuencia, aumenta la fuerza del corazón y su eficacia. Por esta razón, el corazón de un atleta es mucho más poderoso que el de una persona normal y la capacidad que éste tiene para aumentar su gasto cardiaco y demandar cantidades elevadas de oxígeno y otros nutrientes a sus tejidos.

La capacidad del sistema circulatorio para adaptarse al ejercicio es tan importante como los propios músculos para alcanzar un óptimo desarrollo físico. Estos, son solo algunos beneficios que se pueden obtener al realizar regularmente este tipo de entrenamiento, así que por cuestiones de salud principalmente no debemos pasarlo por alto.

Sistema Respiratorio

Para funcionar, las células de tu cuerpo necesitan oxígeno. El sistema respiratorio es el que se encarga de suministrar este elemento a la sangre, para que esta lo distribuya a todos los tejidos de tu cuerpo. Sin embargo, a causa del metabolismo celular (conjunto de cambios químicos y biológicos), en el organismo se forma un compuesto gaseoso llamado anhídrido carbónico, que carece de utilidad y es muy tóxico, por lo que debe ser eliminado, función que también cumple este sistema.

Aparato respiratorio.



El sistema respiratorio está formado principalmente por dos grandes secciones:

- las vías respiratorias, es decir, el conjunto de estructuras formado por la cavidad nasal, la faringe, laringe, tráquea, bronquios y subdivisiones más pequeñas. Esta sección es la encargada de permitir la entrada de aire a las superficies respiratorias;
- el aparato pulmonar, donde se efectúan los intercambios gaseosos entre el aire del ambiente y la sangre.

Debido a la naturaleza gaseosa de sus contenidos, las vías respiratorias están cubiertas por una armazón ósea o cartilaginosa, que hace posible mantener abiertos estos caminos para que el aire pueda pasar libremente.

Las Fosas Nasales

El aire debe recorrer un largo camino por tu cuerpo para completar el proceso de la respiración. El primer tramo que recorre está formado por las fosas nasales, esas dos cavidades alargadas que observas ubicadas en medio de tu cara, con dos pares de aberturas, unas anteriores y otras posteriores. Las primeras están situadas en la nariz, y se mantienen en contacto con el exterior. Las segundas, llamadas coanas, comunican con el interior.

Las paredes de las fosas nasales están recubiertas por una mucosa, denominada pituitaria, que presenta tres protuberancias, conocidas como cornetes. Cuando el aire pasa por este sector, es entibiado por la gran superficie mucosa del tabique

nasal y de los cornetes, siguiendo su calentamiento durante el paso por las vías respiratorias hasta llegar a los bronquios, con una temperatura adecuada que no produzca ningún tipo de efecto nocivo.

Por si no sabías, el aire que aspiras transporta una gran cantidad de partículas de polvo. Los pelos existentes en el interior de la nariz solo son capaces de detener las de mayor tamaño. El polvo es eliminado gracias a la actuación conjunta de los cilios vibrátiles -pelos que actúan como pestañas- y del moco que se acumula en esa área.

La Faringe

A continuación de las fosas nasales nos encontramos con la faringe, que tiene la característica de ser un segmento común al sistema respiratorio y al sistema digestivo. Se extiende desde la base del cráneo hasta la sexta vértebra cervical. De 13 centímetros de largo, se divide en tres partes: porción nasal o rinofaringe; porción bucal u orofaringe; y porción laríngea o laringofaringe.

La rinofaringe o nasofaringe, se encuentra detrás de la fosas nasales y por sobre el nivel del paladar membranoso. Excepto este último, sus paredes no tienen movimiento, lo que significa que su cavidad jamás podrá obstruirse. En esta región se acumula un tejido linfático, muy desarrollado en los niños, llamado amígdalas nasofaríngeas, que cuando sufren de hipertrofismo -crecen mucho- reciben el nombre de adenoides.

Por su parte, la orofaringe se encuentra limitada arriba por el paladar y abajo por el borde superior de la epiglotis, que es un cartílago que cubre la abertura de la laringe cuando comes, evitando así que el alimento entre en la tráquea. Contiene las amígdalas palatinas, dos masas de tejido linfoide ubicadas en las paredes laterales de la porción bucal de la faringe. Las amígdalas son de tamaño variable, y muchas veces son víctimas de inflamaciones, lo que conocemos como amigdalitis. La laringofaringe es la parte inferior de esta cadena, y se extiende desde el borde superior de la epiglotis hasta el borde inferior del cartílago cricoide.

Como puedes ver, la faringe es solo un lugar de paso, y tiene una estructura acorde a su función, ya que está revestida por una capa mucosa que se encarga de atrapar las partículas de polvo que llegan a este lugar, y que son expulsadas a través de la tos o, en el peor de los casos, tragadas.

La etapa faríngea de la deglución es un acto absolutamente reflejo e involuntario. Durante uno o dos segundos, la respiración se inhibe o frena para dar paso a este

proceso; sin embargo, al ser una acción involuntaria, no alcanzas a darte cuenta de que por un momento has dejado de respirar.

La laringe

Si bien la faringe interviene en la emisión de la voz, es la laringe la gran responsable de que otros oigan tus palabras. Está compuesta por muchas piezas cartilaginosas, y se encuentra entre la raíz de la lengua y la tráquea. Además, contiene las cuatro cuerdas vocales que te ayudan a hablar; dos son llamadas cuerdas falsas, y las dos restantes, cuerdas verdaderas, pues son las que realmente intervienen en la emisión de la voz.

La cavidad de la laringe se divide en tres partes: parte superior o vestíbulo, ubicada sobre la cuerda vocal superior, y que tiene un orificio que comunica con la laringe y la epiglotis, e interiormente con la glotis; parte media o glotis, situada entre la cuerda vocal superior e inferior; y una parte inferior, que comunica con la tráquea.

La laringe es un órgano móvil, ya que se mueve con la fonación, la voz y la deglución. Y es durante esta última que adquiere mayor movilidad; es llevada hacia arriba y adelante en su totalidad, apartando a la glotis del paso de los alimentos, que se escurren por los lados de la epiglotis. Esto es lo que te explicábamos anteriormente -al dejar de respirar por unos segundos-, evitando la penetración de los alimentos en la tráquea.

Las cuerdas vocales se encuentran sobre la base de la laringe e integran la emisión de la voz. Los sonidos logran salir al exterior cuando el aire que respiras pasa a través de ellas, que se encuentran juntas y tirantes. **La tos**

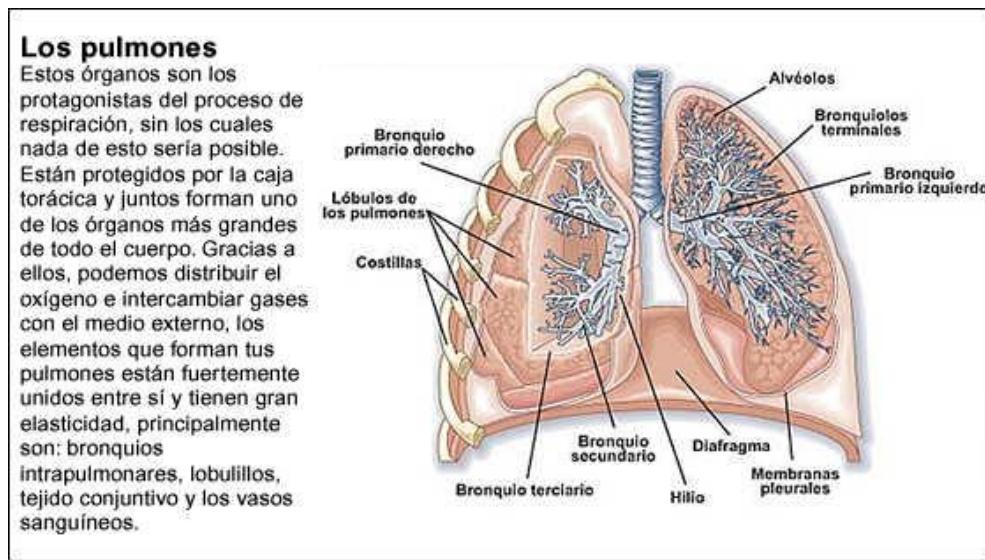
La tos se produce cuando el aire que inhalas del exterior estimulan las células nerviosas receptoras de la laringe, la tráquea y los bronquios. Mediante una señal nerviosa, se emite una respuesta que expelle los irritantes del cuerpo, lo que se conoce como **tos**.

- 1.** La epiglotis está en lo alto de la laringe y se inclina hacia abajo durante la inhalación, lo que cierra las cuerdas vocales y atrapa el aire en los pulmones.
- 2.** El diafragma se eleva y los músculos del abdomen se contraen comprimiendo los pulmones. El aire del espacio más pequeño de la cavidad del pecho aumenta su presión.
- 3.** Cuando la presión llega a un punto muy elevado, la epiglotis se inclina hacia arriba y las cuerdas se separan, obligando al aire a salir por la vía respiratoria

La tráquea

Bajando por la laringe nos encontramos con la tráquea, un tubo cartilaginoso y membranoso que mide entre 10 y 11 centímetros con un diámetro igual al de tu dedo índice. Sus paredes son bastante resistentes, gracias a los 20 anillos cartilaginosos que posee. Aproximadamente la mitad de la tráquea se encuentra en el cuello y la otra mitad en el tórax. A la altura del esternón -ese hueso en forma de espada que tienes en la mitad de la caja torácica- se divide en dos bronquios, uno derecho y otro izquierdo, que se dirigen hacia los pulmones.

La tráquea está internamente recubierta por una capa de mucosa, que es una continuación de la que se halla en la laringe, y su superficie está revestida de una película de moco, en el cual se adhieren las partículas de polvo que han logrado atravesar las vías respiratorias superiores. Este moco no solo retiene el polvo, sino que además actúa como bactericida.



Vimos que luego de pasar por las fosas nasales, el aire circula por la faringe y llega a la tráquea, que se divide en dos bronquios, cada uno de los cuales penetra en un pulmón. Los pulmones son los órganos de la respiración donde se produce la hematosis, proceso durante el cual los glóbulos rojos absorben oxígeno y se liberan del anhídrido carbónico. Protegidos por las costillas, se encuentran en la caja torácica, a ambos lados del corazón, separados por el mediastino, nombre que recibe el espacio entre cada uno de ellos.

Parecidos a un par de esponjas, forman uno de los órganos más grandes de tu cuerpo. Su función esencial, compartida con el sistema circulatorio, es la distribución de oxígeno y el intercambio de gases. Tienen la capacidad de aumentar de tamaño cada vez que inspiras y de volver a su tamaño normal cuando el aire es expulsado.

Las Pleuras

El pulmón está recubierto por una membrana serosa que presenta dos hojas, una que se adhiere a los pulmones, llamada pleura visceral, y otra que tapiza el interior de la cavidad torácica, denominada pleura parietal. Estas dos capas se encuentran en contacto, deslizándose una sobre otra cuando tus pulmones se dilatan o contraen. Entre ellas se encuentra la cavidad pleural, que se encarga de almacenar una pequeña cantidad de líquido, cumpliendo una función lubricadora. Pero la misión principal de la membrana pleural es evitar que tus pulmones rocen directamente con la pared interna de la cavidad torácica, manteniendo una presión negativa que impide el colapso de los pulmones.

Árbol bronquial.

Ya habíamos visto que a partir de la tráquea nacen los bronquios. Estos se abren en dos ramas que penetran en cada uno de tus pulmones, junto con vasos sanguíneos y nervios; son estas ramificaciones las que reciben el nombre de árbol bronquial. Al entrar en los pulmones se producen varias bifurcaciones a medida que los bronquios se hacen más estrechos. Estas ramitas más delgadas del árbol, de solo un mm de anchura, son lo que conocemos como bronquiolos.

Los bronquios cumplen también una función motora. Cuando inspiras, el árbol bronquial se ensancha y alarga, lo que facilita la circulación del aire hacia los alvéolos. Además, también se preocupan de colaborar con la acción de los cilios que se encuentran en la mucosa para evitar que entren partículas extrañas a tus pulmones, todo esto mediante un movimiento de las paredes bronquiales.

El Proceso De Respiración

Nuestro cuerpo no puede almacenar oxígeno, por lo que es imprescindible respirar día y noche para que el aire entre y salga de los pulmones. La velocidad y profundidad de la respiración es algo relativo, que controlan -específicamente- procesos involuntarios en el tronco cerebral. Como ya te contamos anteriormente, este proceso es absolutamente automático e involuntario, al punto de poder adaptarse a las necesidades de tu organismo.

La acción de respirar consiste en transportar el aire a los pulmones para que la sangre se nutra de oxígeno y se purifique, para luego expulsar el anhídrido carbónico del cuerpo.

Cada vez que respiras se producen dos movimientos que ya conoces: inspiración y espiración; es decir, entra y sale el aire. En esta etapa se intercambia más de medio litro de aire

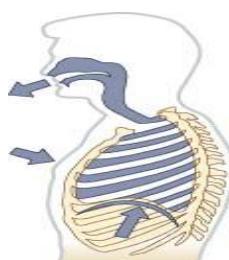
Inspiración

Al inspirar y espirar realizamos ligeros movimientos que hacen que los pulmones se expandan y el aire entre en ellos mediante el tracto respiratorio. El diafragma -que también interviene en este proceso- hace que el toráx aumente su tamaño, y es ahí cuando los pulmones se inflan realmente. En este momento, las costillas se levantan y se separan entre sí. Esto es la inspiración



Espiración

Por el contrario, en la espiración, el diafragma sube, presionando los pulmones y haciéndoles expulsar el aire por las vías respiratorias. Aquí, las costillas descienden y quedan menos separadas entre sí y el volumen del tórax disminuye.



Membrana respiratoria:

Lugar donde se produce el intercambio de gases entre el aire en los alveolos y la sangre en los capilares, y esta compuesta de: a) la pared alveolar, b) pared capilar y c) sus membranas subyacentes. La membrana es muy delgada midiendo sólo entre 0,5 y 4,0 um. En consecuencia, los gases en los casi 300 millones de

alvéolos están muy próximos a la sangre circulante a través de los capilares. No obstante esta membrana ofrece una barrera potencial para el intercambio de los gases.

Presiones parciales de los gases: El aire que respiramos es una mezcla de gases, cada uno con una determinada presión proporcional a su concentración en la mezcla de gases. Las presiones individuales de cada gas en la mezcla recibe el nombre de presiones parciales. Consideremos el aire que respiramos esta compuesto por: 79,04 de N₂, 20,93% de O₂ y un 0,03 de CO₂ , A nivel del mar la presión atmosférica es de 760 mmhg que es la estándar por lo que a cada gas correspondería PN (600,7 mmhg) PO₂ (159mmhg) y PCO₂ (0,3 mmhg).

Los gases se disuelven en nuestro cuerpo en fluidos tales como el plasma sanguíneo. Según la ley de Henry, los gases se disuelven en líquidos en proporción a sus presiones parciales, dependiendo también de sus solubilidades en los fluidos específicos y de la temperatura. La solubilidad de un gas permanece relativamente constante. Por lo tanto, el factor más crítico para el intercambio de gases entre los alvéolos y la sangre es el gradiente de presión entre los gases en las dos áreas. Ello forma la base del intercambio de gases durante la difusión pulmonar, si las presiones de los gases fueran iguales a cada lado de la membrana los gases estarían en equilibrio y sería poco probable que se movieran.

La PO₂ en los alvéolos es de 104mmhg y en los capilares es de 45mmhg, lo que significa que el gradiente de presión para el oxígeno es de 55- 65 mmhg , por lo tanto la sangre que abandona los pulmones a través de las venas pulmonares para volver al lado sistémico del corazón tiene un rico aporte de oxígeno para suministrarlo a los tejidos.

El ritmo a que se difunde al oxígeno se llama capacidad de difusión de oxígeno. En reposo alrededor de 23 ml de oxígeno se difunden por la sangre pulmonar cada minuto por cada 1mmhg de diferencia de presión. Durante la realización de un esfuerzo máximo el consumo de oxígeno puede incrementarse hasta 45 ml/kg/min en personas no entrenadas y hasta 80ml/kg/min en deportistas de resistencia.

El intercambio de CO₂ se mueve también por un gradiente de presión la sangre que pasa a través de los alvéolos tiene un PCO₂ de unos 45mmhg y en los alveolos el aire tiene un PCO₂ de 40mmhg, siendo su gradiente de presión relativamente pequeño sólo 5 mmhg, pero la solubilidad del CO₂ es de 20 veces superiores al oxígeno ya que puede difundirse a través de la membrana respiratoria con mucha mayor rapidez.

El transporte de los gases

el oxígeno se transporta por la sangre combinado con la hemoglobina de los glóbulos rojos, o disuelto en el plasma en un 2%, , cada molécula de hemoglobina puede transportar cuatro moléculas de oxígeno en forma de oxihemoglobina. Cada 100 ml de sangre contiene un promedio de 14 a 18 gramos de hemoglobina en los hombres y de 12 a 16 gramos en las mujeres, cada gramo de Hb puede combinarse con alrededor de 1,34 ml de oxígeno, por lo que la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre es de 16 a 24 ml por cada 100ml cuando la sangre esta totalmente saturada de oxígeno. Las personas con bajos contenidos de Hemoglobina (anemia) tienen capacidades de transporte de oxígeno reducidas, esto limita la reducción del rendimiento y la producción de energía.

El CO₂ también depende de la sangre para su transporte principalmente de tres maneras:

- a) Disuelto en el plasma
- b) Como iones de bicarbonato resultantes de la disociación del ácido carbónico
- c) Combinado con la hemoglobina.

Dióxido de carbono disuelto: solo una pequeña cantidad es liberado de esta manera de 7 a 10%. Este dióxido de carbono disuelto abandona la solución donde la PCO₂ es baja como, por ejemplo, en los pulmones, allí sale de los capilares hacia los alvéolos para ser espirado.

La forma de iones de bicarbonato es el responsable de entre 60 y 70% del dióxido de carbono en sangre las moléculas de dióxido de carbono y de agua se combinan para formar ácido carbónico (H₂CO₃). Este ácido es inestable y se disocia con rapidez, liberando un ion hidrógeno (H⁺) y formando un ion bicarbonato (HCO₃⁻). Posteriormente el Ion H se combina con la hemoglobina y esta combinación provoca un efecto Borg, mediante este mecanismo la hemoglobina actúa como un amortiguador, combinando y neutralizando los H⁺ y previniendo cualquier acidificación significativa en la sangre.

Control de la respiración:

El ritmo básico de la respiración se encuentra controlado por diferentes áreas del sistema nervioso que se localizan en el bulbo raquídeo y en la protuberancia. La adaptación respiratoria es posible gracias al centro respiratorio. Los músculos del tórax se contraen y relajan de forma rítmica gracias a impulsos nerviosos cíclicos

que proceden de ambos lados de la sustancia reticular del tronco del encéfalo, el centro respiratorio esta formado por varias áreas:

- A) Rítmica bulbar: controla el ritmo básico de la respiración
- B) Área neumotáxica de la protuberancia: Que envía de forma continua impulsos de carácter inhibitorio al área inspiratoria, desconectándola antes de que penetre exceso de aire en los pulmones.
- C) Área apneúsica: envía impulsos estimuladores al área inspiratoria que prolonga la inspiración. Esto sucede cuando el área neumotáxica esta inactiva. En caso contrario siempre predomina el área neumotáxica anulándose la apneúsica.

Regulación del centro respiratorio.

Los impulsos que genera el centro respiratorio pueden modificarse, y se debe a diferentes factores:

- A) Impulsos procedentes de la corteza cerebral: Este control voluntario, que actúa como mecanismo de defensa evitando la entrada de agua o gases en determinadas circunstancias tiene, sin embargo un límite. Cuando la PCO₂ y la concentración de H en la sangre alcanzan un determinado nivel, ambos actúan como potentes estimuladores del área inspiratoria, reanudándose la respiración.
- B) estímulos químicos en sangre: El exceso de CO₂ en sangre puede atravesar la barrera hematoencefálica difundiendo a un grupo de neuronas localizadas en el bulbo raquídeo que forman el área quimiosensible central, y que pueden actuar sobre el centro respiratorio. Por otra parte existen quimiorreceptores periféricos sensibles a los niveles de CO₂, O₂, y H⁺ en zonas como los cuerpos carotídeos y los cuerpos aórticos, su activación provoca impulsos nerviosos que viajando por el nervio glosofaríngeo y el vago respectivamente, pueden actuar sobre el área inspiratoria.
- C) Acción de los Barorreceptores En los senos carotídeos y aórticos existen receptores de presión que detectan cambios en la presión arterial y pueden modificar la frecuencia respiratoria a través de los impulsos generados en estos receptores.
- D) Propioceptores: localizados en los músculos y las articulaciones, estimulados por el ejercicio físico , generan impulsos nerviosos que activan el área inspiratoria, aumentando la frecuencia y profundidad de la respiración, también factores como aumento de temperatura corporal, fiebre y dolor, producen aumentos de la (fr).

Regulación respiratoria del equilibrio ácido –base:

Los ácidos, tales como el ácido láctico y ácido carbónico liberan iones de H en el proceso metabólico, para minimizar los efectos de estos la sangre y los músculos contienen sustancias bases que se combinan con los H para amortiguar y neutralizarlos. En condiciones de reposo los fluidos corporales tienen más bases (tales como bicarbonato, fosfatos y proteínas, en los músculos el pH es de 7,1 y en la sangre arterial es de 7,4, los límites tolerables de pH en la sangre arterial van desde 6,9 hasta 7,5, pero solo se puede tolerar muy poco tiempo).

Una concentración por encima del nivel de H recibe el nombre de acidosis, mientras que una cantidad baja se denomina alcalosis. Los tres amortiguadores químicos más importantes son el bicarbonato (HCO_3), los fosfatos (P_i) y las proteínas. Durante la realización de ejercicios como Sprint, los músculos generan gran cantidad de lactato y de H lo cual reduce el pH muscular desde un nivel de reposo de 7,08 hasta menos de 6,7 esto dificulta la contractibilidad muscular y su capacidad para generar ATP.

Pruebas espirométricas

Con la utilización de espirómetros, de diferente estructura, podemos registrar volúmenes y flujos. Y así poder determinar la eficiencia de nuestro sistema respiratorio entre las variables más importantes encontramos:

1. **CAPACIDAD VITAL FORZADA (FVC o CVF):** es el máximo volumen de aire espirado, con el máximo esfuerzo posible, partiendo de una inspiración máxima. Se expresa como volumen (en ml) y se considera normal cuando es mayor del 80% de su valor teórico. No debe confundirse con la capacidad vital "lenta" (VC o SVC), dado que ésta se obtiene de una respiración "lenta" o "relajada", no forzada.
2. **VOLUMEN ESPIRADO MÁXIMO EN EL PRIMER SEGUNDO DE LA ESPIRACIÓN FORZADA (FEV₁ o VEMS):** es el volumen de aire que se expulsa durante el primer segundo de la espiración forzada. Aunque se expresa como volumen (en ml), dado que se relaciona con el tiempo supone en la práctica una medida de flujo. Se considera normal si es mayor del 80% de su valor teórico.
4. **RELACIÓN FEV₁/FVC (FEV₁%):** expresada como porcentaje, indica la proporción de la FVC que se expulsa durante el primer segundo de la maniobra de espiración forzada. Es el parámetro más importante para valorar si existe una obstrucción, y en condiciones normales ha de ser mayor del 75%, aunque se admiten como no patológicas cifras de hasta un 70%.

5. Aunque en algunos textos se denomina a esta relación “Índice de Tiffeneau”, esto es incorrecto, pues el índice de Tiffeneau relaciona el FEV₁ con la capacidad vital “lenta” (VC) y no con la capacidad vital forzada (FVC).

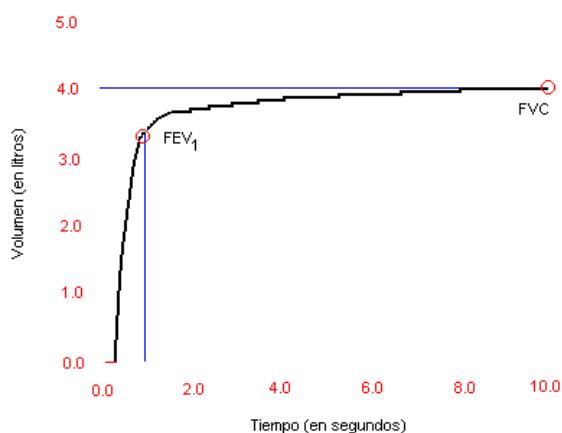
Representación Gráfica De La Espirometría: Tipos De Curvas

Al realizar una espirometría forzada, obtenemos dos tipos de curvas, según sea el aparato utilizado: las curvas de volumen – tiempo y las curvas de flujo – volumen.

CURVA DE VOLUMEN – TIEMPO

Relaciona el volumen espirado con el tiempo empleado para la espiración. Son las más “intuitivas” y las más fáciles de interpretar.

Curva de volumen – tiempo normal. Obsérvese representado cómo se calculan los valores de FEV₁ y FVC.



Forma De Realizar Correctamente La Maniobra

- El paciente realizará una inspiración máxima, de forma relajada.
- Con la boca libre de comida u otros obstáculos, se colocará la boquilla entre los labios, cerrando estos perfectamente sobre aquella.
- El técnico dará entonces una orden enérgica y tajante para que el paciente comience la espiración forzada, con lo que se evitarán los comienzos dubitativos.
- Durante la espiración forzada, el técnico animará con insistencia y energía al paciente para que siga soplando todo lo que pueda, para obtener el máximo esfuerzo del paciente y evitar la interrupción temprana de la maniobra.
- La maniobra de espiración forzada se prolongará, como mínimo, durante 6 segundos.
- La maniobra de espiración forzada se repetirá como mínimo tres veces, siempre que las curvas obtenidas sean satisfactorias. De no ser así, se

repetirá la maniobra hasta obtener 3 curvas satisfactorias, siempre con un máximo de nueve maniobras.

Proceso de comprensión y análisis

1. Describir como esta compuesto el sistema cardiovascular?
2. Cuales son las principales funciones que cumple el sistema cardiovascular?
3. Que mecanismos controlan el sistema cardiovascular en el ejercicio?
4. Como se desarrolla el proceso de respiración.
5. como es el mecanismo del sistema autonomo para el control del sistema cardiovascular.
6. como se comporta la presión arterial en reposo y durante el ejercicio.

Solución de Problemas

1. Cuales serian los parámetros a tener en cuenta para diseñar un programa de ejercicios cardiorrespiratorios.
2. Como le establecería un programa de ejercicios para mejorar la función cardiorrespiratoria a una persona de 50 años, varón, sedentario.
3. cuales serian las variables a evaluar en espirometría para un análisis de la función respiratoria?
4. Analizar como se realiza el intercambio de nutrientes entre la circulación y los tejidos
5. cuales serian las variables espirometricas para saber si se presentan patrones obstrutivos o restrictivos durante una espirometria.

Síntesis Creativa y Argumentativa

1. Cuales cree usted serian las adaptaciones más importantes al sistema cardiovascular cuando es sometido a entrenamiento de resistencia.
2. Como diseñaría un programa para mejoramiento cardiovascular en una persona de 50 años, hembra, y sedentaria.
3. Que le pasaría a los volúmenes espirométricos en una persona que sea fumadora crónica.
4. Cuales son las partes involucradas en regular internamente la frecuencia cardiaca y la frecuencia respiratoria.

Autoevaluación

- Cuales son las respuestas fisiológicas que usted valorar durante una clase de edu.fisica
- Como la frecuencia cardiaca puede ser una forma de calcular la intensidad del ejercicio.

Repasso significativo

- Elabore un cuadro sinoptico sobre el control cardiovascular
- Realice un esquema donde queden identificados los nodulos que controlan la actividad eléctrica del corazón.
- Explique como se realiza el trabajo conjunto entre los sistemas cardiovascular y respiratorio

Bibliografía sugerida

- ZINTL, F. (1991). Entrenamiento de la resistencia. Ediciones Martínez Roca.
- GROSSER, M., BRÜGGEMANN, P., ZINTL, F. (1989). Alto rendimiento deportivo. Ediciones . Martínez Roca.
- HOLLMAN, W., Y HETTINGER, TH. (1980). Sportmedizin –Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Stuttgart. Citado en Zintl, F. Entrenamiento de la resistencia. 1991.
- JÁUREGUI, G., y ORDÓÑEZ N. 1994. Aptitud Física: Pruebas estandarizadas en Colombia. Santafé de Bogotá: Coldeportes.
- BILLAT, V. (2002). Fisiología y metodología del entrenamiento : de la teoría a la práctica. Barcelona: Paidotribo.
- BOUCHARD, C., DIONONE, F.T., SIMONEAU, J.A., y BOULAY, M.S. (1992). Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 20:27-58.
- CARRÉ F. (1994). Hypertrophie cardiaque d`adaptation du sportif: limites physiologiques. *Science et sport*, 9:73-80.
- CONCU A., y MARCELO C. (1993). Stroke volume response to progressive exercise in athletes engaged in different types of training. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 66:11-17.
- DELIGIANNIS A., y cols. (1995). Effect of submaximal dynamic exercise on left ventricular function in endurance and power-trained athletes. *Med. Sci. Res.*, 23:225-227.
- DOSEL, R.T. y col. (1976). Cardiac enlargement mechanisms with exercise training and pressure overload. *J. Mol. Cell. Cardiol.*, 8: 407:418.
- GONZÁLEZ, Javier. 1992. Fisiología de la actividad física y del deporte. 1^a ed, Madrid,
- GREEN, H.J., SUTTON, J.R., COATES, G., ALI, M., y JONES, S. (1991). Response of red cell and plasma volume to prolonged training in humans. *Journal App Physiol.*, 104:1810-1815.

- GUYTON, W. 2002. Fisiología Médica.

UNIDAD V. EVALUACION DE LAS CAPACIDADES FISICAS

Descripción Temática

En esta unidad estudiaremos cuales son las cualidades o capacidades físicas componentes básicos de la condición física y por lo tanto elementos esenciales para la prestación motriz y deportiva, por ello para mejorar el rendimiento físico el trabajo a desarrollar se debe basar en el entrenamiento de las diferentes capacidades.

Todas estas cualidades físicas básicas tienen diferentes divisiones y componentes sobre los que debe ir dirigido el trabajo y el entrenamiento, siempre debemos tener en cuenta que es muy difícil realizar ejercicios en los que se trabaje puramente una capacidad única ya que en cualquier actividad intervienen todas o varias de las capacidades pero normalmente habrá alguna que predomine sobre las demás, por ejemplo en un trabajo de carrera continua durante 30 minutos será la resistencia la capacidad física principal, mientras que cuando realizamos trabajos con grandes cargas o pesos es la fuerza la que predomina y en aquellas acciones realizadas con alta frecuencia de movimientos sería la velocidad el componente destacado.

Horizontes

- Conocer cada una de las capacidades físicas
- Entender la relación entre cada una de las capacidades físicas.
- Entender como poder desarrollarlas en el deporte
- Analizar como se pueden planificar dentro de la clase de educación física

Núcleo Temático y Problemático

- Conocimiento y Evaluación de las capacidades físicas
- Resistencia: capacidad física y psíquica de soportar la fatiga.
- Fuerza: capacidad neuromuscular de superar una resistencia externa o interna gracias a la contracción muscular, de forma estática (fuerza isométrica) o dinámica (fuerza isotónica).
- Velocidad: capacidad de realizar acciones motrices en el mínimo tiempo posible.

- Flexibilidad: capacidad de extensión máxima de un movimiento en una articulación determinada.

Procesos de información

Resistencia

Es la cualidad que nos permite aplazar o soportar la fatiga, permitiendo prolongar un trabajo orgánico sin disminución importante del rendimiento.

La resistencia es la capacidad de realizar esfuerzos de muy larga duración, así como esfuerzos de intensidades diversas en períodos de tiempo no muy prolongados ya que resistencia necesita tanto un corredor de maratón, como un corredor de 1.500, 800 ó 400 m., ó un saltador de longitud.

Clases de resistencia:

- **Resistencia general y orgánica:** hablamos de este tipo de resistencia cuando en la actividad corporal está implicado un alto porcentaje de la musculatura corporal. carrera, natación, ...

- **Resistencia local:** hablamos de resistencia local cuando en la actividad corporal participa una pequeña parte de la musculatura. Ej.: un sujeto que trabaja en una cadena industrial y que le corresponde apretar tornillos manualmente.

Desde el punto de vista del proceso metabólico y las fuentes de energía utilizadas, cada uno de los dos tipos de resistencia pueden ser a su vez aeróbica o anaeróbica, y tratándose de ésta última, láctica o aláctica.

Fuentes de energía

La fuente original de energía son los alimentos; los cuales en sucesivas degradaciones deben transformarse en ATP (adenosíntrifosfato), que es el principal proveedor de energía en el organismo humano, para ser utilizado por la estructura muscular.

La resistencia y la respuesta cardiorrespiratoria:

Un incremento de la intensidad del ejercicio físico implica un incremento de la frecuencia cardiaca y respiratoria, ya que el músculo requiere un mayor suministro de oxígeno. La frecuencia cardíaca es un índice muy importante de control de esfuerzo y mantiene una relación directa con valores como el máximo consumo de oxígeno. En un adulto de peso y estatura media pueden establecerse como frecuencia cardíacas las siguientes cifras:

TIPO DE TRABAJO	REPOSO	TRABAJO AERÓBICO	TRABAJO AERÓBICO CON APROXIMACIÓN AL UMBRAL ANAERÓBICO	TRABAJO ANAERÓBICO
PUL / MIN.	70	120 - 140	140 - 160	170 - 175

Deuda de oxígeno:

El músculo necesita oxígeno para desarrollar una actividad normal. Pero no siempre va a trabajar en unas condiciones de equilibrio entre la necesidad real y el aporte efectivo.

Cuando desde una situación de reposo, se inicia un esfuerzo de la naturaleza que sea, siempre se va a trabajar con un déficit de oxígeno con relación a lo deseable, hasta llegar a una fase de estabilidad o equilibrio.

Al acabar el esfuerzo el organismo entra en una fase de recuperación en la cual las constantes no vuelven al punto de partida, sino que persisten las frecuencias respiratoria y cardiaca por encima del gasto correspondiente a la situación de reposo, que obedece al "pago" de la deuda de oxígeno.

CLASES DE RESISTENCIA	DEUDA DE OXIGENO
ANAERÓBICA ALÁCTICA	85 - 90 %
ANAERÓBICA LÁCTICA	50 - 80 %
AERÓBICA	5 - 10 %

Umbraal anaeróbico:

El metabolismo aeróbico y anaeróbico se compaginan para soportar la actividad que tiene el organismo.

La frontera en la cual un esfuerzo empieza a ser realizado fundamentalmente a partir del metabolismo anaeróbico se llama umbral anaeróbico. Este punto no es igual para todas las personas y depende de muchos factores tales como el grado de entrenamiento.

Para determinar el umbral anaeróbico se le somete al deportista a una prueba de laboratorio en la que se recoge la respuesta del corazón mediante unos electrodos colocados en el pecho, el consumo de oxígeno por medio de una mascarilla conectada por unos tubos a un analizador de gases y la concentración de ácido láctico existente en una muestra de sangre que se recoge cada cierto tiempo.

Aproximadamente cuando la frecuencia cardíaca sube por encima de las 175 p/m y la concentración de láctico alcanza los 4 m. M./litro, se dice que se está superando la barrera del Umbral Aeróbico.

la Fuerza

He aquí algunas de las definiciones del concepto fuerza:

- “cualidad física más básica”
- “capacidad que tienen nuestros músculos de contraerse proporcionando tensión”
- “capacidad de contracción muscular que se opone a una resistencia”
- “capacidad del ser humano de superar, ó de actuar en contra de una resistencia exterior basándose en los procesos nerviosos y metabólicos de la musculatura”

Clases de fuerza

Fuerza resistencia

La fuerza se aplica contra una resistencia no máxima y la aceleración provocada tampoco es máxima; no se produce una velocidad importante, y el número de repeticiones que puedo hacer de esta acción es alto sin entrar en fatiga.

Fuerza máxima ó fuerza lenta

Fuerza que se aplica contra una resistencia que tiene una masa próxima ó coincidente con la máxima; la aceleración y velocidad comunicada será mínima. Las repeticiones posibles son muy pocas, incluso una sola.

Fuerza velocidad

La aceleración y por lo tanto la velocidad resultante es máxima ó tiende a ello. De este término nace el concepto de Potencia que sería la máxima expresión de la fuerza en relación con el tiempo.

Fuerza absoluta

Capacidad máxima de tensión que puede desarrollar un sujeto en condiciones máximas de motivación.

Fuerza y resistencia:

Tipos de contracción muscular en función de la resistencia que se oponga a la fuerza que se realiza, se pueden distinguir varios tipos de contracción muscular:

➤ Isotónica:

- Concéntrica ($F > R$)
- Excéntrica ($F < R$)

➤ Isométrica ($F = R$)

➤ Isocinética: cuando un músculo se contrae y se produce un cambio en su longitud se dice que se ha producido una contracción isotónica; cuando el músculo acorta su longitud acercando los extremos se le llama contracción concéntrica y por el contrario si realiza un alargamiento ó distanciamiento está realizando una contracción isotónica excéntrica.

En la contracción isométrica, la fuerza muscular no puede vencer a la resistencia (ejemplo: empujar una pared). La resistencia es mayor a la fuerza que podemos aplicar para vencerla, o lo que es lo mismo, la fuerza no vence a la resistencia.

Se estará realizando una contracción isocinética, al realizar un esfuerzo a una velocidad constante

Efectos de entrenamiento de la fuerza:

Hipertrofia muscular: desarrollo del volumen del músculo

Mejora de coordinación: mejora la excitabilidad y de la velocidad de la conducción nerviosa y en definitiva la coordinación intramuscular.

Elevación general del tono: aumento del tono muscular que incide en un mayor dominio corporal y disponibilidad en todas nuestras acciones y de igual manera en el tono postural

Mejora del metabolismo muscular: conducirá a un aumento de las reservas energéticas del músculo.

La Velocidad

“Espacio recorrido por un móvil en la unidad de tiempo”. “Capacidad de realizar uno ó varios movimientos en el menor tiempo posible a un ritmo de ejecución máximo y durante un periodo breve que no cause fatiga.”

Factores de los que depende la velocidad:

Desde el punto de vista fisiológico podríamos hablar de 2 factores fundamentales que determinarán el grado de velocidad:

- 1.- *factor muscular*: velocidad de contracción del músculo que vendrá determinado por:
 - ⌚ factores limitados constitucionalmente, no susceptibles de mejora:
 - la longitud de la fibra muscular y su mayor ó menor resistencia
 - la mayor o menor viscosidad del músculo
 - la estructura propia de la fibra muscular
 - ⌚ factores no limitados constitucionalmente y susceptible de mejora (el entrenamiento influirá mucho en la mejora de estos factores y así en la velocidad de contracción muscular):
 - el tono muscular
 - la capacidad de prolongación y elasticidad
 - la mayor o menor masa muscular
- 2.- *factor nervioso*: para que se dé la contracción muscular se hace imprescindible la participación del sistema nervioso. La calidad de la inervación del músculo va a determinar también la velocidad de contracción de éste.

Tipos de velocidad:

Podemos clasificar la velocidad en 3 tipos diferentes que, en la práctica, pueden darse de forma combinada.

1.- **Velocidad de desplazamiento:**

- Capacidad de recorrer una distancia en el menor tiempo posible.
- Normalmente la velocidad de desplazamiento es la que durante más tiempo prolonga la acción, de allí que es conveniente recordar que un factor importante que la configurará será el suministro energético.

- La velocidad de desplazamiento tiene 2 grandes componentes:
 - a.- la amplitud de zancada que depende a su vez de la capacidad de impulso, la longitud de las palancas, la flexibilidad y la relajación y la correcta ejecución técnica.
 - b.- la frecuencia de zancada, determinada por la correcta ejecución técnica, la velocidad de transmisión del impulso nervioso y la velocidad de contracción del músculo.

2.- **Velocidad de reacción:**

Capacidad de efectuar una respuesta motriz a un estímulo en el menor tiempo posible; tiempo mínimo necesario transcurrido desde que se recibe el estímulo hasta que aparece la respuesta.

- Entre los factores que determinarán el tiempo de reacción cabe destacar:
 - tipo de estímulo: visual, auditivo, táctil, kinestésico...
 - número de órganos de los sentidos y de receptores estimulados
 - intensidad del estímulo
 - duración del estímulo
 - edad y sexo
 - periodo de advertencia precedente al estímulo
 - posición del cuerpo
 - grado de entrenamiento

2.- **Velocidad gestual:**

Tiempo invertido en la realización de un gesto cualquiera; capacidad de realizar un movimiento segmentario ó global en el menor tiempo posible.

- Factores que condicionarán la velocidad gestual:

- nivel de aprendizaje del gesto
- localización y orientación espacial
- miembro utilizado

Sistemas de entrenamiento:

Aunque los diferentes tipos de velocidad anteriormente señalados raramente se dan por separado, a la hora de presentar diversas fórmulas para el desarrollo de la velocidad se conservan las 3 categorías en cuanta a preferencia de participación de la velocidad gestual, de reacción o de desplazamiento.

1.- **Entrenamiento de la velocidad de desplazamiento.**

- Series cortas: consiste en recorrer a la máxima velocidad (100%) una distancia determinada, normalmente entre 20 y 60 cm.
- Velocidad facilitada: con las mismas características de las series cortas, el trabajo se traslada a un plano inclinado en dirección de descenso consiguiendo incrementar la velocidad resultante por encima del 100%.

Esta fórmula favorece la frecuencia y la amplitud de zancada pero se pierde en capacidad de impulso.

- Descomposición de los factores de la velocidad de desplazamiento (frecuencia y amplitud de zancada):
 - trabajos en progresión con zancada amplia
 - desplazamientos con máxima frecuencia
- Progresiones series de carreras en las que se irá aumentando la velocidad de desplazamiento de menos a más.

La velocidad en la educación física:

A.- **Velocidad Y Deporte**

La velocidad gestual debe desarrollarse sin excluir el gesto, con lo cual todo lo concerniente a esta parcela se entrenará en el propio entrenamiento del deporte. Por otro lado, habrá una gran transferencia hacia los factores de la velocidad de desplazamiento en aquellos trabajos propios del atletismo, dentro del desarrollo de las técnicas atléticas, preferentemente de la técnica de carrera.

B.- **Velocidad Y Habilidades Y Destrezas Básicas**

Las habilidades básicas constituyen un elemento fundamental en el desarrollo de la velocidad:

- responder con máxima rapidez en la fase de vuelo del *salto*
- *girar* a la máxima velocidad
- *carreras* de desplazamiento con 3 apoyos

C.- **La Velocidad Y El Juego**

El juego es el contenido estrella en el desarrollo de la velocidad dentro del marco del acondicionamiento físico escolar; su motivación intrínseca garantiza esa entrega del 100% necesitada.

La evaluación de la velocidad:

Existen diversas pruebas para evaluar la velocidad de un sujeto; entre ellas destacamos:

- 50 metros con salida
- platte tapping
- carrera de ida y vuelta 10 X 5 metros

Principios generales para el desarrollo de la velocidad:

- La única forma de trabajar la velocidad es con la velocidad. Es necesario trabajar con intensidades máximas. Para conseguir el 100% se necesita un gran nivel de concentración, que con los niños puede asegurarse con el juego y con formas competitivas como los relevos.
- Un buen calentamiento es necesario, primero para preparar al organismo para que dé su máximo rendimiento que en segundo lugar para evitar que en los esfuerzos intensos que se necesitan, se produzcan lesiones, frecuentemente musculares.

La Flexibilidad

Podemos definir la flexibilidad como la capacidad que nos permite realizar movimientos con la máxima amplitud posible en una articulación determinada.

Es una cualidad fundamental en el mantenimiento de una condición física media e ideal, dentro del valor higiénico y utilitario del acondicionamiento físico. Pero también transcendental desde la perspectiva del alto rendimiento, por su importancia en el logro de una máxima eficacia mecánica de los gestos y en su papel de prevención de lesiones.

Factores constituyentes de la flexibilidad:

Una articulación es el punto de reunión de dos o más segmentos óseos en donde se organizan y limitan sus posibilidades de movimiento. El aparato locomotor está constituido, por un lado, por los huesos y otras estructuras articulares como los ligamentos, cápsula y meniscos principalmente, que llamamos componentes estáticos, y por otro lado por el músculo, órgano blando que constituye el que llamamos componente dinámico.

La flexibilidad está constituida, por un lado por la limitación de movilidad propia de los componentes estáticos que llamamos movilidad articular, pero al mismo tiempo por las características específicas del componente dinámico, en concreto de la elasticidad muscular.

FLEXIBILIDAD: MOVILIDAD ARTICULAR + ELASTICIDAD MUSCULAR

Factores que influyen en la flexibilidad:

- *Herencia:* hay una determinación hereditaria importante sobre el grado de flexibilidad que un sujeto tiene. Pero aunque la configuración genética de nuestro aparato locomotor condicione la amplitud de movimientos, no quiere decir que sea una cualidad sin posibilidad de desarrollarse por el entrenamiento.
- *Sexo:* el sexo es un factor que condiciona el grado de flexibilidad, siendo más favorable para el sexo femenino. El diferente trabajo habitual desarrollado por la niña y el niño, más orientado hacia la fuerza en este último y hacia la habilidad en la primera favorece la formación de una determinada composición muscular que influye en la cualidad que estamos analizando.
- *Edad:* la flexibilidad que puede exhibir un bebé, es irrepetible cuando el niño alcanza la barrera puberal; por ello decimos que tiene una evolución natural decreciente. Esto no quiere decir que su entrenamiento no sea valioso, ya que es una cualidad que mejora con la práctica.
- *Trabajo habitual y costumbres:* una costumbre social o una actitud postural fijada por un trabajo habitual. Colabora en limitar o exagerar por encima de límites convenientes el grado de flexibilidad de una articulación.
- *La hora del día:* al levantarnos por la mañana, el cuerpo está "duro", falto de movilidad. Poco a poco esto se va corrigiendo hasta encontrar al mediodía la máxima movilidad. A partir de allí, vuelve a ir en regresión hasta la noche, en donde se encuentran los mismos problemas que por la mañana.
- *La temperatura:* se distingue entre la temperatura ambiental, que influye en el calor del músculo, y la temperatura interior o intramuscular, que puede modificarse con el trabajo muscular. El calentamiento es el encargado de subir la temperatura intramuscular asegurando una correcta disposición de flexibilidad de las articulaciones, que facilita obtener los ángulos correctos para cada gesto específico y evita en lo posible la aparición de lesiones.

Pautas metodológicas para realizar los estiramientos.

Es fácil aprender los ejercicios de estiramiento, pero hay que hacerlos correctamente. La manera adecuada es con una tensión relajada y mantenida, poniendo atención en los músculos que se están estirando. La forma incorrecta (desgraciadamente habitual en muchas personas) es saltando o estirando un

músculo hasta sentir dolor, pudiendo causar más lesiones que mejora si los estiramientos se hacen de modo correcto y regular, se notará que cada movimiento es más fácil que el anterior. La relajación de músculos o grupos de músculos tensos requiere tiempo, pero esto carece de importancia cuando uno siente cómo mejora su estado.

El estiramiento fácil: cuando se empieza a estirar un músculo, hay que sostener este primer esfuerzo entre 10 y 30 segundos. Nunca estiraremos bruscamente, relajándonos mientras sostenemos dicha tensión. Se debe sentir cómo disminuye la tensión aunque aguantaremos la misma pauta. Si no es así, disminuiremos un poco hasta lograr un grado de tensión agradable. Este primer esfuerzo reduce la tirantez muscular y prepara los tejidos para el segundo ejercicio: el estiramiento evolucionado.

El estiramiento evolucionado: tras el primer ejercicio aumentaremos la tensión paulatinamente, aunque sin brusquedad. El incremento será de dos o tres centímetros, hasta que otra vez sintamos una tensión suave; mantendremos esta posición entre 10 y 30 segundos. La tensión, otra vez, deberá disminuir. Si no es así, nos relajaremos un poco. Este segundo paso tonifica los músculos y aumenta su flexibilidad.

Respiración: la respiración debe ser lenta, rítmica y controlada. Si se está doblando hacia adelante para estirar un músculo, se espirará mientras se hace este movimiento y después, durante el estiramiento, respiraremos despacio. No se debe cortar, la respiración mientras se mantiene la tensión del músculo. Si esta posición impide respirar con naturalidad es que se está relajado. Entonces, disminuiremos la tensión un poco, hasta que se pueda respirar con naturalidad.

Tiempo: al principio se cuenta en silencio los segundos de cada estiramiento. Esto asegura que el estiramiento apropiado se mantiene durante el tiempo necesario. En poco tiempo se conseguirá calcular el tiempo oportuno sin necesidad de contar.

El reflejo de estiramiento: los músculos están protegidos por un mecanismo llamado reflejo de estiramiento. Cada vez que se produce un estiramiento excesivo de las fibras musculares (por un movimiento brusco o forzado) aparece un reflejo nervioso que hace que los músculos se contraigan para evitar una lesión. Por ello, si forzamos demasiado al realizar estos ejercicios de estiramiento, el efecto es el contrario al que pretendíamos (algo similar ocurre cuando tocamos accidentalmente un objeto que está caliente: antes de tener tiempo para pensar en ello, nuestro cuerpo se alejará rápidamente del calor).

Si mantenemos una tensión más tiempo del necesario o rebotamos bruscamente se tensan los músculos, activando el reflejo de estiramiento. Estos métodos causan dolor y lesiones físicas a causa de los desgarros microscópicos que producen en las fibras musculares. Los desgarros y cicatrices en los tejidos ocasionan una pérdida gradual de elasticidad, reduciendo los músculos.

Muchos de nosotros estamos condicionados por la idea que se nos inculcó en la adolescencia de que "no hay beneficio sin dolor". Asociamos el dolor con la mejora de nuestra condición física pero nos engañamos. Los ejercicios de estiramiento cuando se hacen correctamente no son dolorosas. Debemos aprender cómo se expresa nuestro cuerpo, pues el dolor es un signo de que hacemos algo mal.

Proceso de Comprensión y Análisis

1. Cuales son las cualidades físicas que más posibilidad tienen el deportista para mejorar.
2. Nombre tres aspectos fisiológicos que influyan en el entrenamiento de la resistencia.
3. Que variables son las más importantes en la evaluación de la resistencia.
4. En el deporte que usted practica determine cuales son las variables condicionales que debe desarrollar mas específicamente.
5. Cree ud que el desarrollar una de las cualidades puede afectar desfavorablemente a las otras.

Solución de Problemas

1. Explique en que diferencian los Tipos de Fuerza
2. Cuales son los beneficios fisiológicos de un entrenamiento con sobrecarga.
3. Cuales son los aspectos más importantes en el desarrollo de la velocidad.
4. Cuales serian las principales pautas para el desarrollo de la flexibilidad.
5. Como usted propondria un trabajo para desarrollo de la velocidad de desplazamiento.

Síntesis Creativa y Argumentativa

1. Como evaluaría estas capacidades en los niños con edades entre 6 y 10 años.
2. Que método emplearía para desarrollar fuerza de resistencia en personas adultas
3. Como desarrollaría un programa dirigido a mejorar la fuerza potencia en deportistas
4. Como mejoraría la velocidad de niños entre 10 y 12 años
5. Que tipos de estiramiento utilizaría para mejorar flexibilidad en personas adultas.

Autoevaluación

- Cuales de las variables que integran la condición física es mas facil de desarrollar.
- Cuales de estas variables físicas tienen un minimo desarrollo en hombres que en mujeres.
- Explique porque los hombres después de su desarrollo pueden desarrollar mas fuerza que las hembras.

Repaso significativo.

- Realice un cuadro sinoptico donde de demuestre como se pueden desarrollar cada uno de estas cualidades físicas.
- Proponga una forma en la cual se puedan mejorar la fuerza y la resistencia en adultos mayores.

Bibliografía sugerida.

1. American College Of Sports Medicine.(2000). Acms'S Guidelines For Exercise Testing And Prescription. 6 Ed. Philadelphia: Lippincott Williams And Wilkins
2. Astrand, P.-O (1994) Fisiología del trabajo físico. Edi Panamericana, 2da Edición, Barcelona España.
3. Badillo j., y Serna J. Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza. Ed Inde. Barcelona España. 2002.
4. Elhez H and Manfred. G., Entrenamiento de la Fuerza. Barcelona España. 1990.
5. Gonzales B., y Gorostiaga J., Fundamento del entrenamiento de la fuerza aplicada al alto rendimiento deportivo. Publicaciones Inde. Barcelona España. 1996
6. Guyton, W. 2002. Fisiología Médica
7. Hermansen, L., Y Wachtlova, M. (1971). Capillary Density Of Skeletal Muscle In Well-Trained And Untrained Men. *Journal App Physiol.*, 30:860-863.

8. Holloszy, J.O., Y Coyle, E.F. (1984). Adaptations Of Skeletal Muscle Of Endurance Exercise And Their Metabolic Consequences. *Journal App Physiol.*, 56:831-838.
9. Kohrt, W.M., Ogawa, T., Miller, T.R., Spina, R.J., Y Jika, S.M. (1991). Exercise Training Improves Left Ventricular Systolic Function In Older Men. *Circulation.*, 83:96-103.
10. López, A., Y Fernández, A. 2003. Fisiología Del Ejercicio. 2º Edición
11. Lopez Chicharro. (1998), Fisiología del esfuerzo, Edi Panamericana, 3ra Edición. Madrid España
12. Macdougall, J.D., Wenger, H., Green, H.J. 2000. Evaluación Funcional Del Deportista. 2 Ed. Paidotribo: Barcelona
13. Polletti, C., y Beroldo, S., Preparación física total. Edit hispana. 2002.
14. Saltin, B., Y Rowell, L.B. (1980). Functional Adaptations Of Physical Activity And Inactivity. *Federation Proceedings*, 39:1506-1513.
15. Tudor Bompa., Periorización del entrenamiento deportivo, Edi Paidotribo. Barcelona España, 2002
16. Wilmore. J. H. y Costill. D. L. (2.000), Fisiología del esfuerzo y del deporte. Edi Paidotribo, 1ra Edición, Barcelona España.
17. Werner W.K. Hoeger., Sharon A. Hoeger (1996), Aptitud Física y Bienestar General. Morton Publishing. Englowood, Colorado. EE.UU
Sharkey J. Brian (1997).
18. WWW. Sobreentrenamiento.com
19. WWW. Efdeportes.com
20. WWW. Google/ salud/histología
21. WWW. Aurasalud.com
22. WWW. Sectorfitness.com
23. WWW. Canal-h.net