

Fisiología del ejercicio

Por:

Lic. Carlos Villarreal Caballero

Preparador Físico

Indice	1
Introducción	2
1. Neuronas Espejo	3
2. Contribución de los alimentos en la obtención de la energía	5
2.1. Grasas o lípidos	6
2.2. Carbohidratos o Hidratos de carbono	7
2.3. Proteínas	8
3. Sistemas Energéticos	10
3.1. Sistema Aeróbico u oxidativo	11
3.2. Sistema Anaeróbico Aláctico o Sistema de los Fosfágenos	12
3.3. Siatema Anaeróbico Láctico	12
4. Ciclo de Krebs	13
5. Frecuencia Cardiaca	14
5.1. Volumen Minuto Cardiaco	14
5.2. Volumen Sistólico	15
5.3. Ritmo Cardiaco	15
6. Frecuencia Respiratoria	20
7. Consumo de Oxígeno	21
7.1. Máximo Consumo de Oxígeno	21
8. Marcadores Biológicos de la fatiga muscular	24
8.1. Creatinafosfokinasa	25
8.2. Nitrógeno Ureico	26
8.3. Creatinina	26
8.4. Cortisol	27
Bibliografía	27

INTRODUCCION

Lo más común, en nosotros los entrenadores es que en nuestros inicios profesionales, acudamos a la gran cantidad de baterías de ejercicios de otros colegas, que han publicado sus trabajos en libros, revistas, internet o por cualquier otro medio, y de alguna manera esos métodos podría verse bien, aunque es preferible que cada entrenador tenga sus formas únicas de trabajo. Acordémonos que en el deporte lo que para unos da resultado para otros no y bajo esa premisa es que cada entrenador debe en lo posible no imitar.

Lógicamente que existen unos principios del entrenamiento deportivo que es igual para todos, pero el entrenador, es como el chef, donde la receta puede ser la misma, pero cada uno de ellos le da un toque especial y es precisamente a ese toque especial que cada entrenador debe adquirir, al que me refiero.

No me cabe duda que para ser un buen preparador físico, se requiere de muchos conocimientos en fisiología del ejercicio y es esa ciencia precisamente la que marca la diferencia entre cada uno de nosotros, he tenido la posibilidad de dictar muchos seminarios de entrenamiento deportivo y por lo general casi siempre me encuentro que el auditorio lo que quiere es que les brinde ejercicios, con balón, sin balón, con tiempos de ejecución, con tiempos de reposo y en fin. Casi nadie está dispuesto a escuchar temas tan profundamente importantes como es la fisiología del ejercicio.

Todas aquellas personas que se inclinan a trabajar ya sea como técnicos, entrenadores o preparadores físicos, deben saber que temas como; sistemas energéticos, marcadores bioquímicos de la fatiga muscular, consumo de oxígeno, frecuencia cardiaca entre otros que aquí he considerado, son de suma importancia en la elaboración de un plan de entrenamiento y a la vez nos hacen entender el porque esos colegas publicaron esos ejercicios tan interesantes.

En conclusión quiero manifestar que el buen preparador físico no es aquel que pone a realizar ejercicios a sus deportistas, si no que es aquel que sabe que está sucediendo dentro del organismo de esos deportistas cuando está haciendo ejercicios, y solo hay una forma de saberlo, ***“Conociendo la fisiología del ejercicio”***.

1. NEURONAS ESPEJO

En un día de verano en un laboratorio en Italia un mono estaba sentado, esperando en el centro experimental a que los investigadores regresaran de la hora de almuerzo, conectado a unos pequeños cables que le habían implantado en una región del cerebro para observarle, los procesos de planificación y realización de movimientos, cada vez que el mono se hacía de objeto alguno y lo movía unas células de esa región cerebral se activaban y un monitor registraba un sonido. Un estudiante entró al recinto con un helado en la mano, el mono lo miró e increíblemente el monitor emitía el sonido y las mismas células del cerebro se activaban cada vez que el estudiante se llevaba el helado a la boca y sin que el mono hiciera ningún movimiento.

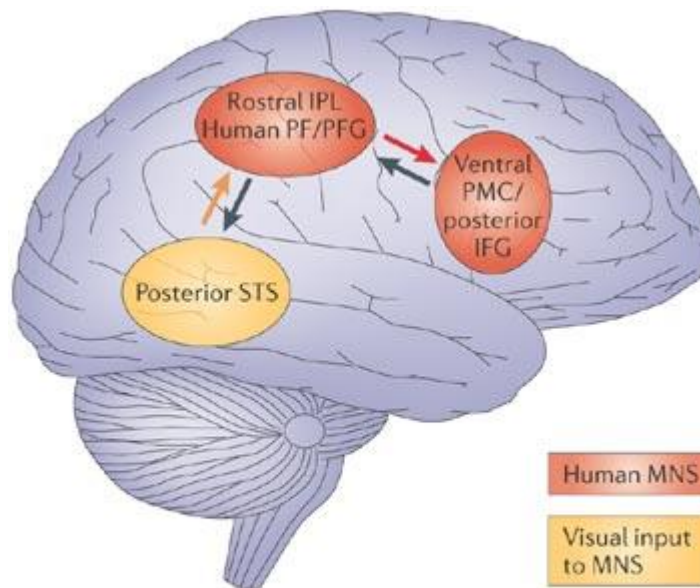
Hace poco más de una década en Italia, un grupo de investigadores, liderados por Giacomo Rizzolatti, neurólogo de la Universidad de Parma, descubrieron que el cerebro del mono contiene una clase de células llamadas Neuronas Espejo.

Investigaciones recientes han determinado que el ser humano posee ese mismo tipo de neuronas, mucho más avanzadas, flexibles e inteligentes, sin embargo los estudios de estas neuronas siguen siendo neófitos y no hay mucha bibliografía al respecto.

Para definir las neuronas espejo, como su nombre lo indica; son aquellas neuronas que le generan a una persona o animal, una especie de imitación al observar o escuchar a otra persona realizar una acción. ¿Alguna vez bostezamos por ver a otro bostezar, o sentimos un ligero pinchazo cuando vemos que alguien se pincha un dedo? esas sensaciones son emitidas por las neuronas espejo. No todas las neuronas son de este tipo solo algunas poseen esta propiedad y son ellas las causas de este corto estudio.

En el inmenso mundo del deporte entre mas neuronas espejo se involucren, mejor será el rendimiento del deportista, casi siempre el jugador de mas alto nivel es aquel que imita e inclusive de cierta forma predice lo que va a suceder y lógicamente podrá sobreponerse con más efectividad. En el fútbol los jugadores desde muy chicos tienen sus ídolos y quieren hacer las mismas jugadas, crecen con ese entusiasmo y son moldeados por entrenadores que lograrán perfeccionar esa imitación, teniendo como resultado grandes deportistas.

La ubicación de los sistemas de neuronas espejo en el cerebro humano, está en los lóbulos prefrontales, lóbulos parietales posteriores, surcos temporales superiores, cortezas promotoras y lóbulos de la insula.



Copyright © 2006 Nature Publishing Group
Nature Reviews | Neuroscience

Gráfica 1: Visión esquemática del sistema de neuronas espejo frontoparietal (MNS) (rojo) y su principal entrada visual (amarillo) en el cerebro humano (más información aquí).

Es necesario que en las escuelas de formación deportiva donde se supone está la base de la enseñanza deportiva, debe tener entrenadores capacitados no sólo en la parte académica sino con cierta habilidad para demostrar a los chicos las tareas, dada la cantidad de neuronas espejo que el ser humano posee, de esta manera al profesor o entrenador se le facilitará la enseñanza y al chico deportista el aprendizaje, Así los entrenadores de fútbol o cualquier otro deporte deberían ser en lo posible aquellos que han vivido, tienen o tuvieron la habilidad para ese deporte y a la vez una formación académica ejemplar. Recordemos que el ser humano aprende principalmente por observación e imitación, luego viene el perfeccionamiento.

El fútbol es un deporte que se aprende con la práctica reiterativa, *“La función del sistema nervioso se divide en dos componentes: automático y voluntario. Si un movimiento se repite muchas veces, gradualmente puede volverse automático, los modelos de movimiento se almacenan en el cerebro para ser recuperados cuando sea necesario”* (Bangsbo 2002) mi preocupación radica en que así como aprendemos cosas buenas por imitación, también podemos aprender cosas malas, y es en ese sentido que los entrenadores deben ser integrales. Desafortunadamente en Latinoamérica cada día son más las personas que solo por haber tenido habilidad en el deporte pero sin formación académica, o viceversa, incursionan en la enseñanza, no digo que aquellos

que no han tenido la habilidad pero que hayan estudiado no puedan hacerlo, pero sería mucho más productivo si tuviera las dos cosas juntas.

Las neuronas espejo están presentes también en nuestras formas de actuar, cuando consciente o inconscientemente detectamos las emociones de alguien por su forma de actuar, nuestras neuronas espejo reproducen esas emociones, entonces podemos darnos cuenta que no solo se trata de acciones deportivas sino también de emociones deportivas y son entrenadores y líderes de los equipos los que deben consecuentemente generar en los demás copias de esos sentimientos y acciones.

Fabio Sala neurocientífico italiano ha descubierto un subconjunto de neuronas espejo cuya única función es detectar la sonrisa de los demás que a su vez provocan sonrisas de aquellas que las detectan. Esto quiere decir que el entrenador-profesor debe preocuparse no solo por enseñar, sino en crear un ambiente agradable de aprendizaje, de esa manera se asegura una baja sustancial en la deserción.

Las neuronas espejo revelan cómo aprenden los chicos, por qué la gente responde a ciertos tipos de deportes, música, danza y arte, por qué mirar la violencia en los medios puede ser perjudicial y por qué a muchos hombres les gusta la pornografía. Al pasar a niveles más elevados del cerebro, los científicos encuentran grupos de neuronas que detectan cosas mucho más complejas, como rostros, manos o lenguaje corporal expresivo. Otras neuronas ayudan al cuerpo a planear movimientos y a adoptar posturas complejas (Eduardo J. Carletti, Diario El Clarín, 2006).

Las neuronas espejo hacen que estas células complejas parezcan estúpidas. Distribuidas en varias zonas del cerebro, se activan en repuesta a cadenas de acciones asociadas a intenciones. Las neuronas espejo parecen analizar escenas y leer mentes. Hasta ahora, los académicos trataron a la cultura como independiente de la biología, dice Patricia Greenfield, una psicóloga de la UCLA que estudia desarrollo humano. "Pero ahora vemos que las neuronas espejo absorben la cultura directamente y que cada generación enseña a la siguiente por imitación y observación".



2. CONTRIBUCION DE LOS ALIMENTOS EN LA OBTENCION DE LA ENERGIA

Antes de entrar al estudio de los sistemas energéticos es necesario que veamos los diferentes sustratos que necesita el organismo para la elaboración de la energía.

Los alimentos que consumimos son la base para que nuestro organismo a través de reacciones químicas en el interior de la célula, produzca lo que llamamos energía, así los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas encontradas en las plantas y animales, contienen grandes cantidades de energía acumulada para ser utilizada en su momento.

Una alimentación adecuada, suministrada a los deportistas, posibilita mejores resultados, haciéndose la ingesta de hidratos de carbono la más relevante por contener azúcares que después se convertirán en glucosa para la producción de calor indispensable en la ejecución de todo tipo de movimiento, sin dejar de mencionar la importancia de las grasas y proteínas.

Y ni siquiera en aquellos estados de pérdida de peso se puede aconsejar a los deportistas a la inhibición de carbohidratos y grasas, pues ello trae serios inconvenientes para el logro del rendimiento.

Antes de enfatizar en los sistemas energéticos es necesario que veamos los diferentes sustratos metabólicos utilizados por el organismo: Tenemos los hidratos de carbono, grasas y proteínas. Estos sustratos los encontramos en los alimentos que ingerimos, los sustratos una vez en el organismo pueden ser oxidados en las células y de estos procesos son liberados grandes cantidades de energía.

2.1. Grasas o Lípidos

Las grasas son un aporte sustancial de energía, así como de reserva, al consumir un gramo de grasa estamos adquiriendo 9 kilocalorías de energía. Las grasas están formadas principalmente por ácidos grasos y triglicéridos, los aceites que comúnmente consumimos son triglicéridos insaturados de origen vegetal, estos aceites se mantienen líquidos a temperatura ambiente, que al ser calentados son sometidos a **hidrogenación**, cambiando de aceites insaturados a aceites saturados y su consumo desmedido acarrea problemas de salud. Mientras, que las grasas provenientes de origen animal, que también son triglicéridos y ácidos grasos, son aceites saturados, estos sin ser sometidos al calor se mantienen en estado sólido en temperatura ambiente y de la misma forma su consumo desmedido puede dar problemas de salud.

En el mundo comercial es muy común encontrar alimentos hidrogenados, casi todos los comestibles como papas fritas, galletas y todo tipo de boquitas que se distribuyen en supermercados contienen grasas de este tipo, afortunadamente cada país tiene controles, el consumidor debe fijarse en las etiquetas del producto para ver si tiene este tipo de grasas, frecuentemente la lectura de las etiquetas dice *“contiene aceite*

parcialmente hidrogenado” o también *“contiene grasas Trans”* pero son las mismas grasas.

Dentro de un plan alimentario para los deportistas es necesario incluir alimentos ricos en grasas saturadas, como, mantequilla, huevos, carnes, aceites de origen animal, azúcares refinados, etc. Como dijimos anteriormente sin exceder el consumo. Pero sería mucho mejor si ofrecemos grasas insaturadas la cual la encontramos en alimentos como, pastas, aceites vegetales, cereales, frutas, verduras, pescado azul, legumbres, semillas secas, etc.

Prácticamente todos los sustratos provenientes por la ingesta de alimentos, mediante varias reacciones pasan a ser glucosa que al no ser utilizada inmediatamente para la producción de energía, se almacenan en las células en forma de glucógeno, cuando las células están llenas de glucógeno, la glucosa adicional se convierte entonces en grasa que posteriormente se depositarán en los tejidos adiposos de nuestro cuerpo, produciendo la obesidad y desencadenando otras enfermedades. La oxidación de los ácidos grasos solo se produce en las **mitocondrias**.

Resumiendo, es claro que las grasas son indispensables, para que el organismo tenga la posibilidad, a través de ellas, de obtener energía, como también la importancia para que los deportistas mantengan un rendimiento deportivo adecuado. Con una alimentación adecuada, las grasas producen entre el 40 al 45% de las calorías, lo que indica que su empleo es necesario para la obtención de energía como lo son también los carbohidratos, además estos últimos en gran parte se transforman en triglicéridos (grasas) se almacenan y después se emplean para la producción de energía.



2.2. Carbohidratos ó Hidratos de Carbono

Los hidratos de carbono o carbohidratos, también llamados azúcares son los alimentos más comunes que se incluyen en cualquier plan alimenticio, el arroz, el trigo, la avena, los cereales, el maíz son ejemplos básicos. En el campo deportivo este alimento constituye junto a las grasas de vital importancia, pues entre los dos, aportan casi el total de la energía que dispone el organismo para la ejecución de un ejercicio.

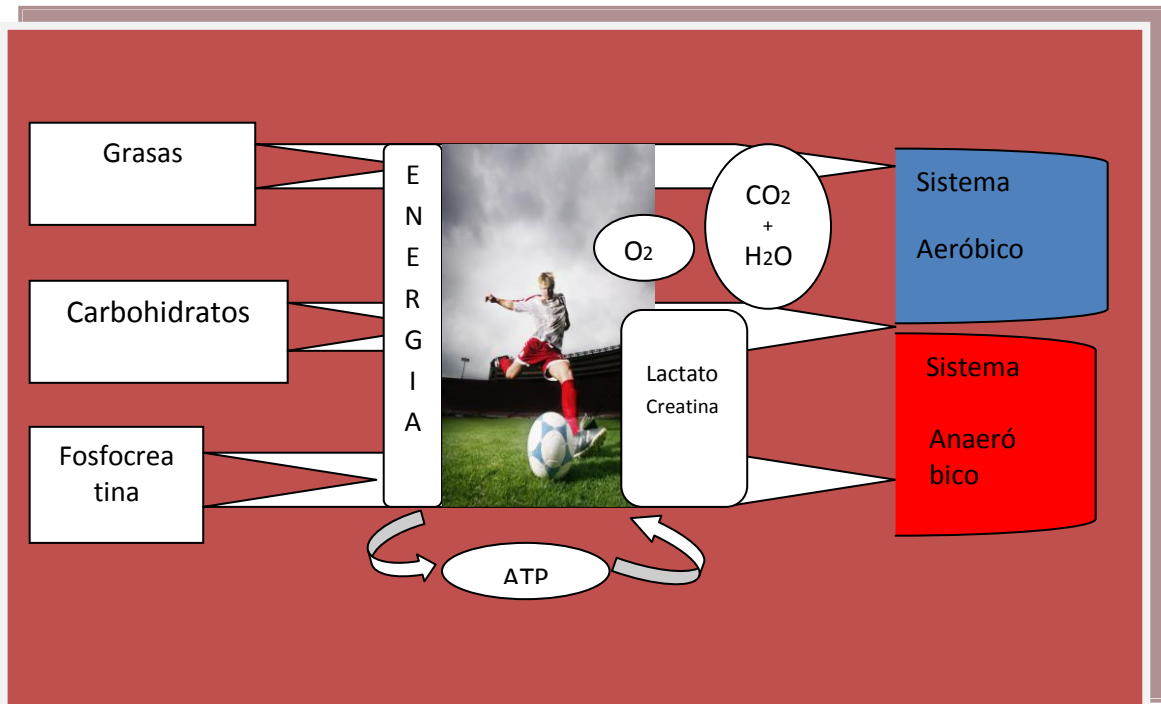
Una vez ingeridos los carbohidratos, después de ser absorbidos en el intestino, gran parte de ellos se convierten en glucosa que comienzan a circular por la sangre, por tanto la glucosa es la vía final para el transporte de los carbohidratos hacia las células, una vez la glucosa entre al citoplasma de la célula es oxidada mediante reacciones químicas, a esta primera fase se le denomina glucólisis, luego en una segunda fase dentro de las mitocondrias celulares se produce la respiración aeróbica, donde se requiere de oxígeno, en situaciones anaeróbicas el metabolismo de la glucólisis produce **ácido pirúvico** y su fermentación lo transforma en etanol o en ácido láctico.

Una vez la glucosa halla pasado hacia el interior de la célula, esta puede utilizarse casi de inmediato para generar energía, al elevar el consumo de carbohidratos, y no ser utilizados para energía, nuestro organismo dispone de almacenamiento, esa glucosa almacenada se conoce con el nombre de glucógeno.

Casi todas las células del cuerpo tienen la capacidad de almacenar glucógeno, siendo las del hígado y el músculo respectivamente las más capacitadas, el proceso de elaboración de glucógeno es llamado glucogénesis, mientras que la liberación del glucógeno para elaboración de glucosa es denominado glucogenólisis.

En resumen el alimento rico en carbohidratos entra a nuestro organismo para ser degradado en glucosa, la cual al entrar al citoplasma de la célula, mediante la glucólisis produce ácido pirúvico, este puede tener dos rutas, la primera si se combina con oxígeno entra al ciclo de Krebs (ver ciclo de Krebs) para producir ATP (Adenosín trifosfato) y para términos de fácil entendimiento podemos decir que el ATP es movimiento, la energía necesaria no solo para el ejercicio físico, sino también para el funcionamiento de casi todos nuestros órganos vitales. La segunda ruta sin presencia de oxígeno el ácido pirúvico se fermenta en ácido láctico o etanol en este procedimiento no se produce ATP, pero mediante otras reacciones facilita la continuidad de la glucólisis.

Debemos tener claro que no solo se obtiene energía por el suministro de glucosa, hay otras moléculas alimenticias, como las grasas y proteínas que también pueden entrar al citoplasma para la glucólisis o a la mitocondria al ciclo de Krebs, para terminar siempre en ATP, energía para el movimiento. Así que no hay discriminación, si queremos rendimiento se debe tener una dieta muy bien balanceada en el consumo de grasas, carbohidratos y proteínas. (Ver gráfica número 2)



Gráfica 2: El suministro de diferentes sustratos genera energía, mediante varias reacciones químicas, si el sustrato se combina con oxígeno, produce gas carbónico y agua (Sistema aeróbico) para la producción de ATP, en cambio si no hay presencia de oxígeno, se produce ácido láctico o etanol, y aunque no se produce ATP, (Sistema anaeróbico), facilita la continuidad de la glucólisis.

2.3. Proteínas

Las proteínas, son elementos, que encontramos con alguna facilidad en los alimentos que consumimos, principalmente las proteínas de origen animal están presentes en las carnes, huevos, leche y sus derivados y las de origen vegetal como en los frutos secos, legumbres, soya, champiñones, cereales, etc. Estos alimentos tienen muchas funciones en el organismo como por ejemplo la formación y reparación de tejidos, formación de hormonas, formación de enzimas, neurotransmisores, transportadoras entre otras, sin dejar pasar que están altamente comprometidas en funciones metabólicas.

Las proteínas, compuestos principalmente por **aminoácidos**, al igual que los dos sustratos anteriores están en capacidad de proporcionar energía, sin embargo su función principal es más estructural que energético, hacen parte de la estructura de tendones, músculos, uñas, piel. Podríamos decir que sería la última fuente de la cual el organismo echaría mano, al no encontrar reservas de elementos como las grasas y los carbohidratos para obtener energía.

Cuando el consumo de proteínas alcanza niveles superiores a las que la célula puede almacenar, los aminoácidos se degradan para la producción de energía, o se almacenan en forma de grasa. Se debe consumir entre 20 a 30 gramos mínimos diarios para evitar pérdida, sin embargo se aconseja la ingesta de 60 a 75 gramos diarios para asegurar un margen disponible.

En el deporte se estima que la utilización de proteínas para la producción de energía durante la realización de un ejercicio físico solo ocupa entre el 3 al 18%, sin embargo se estima que el aporte energético proveniente de las proteínas en las competencias de larga duración tiene mucha importancia sobre todo en los últimos tramos de la competencia.

Ingesta de proteínas recomendadas (gr/kg de peso corporal) para deportistas

Deporte	Gr proteínas / kg peso corporal
Entrenamiento de fuerza	
Etapa de mantenimiento	1.2 – 1.4
Etapa de hipertrofia (2)	1.6 - 1.8
Entrenamiento de resistencia	1.2 – 1.4
Entrenamiento en deportes en equipo	1.4 – 1.7
Reducción de peso corporal	1.4 – 1.8

www.nutri-salud.com.ar

Fuente: Onzari, 2008

En conclusión las proteínas hacen parte fundamental de una buena alimentación de los deportistas, entran en acción principalmente al no disponer de niveles adecuados de carbohidratos y grasas, y su función principal no es energética sino estructural entre otras, en cambio son las grasas y los carbohidratos las principales fuentes de combustible, mientras que las proteínas en pequeña cantidad, *“en ejercicios de baja intensidad, la contribución de carbohidratos y grasa es similar, pero cuando la intensidad es muy elevada, se utiliza casi exclusivamente hidratos de carbono”*. (Bangsbo, 2002).

El fútbol, por ser un deporte de Resistencia Intermitente, la contribución de carbohidratos y grasas es esencial y mantener los niveles antes, durante y después de la competencia, asegura un buen rendimiento y una buena recuperación. Los entrenadores deben saber estas teorías y hacerles entender a tanto a deportistas como directivos que la alimentación es parte fundamental del rendimiento deportivo, Aunque en la actualidad esto se ha mejorado, todavía existe el mito que la alimentación una vez concluida la competencia, ya no es relevante, por consiguiente ofrecen una hamburguesa o comida de ese tipo, generando más problemas al organismo que beneficios, al siguiente día de una competencia o entrenamiento intenso el deportista llega con dolores musculares, es el primer síntoma de una mala alimentación.



Gráfica 3: Distribución de las reservas de energía (Grasas, carbohidratos) en el organismo.
Carlos Villarreal (Seminario Nuevas tendencias de pretemporada en el fútbol moderno) Asociación De entrenadores de fútbol de El Salvador 2007.

3. SISTEMAS ENERGETICOS

Existen tres sistemas energéticos fundamentales para que el organismo tenga la posibilidad de resintetizar los alimentos en energía y poder realizar el ejercicio físico;

1. Sistema aeróbico u oxidativo.
2. Sistema de anaeróbico Aláctico.
3. Sistema de anaeróbico Láctico

Podríamos decir que los tres sistemas actúan como un continuo aportador de energía, manteniendo prácticamente a los tres en funcionamiento, sin embargo existe predominio de uno sobre los otros dos, según la duración del ejercicio, intensidad de la contracción muscular y sustratos almacenados, de esta forma no es posible que los sistemas energéticos funcionen aisladamente por separado sino que existe predominancia, en el deporte se debe decir claramente que el ejercicio tiene un predominio en un mencionado sistema energético, pero sabiendo que los otros sistemas están funcionando de forma continua.

3.1. Sistema Aeróbico u Oxidativo

Al entrar los sustratos a la célula que principalmente en este sistema son carbohidratos y grasas tienen dos rutas a seguir, cuando el ejercicio es de baja intensidad y prolongado entra a la ruta aeróbica (utilización de O_2) la cual utiliza el círculo de Krebs (ver Ciclo de Krebs) para resintetizar una y otra vez ATP, debemos recordar que los sustratos que ingresan a la mitocondria de la célula lo hacen en forma de piruvato obtenido de la glucólisis, ese mismo piruvato entra al ciclo de Krebs como Acetil Coenzima A, y es allí donde a través de varias reacciones químicas se produce la energía necesaria para la ejecución de ese tipo de ejercicio. Además con los ejercicios de resistencia que utilizan este sistema, se aumentan el tamaño de las mitocondria y la cantidad de ellas dentro de la célula.

En este sistema los sustrato requieren de O_2 para la obtención de energía, la fuentes energéticas como ya lo habíamos mencionados anteriormente son principalmente grasas y carbohidratos y en una pequeña cantidad aminoácidos, este sistema predomina en los ejercicios continuos donde su duración es prolongada por encima de los dos minutos, normalmente nuestro organismo mantiene unos 2 litros de O_2 almacenado para la utilización de este sistema, que son los que se gastan al principio del ejercicio.

En casi todos los deportes Cíclicos, se habla de resistencia intermitente, predominando el sistema aeróbico, pero debido a la gran cantidad de movimientos de diferentes aspectos (saltos, arranques, ritmos, choques, duración, etc.) podemos decir en este caso, que esos movimientos aunque pertenecen a otros sistemas energéticos están inmersos en un mar aeróbico, y para su fácil entendimiento casi todos los deportes de conjunto (principalmente deportes con balón) son de resistencia intermitente, utilizando todos los sistemas conocidos con el predominio de uno de ellos.

Debemos recordar que el glucógeno muscular es el resultado del metabolismo de los diferentes alimentos y en este sistema ese glucógeno sufre un desgaste alto y sólo hasta 48 horas después puede ser recuperado, entonces está claro que todo entrenamiento fuerte debe evitarse antes de 48 horas de la competencia, igualmente sucede con las cargas de trabajo durante una semana. Ejemplo si el lunes se realizaron cargas de grandes volúmenes e intensidades, es muy necesario que esas cargas se hagan sólo hasta el día miércoles, que es cuando el organismo ha vuelto a recuperar el glucógeno gastado el día lunes, en términos de entrenamiento deportivo esto se llama SUPERCOMPENSACION, aunque si la dieta pos competencia es rica en hidratos de carbono se puede disminuir estos tiempos.

3.2. Sistema Anaeróbico Aláctico o Sistema de los Fosfógenos

Así como mencionamos que el sistema aeróbico es la ruta uno, sin decir que es más importante una u otra, la segunda ruta hace referencia a la ruta que toma el ácido pirúvico sin presencia de O_2 , para la producción de energía, de muy alta intensidad pero de corta duración, con máxima exigencia neuromuscular corresponde a la degradación del fosfato de creatina presente en la fibra muscular, se presenta fatiga

muscular, en el deporte hace referencia a aquellos ejercicios donde su intensidad es muy elevada y el tiempo de ejecución oscila entre los 3 a los 25 segundos.

Las reservas de ATP se agotan rápidamente, aproximadamente en 1 segundo, esta energía también es utilizada en otras funciones como procesos de síntesis metabólicos y funciones celulares. La fosfocreatina permite la resíntesis casi inmediata del ATP, las reservas de fosfocreatina se terminan aproximadamente a los 2 segundos, durante ejercicios de muy alta intensidad, la fuente principal de energía para la contracción muscular es el ATP, pero ese ATP que se ha gastado se repone mediante la liberación de energía desde la fosfocreatina.

Igualmente es necesario comprender que la exigencia neuromuscular con este tipo de ejercicios son bastante altos por lo que se requiere de 12 a 24 horas para logra su recuperación, las distancia que comprenden estos movimientos oscilan hasta los 70 metros aunque de mucha discusión.

3.3. Sistema Anaeróbico Láctico

Primero debemos conocer que son los hidratos de carbono los únicos que pueden metabolizarse en la célula, en este sistema, para la producción de energía sin que haya presencia de oxígeno, también hace referencia a la segunda ruta que toma el ácido pirúvico (sin presencia de O₂) alta exigencia neuromuscular, se degrada la glucosa que se presenta en acumulación de ácido láctico en el músculo y lo fatiga, está presente en ejercicios de alta intensidad y corresponde a movimientos que van entre los 10 segundos a 2 minutos, estos tiempos en la actualidad son de mucha discusión, las distancia que comprende este sistema oscila entre los 130 a 600 metros aproximadamente.

La supercompensación esta determinada por la eliminación de más de 16 mmol de ácido láctico producido durante el ejercicio, y que comprende entre las 48 a 72 horas después de haber realizado ese tipo de ejercicio.

RESUMEN DE SUPERCOMPENSACION EN FUTBOL

	CUALIDAD	INTENSIDAD	DURACION	DISTANCIAS APROXIMADAS	PAUSA	F/C	ACUMULACION DE ACIDO LACTICO	RECUPE RACION
A E R O B I C O	Capacidad Aeróbica	40 a 55%	Más de 20'	Más de 4 Km	no	140-150 p/m	2 a 4 mmol	Glucógeno 10 - 48 h A. Lác 12 h
	Potencia Aeróbica	60 a 80%	2' a 4' 1'-1'30"	500-1000 mts 300-400 mts	2' 1'30"	170.180 p/m	4-16 mmol	Glucógeno 5-24 h A. Lac 24-36 hs
L A C T I C O	Potencia Anaeróbica Láctica	95 A 100%	20'' a 90''	130 -600 mts	2' – 6' Activa	Más de 180 p/m	Más de 16 mmol	Eliminación de A. Lác 48 – 72 h
F O S F A G E N O S	Potencia Anaeróbica Aláctica	95 A 100%	Hasta 25''	Hasta 70 mts	30'' a 3'	Más de 180 p/m	4 -8 mmol	Recuperación Neuromuscular 12 a 24 hs.

Gráfica 4: El entrenamiento funcional mixto en la reparación física del futbolista, Carlos Juárez, Argentina 1997. Podemos ver como en cualquier trabajo se derrama ácido láctico, los niveles dependen del sistema en el que se este trabajando y la recuperación varía de acuerdo al nivel del mismo y el sustrato utilizado.

4. CICLO DE KREBS O CILCO DEL ACIDO CITRICO

Este nombre fue dado gracias al doctor alemán, Hans Adolf Krebs, premio nobel de fisiología en 1953. El **ciclo de Krebs** es también llamado, ciclo del ácido cítrico, y para fácil entendimiento vamos a decir que el ciclo de krebs no es mas que el metabolismo que sufren los hidratos de carbono dentro de la célula, específicamente en las mitocondrias y que es allí donde se produce la energía necesaria para realizar cualquier actividad principalmente física y en últimos descubrimientos también mental. Básicamente el alimento que ingerimos más el O₂ da como resultado ENERGÍA. En el ciclo de Krebs se completa la rotura de la glucosa, descomponiendo el ácido pirúvico hasta dióxido de carbono, entonces la células producen ATP (adenosin trifosfato) ó energía, a través de la glucolisis y el ciclo de Krebs.

Hasta aquí, podría verse este ciclo como complejo, pero de manera simple en el campo deportivo, podríamos decir que cuando se realiza una actividad física mediante la glucólisis aeróbica, el piruvato producido por esa vía es convertido en energía gracias a la ayuda del oxígeno en el ciclo de Krebs, cuando se hacen actividades aeróbicas, la producción de ácido láctico es inhibido por el oxígeno al desviar el ácido pirúvico hacia el ciclo de Krebs en forma de Acetilcoenzima A.

Cuando las actividades son intensas, (Anaeróbicas) se necesita un alto suministro de energía, produciendo altas cantidades de ácido láctico, pero siendo el ciclo de Krebs muy limitado al no poder degradar la cantidad de ácido láctico este se acumula en el cuerpo y da como resultado la fatiga muscular, es decir que casi siempre que las intensidades de un ejercicio físico son muy altas la aparición del ácido láctico se hace inminente y el ciclo de Krebs que en otras ocasiones facilitaba su degradación, esta vez no alcanza a realizarla por lo que seguramente el deportista se sentirá fatigado sin posibilidades de actuar hasta obtener la recuperación necesaria.

5. FRECUENCIA CARDIACA

El principal órgano del sistema circulatorio es el corazón, y este órgano determina en gran parte el rendimiento de un deportista, el corazón varía de acuerdo a muchos factores entre los cuales podemos mencionar el sexo, edad, herencia, etc. Pero lo más relevante en el deporte son los incrementos que se ven mejorados con la práctica del ejercicio el cual no solo aumenta el tamaño del corazón si no su funcionamiento, brindando la posibilidad que el corazón de un deportista en un solo impulso cardiaco bombé mucha más cantidad de sangre hacia todo el cuerpo que un individuo que no hace deporte, por consiguiente el corazón del deportista está menos propenso a padecer enfermedades cardiacas y sus labores, las realice con menos esfuerzo.

5.1. Volumen minuto Cardiac (vmc)

El volumen minuto cardiaco corresponde a la cantidad de sangre que el corazón impulsa hacia las arterias en un minuto. La exigencia al realizar un ejercicio hace que el volumen minuto cardiaco aumente y esto incrementa la cantidad de oxígeno en los músculos, por consiguiente esto trae como consecuencias que el mayor aporte de oxígeno sea para emplearlo en los músculo en acción, empleando hasta el 90% del flujo sanguíneo total, disminuyendo la distribución hacia otros órganos. Cabe mencionar que este punto deja claro que antes de la competencia o entrenamiento es necesario ingerir los alimentos por lo menos 3 horas antes, precisamente para que la sangre se ocupe principalmente para el funcionamiento de los músculos, al comer a ras de la competencia, el sistema digestivo acarrea también la necesidad de sangre, viendo afectada la función principal en ese momento que es otorgar de oxígeno a los músculos principalmente.

El volumen minuto cardiaco en reposo va de 5 a 6 litros distribuyéndose así: 4% para funciones del corazón, 15% para el sistema nervioso y 20% para vísceras. El vmc puede aumentar en un atleta bien entrenado durante el ejercicio hasta 40 litros, con el entrenamiento el vmc aumenta aportando mayor suministro de sangre que a la vez proporciona mayor cantidad de oxígeno a los músculos comprometidos en el ejercicio, y de esta manera se ve mejorado el rendimiento físico.

Al realizar ejercicio físico el corazón sufre adaptaciones, pues se ven aumentadas las paredes del miocardio, y también el tamaño de las cavidades produciendo una hipertrofia de las mismas y con más espacio de llenado, trayendo como consecuencia aumento del volumen sistólico, llamado "Corazón de atleta". Los ejercicios que causan principalmente esta hipertrofia son los aeróbicos de larga duración. En general con el ejercicio el corazón crece de manera armónica sin producir desequilibrios entre el crecimiento de las paredes y el volumen de las cavidades cardíacas.

Desafortunadamente cuando el deportista deja el entrenamiento la hipertrofia de las paredes del miocardio que se ha ganado, se ve disminuida, tal como sucede con el sistema muscular, concluyendo que no solo se ve afectada la hipertrofia muscular si no también la hipertrofia cardíaca.

5.2. Volumen Sistólico

En estado de reposo un individuo bombea aproximadamente 80ml por cada pulsación, para no confundir y tratar de dar una fácil explicación al volumen sistólico, lo resumimos como la cantidad de sangre que el corazón eyecta a las arterias durante una pulsación. Entonces si un deportista en reposo presenta 80 ml de volumen sistólico) por cada pulsación y su ritmo cardíaco es igual a 60 ppm, quiere decir que este deportista está movilizándolo 4.8 litros de vmc

$$\text{Vmc} = \text{ritmo cardíaco} \times \text{volumen sistólico}$$

Ejemplo. mujer no activa:

Ritmo cardíaco 60 ppm

Volumen sistólico 80 ml \implies entonces $\text{vmc} = 60 \text{ ppm} \times 80 \text{ ml}$
 $\text{Vmc} = 4.8 \text{ litros}$

En deportistas de mediana actividad física se pueden observar hasta 125 ml de volumen sistólico y en deportistas de élite específicamente de resistencia el volumen sistólico puede llegar hasta los 200 ml.

5.3. Ritmo cardíaco

El ritmo cardíaco hace referencia a las veces que el corazón late en un minuto, y estos valores también varían de acuerdo a varios factores entre los cuales son más importantes mencionar el sexo y el nivel deportivo: Veamos un ejemplo para personas sanas y en reposo.

SEXO	GRADO DE ACTIVIDAD	LATIDOS POR MINUTO
MUJERES	Sedentarias	Entre 70 a 80 ppm
	Activas	Entre 60 a 70 ppm
HOMBRES	Sedentarios	Por encima de 50 ppm
	Activos	Entre 35 a 40 ppm

El ritmo cardiaco va aumentando a medida que la actividad deportiva se hace más intensa, y también se ve influenciada por factores externos como el ambiente. Algunos deportistas en sus inicios no controlan su estrés ante la competencia, la gente, el clima y muchos otros factores que hacen que el deportista aumente de golpe su ritmo cardiaco e inhiba sus capacidades.

Igualmente pasa cuando se compite en altura, estudios indican que por encima de los 2400 metros el corazón puede subir el ritmo cardiaco hasta 12 ppm, lo que indica que el corazón debe trabajar con más esfuerzo que sobre el nivel del mar, otro dato importante es que a medida que el deportista avanza en edad el ritmo cardiaco máximo disminuye, un deportista joven de ritmo cardiaco máximo de 210 ppm, puede ver disminuidos su ritmo en 170 ppm al tener unos 60 años de edad.

El ritmo cardiaco máximo es la cifra más alta de pulsaciones que puede alcanzar una persona durante un minuto, este valor no varía con el ejercicio, se conserva estable y va disminuyendo a medida que se va incrementando la edad. Es decir el RCmáx no se ve alterado al someter una persona a un plan de entrenamiento, lo que se ve alterado son otros factores como por ejemplo soportar más cargas o correr con más intensidad antes de llegar al RCmáx.

Es muy importante que los entrenadores hallen el valor de ritmo cardiaco máximo de cada uno de los deportistas, pues estos valores son indispensables para la planificación del entrenamiento, este dato se puede obtener de varias formas, siendo la más sencilla la siguiente para jóvenes adultos sanos:

HOMBRES	MUJERES
$220 - \text{Edad en años} = \text{RCmáx}$	$227 - \text{Edad en años} = \text{RCmáx}$
Ej.: $220 - 30 = 190 \text{ RCmáx}$	$227 - 30 = 197 \text{ RCmáx}$

Esta fórmula es muy efectiva y tiene un margen de error de 10 a 12 ppm, es decir al valor del RCmáx se le puede sumar entre 10 a 12 ppm, hablando de deportistas de lo contrario para personas sedentarias prefiero dejar el valor resultante únicamente, sin sumarle 10 – 12 ppm.

En los primeros inicios como entrenador, es muy común encontrar que uno utilice para sus entrenamientos, la aplicación de ejercicios sacados de algún libro, revista, internet, etc. Y en cierta medida está bien, como fuente de consulta, más no de aplicabilidad, el proceso de copiar y pegar no debe pertenecer a un preparador físico idóneo, partiendo de uno de los principios básicos de la teoría del entrenamiento *"INDIVIDUALIZACION"*. Además lo que para unos entrenadores es efectivo, para otros no tanto, y los deportistas tienen diferentes capacidades.

Para aclarar este punto y tener en cuenta las capacidades de nuestros deportistas es muy importante que obtengamos de ellos algunos valores simples, pero de mucha aplicación que nos facilitará la planificación de los entrenamientos, para eso debemos tener en cuenta:

1. Hallar la **frecuencia cardiaca máxima** de cada deportista, mediante la fórmula expuesta en la página 14 de forma sencilla o si prefieres con estas otras:

a. $FC_{\text{máx}} = 205.8 - (0.685 \times \text{edad en años})$ “Universidades Americanas”

b. $FC_{\text{máx}} = 208 - (0.7 \times \text{edad en años})$ “de Pedro Ángel López Miñarro”

A mi parecer por la experiencia que tengo de trabajar en campo, estas fórmulas aunque de mucho valor difieren de la realidad en el campo deportivo. Los valores resultantes en estas fórmulas son muy bajos y más bien pertenecen al campo de la inactividad física, podemos ver que no tienen en cuenta el sexo, peso ni estado de actividad.

Hay otras que van un poco más allá y tienen en cuenta el peso de la persona como estas:

a. HOMBRES $\Rightarrow FC_{\text{máx}} = [(210 - (0.5 \times \text{edad en años})) - 1\% \text{ del peso en kilos}] + 4$

b. MUJERES $\Rightarrow FC_{\text{máx}} = (210 - (0.5 \times \text{edad en años})) - 1\% \text{ del peso en kilos}$

Ejemplo: Hombre de 77 kg, 39 años

$$FC_{\text{máx}} = [(210 - (0.5 \times 39)) - 0.77] + 4$$

$$FC_{\text{máx}} = [(210 - 19.5) - 0.77] + 4$$

$$FC_{\text{máx}} = [190.5 - 0.77] + 4$$

$$FC_{\text{máx}} = 189.73 + 4$$

$$FC_{\text{máx}} = 193.7$$

El conocimiento de la frecuencia cardiaca máxima también es muy necesario para ubicar al deportista en cada una de las zonas en las cuales queremos trabajar como veremos más adelante

2. Hallar la **frecuencia basal**, esta se toma al levantarse de la cama, colocando los dedos índice y corazón en la arteria carótida y se debe tomar en un minuto, lo ideal es hacerlo durante unos días y luego hallar la media para que los valores sean más confiables, la frecuencia basal suele estar entre 50 a 80 ppm en individuos adultos sanos.

3. Hallar la **frecuencia de reposo** para poder ubicar el rango de intensidad del ejercicio, que depende del objetivo planeado, esta se calcula así: Frecuencia cardiaca de reposo = Frecuencia cardiaca máxima – Frecuencia cardiaca basal.

Ejemplo:

$$FCr = FC_{\text{máx}} - FCb$$

$$FCr = 193.7 - 60$$

$$FCr = 133.7$$

Con estos datos y con una regla simple de tres podemos ubicar las zonas a cada deportista, dependiendo el objetivo que hemos trazado:

Los entrenadores deben conocer las zonas de entrenamiento para hacer un plan que resulte efectivo en sus deportistas. Para ello cito estos ejemplos, aunque existe aún mucha diferencia de criterios:

Zona de Resistencia

Deducimos que el trabajo de resistencia se sitúa por encima del 60% entonces debemos aplicar la siguiente operación y para ello vamos a tener en cuenta los datos del ejemplo arriba mencionado.

$$\begin{aligned} &FCr = 133.7 \text{ ppm} \\ &133.7 \longrightarrow 100\% \text{ de la FCr} \\ &X \longrightarrow 60\% \\ &X = \frac{133.7 \times 60}{100} \\ &X = 80.2 \text{ ppm} \longrightarrow \text{Entonces } 80.2 + FCb = 80.2 \text{ ppm} + 60 \text{ ppm} = 140.2 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Esto nos indica que esta persona para hacer un trabajo de resistencia deberá ejecutar su labor a un ritmo de 140.2 ppm

Zona de Desarrollo aeróbico

Esta zona está ubicada entre en 60% al 80%, la operación la hacemos de la misma forma como hallamos el 60% pero ahora debemos también calcular el 80%

$$\begin{aligned} &FCr = 133.7 \text{ ppm} \\ &133.7 \longrightarrow 100\% \text{ de la FCr} \\ &X \longrightarrow 80\% \\ &X = \frac{133.7 \times 80}{100} \\ &X = 106.9 \text{ ppm} \longrightarrow \text{Entonces } 106.9 + FCb = 106.9 + 60 \text{ ppm} = 166.9 \end{aligned}$$

Este valor de 166.9 es el valor del 80% que posee esta persona. Pero si nos fijamos lo descrito anteriormente, habíamos establecido no solo el 80% si no que lo debemos

ubicar entre el 60% al 80%, esto quiere que debemos sumar los dos valores y hallarle la media así:

60% = 140.2 y 80% = 166.9 \longrightarrow Entonces $\frac{140.2 + 166.9}{2} = 153.5$ ppm para realizar un trabajo de desarrollo aeróbico.

Potencia Aeróbica

Los valores para este tipo de actividad están ubicados entre el 80% al 90%, de esa manera se recurre a la misma operación anterior, solo que ahora se le halla la media a los valores del 80 y 90%

80% = 166.9 y 90% = 180.3 \longrightarrow Entonces $\frac{166.9 + 180.3}{2} = 173.8$ ppm, de esta manera la zona para el trabajo de potencia aeróbica en este deportista es de 173.8 ppm

Potencias anaeróbicas:

Los valores establecidos para trabajar en estas zonas se ubica entre el 90% al 98% y para hallar los valores correspondientes se aplica la misma fórmula anterior, quedando de la siguiente manera:

90% = 180.3 y 98% = 191 \longrightarrow Entonces $\frac{180.3 + 191}{2} = 185.6$ ppm, deberíamos en lo posible que al trabajar potencia anaeróbicas ubiquemos a este deportista en un ritmo de 185.6 ppm

Sugiero que para aquellas persona que no buscan rendimiento y se involucran en un plan de perdida de peso mediante la quema de grasas ubiquen su zona en el 50%, de esta manera se aseguran que el organismo esté casi exclusivamente utilizando la energía proveniente de las grasas, mientras que si se ubican en otra zona, van a involucrar carbohidratos y los objetivos trazados no se verán reflejados, cabe mencionar que no basta con un buen plan de ejercicios si no que se debe incluir una dieta principalmente trazada por un nutricionista y como nuestro organismo se adapta a los esfuerzos, entonces debemos tratar de cambiar con regularidad nuestra rutina de entrenamiento, el organismo sabe que se está quemando grasa y después de un tiempo aunque sigamos haciendo el ejercicio vemos que ya no se baja de peso como en las primeras semanas, por ese motivo se debe dar un nuevo y diferente estímulo al organismo en cuanto a la rutina de ejercicios.

Las zonas de trabajo son de mucha discusión pues la bibliografía establece rangos que difieren de un autor a otro. Es menester del entrenador o el deportista concluir la mejor manera para que el progreso sea exitoso.

6. FRECUENCIA RESPIRATORIA (FR)

La frecuencia respiratoria se refiere a la cantidad de respiraciones que tiene una persona durante un minuto, teniendo en cuenta que una respiración tiene dos fases, la fase de entrar aire (inhalar) y la fase de salida del aire (exhalar), para tener un dato exacto de la frecuencia respiratoria, comúnmente se cuenta cada vez que el pecho se eleva.

el valor de la frecuencia respiratoria puede diferenciar de un individuo a otro por varias causas, entre las cuales se tienen: edad, estado de salud o actividad física entre otras, pero en una persona adulta sana en estado de reposo, esta oscila entre 15 a 20 respiraciones por minuto.

Cuando aumentamos nuestra actividad física, la FR también aumenta, como producto de la necesidad de llevar más oxígeno a nuestro organismo, principalmente a los músculos quienes al tener que realizar mayores contracciones para soportar el ejercicio, demandan un mayor consumo de energía, entonces es necesario que la FR aumente para introducir aire al interior del organismo, el cual dentro de otros componentes llevará también el oxígeno que se necesita, en periodos de ejercicio físico la FR puede aumentar entre 22 hasta 35 respiraciones por minuto dependiendo la intensidad.

Debemos recordar que en los ejercicios anaeróbicos, de corta duración y alto nivel de intensidad, los músculos no requieren de oxígeno, por lo cual no debería aumentar en gran cantidad nuestra frecuencia respiratoria.

El aire que respiramos contiene aproximadamente el 21% de oxígeno, este O_2 por medio de unos procesos es llevado de los pulmones a la sangre, esta sangre oxigenada regresa al corazón para ser bombeada hacia cada uno de los órganos y músculos principalmente los que están en acción, cuando la sangre llega a los músculos a través de vasos sanguíneos o capilares parte del oxígeno y nutrientes (grasas, carbohidratos) son liberados para ser utilizados dentro del músculo como energía en las fibras musculares y poderemos dar el movimiento.

7. CONSUMO DE OXIGENO (VO₂)

El consumo de oxígeno se define como la cantidad o el volumen de oxígeno que el cuerpo consume y que está directamente relacionada con el metabolismo de las personas, un individuo puede elevar su consumo de oxígeno al realizar un plan de entrenamiento. Al hablar de consumo de oxígeno se está hablando de todos los ejercicios donde predomine el sistema energético aeróbico, el valor normal en reposo de un adulto sano es de 3.5 ml/kg/min. Los valores para establecer el consumo de oxígeno están dados en mililitros por kilogramo por minuto.

Gran parte del oxígeno que entra al organismo no vuelve a salir, entra un valor elevado de oxígeno y sale una pequeña cantidad, la diferencia entre el oxígeno que entra y el que sale se le llama VO₂, el consumo de oxígeno varía de acuerdo a muchas condiciones como: edad, peso, talla, sexo, clima y grado de condición física.

7.1. Máximo Consumo de Oxígeno (VO₂máx)

Como su nombre lo indica, es el máximo o la mayor cantidad de oxígeno que nuestro organismo puede transportar en un minuto y es la mejor manera de medir la capacidad aeróbica principalmente de una persona, entonces decimos que entre mayor sea la cantidad de VO₂máx, mayor capacidad cardiovascular tendrá esa persona.

Los valores normales pueden variar entre 2 litros de una persona normal hasta 8 litros en atletas bien entrenados, para hallar los valores de VO₂máx, se tienen muchas pruebas, unas de forma directa en el laboratorio como es el caso de la espirometría, pero existen otras de forma indirecta que usamos los entrenadores como son los test de campo, aquí daremos algunos ejemplos para hallar esos valores de forma indirecta:

1. Como hallar el VO₂máx utilizando el test de Cooper:

Es necesaria una pista atlética para facilitar la medición en distancia, la persona debe tratar de realizar el máximo recorrido durante 12 minutos.

Fórmula Cooper VO₂máx = [(distancia recorrida en metros/ 1609) – 0.3138] / 0.0278

Fórmula Colegio Americano de Medicina Deportiva VO₂máx = (mts / 12) x 0.2 + 3.5

Fórmula de Gerchell VO₂máx = (distancia en Km x 22.351) – 11.288

Ejemplo práctico para una persona que recorrió en los 12 minutos una distancia de 2800 metros.

Según Cooper

$$VO2m\acute{a}x = [(2800 \text{ mts} / 1609) - 0.3138] / 0.0278$$

$$VO2m\acute{a}x = [1.740 - 0.3138] / 0.0278$$

$$VO2m\acute{a}x = 1.4262 / 0.0278$$

$$VO2m\acute{a}x = 51.3 \text{ ml.kg.min}$$

Según El Colegio Americano de Medicina Deportiva

$$VO2m\acute{a}x = (2800 \text{ mts} / 12) \times 0.2 + 3.5$$

$$VO2m\acute{a}x = 233.33 \times 0.2 + 3.5$$

$$VO2m\acute{a}x = 50.1 \text{ ml.kg.min}$$

Según Gerchell

$$VO2m\acute{a}x = (2.8 \text{ km} \times 22.351) - 11.288$$

$$VO2m\acute{a}x = 62.582 - 11.288$$

$$VO2m\acute{a}x = 51.2 \text{ ml.kg.min.}$$

Podemos ver que aunque las fórmulas matemáticas varían de acuerdo a su autor, los valores resultantes continúan siendo muy cercanos, por lo que se pueden aplicar sin ningún problema a nuestros deportistas, también cabe mencionar que el test de Cooper lo recomiendo para personas que mantienen algún tipo de actividad física.

2. Test de Trote de 1 Milla (1.609 metros) para estudiantes entre 18 y 29 años (GEORGE Y COL)

Igual que el test de Cooper es necesario una pista atlética, este test permite hallar el $VO2m\acute{a}x$ con mucha exactitud en estudiantes de 18 a 29 años de edad. La persona debe recorrer la distancia de 1 milla (1609 metros) en el menor tiempo posible, se registra el tiempo que gasta en minutos y segundos, género, el peso corporal en kilos y el pulso al finalizar la prueba, luego se aplica la siguiente fórmula:

$$VO2m\acute{a}x = 100.5 + 8.344 \times G - 0.1636 \times P - 1.438 \times (\text{min} + \text{seg} / 60) - 0.1928 \times FC$$

G es igual al género, si es mujer se le asigna 0 y si es hombre se le asigna 1

P es el peso corporal en kilos.

FC es el pulso inmediatamente finalizada la prueba en pulsaciones por minuto.

Ejemplo práctico para una estudiante de 24 años que pesa 61 kg y que recorre la milla en 9'24'' y su pulso al finalizar es de 167 ppm.

$$\begin{aligned} \text{VO2máx} &= (100.5 + 8.344 \times 0 - 0.1636 \times 61 - 1.438 \times (9+24/60) - 0.1928 \times 167) \\ \text{VO2máx} &= (100.5 + 0 - 9.9796 - 1.438 \times 9.4 - 32.1976) \\ \text{VO2máx} &= (100.5 - 9.9796 - 13.5172 - 32.1976) \\ \text{VO2máx} &= 44.8 \text{ ml.kg.min} \end{aligned}$$

3. Test de Rockport de Caminata de 1 Milla (KLINE y COLS 1987)

Este test fue inicialmente hecho para marchistas, sin embargo su objetivo fundamental es medir el nivel de acondicionamiento físico en personas sedentarias de 30 a 69 años de ambos sexos. Consiste en caminar lo más rápido posible la distancia de 1 milla, se registra tiempo, pulso al finalizar la prueba, peso en kilos, genero y edad.

$$\text{VO2máx} = 132.853 - 0.0769 \times P - 0.3877 \times E + 6.315 \times G - 3.2649 \times T - 0.1565 \times \text{FC}$$

P es el peso en libras.

E es la edad en años.

G es el género, para hombre colocar 1 y para mujer colocar 0.

T es el tiempo gastado en recorrer la milla.

FC es el pulso inmediatamente tomado al finalizar la prueba.

Ejemplo práctico para un señor de 55 años que tiene un peso de 79 kilos, el cual recorrió la milla en 16 minutos con 46 segundos y su pulso fue de 165 ppm.

$$\begin{aligned} \text{VO2máx} &= 132.853 - 0.0769 \times 79 \times 2.2 - 0.3877 \times 55 + 6.315 \times 1 - 3.2649 \times (16+46/60) \\ &\quad - 0.1565 \times 165 \\ \text{VO2máx} &= 132.853 - 13.3652 - 21.3235 + 6.315 - 3.2649 \times 16.7666 - 25.8225 \\ \text{VO2máx} &= 132.853 - 13.3652 - 21.3235 + 6.315 - 54.7414 - 25.8225 \\ \text{VO2máx} &= 23.9 \text{ ml.kg.min} \end{aligned}$$

Aunque estos test son los más utilizados por deportistas y entrenadores, existen en el mercado gran variedad de test que cada día son más específicos al deporte, en el caso del fútbol, cada día toman más fuerza los test de sonidos o de multietapas, siendo el más utilizado el test de Course Navette de L. LEGER.

Con estos test se puede hallar el VO₂máx de una forma sencilla, ligera y es de mucha aceptabilidad en los deportistas por cuanto su aplicación no requiere de un gran espacio, consiste en ir y volver en un espacio de 20 metros, siguiendo el sonido de un reproductor, casi todos estos test se consiguen con las planillas de anotación y una tabla ya establecida del VO₂máx de acuerdo a la velocidad final que pudo soportar el deportista, (ver YO-YO test Dr. Jens Bangsbo)



Sin embargo existen algunas fórmulas para hallar el VO₂máx, utilizando este test:

$$\text{VO}_2\text{máx} = 5.86 \times V_f - 19.46$$

$$\text{VO}_2\text{máx} = -24.4 + 6 \times V_f$$

En donde V_f es la velocidad final, en a que el deportista terminó la prueba.

De esta manera quiero plantear otro de los datos sumamente importante en el entrenamiento deportivo, pues conociendo el VO₂máx de cada uno de nuestros jugadores, podemos establecer la ruta a seguir en la planificación de cada uno para lograr el mejoramiento de la condición física.

8. MARCADORES BIOQUIMICOS DE LA FATIGA MUSCULAR

Durante una temporada de competencias, sobre todo en deportes como el fútbol profesional, donde el escaso tiempo que se tiene de pretemporada es insuficiente en relación a la competencia misma, es necesario tener en cuenta una buena planificación y periodización del entrenamiento, para evitar lesiones que alejan al deportista de la

cancha por un tiempo y lo que es más grave aún, en algunos casos se pierden toda una temporada, poniendo en riesgo su contratación.

El preparador físico debe tener los conocimientos necesarios para sobrellevar a todo un equipo a la conclusión del campeonato con el menos número de lesionados posible y para que esto sea viable, también es necesario incluir dentro del programa muchas actividades dirigidas a la profilaxis.

Esta tarea se verá profundamente mejorada si contamos con un departamento médico especializado en deporte, entonces el entrenamiento como tal debe ser multidisciplinario, en el cual debemos incluir entrenadores, preparadores físicos, médicos, kinesiólogos y fisioterapeutas, todos trabajando de manera relacionada para que las lesiones sean considerablemente disminuidas, en estos tiempos no es valedera la postura de muchos entrenadores que solo trabajan y cuando el deportista se lesiona lo envían al médico para su recuperación, o la versión arcaica que el mejor médico es el mismo deportista, no es así. Debemos respetar las profesiones y aunque cada uno dentro de un equipo haga su labor, debe haber una comunicación fluida acerca de todo lo que pasa en cada departamento.

Afortunadamente la ciencia ha avanzado enormemente en el campo deportivo, y aunque el fútbol no sea una ciencia, la ciencia cada día llena al deporte de más posibilidades de triunfo, por ese motivo tener en cuenta los principios del entrenamiento deportivo, al igual que las grandes ayudas que ofrecen los exámenes de laboratorio con los marcadores bioquímicos de la fatiga muscular ayudan relevantemente a la prevención de lesiones.

8.1. Creatinafosfokinasa (CPK)

La creatinafosfokinasa es una enzima que se encuentra principalmente en el corazón, cerebro y los músculos, el CPK se encuentra en mayor cantidad en los músculos esqueléticos, y un aumento significativo de su concentración, indica posibles traumatismos del músculo por sobreentrenamiento, intoxicación causada por el consumo de cocaína, inyecciones intramusculares, e inclusive por el alcoholismo.

Es muy frecuente encontrar en deportistas fatiga muscular, la carga excesiva y la intensa competencia son las causas más frecuentes de una desviación anormal en los valores de CPK, situación que debe tratarse a tiempo. Cabe diferenciar que la fatiga muscular no es lo mismo que cansancio habitual, en el deporte la fatiga muscular debe estar referenciada como una patología, cuando se muestra junto a una disminución del rendimiento, y cuando esa fatiga no es recuperada mediante el descanso y la disminución en la carga del entrenamiento.

Los valores normales de la CPK en hombres adultos sanos es de 24 a 190 U/L y en mujeres es de 166 U/L, estos valores van disminuyendo con la edad, y existen de tres

tipos: la CPK (BB) predomina en el cerebro, CPK (MM) predomina en el músculo esquelético y la CPK (MB) que predomina en el corazón.

La CPK (MM) es la isoenzima más abundante en el total de CPK, si esta se eleva, debemos relacionarla con lesiones o daños musculares principalmente ocasionados por el sobreentrenamiento, por este motivo se deben realizar chequeos de CPK periódicamente y así establecer o descartar lesiones musculares.

Para la muestra no se debe haber realizado ejercicio intenso o prolongados con anterioridad, ni haberse colocado inyecciones intramusculares, cirugías recientes, ya que pueden alterar los valores y la toma se hace a través de una muestra de suero (sangre) sacada de una vena, que luego es llevada al laboratorio para el análisis respectivo, normalmente no es necesario la toma de más de 10 ml.

Los valores aumentados de la CPK (MM) en sangre nos indican, a parte de los ya mencionados, convulsiones, múltiples inyecciones intramusculares, distrofia muscular, miositis, entre otras.

Si el entrenador o preparador físico estima problemas musculares en sus deportistas, el análisis de CPK en suero es la forma más objetiva de determinar el posible daño muscular, y para ello es necesario remitir al deportista al médico.

8.2. Nitrógeno Ureico

El nitrógeno ureico es lo que se forma en el resultado final de la descomposición de las proteínas y es un examen que también se toma con una muestra de sangre, ya sabemos que las proteínas son degradadas en aminoácidos, estos aminoácidos contienen nitrógeno que son liberados en ion amonio, el resto de la molécula se utiliza para obtener energía, ese amonio se une junto a otras pequeñas moléculas para formar urea, la cual aparece en la sangre y luego debe ser expulsada a través de la orina, en su defecto si el riñón no funciona normalmente esa urea se almacena en la sangre, elevando la concentración.

En general esta prueba nos muestra el desgaste proteico, posible deshidratación y lógicamente problemas renales, para obtener la muestra, es necesaria la toma de sangre igual que se realiza la prueba de CPK, los valores normales de urea son de 5 a 15 mg/decilitro.

Las dietas con exceso de proteínas, enfermedades renales, problemas cardiacos, deshidratación, entre otras pueden dar como resultado valores elevados de urea en sangre, también una dieta pobre en proteínas, problemas hepáticos, embarazo, exceso de hidratación y mala nutrición puede dar como resultado valores disminuidos de la urea.

8.3. Creatinina

La creatinina es el resultado final de la degradación de la creatina, la cual es una molécula sumamente importante en la generación de energía ya que puede ser transformada en ATP.

Los valores normales de creatinina en un adulto hombre sano es de 0,5 a 1,5 mg/decilitro y en las mujeres adultas sanas los valores son de 0.5 a 1,2 mg/decilitro, este examen al igual que los anteriores se hace por medio de una muestra de sangre, en medicina general esta prueba mas bien hace referencia a posibles problemas de orden renal pero en el campo deportivo, un nivel elevado de creatinina, puede mostrarnos la regulación hídrica corporal.

Al igual que el nitrógeno ureico, esta prueba nos indica el estado de la función renal de los deportistas, y se recomienda hacerla en aquellos que sus niveles de urea son constantemente elevados.

8.4. Cortisol

El cortisol es una hormona que se produce en las glándulas suprarrenales, su medición nos puede mostrar la capacidad del deportista para obtener energía, los niveles altos de cortisol nos indican que el entrenamiento no está siendo bien asimilado por lo que se debe replantear el plan de trabajo.

El examen se realiza recogiendo un muestra de sangre y los valores varían de acuerdo a la hora que se tome la prueba, los valores normales am es de 5 a 20 microgramos/decilitro y pm de 35 a 45 microgramos/decilitro.

En conclusión es de manera importante que el preparador físico establezca junto al medico, los exámenes bioquímicos a tener en cuenta, estos datos facilitarán el trabajo del entrenador marcando pautas importante en el trazado del plan de entrenamiento, cabe recordar que no es un trabajo exclusivo del preparador físico, pues el médico es el especialista y es el quien determina los niveles de cada prueba y los posibles pasos a seguir.

BIBLIOGRAFIA

Huter-Becker, A; Schewe, H; Heipertz, W. (2006). Fisiología y teoría del entrenamiento, Editorial Paidotribo, Barcelona, Primera Edición.

Le Deuff, H. (2003). El entrenamiento físico del jugador de tenis, Editorial Paidotribo, Barcelona, Primera Edición.

Minuchin Patricia. (2005). Fisiología del Ejercicio, Editorial Nobuko, Buenos Aires.

Bangsbo, J. (2002). Entrenamiento de la condición física en el futbol, Editorial Paidotribo, Barcelona, Tercera edición.

Córdova M. Alfredo. (2003). Fisiología Dinámica, Editorial Elsevier, España, primera edición.

Pocock Gillian; Richards Crhistopher D. (2005). Fisiología Humana, Editorial Masson, España, segunda edición.

Cuppett Micki; Walsh Katie M. (2007). Medicina General Aplicada al Deporte, Editorial Elsevier, España.

Wilmore Jack H; Costill David L. (2004). Fisiología del esfuerzo y del deporte, Editorial Paidotribo, Barcelona, quinta edición.

Shephard Roy J; Astrand D. (2000), La resistencia en el deporte, Editorial Paidotribo, Barcelona, segunda edición.

American College of Sports Medicine; Iriarte Goi Eduardo. (2000). Manual de consulta para el control y prescripción del Ejercicio, Editorial Paidotribo, Barcelona, segunda edición.

Hohmann, A; Lames, M; Letzelter, M. (2005). Introducción a la ciencia del entrenamiento, Editorial Paidotribo, Barcelona.

Fardy Paul S; Yanowitz Frank G. (2003). Rehabilitación Cardiaca, la forma física del adulto y las pruebas de esfuerzo. Editorial Paidotribo, edición ilustrada, Barcelona.

Horn, H; Esteinmann, H. (2005). Entrenamiento medico en rehabilitación, Editorial Paidotribo, Barcelona, Primera Edición.

Barbany J.R. ((2002). Fisiología del ejercicio físico y entrenamiento, Editorial Paidotribo, Barcelona, Edición ilustrada.

Fernandez Feriché Belen; Delgado F Manuel. (2003). Preparación Biológica en la formación Integral del Deportista, Editorial Paidotribo, primera edición, Barcelona.

Chiesa, L. (2007). La musculación racional, Editorial Paidotribo, Barcelona

Freese, J; Dingeldein, A; Hensel, I. (2006) Fitness terapéutico, Editorial Paidotribo, Barcelona, Primera Edición.

Bangsbo Jens. (1999). YO-YO Test, August Krogh Institute, Dinamarca

Alba Berdeal Antonio. (2005). Test Funcionales, cineantropometría y prescripción de Entrenamiento en el deporte y la actividad Física, Editorial Kinesis, segunda edición, Colombia.