



ANTOLOGIA

NUTRICIÓN EN LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

LICENCIATURA NUTRICIÓN
7° CUATRIMESTRE

Marco Estratégico de Referencia

ANTECEDENTES HISTORICOS

Nuestra Universidad tiene sus antecedentes de formación en el año de 1979 con el inicio de actividades de la normal de educadoras “Edgar Robledo Santiago”, que en su momento marcó un nuevo rumbo para la educación de Comitán y del estado de Chiapas. Nuestra escuela fue fundada por el Profesor de Primaria Manuel Albores Salazar con la idea de traer Educación a Comitán, ya que esto representaba una forma de apoyar a muchas familias de la región para que siguieran estudiando.

En el año 1984 inicia actividades el CBTiS Moctezuma Ilhuicamina, que fue el primer bachillerato tecnológico particular del estado de Chiapas, manteniendo con esto la visión en grande de traer Educación a nuestro municipio, esta institución fue creada para que la gente que trabajaba por la mañana tuviera la opción de estudiar por las tarde.

La Maestra Martha Ruth Alcázar Mellanes es la madre de los tres integrantes de la familia Albores Alcázar que se fueron integrando poco a poco a la escuela formada por su padre, el Profesor Manuel Albores Salazar; Víctor Manuel Albores Alcázar en septiembre de 1996 como chofer de transporte escolar, Karla Fabiola Albores Alcázar se integró como Profesora en 1998, Martha Patricia Albores Alcázar en el departamento de finanzas en 1999.

En el año 2002, Víctor Manuel Albores Alcázar formó el Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. para darle un nuevo rumbo y sentido empresarial al negocio familiar y en el año 2004 funda la Universidad Del Sureste.

La formación de nuestra Universidad se da principalmente porque en Comitán y en toda la región no existía una verdadera oferta Educativa, por lo que se veía urgente la creación de una institución de Educación superior, pero que estuviera a la altura de las exigencias de los jóvenes que tenían intención de seguir estudiando o de los profesionistas para seguir preparándose a través de estudios de posgrado.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de

cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el Corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y Educativos de los diferentes Campus, Sedes y Centros de Enlace Educativo, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca a nivel nacional e internacional.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y educativos de los diferentes campus, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca.

MISIÓN

Satisfacer la necesidad de Educación que promueva el espíritu emprendedor, aplicando altos estándares de calidad Académica, que propicien el desarrollo de nuestros alumnos, Profesores, colaboradores y la sociedad, a través de la incorporación de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

VISIÓN

Ser la mejor oferta académica en cada región de influencia, y a través de nuestra Plataforma Virtual tener una cobertura Global, con un crecimiento sostenible y las ofertas académicas innovadoras con pertinencia para la sociedad.

VALORES

- Disciplina
- Honestidad
- Equidad
- Libertad

ESCUDO



El escudo de la UDS, está constituido por tres líneas curvas que nacen de izquierda a derecha formando los escalones al éxito. En la parte superior está situado un cuadro motivo de la abstracción de la forma de un libro abierto.

ESLOGAN

“Mi Universidad”

ALBORES



Es nuestra mascota, un Jaguar. Su piel es negra y se distingue por ser líder, trabaja en equipo y obtiene lo que desea. El ímpetu, extremo valor y fortaleza son los rasgos que distinguen.

NUTRICIÓN EN LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

Objetivo de la materia: El alumno comprenda los conceptos básicos del deporte y como deberá de ser la alimentación de los atletas; así mismo conocer los tipos de ayudas ergogénicas.

CONTENIDO

UNIDAD I HISTORIA DEL DEPORTE Y BIOQUIMICA DEPORTIVA

- 1.1 La evolución deportiva y cambios en los patrones alimentarios
- 1.2 Conceptos y terminología del deporte.
- 1.3 Mitos de la nutrición del deporte.
- 1.4 Hidratación en el deportista
- 1.5 Bebidas hipotónicas
- 1.6 Bebidas isotónicas
- 1.7 Bebidas hipertónicas
- 1.8 Diseño del plan de rehidratación

Bioquímica del deporte

- 1.9 Metabolismo de carbohidratos
- 1.10 Metabolismo de lípidos
- 1.11 Metabolismo de nitrógeno
- 1.12 Biosíntesis de Aminoácidos
- 1.13. Recambio proteico
- 1.14 Catabolismo de aminoácidos

UNIDAD II VÍAS AERÓBICAS Y ANAERÓBICAS

- 2.1 Parámetros bioquímicos
- 2.2 Metabolismo energético
- 2.3 Eficiencia energética
- 2.4 Vía anaeróbica
- 2.5 Vía aeróbica
- 2.6 Consumo de oxígeno
- 2.7 Umbral anaeróbico
- 2.8 Umbral aeróbico
- 2.9 Zona de transición aeró-anaeróbica
- 2.10 Tipos de entrenamiento aeróbicos
- 2.11 Tipos de entrenamiento anaeróbicos

UNIDAD III ANTROPOMETRÍA APLICADA A LA VALORACIÓN NUTRICIONAL DEL DEPORTISTA Y ESTRATEGIAS NUTRICIONALES PARA DEPORTES DE POTENCIA, RESISTENCIA Y COMBINADOS (POTENCIA/RESISTENCIA)

- 3.1 Antropometría aplicada al deportista.
- 3.2 Protocolo para la medición antropométrica
- 3.3. Pliegues cutáneos
- 3.4. Composición corporal
- 3.5. Biotipo y Proporcionalidad
- 3.6 Adaptación del régimen alimentario a los cambios de las etapas de entrenamiento.
- 3.7 Demanda energética
- 3.8 Sistema de fosfágeno (fosfato de creatina)
- 3.9 Alimentación pre competencia
- 3.10 Alimentación durante competencia
- 3.11 Alimentación post competencia
- 3.12 Estrategias nutricionales para mejorar la potencia y la velocidad
- 3.13 Recomendaciones de hidratos de carbono para atletas de potencia, fuerza o velocidad
- 3.14 Recomendaciones de proteínas
- 3.15 Recomendaciones de grasa
- 3.16 Construcción de masa magra (músculo)
- 3.17. Estrategias nutricionales para mejorar la resistencia
- 3.18 Régimen alimentario según períodos de entrenamiento.

UNIDAD IV Evaluación del rendimiento físicodeportivo.

- 4.1 Gasto energético
- 4.2 Rendimiento
- 4.3 Reserva de glucógeno
- 4.4 Nutrición aplicada al deporte de niños, adolescentes, adultos y tercera edad.
- 4.5 Apoyo ergogenicos nutricionales
- 4.6 Utilización de complementos vitamínicos, proteicos, bebidas deportivas y estimulantes.
- 4.7 Relevancia de los suplementos dietéticos
- 4.8 Ingesta de suplementos dietéticos por los deportistas
- 4.9 Doping
- 4.10 Patologías en atletas
- 4.11 Lesiones en atletas

INDICE

UNIDAD I HISTORIA DEL DEPORTE Y BIOQUIMICA DEPORTIVA	11
1.1 La evolución deportiva y cambios en los patrones alimentarios	11
1.2 Conceptos y terminología del deporte.....	14
1.3 Mitos de la nutrición del deporte.	23
1.4 Hidratación en el deportista.....	25
1.5 Bebidas hipotónicas	32
1.6 Bebidas isotónicas	32
1.7 Bebidas hipertónicas.....	33
1.8 Diseño del plan de rehidratación	34
Bioquímica del deporte	39
1.9 Metabolismo de carbohidratos.....	39
1.10 Metabolismo de lípidos	41
1.11 Metabolismo de nitrógeno	43
1.12 Biosíntesis de Aminoácidos.....	43
1.13. Recambio proteico.....	44
1.14 Catabolismo de aminoácidos.....	44
UNIDAD II VÍAS AERÓBICAS Y ANAERÓBICAS	45
2.1 Parámetros bioquímicos.....	45
2.2 Metabolismo energético	47
2.3 Eficiencia energética.....	63
2.4 Vía anaeróbica.....	65
2.5 Vía aeróbica.....	68
2.6 Consumo de oxígeno	70
2.7 Umbral anaeróbico	72
2.8 Umbral aeróbico	73
2.9 Zona de transición aeró-anaeróbica.....	74
2.10 Tipos de entrenamiento aeróbicos	74
2.11 Tipos de entrenamiento anaeróbicos	75
UNIDAD III ANTROPOMETRÍA APLICADA A LA VALORACIÓN NUTRICIONAL DEL DEPORTISTA Y ESTRATEGIAS NUTRICIONALES PARA DEPORTES DE POTENCIA, RESISTENCIA Y COMBINADOS (POTENCIA/RESISTENCIA)	77
3.1 Antropometría aplicada al deportista.	77
3.2. Pliegues cutáneos	82
3.3. Composición corporal.....	91
3.4. Biotipo y Proporcionalidad	96

3.5 Adaptación del régimen alimentario a los cambios de las etapas de entrenamiento.....	99
3.6 Demanda energética	101
.....	102
3.7 Sistema de fosfágeno (fosfato de creatina)	103
3.8 Alimentación pre competencia.....	105
3.9 Alimentación durante competencia.....	106
3.10 Alimentación post competencia	107
3.11 Estrategias nutricionales para mejorar la potencia y la velocidad	107
3.12 Recomendaciones de hidratos de carbono para atletas de potencia, fuerza o velocidad	108
3.13 Recomendaciones de proteínas	109
3.14 Recomendaciones de grasa	109
3.15 Construcción de masa magra (músculo)	110
3.16. Estrategias nutricionales para mejorar la resistencia	111
UNIDAD IV Evaluación del rendimiento físicodeportivo.....	116
4.1 Gasto energético	116
4.2 Rendimiento	127
4.3 Reserva de glucógeno	128
4.4 Nutrición aplicada al deporte de niños, adolescentes, adultos y tercera edad. 129	
Hidratos de carbono.....	131
Proteínas	132
Vitaminas y minerales	132
4.5 Apoyo ergogenicos nutricionales	133
4.6 Utilización de complementos vitamínicos, proteicos, bebidas deportivas y estimulantes.....	136
4.7 Relevancia de los suplementos dietéticos	150
4.8 Ingesta de suplementos dietéticos por los deportistas	151
4.9 Doping	153
4.10 Patologías en atletas.....	154
4.11 Lesiones en atletas.....	157
BIBLIOGRAFÍA.....	161
VIDEO	161

UNIDAD I HISTORIA DEL DEPORTE Y BIOQUIMICA DEPORTIVA

1.1 La evolución deportiva y cambios en los patrones alimentarios

El cuerpo humano está diseñado para moverse regularmente, y desde hace miles de años así lo tienen codificado nuestros genes. Con la actividad y el movimiento se obtienen una serie de efectos beneficiosos para la salud, así como para la prevención de las enfermedades desde la infancia, pero nuestro estilo de vida actual es cada vez más sedentario.

En la sociedad actual, el sedentarismo es un problema en incremento continuo, que, junto a una alimentación desequilibrada, condicionan las elevadas tasas de sobrepeso y obesidad. Por ello, es absolutamente prioritario diseñar estrategias encaminadas a modificar el estilo de vida y aumentar el gasto energético diario, en las actividades cotidianas y en los desplazamientos. Además de ello, en cada grupo de población es aconsejable introducir y adaptar sesiones programadas de ejercicio físico estructurado, y realizarlo a la intensidad, duración y frecuencia adecuados, igual que haríamos con cualquier otro tratamiento.

Además, la alimentación puede y debe adecuarse al nivel de ejercicio practicado, y así maximizar los beneficios obtenidos, siendo un hecho constatado que la persona que inicia la actividad física, acaba modificando también sus hábitos de alimentación y está -en general-, más motivado por el cuidado de la salud. Los objetivos y motivación para la práctica de actividad física o deporte, pueden ser muy diferentes en función del colectivo que lo practica. En algunos casos, se da dentro del ámbito de la competición y mejora del rendimiento, mientras que en otros tan sólo en busca de la mejora de la salud o bienestar.

Sin embargo, a una gran parte de la población esta motivación le cuesta conseguirla y en muchos casos, múltiples intentos de iniciarla van seguidos del mismo número de abandonos. Es importante la capacidad de implicación, entre otros, de colectivos médicos, entrenadores y dietistas, para llegar a involucrar en la actividad física regular a la población obesa, niños, , ancianos y personas con escasez de tiempo para su práctica.

En gran medida, el secreto está en localizar la personalización a cada caso y plantear objetivos y metas concretos para cada uno de ellos, al menos al inicio, hasta que sean conscientes de que los resultados obtenidos les motiven a seguir y

les hayan creado una cierta dependencia, adhesión o necesidad de no abandono, porque se encuentran mejor; así, cada uno habrá conseguido “a su manera” mejorar y optimizar su estado físico e incluso psicológico.

Aunque la salud y el rendimiento están condicionados en parte por la genética, la adecuada alimentación y actividad física, desempeñan un papel primordial para conseguirlos. Por el contrario, el hacerlo de manera inadecuada puede suponer riesgos para la salud, graves en ocasiones, como los derivados de una deshidratación severa, o la mayor predisposición a lesiones.

La Nutrición y la salud son dos conceptos que están íntimamente relacionados. Los antiguos filósofos ya lo preconizaban basándose exclusivamente en conocimientos totalmente empíricos, es decir, basados en la experiencia. Pero los avances en las ciencias médicas han hecho que hoy sea un hecho totalmente demostrado. La práctica deportiva implica unas mayores demandas de energía y nutrientes, por ello el deportista debe consumir más cantidad de alimentos que la población sedentaria. El conocimiento específico de cuáles son esos requerimientos especiales de nutrientes hará que su alimentación sea una herramienta fundamental para mejorar su rendimiento y su salud. El conocimiento profundo de la fisiología del ejercicio, es decir, de todos aquellos cambios, adaptaciones y reacciones químicas que ocurren en el organismo cuando está sometido a un esfuerzo físico, hará que podamos conocer con mayor rigor cuáles son los nutrientes que el deportista debe consumir en un momento determinado.

De ello se ocupa una rama especial de la nutrición humana que se conoce en estos momentos como Nutrición Deportiva. El preparador físico o monitor que tiene a su cargo la importante responsabilidad, tanto de formar a otros preparadores físicos o monitores, como a sus propios alumnos en el gimnasio, debe conocer perfectamente conceptos básicos de fisiología del esfuerzo físico para poder comprender mejor cómo aplicar sus conocimientos nutricionales. Del mismo modo, debe conocer los principios básicos y generales de la Nutrición Humana para comprender y aplicar los específicos de la Nutrición Deportiva.

Solamente conociendo las bases de todo ello, podrá comprender y aplicar con mayor grado de autonomía los principios específicos que se desarrollan en este manual. Por ello,

para su implementación, se ha seguido un criterio de desarrollo paulatino, en el que se han ido introduciendo nuevos conocimientos una vez expuestos los más básicos.

También por ello, este manual contiene un capítulo dedicado a la energía, que normalmente se olvida a la hora de escribir manuales de nutrición deportiva, en el que se desarrollan conceptos básicos de la Fisiología del Ejercicio, necesarios para comprender y saber aplicar posteriormente estos principios a los alumnos y deportistas en general.

Aunque su fin sea la preparación o formación de monitores para las distintas ramas y especialidades que componen lo que hoy se conoce como wellness, debemos destacar que nuestro organismo no entiende de especialidades deportivas, sólo entiende de esfuerzo físico, de la intensidad con que se realiza éste y del número de músculos o fibras musculares que intervienen en el llamado «gesto deportivo», independientemente de cual sea la especialidad, por ello, aunque algunos conceptos estén específicamente desarrollados para la práctica del fitness, el conjunto de conocimientos expuestos en este manual son de aplicación general en cualquier tipo de especialidad deportiva, lo cual hace más interesante, si cabe, su estudio.

También es importante destacar que, después de realizar numerosísimas encuestas nutricionales por pesada de alimentos en los últimos 20 años a todo tipo de deportistas, las estadísticas nos demuestran que la inmensa mayoría de ellas presentan déficits nutricionales que en algunos casos han llegado a ser muy importantes, y han llegado a originar situaciones donde se condiciona el rendimiento deportivo y la salud del individuo. Por ello, es fundamental conocer las necesidades reales de energía y nutrientes que tiene cada deportista, para así poder establecer unos criterios nutricionales que le permitan alcanzar el grado de prestación deportiva por él deseado, y mantener en todo momento un nivel óptimo de salud.

El rendimiento atlético satisfactorio es una combinación de una base genética favorable, la voluntad, un entrenamiento adecuado y un enfoque cuidadoso de la nutrición. Tanto si el deportista es aficionado o profesional, joven o maduro, la importancia de la nutrición como factor que contribuye al éxito en el entrenamiento y la competición es algo reconocido desde hace decenios. Por desgracia, abunda la información falsa en el campo de la nutrición deportiva.

Entre los deportistas universitarios, es más probable que los hombres acudan a los entrenadores de musculación para recibir información sobre complementos que las mujeres. Los deportistas confían en los entrenadores de fitness (71%), entrenadores de atletismo (60%) y médicos (41%); asimismo, buscan información en Internet (79%), revistas (68%) y televisión (52%) (Malinauskas et al., 2007).

Los deportistas que tratan de lograr una meta competitiva intentan casi cualquier régimen dietético o medio artificial, incluidos los suplementos nutricionales y las medicaciones orales o inyectables, con la esperanza de lograr un mayor grado de bienestar o de rendimiento físico. Los atletas pueden beneficiarse de la educación nutricional y de las intervenciones de los expertos en nutrición, aumentando sus conocimientos y su autoeficacia y mejorando la dieta.

1.2 Conceptos y terminología del deporte.

A continuación, se describen los conceptos básicos que se abordan en el área de nutrición deportiva:

Actividad física: Se considera actividad física cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía. Se ha observado que la inactividad física es el cuarto factor de riesgo en lo que respecta a la mortalidad mundial (6% de las muertes registradas en todo el mundo). Además, se estima que la inactividad física es la causa principal de aproximadamente un 21%-25% de los cánceres de mama y de colon, el 27% de los casos de diabetes y aproximadamente el 30% de la carga de cardiopatía isquémica.

Un nivel adecuado de actividad física regular en los adultos.

Reduce el riesgo de hipertensión, cardiopatía coronaria, accidente cerebrovascular, diabetes, cáncer de mama y de colon, depresión y caídas; mejora la salud ósea y funcional, y es un determinante clave del gasto energético, y es por tanto fundamental para el equilibrio calórico y el control del peso.

Los niveles de actividad física recomendados por sus efectos beneficiosos en la salud y como prevención de enfermedades no transmisibles se pueden consultar aquí.

La "actividad física" no debe confundirse con el "ejercicio". Este es una variedad de actividad física planificada, estructurada, repetitiva y realizada con un objetivo relacionado con la mejora o el mantenimiento de uno o más componentes de la aptitud física. La actividad física abarca el ejercicio, pero también otras actividades que entrañan movimiento corporal y se realizan como parte de los momentos de juego, del trabajo, de formas de transporte activas, de las tareas domésticas y de actividades recreativas.

Aumentar el nivel de actividad física es una necesidad social, no solo individual. Por lo tanto, exige una perspectiva poblacional, multisectorial, multidisciplinaria, y culturalmente idónea.

Ejercicio físico: El organismo humano está diseñado para la práctica de ejercicio físico. Sin embargo, los cambios sociales y el progreso han relegado esta práctica a una mera opción cada vez más alejada de la vida cotidiana. El uso de los vehículos para desplazarnos, el acceso fácil a la información, así como la evolución a formas de trabajo cada vez más sedentarias, unido a actividades de ocio que en su inmensa mayoría se relacionan con el descanso y el confort, han convertido al hombre actual en un individuo físicamente inactivo. Por otra parte, el acceso fácil a la comida y la falta de ejercicio condicionan un incremento de la prevalencia de obesidad, la cual promueve cambios metabólicos perjudiciales para la salud. Este tipo de comportamiento se ha introducido de forma extensa en todas las edades, pero fundamentalmente en la edad infanto-juvenil (la llamada generación Z), lo que augura un sombrío panorama de futuras complicaciones cardiovasculares para esta generación. Conseguir cambios a largo plazo en el estilo de vida de los individuos debe ser una parte importante de la labor asistencial de los profesionales sanitarios, con la ayuda de los gestores sociales.

La prescripción de ejercicio físico (EF) es el proceso por el que se recomienda de forma sistemática e individualizada la práctica de EF, según las necesidades y preferencias del individuo, con el fin de obtener el máximo beneficio para la salud con los menores riesgos. El conjunto ordenado y sistemático de recomendaciones constituye el programa de EF.

La prescripción de EF tiene como objetivo general mejorar la forma física, promover la salud mediante la reducción de los factores de riesgo de enfermedades crónicas y aumentar la seguridad durante la práctica del mismo, teniendo en cuenta los intereses, necesidades de salud y estado físico del individuo. En individuos sedentarios con riesgo de enfermedad crónica prematura, la adopción de estilos de vida moderadamente activos puede producir importantes beneficios en su salud. El beneficio que produce la actividad física regular sobre la salud y el control de los factores de riesgo cardiovasculares es mayor en individuos que padecen enfermedades crónicas. La consecución de un incremento significativo en la actividad física habitual se produce con mayor eficacia cuando la prescripción se realiza de forma individualizada y programada.

Los objetivos recomendados por el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) para conseguir niveles óptimos de actividad física son: > Mantener un gasto calórico semanal aproximado de 2.000 kcal, siempre que la salud y la forma física del individuo lo permitan, con un mínimo que estaría entre 800 y 900 kcal/semana. > Reducir significativamente la proporción de grasa corporal. Los tipos de EF son dinámicos (andar, correr, saltar, subir escaleras...) y ejercicios estáticos o isométricos (de gran importancia por su acción sobre determinados grupos musculares, como los estabilizadores de la columna lumbar).

Antes de comenzar un plan de EF llevar a cabo las siguientes recomendaciones:

1. Obtener la máxima información médica para establecer adecuadamente el estado de salud general de la persona. Esto incluye una historia clínica completa con análisis de factores de riesgo, exploración física, analítica sanguínea y electrocardiograma. En el caso de que lo considere oportuno el médico, aconsejará la realización de una ergometría (prueba de esfuerzo) y/o una ecografía cardíaca.
2. Conocer el estado actual de condición física de la persona y sus hábitos de actividad física.

3. Conocer las necesidades, intereses y objetivos del individuo en relación con un programa de ejercicio. Establecer metas realistas a corto y largo plazo.
4. Aconsejar sobre la indumentaria y el equipamiento adecuados para un determinado programa de ejercicio. Las etapas iniciales de un programa de ejercicio son muy importantes para que tenga éxito.
5. Dar las instrucciones y orientaciones adecuadas en las primeras etapas del programa de ejercicio, al objeto de asegurar una implementación y una progresión correctas. Recordar que la educación, la motivación y la guía son las llaves del éxito de un programa de ejercicio.
6. En general, mejor lento que rápido, mejor una intensidad baja que alta, y “más” no siempre significa “mejor”.
7. Evaluaciones de control son deseables al objeto de volver a establecer el estado de salud del individuo, su nivel de condición física y para modificar, en caso necesario, la prescripción de ejercicio.
8. Con objeto de mejorar la adherencia al programa, es preciso advertir a los sujetos sobre los factores que causan o están asociados con el abandono de los programas de ejercicio: prevenir las lesiones, mantener el volumen y la intensidad del esfuerzo dentro de los niveles adecuados -moderados-, así como establecer metas realistas que no requieran demasiado tiempo -generalmente no más de 60 minutos diarios- son algunos a considerar.

Actividades recomendadas:

Son válidas todas las alternativas al transporte mecanizado, por ejemplo, subir y bajar por las escaleras en vez de utilizar el ascensor; todavía mejor si es posible hacerlo con paso enérgico o subiendo los escalones de dos en dos. Ir al trabajo o a

la escuela a pie o en bicicleta o, al menos, realizar todos los desplazamientos posibles a pie, y mejor si puede hacerse con paso amplio y enérgico.

Actividades domésticas Todas las de limpieza, jardinería, bricolaje, etc. Ya sea individualmente, en familia o en grupo, por ejemplo: excursiones de fin de semana a pie o en bicicleta, pasear por la ciudad o por el campo, juegos tradicionales, baile, deportes de jardín o playa, nadar, etc.

La duración de las sesiones puede oscilar entre los 30-60 minutos, dependiendo de la intensidad. Si se puede aumentar hasta los 90 minutos, se puede trabajar a una intensidad un poco más baja y se llega a utilizar la grasa como combustible generador de energía. Las últimas recomendaciones de la ACSM y AHA (2007) establecen que se debe conseguir como objetivo mínimo los 30 minutos de intensidad moderada al día, aunque, al principio se realicen series más cortas (10-20 minutos).

Se pueden combinar en la misma sesión o en diferentes días de entrenamiento diferentes duraciones, siendo recomendable realizar siempre alguna sesión al aire libre. Se recomienda que la frecuencia de entrenamiento sea al menos de entre 3 y 5 días por semana, alternando el ejercicio aeróbico y el de fuerza. Entrenar menos de 2 días a la semana no produce beneficios significativos. Por otra parte, el beneficio que se obtendría si se entrena más de 56 días a la semana es mínimo o ninguno y la incidencia de lesiones puede aumentar.

DURACIÓN y FRECUENCIA DEL EJERCICIO FÍSICO Caminar como forma básica de EF: caminar es una actividad segura, tanto desde el punto de vista cardiovascular como del aparato locomotor. Expertos consideran que es el tipo de actividad con el que se consiguen niveles más altos de adherencia a un programa de ejercicio. Eso puede ser debido al hecho de que a muchas personas no les gusta o no toleran un entrenamiento de intensidad elevada -incluso moderada-, a la falta de lesiones, a la diversión y el compañerismo que permite su práctica y al hecho de tratarse de una actividad simple, que prácticamente todo el mundo puede realizar. Por otra parte, requiere poco equipamiento y se puede realizar prácticamente en cualquier sitio.

USO de DISPOSITIVOS: Podómetros: registran los movimientos en dirección vertical mediante un mecanismo de resorte y cuentan el número de pasos en un periodo de tiempo, permitiendo deducir indirectamente la distancia recorrida, velocidad y la cadencia al caminar. Algunos nuevos modelos de podómetros incorporan funciones nutricionales. Del mismo modo, debe conocer los principios básicos y generales de la Nutrición Humana para comprender y aplicar los específicos de la Nutrición Deportiva. Solamente conociendo las bases de todo ello, podrá comprender y aplicar con mayor grado de autonomía los principios específicos que se desarrollan en este manual. Por ello, para su implementación, se ha seguido un criterio de desarrollo paulatino, en el que se han ido introduciendo nuevos conocimientos una vez expuestos los más básicos. También por ello, este manual contiene un capítulo dedicado a la energía, que normalmente se olvida a la hora de escribir manuales de nutrición deportiva, en el que se desarrollan conceptos básicos de la Fisiología del Ejercicio, necesarios para comprender y saber aplicar posteriormente estos principios a los alumnos y deportistas en general. Aunque su fin sea la preparación o formación de monitores para las distintas ramas y especialidades que componen lo que hoy se conoce como wellness, debemos destacar que nuestro organismo no entiende de especialidades deportivas, sólo entiende de esfuerzo físico, de la intensidad con que se realiza éste y del número de músculos o fibras musculares que intervienen en el llamado «gesto deportivo», independientemente de cual sea la especialidad, por ello, aunque algunos conceptos estén específicamente desarrollados para la práctica del fitness, el conjunto de conocimientos expuestos en este manual son de aplicación general en cualquier tipo de especialidad deportiva, lo cual hace más interesante, si cabe, su estudio. También es importante destacar que, después de realizar numerosas encuestas nutricionales por pesada de alimentos en los últimos 20 años a todo tipo de deportistas, las estadísticas nos demuestran que la inmensa mayoría de ellas presentan déficits nutricionales que en algunos casos han llegado a ser muy importantes, y han llegado a originar situaciones donde se condiciona el rendimiento deportivo y la salud del individuo. Por ello, es fundamental conocer las necesidades reales de energía y nutrientes que tiene

cada deportista, para así poder establecer unos criterios nutricionales que le permitan alcanzar el grado de prestación deportiva por él deseado, y mantener en todo momento un nivel óptimo de salud para evaluar el número de pasos por minuto, distinguiendo niveles de intensidad: Paseos aeróbicos: caminar >60 pasos/min y caminar al menos durante >10 minutos consecutivos. Paseos anaeróbicos: el resto de los pasos acumulados más los pasos aeróbicos.

Pulsómetros: la frecuencia cardíaca (FC) es una medida indirecta de la intensidad de la actividad física y un excelente indicador de la respuesta del sistema cardiorrespiratorio al movimiento. El fundamento del pulsómetro es la relación lineal entre frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno en las actividades de moderada y alta intensidad. Por el contrario, durante el reposo o en actividades de baja intensidad, dicha relación no es lineal y diversos factores como la cafeína, el estrés, el tabaco o la posición del cuerpo pueden alterarla.

EJERCICIO FÍSICO: ¿CUÁNDO NO? Aunque el EF es siempre beneficioso para la salud, hay cuadros clínicos que contraindican su realización. Ciertas enfermedades o condiciones agudas pueden contraindicar la realización de determinado tipo de EF o aconsejar no realizar ningún tipo de EF: problemas osteoarticulares, factores de riesgo cardiovasculares no controlados (hipertensión arterial), enfermedades cardiovasculares (infarto, insuficiencia cardíaca), metabólicas (diabetes) y respiratorias (asma, bronquitis crónica agudizada). Acude siempre primero a tu médico: él te aconsejará.

Deporte: el deporte es la práctica de un ejercicio físico regulado y competitivo. El deporte puede ser recreativo, profesional o como una forma de mejorar la salud. El deporte al abarcar varias áreas de nuestra sociedad conlleva una complejidad simbólica en su dimensión social y cultural ya que actualmente el deporte es una práctica, un espectáculo y un estilo de vida.

Características del deporte

- Unión: el deporte crea una unión entre un grupo llamado equipo cuyo objetivo es específico y es posible que lo único que tienen en común es el amor por el juego y el deporte. A través del deporte el individuo aprende a trabajar en equipo y a lidiar con diferentes tipos de personalidades y caracteres.

- **Responsabilidad:** el deporte crea actitudes y habilidades para transformarse en un adulto responsable. Cuando se pertenece a un equipo y para que este funcione correctamente, se debe llegar a tiempo a los partidos y entrenamientos.
- **Liderazgo:** en la vida hay habilidades importantes y necesarias, el liderazgo es una de ellas. El deporte entrena al individuo para ser un líder, bien sea en su disciplina o en el medio en que habita, un buen deportista siempre será un líder de su comunidad y centros educativos.
- **Disciplina:** el deporte enseña disciplina, dentro y fuera de sus competencias, además ayuda a los jóvenes a luchar contra los obstáculos que les puede presentar la vida. La combinación de deporte y disciplina se convierten en un mecanismo de defensa y pueden centrarse y canalizar sus energías por lograr destacarse en lo que les gusta.
- **Trabajo:** a través del deporte y del trabajo duro les permite a los jóvenes construir sueños, cómo lo es conseguir becas universitarias y ser exitosos, sin importar la clase social de la cual proviene.

Los deportes extremos, son de gran exigencia física y no se puede perder el control ni la concentración, ya que tienen cierto grado de riesgo para quien lo practica. Los deportistas extremos están en una constante búsqueda del peligro, y su exposición al riesgo hace que el organismo capte este deporte como una amenaza para la sobrevivencia. La estimulación del sistema nervioso a través del miedo, la sensación de estar al borde del peligro, y todas las manifestaciones físicas que esto pueda crear hace que para algunos deportistas esto sea una sensación excitante.

En la antigua Grecia se establecieron una gran variedad de deportes, para ellos el deporte y la cultura militar iban de la mano e influyeron en el desarrollo de este país. Para los griegos el deporte era de vital importancia, por esta razón crearon los Juegos Olímpicos alrededor del año 777 aC, su sede era la población del Peloponeso griego, en la ciudad de Olimpia hasta el año 394 dC y se realizaban cada cuatro años.

En estas competencias se enfrentan en diversas disciplinas deportivas como son las carreras olímpicas e hípicas, los combates, los saltos y los lanzamientos de jabalinas y discos. Estos juegos comenzaron a tomar relevancia y a raíz de esto se construyó el Templo de Zeus. Los encargados de la organización de estos juegos eran llamados Helanodices, es lo que en la actualidad son conocidos como el Comité Olímpico Internacional.

Los primeros Juegos Olímpicos de la actualidad se celebraron en el año 1896 en la ciudad de Grecia. Entre las naciones vecinas comenzaron a desarrollarse batallas en las cuales utilizaban armas como las espadas los arcos y flechas, esto dio origen a los deportes como el tiro al blanco y la esgrima.

En la edad media entre los siglos V y XV, esta época estuvo determinada por el poder de la iglesia y el desarrollo del deporte. Las disciplinas deportivas que surgen en esta época son, el atletismo, la caballería, la palma, la lucha y los deportes en equipo como el soule.

El esgrima y equitación lo practicaban los niños desde los 12 años de edad, al cumplir los 15 años los nombraban caballeros luego de realizar labores de cacería. Luego de esto podían participar en torneos, despertando sentimientos de coraje y hombría en los jóvenes.

En lo que se refiere a la caballería, solo los jóvenes con medios económicos podían dedicarse a este deporte. A pesar de esto para los jóvenes que no pueden practicarlo y llegar a ser nombrados caballeros, habían otros juegos populares.

En edad moderna, periodo correspondiente entre los siglos XV al XVIII ocurrieron muchos cambios importantes en el deporte.

En el siglo XV surgieron varias disciplinas deportivas, en Italia un juego muy similar al fútbol, aparece el golf en Escocia, en Alemania aparece el juego de bolos al lanzar piedras contra unos palos.

En el siglo XIV se dio origen al tenis europeo, con raquetas fabricadas con cuerdas de tripas de animales, participaban varios jugadores, este deporte se

practicaba en las calle o construcciones arquitectónicas. Luego lo practicaba la clase alta en palacios y castillos de Francia y fue cuando comenzaron a crear los espacios o canchas cerradas adecuadas para este juego.

El patinaje fue otro deporte que surgió en esta época, en Holanda y en la temporada de invierno las personas utilizaban los canales congelados para patinar, siendo una forma de recreación.

El deporte moderno comienza a tomar forma entre los siglos XVIII y XIX, la Revolución Industrial, facilitó a las personas tiempo libre y dinero y de esta manera reaparecieron deportes y surgieron otros.

Los primeros Juegos Olímpicos de la Edad Moderna se celebran en Tensa en 1896, en el cual participaron más de 200 países y se convirtió en el gran evento deportivo de la época.

1.3 Mitos de la nutrición del deporte.

En el ámbito de la nutrición deportiva existe una serie de creencias que se perpetúan a través de las diferentes generaciones de atletas. Algunas de ellas están basadas en percepciones, otras se transmiten de forma oral sin conocerse muy bien su origen. En muchas ocasiones dichas creencias poseen cierta base de realidad, en muchas otras no. Veamos algunas de las más recurrentes.

Mito 1: Fraccionar la comida diaria en varias ingestas acelera el metabolismo Es ampliamente conocida la relevancia de la termogénesis alimentaria en relación al gasto energético diario. De una forma simple, el organismo gasta energía para digerir, absorber, transportar y transformar los nutrientes de los alimentos. Aproximadamente un 10-15% del total de energía gastada por el organismo a lo largo del día proviene de la termogénesis alimentaria. Dado que cada vez que se ingieren alimentos se activa la termogénesis alimentaria, resulta tentador pensar que realizar mayor número de ingestas al día, puede conducir a un mayor gasto energético diario. Lo que no tienen en cuenta los defensores de esta hipótesis es que la relevancia de la termogénesis alimentaria no solo depende del número de veces que uno ingiera alimentos, sino del qué y del cuánto. Es decir, de qué tipo de alimentos se trata y de que cantidad de los mismos. Así pues, resulta

que una misma dieta (vista como conjunto y cantidad de alimentos) repartida en 3 o en 6 veces, no afecta significativamente al gasto calórico total. En resumen, una misma cantidad y tipo de comida, repartida en pocas o varias veces, ha ejercido un efecto similar sobre el gasto calórico total. Para concluir, en una revisión sobre cuál es la frecuencia de ingestas al día más adecuada para controlar el peso corporal, se ha visto que el número óptimo se encuentra entre 3 y 6 comidas al día. Una ingesta menor a 3 comidas al día, o superior a 6, se ha observado que afecta negativamente al control de la saciedad y el hambre, promoviendo un mayor consumo de alimentos.

Mito 2: Por la noche no se deben tomar hidratos de carbono para evitar engordar Este es otro de los mantras repetidos hasta la saciedad en todo tipo de ámbitos relacionados con la nutrición, pero todavía más en los que tienen que ver con la nutrición deportiva y el fitness. En este sector, donde se promueve una alimentación que facilite la generación de músculo y evite cualquier acumulación de grasa corporal (por cierto, dos escenarios incompatibles a largo plazo) se tiene como certeza indiscutible, la necesidad de realizar cenas ligeras, ricas en proteínas y bajas en hidratos de carbono.

Lo curioso del caso es que cuando se ha tratado de evidenciar este tipo de afirmaciones, los resultados no han sido los esperados. En realidad, los estudios realizados hasta la fecha, indican que ingerir la mayor cantidad de comida en las últimas horas del día, previene la pérdida de masa magra, e incluso en algunos casos propicia una mayor pérdida de peso y grasa que ingerir la mayor parte de los carbohidratos durante el día. Lamentablemente, no se han realizado hasta la fecha suficientes estudios de calidad sobre dicha cuestión.

Por tanto, es un tema sobre el que debemos seguir trabajando antes de poder establecer una recomendación al respecto, por lo cual, este tipo de creencias acerca de la imposibilidad de ingerir hidratos de carbono en la cena, deberían de ser apartadas a un lado, por ahora.

Mito 3: Ingerir proteínas, sobre todo en forma de batidos, puede afectar negativamente al hígado y al riñón Desde hace muchos años, se sabe que los pacientes con insuficiencia renal deben ingerir una dieta moderada-baja en

proteínas en determinadas fases de la enfermedad. Esto ha llevado a pensar que la ingesta de alimentos ricos en proteínas (y suplementos de proteínas) podrían afectar negativamente a la función renal y hepática (el hígado metaboliza todos los nutrientes provenientes de la digestión, incluidos los aminoácidos que forman parte de las proteínas dietéticas). No obstante, los estudios realizados sobre individuos que siguen dietas bajas en proteínas comparados con individuos con dietas altas en proteínas no han dado soporte a la hipótesis inicial.

De este modo, se ha visto que dietas ricas en proteínas poseen un efecto beneficioso sobre la presión arterial (un factor determinante para una buena salud renal), sobre diferentes marcadores de salud metabólica (HbA1C, colesterol LDL, resistencia a la insulina) y sobre el control del peso corporal y el perímetro de la cintura.

Existe todavía una sana preocupación de los efectos de una dieta rica en proteínas sobre la salud a largo plazo, dado que se ha evidenciado un aumento en la longevidad en animales de experimentación sometidos a dietas bajas en energía y bajas en proteína, concretamente en el aminoácido metionina. Resta por ver si estos efectos son aplicables y reproducibles en seres humanos.

Estos son sólo algunos de los muchos mitos existentes en el ámbito de la nutrición deportiva. Y no es el único espacio donde nos encontramos con este tipo de afirmaciones sin base científica que las respalde. En el ámbito del ejercicio físico existen varios ejemplos de creencias arraigadas, como, por ejemplo: la existencia de ejercicios para definición y otros para volumen, o la superioridad del ejercicio cardiovascular para perder grasa en relación al ejercicio neuromuscular (pesas).

En cualquier caso, estos son temas a tratar en un futuro artículo. Mientras tanto, nada como el espíritu crítico y un sano escepticismo para mejorar nuestros hábitos nutricionales.

1.4 Hidratación en el deportista

Aunque no se considere al agua como un nutriente, es indispensable para la vida y forma parte de todos los seres vivos. Dependiendo de la edad y de la

actividad física, alrededor del 60% del peso corporal total se debe al agua contenida en nuestro organismo. En un recién nacido esta proporción se puede elevar hasta el 75% y en un individuo obeso, baja hasta el 45%. Conforme envejecemos, vamos perdiendo agua. El agua es el medio por el que se establece la comunicación entre las diversas células que forman los tejidos.

Las enzimas responsables de la fabricación de energía y de la síntesis de las diversas sustancias que continuamente necesita el organismo, no pueden actuar sin la presencia de agua. Todas estas reacciones químicas tienen lugar entre los productos disueltos o bien en los límites superficiales de los que están suspendidos en el agua.

La mayor parte del ingreso diario de agua se realiza mediante su propia ingesta como tal, o bien por la que contienen los alimentos, aunque nuestro cuerpo también sintetiza agua mediante reacciones químicas de oxidación: alrededor de 150-250 ml diarios. Las pérdidas diarias dependen tanto de la temperatura exterior, como de la actividad física. Para una temperatura atmosférica de 20°C y en situación de reposo, se pierden entre 0,4-0,5 ml por hora y por kilo de peso corporal, por el aire y por la piel. En presencia de fiebre, estas pérdidas son mayores. Mediante la orina se pierden alrededor de 1.400 ml, 100 ml por el sudor y otros 100 ml con las heces.

Cuando hay diarrea o vómitos, estas pérdidas intestinales pueden ser tan grandes que incluso ponen en peligro la vida, de ahí la importancia de la rehidratación mediante bebidas que contengan una composición adecuada.

La piel es una barrera que evita la deshidratación, por eso, cuando hay quemaduras extensas, el peligro de deshidratación es muy grande, ya que se pueden llegar a perder hasta 4 ó 5 litros de agua en 24 horas.

Para mantener el equilibrio mínimo en condiciones basales, se necesita ingerir diariamente alrededor de 800 ml de agua, aunque para que la función renal actúe con total normalidad y sea capaz de eliminar todas las sustancias tóxicas sin ninguna sobrecarga, se debe beber un mínimo de 1.500 ml diarios, e incrementar proporcionalmente esta cantidad si hay un aumento de la sudoración, bien sea debida a la práctica de ejercicio físico o al aumento de la temperatura ambiente.

Hidratación la importancia del agua y las sales minerales: La obtención y consumo de energía química, y su posterior transformación en energía mecánica, necesaria para realizar cualquier ejercicio físico, traen consigo la producción de gran cantidad de calor. Lógicamente, dicha producción será mayor cuanto mayor sea la duración e intensidad del esfuerzo y, en consecuencia, la demanda de energía. Podríamos comparar este proceso al de un motor de combustión de cualquier automóvil: cuando más a fondo se «pisa» el acelerador, más potencia nos proporciona ese motor, pero más se calienta. La recirculación de agua por el radiador es lo que lo refrigera e impide que literalmente «se funda». El organismo humano es homeotermo, es decir, mantiene una temperatura constante, por lo que el exceso de calor producido debe ser eliminado.

El cuerpo humano dispone de varios mecanismos de refrigeración, de los cuales, el más eficaz, sin duda, es el de la sudoración. La piel de nuestro organismo actúa como el radiador de un coche: nos refrigera. Sudar lleva consigo la pérdida de gran cantidad de agua y electrolitos. En realidad, la pérdida de calor no se produce por el mero hecho de sudar, sino que es la evaporación del sudor la que refrigera nuestro organismo. Si el sudor no se evapora, no sólo no refrigeramos nuestro cuerpo, sino que, además, nos deshidratamos, lo cual comporta un riesgo evidente, no sólo para el logro de altos rendimientos deportivos sino incluso, ¡y de qué manera!, para la salud.

La evaporación del sudor puede verse alterada por las condiciones climáticas y ambientales del momento, tales como la temperatura y, sobre todo, por el grado de humedad medio- 142 MANUAL DE nutrición deportiva Manual nutrición 109-160 2/8/05 09:32 Página 142 ambiental. Así, si la temperatura es muy elevada, nuestro organismo necesitará producir más cantidad de sudor para enfriarse, pero si la humedad es también muy elevada, la evaporación del sudor producido estará dificultada, con lo que la velocidad de enfriamiento de nuestro cuerpo disminuirá drásticamente y la respuesta corporal será la producción de mayor cantidad de sudor, con el consiguiente aumento en

ambos casos de la deshidratación corporal. Para evitar estos problemas hay que tener en cuenta que la velocidad de deshidratación es superior a la velocidad de hidratación, por lo que se debe comenzar el ejercicio perfectamente bien hidratado, y seguir bebiendo constantemente, sin esperar a notar la sensación de sed, ya que ésta no es más que una respuesta del organismo cuando ya ha comenzado el proceso de deshidratación corporal.

Es decir: ¡Se debe beber para no tener sed, no para aplacar la sed! Por el mismo motivo, durante la práctica del ejercicio físico, se deben llevar prendas que no dificulten la evaporación del sudor.

Con el sudor también eliminamos sales minerales, fundamentalmente sodio; sin embargo, cuando la duración y la intensidad del ejercicio son elevadas, también deben tenerse en cuenta las pérdidas de magnesio, potasio y zinc. En muchas ocasiones, el deportista no es consciente de la pérdida de sudor que sufre cuando está entrenando y aún menos cuando compite. Para clarificar este tema debemos tener en cuenta algunas consideraciones:

- Como se ha comentado anteriormente, el mero hecho de respirar ya provoca una pérdida de agua, por lo tanto, como la práctica de cualquier ejercicio físico eleva la frecuencia respiratoria, también esto es causa importante de deshidratación. En este caso, contrariamente a la sudoración, la pérdida de agua por la respiración es mucho mayor cuanto menos humedad hay en el ambiente, o lo que es lo mismo, cuanto más seco sea el clima.
- La cantidad de sudor producido estará relacionada con las condiciones de humedad y temperatura del medio externo. Cuanto mayores sean estos dos parámetros, mayores serán las pérdidas. A modo de ejemplo podemos citar un deporte concreto, que por el medio en que se desarrolla, el deportista no tiene en cuenta estas condiciones: nadar en piscinas climatizadas aumenta la

velocidad de deshidratación corporal debido a dos causas, la temperatura del agua y la del entorno, y la humedad del propio entorno. Así, las zonas donde se encuentran los vasos, los vestuarios y las duchas, no sólo son locales con temperatura elevada, sino también con una humedad relativa anormalmente alta. Todo ello tiende a aumentar la cantidad de sudor y a dificultar su evaporación, lo cual favorece, como sabemos, la deshidratación. En cambio, la práctica de la natación al aire libre producirá una deshidratación que estará directamente relacionada con la temperatura del agua y con las condiciones climáticas exteriores. Aun en el mejor de los casos (aguas frías), el grado de deshidratación siempre será mayor que en reposo.

También la práctica de las diversas modalidades de fitness provoca una deshidratación importante, ya que se realizan en lugares cerrados, donde la ventilación, por buena que sea, en muchas ocasiones no puede igualar las condiciones del aire libre, entre otras cosas, porque normalmente hay un grupo numeroso de personas haciendo ejercicio físico intenso, lo cual provoca también una mayor humedad ambiental y un cierto aumento de la temperatura en el local, ya que los cuerpos se calientan por el esfuerzo, y a la vez, evaporan sudor. Si no se bebe, nuestro cuerpo sufrirá las consecuencias de la deshidratación. Con tan sólo un dos por ciento de pérdida de peso corporal en forma de sudor ya se está disminuyendo el rendimiento deportivo entre un diez y un veinte por ciento. Para evitar estos problemas se utilizan las llamadas bebidas de reposición hidroelectrolítica, a través de las cuales reponemos el agua y los electrolitos perdidos.

Ahora bien, para que el contenido de este tipo de bebidas sea útil al organismo, deben reunir una serie de condiciones que las haga rápidamente absorbibles. Si no es así, serán meros refrescos, que podrán tener muy buen sabor, pero no servirán en absoluto para los fines que estamos buscando. La absorción del agua, los hidratos de carbono y las sales minerales que puedan contener estas bebidas se realiza en las primeras zonas del intestino delgado, por lo tanto, cuanto mayor sea la velocidad del vaciamiento gástrico, antes llegarán a sus lugares de absorción. Como estas bebidas deben proporcionar también energía, necesariamente han de contener hidratos de carbono, para que mediante los

correspondientes procesos oxidativos, puedan ser transformados en esa energía que el organismo necesita. Sin embargo, la concentración de carbohidratos no debe ser muy elevada, pues de lo contrario aumentará aún más lo que se conoce como osmolaridad de la solución.

Sin entrar en explicaciones excesivamente técnicas, lo cual no es el fin del presente manual, diremos que la osmolaridad es una forma de medir los efectos de la concentración que tiene una solución en las células del organismo. La osmolaridad en el organismo se mide en una unidad de medida llamada miliosmol. Los líquidos orgánicos tienen una osmolaridad aproximada de 300 miliosmoles por litro. Las soluciones que contienen estas osmolaridades se llaman isoosmóticas o isotónicas, las que tienen menos de 300 son hipoosmóticas o hipotónicas y las que están por encima de 300 se llaman hiperosmóticas o hipertónicas.

Cuanto mayor sea la concentración de sustancias disueltas (solutos) en una solución, diremos que mayor es su osmolalidad y si esta osmolalidad es superior a la de los líquidos del organismo, esto es, superior a los 300 miliosmoles por litro (o lo que es lo mismo, de acuerdo con la explicación anterior, hipertónica) afectará negativamente a las células y variará sus propiedades. En este caso concreto, si la osmolalidad de la bebida de reposición es mayor a los 300 miliosmoles por litro, el estómago enlentece sus movimientos y por lo tanto, retrasa el proceso de vaciado de su contenido hacia el intestino delgado, y su absorción. Diremos entonces que las bebidas de reposición que contengan más de 300 miliosmoles por litro retrasan la velocidad de vaciado gástrico.

De ahí la importancia del tipo de hidrato de carbono que contengan en su fórmula, ya que la glucosa y la fructosa, debido a su gran osmolaridad, no pueden añadirse a la formulación en grandes cantidades y, en consecuencia, aportan muy poca energía. Por ello se debe recurrir también a otros tipos de carbohidratos, como son las maltodextrinas, de esta forma se puede aumentar la cantidad de calorías sin afectar al vaciado gástrico. Así pues, la osmolalidad de la bebida de reposición va a condicionar la velocidad de vaciado gástrico y su absorción por el organismo, lo cual supone otra razón de peso para que la misma no sea nunca superior a la osmolalidad del medio interno. Por todo ello, dichas bebidas deben ser isotónicas o incluso mejor, ligeramente hipotónicas.

Pero el problema no acaba eligiendo la mezcla de hidratos de carbono que deba contener su fórmula. Investigaciones recientes sobre los procesos de absorción de agua y carbohidratos demuestran que para que tanto la una como los otros sean rápidamente absorbidos en el intestino delgado, necesitan la «colaboración» del sodio. Se ha llegado a medir qué cantidad de sodio deben contener estas bebidas de reposición para que esa absorción sea máxima y los resultados de estas investigaciones demuestran que la cantidad de sodio no puede ser inferior a los 460 miligramos por litro de solución, o lo que es lo mismo, por litro de bebida.

Cantidades inferiores no ayudan a la absorción y por lo tanto, no son efectivas. Además, el mismo sodio absorbido ejerce una función de «retención» de esa agua por el organismo. Si las cantidades de sodio no son las adecuadas, esa agua no queda «retenida» y se elimina, con lo cual no existe rehidratación. Así pues, como el fin último de estas bebidas es conseguir una rápida rehidratación y a la vez, un rápido suministro de energía, no deben contener cantidades inferiores de sodio. Si lo hacen para mejorar el sabor, se convierten en «bebidas refrescantes», pero sin utilidad para los fines que estamos buscando.

Es conveniente recordar, el potasio es un ion con presencia fundamentalmente intracelular, por lo que su eliminación por el sudor es mínima, por eso estas bebidas deben contener pequeñas cantidades de potasio.

A la vez, cuanto más tiempo dure la realización del ejercicio, mayor será la pérdida de magnesio y de zinc, minerales, sobre todo éste último, que normalmente se aportan en pequeñas cantidades en la dieta de los deportistas.

Por ello, la presencia de cantidades perfectamente estudiadas de estos dos minerales en las llamadas «bebidas energéticas» o «bebidas de reposición» es muy importante. Se debe tener en cuenta que la temperatura a la que se ingieren este tipo de bebidas debe ser la que resulte agradable al deportista, sin estar excesivamente fría. Es conveniente beber entre 125 y 150 ml de esta bebida cada 15-20 minutos, procurando no sentir en ningún momento la sensación de sed.

De esta forma, no sólo mantendremos al máximo la hidratación corporal y el rendimiento deportivo, sino que, además, estaremos preservando la función renal y, por lo tanto, la salud.

1.5 Bebidas hipotónicas

Las bebidas hipotónicas poseen menor concentración de carbohidratos (<5%) y sal que nuestra sangre. ¿Qué quieres decir esto? Que entran al torrente sanguíneo mucho más rápido, logrando hidratación y liberación de electrolitos de manera más rápida, pero aportan menos energía.

Con ellas el riesgo de subir molestias gastrointestinales o hinchazón es mucho menor, al mismo tiempo que ayudan a prevenir los calambres. Eso sí, no tienen mucho valor como fuente de energía.

Cuando tomar una bebida hipotónica

Las bebidas hipotónicas se centran básicamente en la rehidratación. La gran mayoría poseen una concentración muy baja (o nula) de carbohidratos, por lo que son una opción ideal para sesiones cortas o fáciles.

Una bebida hipotónica suele presentar una concentración escasa (o nula) de carbohidratos, por lo que pueden requerir de una fuente de energía complementaria como geles o barritas.

Si vas a gastar mucha energía este tipo de solución no conseguirá reponer tus reservas. Así que, si optas por esta opción siempre, deberás incorporar alguna que otra fuente de combustible, como barritas o geles.

Las bebidas hipotónicas son ideales también para tomar antes de un entrenamiento o una competición. De esta manera te aseguras de arrancar completamente hidratado.

1.6 Bebidas isotónicas

Las bebidas isotónicas contienen una concentración de electrolitos, agua y carbohidratos similar a la de nuestras células, en torno al 6-8%. Este tipo de bebida restablece las pérdidas de sales producidas por el sudor y mantienen tu hidratación en un nivel adecuado.

Las bebidas isotónicas son la opción más escogida por los deportistas durante la práctica deportiva o la competición. proporciona más energía y electrolitos que una bebida

hipotónica, pero su absorción es más lenta. Esto se debe a su mayor presencia de carbohidratos, lo que hace que requieran más energía para traspasar la pared intestinal.

Uso de las bebidas isotónicas

Las soluciones isotónicas son las más habituales durante la práctica deportiva. Sobre todo si las sesiones requieren cierta intensidad o pasan de la hora de duración. En esos casos nuestro organismo necesitará reponer el combustible que ha gastado. El uso de bebidas isotónicas compensará ese gasto de energía.

El inconveniente de estas bebidas es que, en muchos casos, presentan niveles elevado de azúcares, edulcorantes y aditivos, lo que puede causar calambres e hinchazón de estómago.

1.7 Bebidas hipertónicas

Las bebidas hipertónicas son aquellas que poseen una concentración de sal e hidratos superior a la que encontramos en nuestra sangre. Se trata de la solución con más concentración, superior al 8%.

Al contener una nivel de electrolitos mayor que nuestras células, lo que consiguen es reponer los minerales perdidos durante el entrenamiento o competición. En cuanto a su papel como fuente de carbohidratos, se trata de una gran opción para recuperar energía y reponer las reservas de glucógeno.

Pero esto mismo es una arma de doble filo. Las bebidas hipertónicas pueden causar deshidratación ya que el cuerpo necesita desplazar agua desde el flujo sanguíneo al intestino para diluir los líquidos antes de que pueda absorberlos.

Eso significa que puedes sufrir sed e incluso náuseas, por lo que se recomienda evitarlas durante el entrenamiento o competición. Salvo que se trate de una prueba de larga duración o te enfrentes a condiciones climatológicas complicadas, como una elevada temperatura.

Aplicación de las bebidas hipertónicas

Como hemos comentado, las bebidas hipertónicas son aquellas con mayor presencia de carbohidratos, por lo que se convierten en la bebida perfecta para recuperar después de una sesión dura, bien por su intensidad o bien por su duración.

Aunque presentan el índice de absorción más lento de los tres tipos de bebidas, está demostrado que el cuerpo absorbe más rápido los líquidos que los sólidos, por lo que se recomienda su uso a modo de recuperador.

1.8 Diseño del plan de rehidratación

El deportista tiene como objetivo mejorar su rendimiento y obtener mejores resultados. Para alcanzar esta meta utiliza diferentes tácticas durante el entrenamiento, técnicas de recuperación y apoyo nutricional. Sin embargo, durante la actividad física se producen cambios en la masa corporal como consecuencia de la pérdida de agua por medio de la respiración y el sudor, lo que puede alterar la homeostasis del volumen intra y extracelular del organismo.

La dieta en el deportista afecta su salud, peso y composición corporal, disponibilidad de sustratos, tiempo de recuperación post esfuerzo y su rendimiento. Por ejemplo, la ingesta energética correcta para el deportista le permite mantener el peso corporal apropiado para el óptimo rendimiento físico y aumentar los efectos del entrenamiento, pero también es un componente esencial en el resto de las etapas que el deporte implica como la competición, la recuperación y el descanso.

La deshidratación es otro elemento determinante en el declive del rendimiento deportivo, en consecuencia, para una rehidratación eficaz es necesario que tanto el vaciado gástrico de los fluidos ingeridos como la absorción en el duodeno se efectúen lo más rápido posible.

Para reducir los efectos de la deshidratación y beneficiar los mecanismos involucrados en la defensa de la homeostasis a nivel intra y extracelular, el deportista debe ingerir líquidos antes de la competición para hacerle frente, durante ésta para conservar el volumen sanguíneo, los sistemas cardiovascular y termorregulador en óptimas condiciones y después para asegurar una correcta reposición de los líquidos perdidos durante el ejercicio. El suministro de carbohidratos después del esfuerzo físico provoca aumento en la glucemia y la insulinemia que aseguran la reposición de glucógeno muscular y hepático.

El cuerpo del ser humano está formado aproximadamente por 60% de agua, dependiendo del porcentaje de grasa corporal que exista, pues el tejido graso está

compuesto por menor porcentaje. Una persona promedio de 70 kg posee 42 L de agua. El varón deportista tiene mayor cantidad de músculo y en consecuencia mayor contenido de agua, ya que el músculo es más rico en agua (70%) comparado con el tejido adiposo (10%).

El volumen de líquido se renueva constantemente por medio de distintos mecanismos manteniendo la ingesta y la eliminación de agua de forma equilibrada.

La ingestión diaria total es de 33 mL/kg de peso, incluyendo todas las fuentes posibles. A través de la ingesta de fluidos puede entrar al organismo (60%) diariamente, de alimentos (30%) y como producto del metabolismo de nuestro cuerpo (10%).

El agua corporal normal en un adulto sedentario es de 1 a 3 L/día, rango de pérdida de agua insensible, o la evaporación del sudor por la piel. El balance de agua corporal representa la diferencia entre la ingesta y la pérdida de fluidos, las variaciones de consumo de fluidos son controladas por los riñones, que pueden producir mayor o menor cantidad de orina, dependiendo de los cambios en el volumen de agua corporal.

Una buena hidratación es condición fundamental para optimizar el rendimiento deportivo. La importancia de los líquidos, el agua y las bebidas para deportistas (bebidas isotónicas y bebidas de recuperación) radica en el restablecimiento del homeostasis del organismo por la pérdida de agua y electrolitos (iones) provocada por la actividad física a través de mecanismos como la sudoración. En una persona adulta sedentaria se considera adecuada la toma de 2 L/día, algunos consensos proponen 1 mL/kcal ingerida, otros proponen 30- 45 mL/kg peso en adultos no deportistas.

Dentro de la composición del agua los electrolitos son fundamentales para la regulación osmótica, son moléculas que se disocian en fase acuosa formando aniones y cationes con diferentes funciones: el mantenimiento de la osmolaridad (sodio, cloro, etc.), excitabilidad celular (potasio, sodio, cloro, etc.), función endocrina (yodo), acción antioxidante (cobre, selenio, manganeso, etc.), función inmunológica (zinc, etc.), función enzimática (calcio, magnesio, zinc, cromo, molibdeno, etc.), transporte de O₂ y cadena citocromos (hierro), coagulación

sanguínea, transmisión potencial de acción, secretora, etc. (calcio), metabolismo óseo y dental (calcio, fósforo, magnesio, flúor), equilibrio ácido-base (CO_3H^- , fósforo, sodio, cloro, NH_4^+ , etc.).

Cualquier tipo de actividad físico deportiva produce eliminación de cierta cantidad de agua y electrolitos y existen necesidades específicas, pero como norma general, en personas activas y deportistas serán de 150-200 mL cada 15 minutos en pequeñas cantidades.

No obstante, dependiendo del tipo de modalidad deportiva, factores ambientales, características y duración de la competición deberá tenerse en cuenta la realización de un protocolo de hidratación adecuada, utilizando una bebida idónea para cubrir las necesidades hídricas del deportista antes, durante y después del entrenamiento y/o evento, puesto que se sabe que la hidratación es el factor más importante para mantener la salud en el deportista.

Diariamente el contenido de agua corporal se mantiene en equilibrio dinámico, por un lado el organismo pierde agua de forma continua a través de las heces fecales, la orina, la respiración y la sudoración. Las pérdidas son compensadas de manera intermitente mediante el ingreso hídrico representado por el agua que se bebe o que está incorporada en los alimentos y por el agua producida en los procesos metabólicos de oxidación.

La evaporación del agua segregada con el sudor constituye uno de los mecanismos más importantes para regular la temperatura corporal. La tasa de sudoración varía entre distintas especialidades deportivas llegando a superar los 2 L/hora. En estas condiciones es muy complicado lograr una buena reposición del líquido perdido porque el ritmo del vaciado gástrico suele limitarse a 800- 1,000 mL/hora; ingestas superiores a dichos volúmenes pueden generar problemas gastrointestinales a los deportistas agravados por la propia deshidratación y la isquemia intestinal.

Cuando la tasa de sudoración supera más de 2% del peso corporal, el rendimiento deportivo se ve afectado y puede aumentar el riesgo de lesión. Esta situación es frecuente en algunos deportes como el tenis o el fútbol en verano, en cuyo caso la tasa de sudoración puede llegar a ser superior a 2 L/hora.

La sudoración profusa y excesiva durante la actividad física constituye una pérdida importante de agua para el organismo y obviamente altera el equilibrio hídrico normal. Entonces el estado de equilibrio hídrico se denomina euhidratación, el proceso de pérdida de agua es la deshidratación y el estado final de déficit hídrico alcanzado se denomina hipohidratación.

Si no hay una adecuada reposición de fluidos, la tolerancia a la actividad tendrá una pronunciada reducción en las actividades de larga duración debido a la pérdida de agua por sudoración, la deshidratación tiene una fuerte repercusión en los sistemas termorregulador y cardiovascular.³ Los síntomas iniciales que deben alertar al deportista son excesiva sudoración, cefalea intensa, náuseas y sensación de inestabilidad. El aumento de la deshidratación con una pérdida de 3-5% del peso corporal puede manifestarse mediante calambres musculares, apatía, debilidad, desorientación y además afecta el VO₂. Si se continúa con el ejercicio, se producirá agotamiento y golpe de calor marcado por el incremento de la temperatura corporal, falta de sudoración e inconsciencia.

La pérdida del fluido corporal se ve reflejada en la reducción del volumen plasmático, lo que ocasiona que la presión arterial disminuya y como consecuencia final que haya menor flujo sanguíneo hacia los músculos y la piel. Esta falta de irrigación sanguínea debe ser compensada con el aumento de la frecuencia cardíaca. También se ve afectado el sistema digestivo, lo que provoca desbalance en el vaciado gástrico con la presencia de náuseas, vómito y diarrea, limitando la apetencia de ingerir líquidos.¹⁰ A partir de 30 minutos del inicio del esfuerzo empieza a ser necesario compensar la pérdida de líquidos y después de una hora se hace imprescindible, por ello se recomienda beber entre 6 y 8 mililitros de líquido/kg/peso/hora de ejercicio (aproximadamente 400 a 500 mL/h o 150-200 mL cada 15 minutos) y no es conveniente tomar más fluido del necesario para compensar el déficit hídrico.

La temperatura ideal de los líquidos debe oscilar entre 15-21 °C. Las bebidas más frías vuelven más lenta la absorción y en ocasiones pueden provocar lipotimias y desvanecimientos, mientras que las bebidas más calientes no son apetecibles, por lo que se beberá menos cantidad.⁶ La rehidratación debe iniciarse al finalizar el

ejercicio, el objetivo fundamental es el restablecimiento inmediato de la función fisiológica cardiovascular, muscular y metabólica mediante la corrección de la pérdida de líquidos y solutos acumuladas durante el transcurso del ejercicio.

Si la disminución de peso durante el entrenamiento o competición ha sido superior a 2% del peso corporal, conviene beber, aunque no se tenga sed y salar más los alimentos. Se recomienda ingerir de 110-150% de la pérdida de peso en las primeras seis horas tras el ejercicio para cubrir el líquido eliminado tanto por el sudor como por la orina y de esta manera recuperar el equilibrio hídrico.

La composición de la bebida post competición variará en función del tiempo e intensidad del ejercicio precedente y de las condiciones ambientales en las que se desarrolló, estableciendo como criterio esencial que el consumo sea igual o mayor que la pérdida por sudor.

Estas bebidas presentan una composición específica para lograr una rápida absorción de agua y electrolitos y prevenir la fatiga, siendo tres sus objetivos fundamentales: aportación de hidratos de carbono que mantengan una concentración adecuada de glucosa en la sangre y retrasen el agotamiento de los depósitos de glucógeno; reposición de electrolitos, sobre todo del sodio y reposición hídrica para evitar la deshidratación.

El aumento del volumen plasmático está directamente relacionado con el volumen de líquido ingerido y con la concentración de sodio. La resíntesis del glucógeno hepático y muscular (gastado durante el ejercicio) es mayor durante las dos primeras horas después del esfuerzo. Por lo anterior, las bebidas de rehidratación post ejercicio deben contener sodio y carbohidratos y hay que empezar a tomarlas lo más pronto posible.

La bebida deberá ser ligeramente hipertónica (más sodio que la bebida isotónica) con unos valores de 0.45-0.7 g de sodio/L y teniendo en cuenta también el ión potasio (K⁺) y magnesio (Mg²⁺) (Olivos, 2012). La inclusión de la bebida hipertónica desempeña un papel fundamental en la retención de agua porque aumenta la sed y reduce la diuresis producida por el consumo de agua sola.

SISTEMA DE REGULACIÓN DEL EQUILIBRIO HÍDRICO

Factores importantes a considerar:

- Volumen de agua corporal total = ~60% del peso corporal total
- Volumen del líquido extracelular = ~20% del peso corporal
- LIV: representa, en promedio, ~3.5 L (~20% del LEC) del líquido que se encuentra dentro de los vasos sanguíneos (el plasma sanguíneo) y el líquido que forma la linfa.
- LI: constituye, en promedio, ~10.5 L (~80% del LEC) del líquido en el espacio que rodea a las células, pero sin incluir el plasma o la linfa.
- Volumen del LIC = ~40% del peso corporal
- LIC: representa, en promedio, ~28 L de líquido contenido dentro de las células.
- El volumen aproximado de los diferentes compartimentos líquidos se proporciona únicamente con fines comparativos.

Se produce un desplazamiento de los líquidos entre los compartimentos debido a las presiones hidrostática y osmótica, así como a cambios en la temperatura corporal. Por ejemplo, el agua se desplaza hacia la piel para aumentar la tasa de sudoración cuando aumenta la temperatura corporal.

Bioquímica del deporte

1.9 Metabolismo de carbohidratos

Los carbohidratos son una fuente importante de la energía que impulsa una serie de reacciones. Durante la glucólisis, se captura una cantidad pequeña de energía al convertir una molécula de glucosa en don moléculas de piruvato.

El glucógeno, una forma de almacenamiento de glucosa en los vertebrados, se sintetiza por glucogénesis cuando la concentración de glucosa es alta y se degrada por glucogenólisis cuando el aporte de glucosa es insuficiente. La glucosa también puede sintetizarse a partir de precursores distintos de los carbohidratos por medio de reacciones denominadas gluconeogénesis.

La síntesis y la utilización de la glucosa, son el centro de cualquier exposición sobre el metabolismo de los carbohidratos. En los vertebrados, la glucosa se transporta en la sangre por todo el cuerpo.

Cuando las reservas de energía celular son bajas, la glucosa se degrada por vía glucolítica. Según sean las necesidades metabólicas de la célula, la glucosa también puede utilizarse para sintetizar, por ejemplo, otros monosacáridos, ácidos grasos y determinados aminoácidos.

GLUCÓLISIS

En la glucólisis, cada molécula de glucosa se divide y transforma en dos unidades de tres carbonos. La pequeña cantidad de energía que se captura durante las reacciones glucolíticas se almacena de forma temporal en dos moléculas de ATP y una de NADH por cada triosa. El destino metabólico subsiguiente del piruvato depende del organismo que se considere y de sus circunstancias metabólicas. En los organismos anaerobios (aquellos que no utilizan oxígeno para generar energía), el piruvato puede convertirse en productos de desecho como etanol, ácido láctico, ácido acético y moléculas semejantes.

Utilizando oxígeno como aceptor electrónico terminal, los organismos aerobios, como los animales y los vegetales, oxidan por completo el piruvato para formar CO₂ y H₂O en un complejo mecanismo escalonado conocido como respiración aerobia.

La glucólisis está controlada en primer lugar por la regulación alostérica de tres enzimas: la hexocinasa, la PFK-I y la cinasa de piruvato. La glucólisis también está regulada por las hormonas peptídicas glucagón e insulina. El glucagón, liberado por las células alfa del páncreas cuando la glucemia es baja. La insulina, una hormona peptídica de las células beta del páncreas secretan cuando la glucemia es elevada.

En la glucólisis, cada molécula de glucosa se divide y transforma en dos unidades de tres carbonos. La pequeña cantidad de energía que se captura durante las reacciones glucolíticas se almacena de forma temporal en dos moléculas de ATP y una de NADH por cada triosa. El destino metabólico subsiguiente del piruvato depende del organismo que se considere y de sus circunstancias metabólicas. En los organismos anaerobios (aquellos que no utilizan oxígeno para generar energía), el piruvato puede convertirse en productos de desecho como etanol, ácido láctico, ácido acético y moléculas semejantes.

Utilizando oxígeno como aceptor electrónico terminal, los organismos aerobios, como los animales y los vegetales, oxidan por completo el piruvato para formar CO₂ y H₂O en un complejo mecanismo escalonado conocido como respiración aerobia. La

glucólisis está controlada en primer lugar por la regulación alostérica de tres enzimas: la hexocinasa, la PFK-I y la cinasa de piruvato. La glucólisis también está regulada por las hormonas peptídicas glucagón e insulina.

El glucagón, liberado por las células alfa del páncreas cuando la glucemia es baja. La insulina, una hormona peptídica de las células beta del páncreas secretan cuando la glucemia es elevada.

GLUCONEOGÉNESIS

La gluconeogénesis, la formación de moléculas nuevas de glucosa a partir de precursores que no son carbohidratos, ocurre principalmente en el hígado. Estos precursores son el lactato, el piruvato, el glicerol y determinados cetoácidos alfa. En determinadas situaciones, el riñón puede producir pequeñas cantidades de glucosa. Entre las comidas se mantienen concentraciones sanguíneas adecuadas de glucosa por medio de la hidrólisis de glucógeno hepático. Cuando se agota el glucógeno hepático, la vía de la gluconeogénesis proporciona al organismo la cantidad de glucosa adecuada. El cerebro y los eritrocitos dependen exclusivamente de la glucosa como fuente de energía.

GLUCOGÉNESIS

La síntesis de glucógeno ocurre después de una comida, cuando la concentración sanguínea de glucosa se eleva. Se sabe desde hace mucho tiempo que justo después de ingerir una comida con carbohidratos ocurre la glucogénesis hepática.

GLUCOGENÓLISIS

La degradación del glucógeno requiere una serie de reacciones. La glucosa-1-fosfato, principal producto de la glucogenólisis, es desviada a la glucólisis en las células musculares con el propósito de generar energía para la contracción muscular.

1.10 Metabolismo de lípidos

Las funciones que desempeñan los lípidos en los seres vivos se deben en gran parte en sus estructuras hidrófobas. Como componentes destacados de las membranas celulares, los lípidos son ante todo los causales de la integridad de cada célula y de los compartimientos intracelulares, que son el rasgo distintivo de los organismos eucariotas.

ÁCIDOS GRASOS Y TRIACILGLICEROLES

Los ácidos grasos son una fuente de energía importante y eficaz para muchas células. En los animales, la mayoría de los ácidos grasos se obtienen de la alimentación. Por ejemplo, en la dieta promedio de los estadounidenses, entre un 30 y un 40% de las calorías que se ingieren las proporcionan las grasas. Las moléculas de triacilgliceroles se digieren dentro de la luz del intestino delgado. Tras mezclarse con las sales biliares, las moléculas anfipáticas con propiedades detergentes que se producen en el hígado y que se almacenan temporalmente en la vesícula biliar, las moléculas de triacilgliceroles se digieren por la lipasa pancreática para formar ácidos grasos y monoacilgliceroles. Estas últimas moléculas a continuación se transportan a través de la membrana plasmática de las células de la pared intestinal (enterocitos), donde se transforman de nuevo en triacilgliceroles.

FOSFOLÍPIDOS

La mayoría de las reacciones de la biosíntesis de los lípidos parecen encontrarse en el retículo endoplásmico liso, aunque también se han detectado varias actividades enzimáticas en el complejo de Golgi. Debido a que cada enzima es una proteína de la membrana con su sitio activo dirigido hacia el citoplasma, la biosíntesis de fosfolípidos se produce en la interfaz de la membrana y el citoplasma. La composición de ácidos grasos de los fosfolípidos cambia un poco tras su síntesis. Se cree que éste proceso le permite a una célula ajustar la fluidez de sus membranas.

COLESTEROL

El colesterol que se utiliza en todo el cuerpo procede de dos fuentes: de la alimentación y de la síntesis de novo. Cuando la alimentación aporta suficiente colesterol se inhibe su síntesis. La producción biológica de ésta molécula se estimula cuando el aporte nutricional es bajo. El colesterol se utiliza como componente de la membrana celular y para la síntesis de metabolitos importantes. Síntesis del colesterol: aunque todos los tejidos pueden sintetizar colesterol, la mayoría se sintetiza en el hígado.

Degradación del colesterol: a diferencia de otras muchas clases de biomoléculas, el colesterol y otros esteroides no pueden degradarse a moléculas más pequeñas, sino que se convierten en derivados cuya mayor solubilidad permite su eliminación.

Homeostasis del colesterol: las funciones fundamentales del colesterol en los animales, combinadas con las propiedades potencialmente tóxicas que exhibe cuando se

encuentra en exceso, hacen necesario que su concentración se mantenga dentro de los límites normales. La homeostasis del colesterol se logra a través de mecanismos intrincados que regulan su vía biosintética, la actividad de los receptores de LDL y la biosíntesis de ácidos biliares.

1.11 Metabolismo de nitrógeno

El nitrógeno es un elemento esencial que se encuentra en las proteínas, en los ácidos nucleicos y en una miríada de biomoléculas más. A pesar de la importante función que desempeña en los seres vivos, es escaso el nitrógeno biológicamente útil. Entre los principales metabolitos nitrogenados se encuentran los aminoácidos, las bases nitrogenadas, las porfirinas y numerosos lípidos.

Además otros compuestos nitrogenados que se requieren en cantidades más pequeñas son también de importancia fundamental en el metabolismo de muchos eucariotas. Los animales solo pueden sintetizar alrededor de la mitad de los aminoácidos que requieren. Los aminoácidos no esenciales se sintetizan a partir de metabolitos de fácil disponibilidad.

Los aminoácidos que han de proporcionarse en los alimentos para garantizar un equilibrio nitrogenado y un crecimiento adecuado se denominan aminoácidos esenciales. Tras digerirse en el tubo digestivo las proteínas de los alimentos, los aminoácidos libres se transportan a la sangre a través de los enterocitos. Debido a que la mayoría de los regímenes alimenticios no proporcionan los aminoácidos en las proporciones que requiere el cuerpo, sus concentraciones deben ajustarse mediante mecanismos metabólicos.

1.12 Biosíntesis de Aminoácidos

Los seres vivos se diferencian en cuanto a su capacidad de sintetizar los aminoácidos que se requieren para la síntesis de proteínas. Aunque los vegetales y muchos microorganismos pueden producir todos sus aminoácidos a partir de precursores de fácil disposición, otros organismos deben obtener de su entorno algunos aminoácidos ya formados. Por ejemplo, los tejidos de los mamíferos pueden sintetizar los aminoácidos no esenciales mediante vías de reacción relativamente sencillas. Por el contrario, los

aminoácidos esenciales deben obtenerse de los alimentos, debido a que los mamíferos carecen de las largas y complejas vías de reacción que se requieren para su síntesis.

1.13. Recambio proteico

La concentración celular de cada clase de proteína es consecuencia del equilibrio entre su síntesis y su degradación. Aunque la degradación y las síntesis continuas de las proteínas parecen ser derrochadoras, un proceso que recibe el nombre de recambio proteínico, tienen varios fines. El primero de todos es la flexibilidad metabólica, que se consigue mediante cambios relativamente rápidos de la concentración de hormonas peptídicas, de moléculas receptoras y de enzimas reguladoras claves. El recambio proteínico protege también a las células de la acumulación de proteínas anómalas. Por último, numerosos procesos fisiológicos dependen tanto de las reacciones de degradación oportunas como de las de síntesis.

1.14 Catabolismo de aminoácidos

El catabolismo de los aminoácidos en general comienza con la eliminación del grupo amino. Los grupos amino pueden luego eliminarse en la síntesis de la urea. Los esqueletos carbonados que se producen a partir de los aminoácidos se degradan posteriormente para formar siete productos metabólicos: acetil CoA, piruvato, alfa cetoglutarato, succinil CoA, fumarato y oxalacetato. Dependiendo de los requerimientos metabólicos del animal, estas moléculas se utilizan para sintetizar ácidos grasos o glucosa o para generar energía. Los aminoácidos que se degradan para formar acetil CoA se denominan cetónicos, debido a que pueden convertirse en ácidos grasos o en cuerpos cetónicos. Los esqueletos carbonados de los aminoácidos glucogénicos, que se degradan a piruvato o a un intermediario del ciclo del ácido cítrico, pueden utilizarse a continuación en la gluconeogénesis.

UNIDAD II VÍAS AERÓBICAS Y ANAERÓBICAS

2.1 Parámetros bioquímicos

El control bioquímico, nutricional y médico del deportista, es considerado como un medio complejo pero eficaz para conseguir una correcta dirección del entrenamiento deportivo.

La información obtenida en los análisis bioquímicos, que valoran diversos metabólicos y sustratos presentes en la sangre, la orina, la saliva o el sudor son indicadores del estado de los músculos activos; las medidas antropométricas: peso, talla e Índice de Masa Corporal permiten efectuar una valoración nutricional y la evaluación médica mediante control de la presión arterial, sistólica y diastólica, frecuencia cardíaca permiten valorar la función cardiovascular del deportista; enfatizando que el objetivo principal de estos controles es ayudar a los entrenadores a conseguir el rendimiento máximo y evitar el sobre entrenamiento.

En el control bioquímico se incluyen parámetros de química sanguínea, parámetros hematológicos y parámetros hormonales que midan el estado anabólico o catabólico relación testosterona cortisol, y otros establecidos en la literatura.

El control bioquímico, nutricional y médico del deportista, es considerado como un medio complejo pero eficaz para conseguir una correcta dirección del entrenamiento deportivo. La información obtenida en los análisis bioquímicos, que valoran diversos metabolitos y sustratos presentes en la sangre, la orina, la saliva o el sudor son indicadores del estado de los músculos activos; las medidas antropométricas: peso, talla e Índice de Masa Corporal permiten efectuar una valoración nutricional y la evaluación médica mediante control de la presión arterial, sistólica y diastólica, frecuencia cardíaca permiten valorar la función cardiovascular del deportista; enfatizando que el objetivo principal de estos controles es ayudar a los entrenadores a conseguir el rendimiento máximo y evitar el sobre entrenamiento.

En el control bioquímico se incluyen parámetros de química sanguínea, parámetros hematológicos y parámetros hormonales que midan el estado anabólico o catabólico (relación testosterona cortisol), y otros establecidos en la literatura. La correcta utilización de una analítica de sangre brinda información acerca de la asimilación al entrenamiento por parte del deportista, y en consecuencia, poder tomar las decisiones oportunas al respecto, con el fin de conseguir un mayor rendimiento. Es bastante útil realizar pruebas bioquímicas cada vez que se cambie el periodo de entrenamiento, como mínimo se deben hacer controles:

- Al inicio de temporada para conocer las condiciones y estado físico del deportista.
- Final de la fase aeróbica
- Inicio de la fase de competición.

También es útil realizar pruebas bioquímicas cuando el deportista consiga sus mejores marcas para así tener unos niveles de referencia. Se debe tener en cuenta que cada técnica analítica tiene sus valores de referencia, por lo que se debe repetir los análisis siempre en el mismo laboratorio y con los mismos procedimientos. Las pruebas bioquímicas más utilizadas dentro del control bioquímico del entrenamiento se han dividido en tres grandes grupos: Pruebas Hematológicas, Pruebas de Química y Pruebas en Fresco, que brindan información valiosa al momento de diseñar y direccionar el entrenamiento deportivo.

La glucosa y el perfil lipídico, son parámetros utilizados en las consultas, pero insuficientes para el control de los entrenamientos. La concentración de lactato en plasma es la herramienta más común para valorar la carga de entrenamiento, donde valores superiores a 4 mmol/L, indican gran intensidad del entrenamiento y se utiliza para correlacionar las intensidades metabólicas marcadas en la prueba de esfuerzo para luego indicar zonas según la frecuencia cardíaca, potencia o velocidad concreta.

Aunque hasta ahora, solamente se utilizaba la frecuencia cardíaca para el control de la intensidad de zonas de entrenamiento aeróbicas, actualmente se utilizan cada vez

más la potencia o velocidades de carrera. Esto hace que el entrenamiento esté mucho más individualizado.

La urea, la alanina o el aumento de cuerpos cetónicos, nos indican un vaciamiento de los depósitos de glucógeno muscular, utilización de otros sustratos energéticos y en esta situación se da un aumento de destrucción proteica (proteólisis).

2.2 Metabolismo energético

Hablar de alimentación y nutrición en el deporte implica adaptar los principios básicos de la alimentación y nutrición humana a las necesidades energéticas y de micronutrientes que conlleva la práctica deportiva. Dependiendo de las características del trabajo físico realizado, pueden surgir requerimientos nutricionales especiales. Teniendo, pues, en cuenta estas características, fundamentalmente la intensidad, duración o frecuencia del ejercicio y el requerimiento energético de éste, existen ciertas estrategias nutricionales que se escapan de las recomendaciones específicas de la población general y que resultan beneficiosas en determinados casos.

Dichas estrategias se conocen con el nombre de ayudas ergogénicas nutricionales y están siendo ampliamente investigadas desde hace treinta años. Desde el punto de vista nutricional, la primera y más clara diferencia entre una persona que practica deporte y una que no lo hace, esto es, entre un deportista y un individuo sedentario, es el gasto energético diario de la primera con respecto a la segunda. El gasto energético total de una persona adulta sedentaria puede oscilar entre las 1.825 y 2.580 kcal por día, dependiendo del peso, edad, sexo, etc.

La actividad física realizada durante una hora de entrenamiento o competición puede suponer un gasto energético de 430-860 kcal, dependiendo, evidentemente de la condición física de quien la realiza (los individuos bien entrenados gastan menos energía para realizar el mismo trabajo que los no entrenados), y el tipo, duración e intensidad del ejercicio. Volviendo al ejemplo anterior de la carrera de maratón, ésta puede suponer un gasto energético de 2.150-2.580 kcal.

Dependiendo de la marca realizada, esta carrera puede ocasionar un gasto energético de 688 kcal por hora en un corredor recreacional o de 1.355 kcal por hora en un atleta de élite. En otro deporte de larga duración, como es el ciclismo de carretera, el gasto energético realizado en una etapa de una carrera ciclista profesional como puede ser el Tour de Francia, oscila entre 5.800 y 8.600 kcal por día.

Estos gastos energéticos tan elevados implican a su vez unos elevados requerimientos energéticos diarios y, por tanto, la necesidad de aumentar la ingesta de alimentos. Sin embargo, la ingesta de cantidades tan grandes de alimentos sólidos puede acarrear problemas durante los días de competición o entrenamiento intenso por dos motivos: uno, la propia dificultad de ingerir estas grandes cantidades y otro, el hecho que los procesos de digestión y absorción se ven alterados durante la actividad física intensa. Existen también los casos opuestos, como la gimnasia femenina o el ballet clásico, que se caracterizan por la necesidad de controlar el peso total y de mantener bajos porcentajes de grasa corporal.

Para conseguir esto, las practicantes de los citados deportes se ven sometidas a frecuentes restricciones en la ingesta calórica, no siendo infrecuentes los desórdenes nutricionales. En estos casos, la cantidad de carbohidratos ingerida puede ser menor que la utilizada durante la actividad física y, además, pueden asociarse otros déficits de nutrientes, como proteínas, vitaminas, hierro, zinc, calcio, magnesio, etc.

Éste adquiere una importancia fundamental, ya que la inmensa mayoría de sus practicantes son chicas jóvenes aún en edad de crecimiento. Tanto en el primer caso, como en el segundo, el uso de ciertos suplementos nutricionales ayuda a solucionar estos problemas. Debemos tener también en cuenta el tipo de sustrato energético que se suministra al músculo. Como se ha expuesto anteriormente, la potencia y capacidad metabólica dependen en gran medida de este punto, ya que los músculos obtienen el máximo rendimiento energético cuando oxidan carbohidratos (glucógeno y/o glucosa).

Por tanto, la dieta del deportista no solamente debe contemplar la ingesta calórica total, sino también la cantidad y proporción de nutrientes o sustratos energéticos que se le proporcionan al organismo, especialmente carbohidratos, grasas y proteínas. Por lo tanto, la alimentación del deportista debe basarse en una dieta equilibrada, tanto cualitativa como cuantitativamente. Debe ajustarse la cantidad total de calorías a ingerir y también su procedencia. La cantidad total de calorías vendrá dada a partir del cálculo de los requerimientos energéticos diarios, en tanto que su distribución porcentual no va a diferir sustancialmente del de la población en general, lo cual quiere decir que el 55-65% de las calorías totales diarias deben proceder de la ingesta de carbohidratos, el 25-35% de las grasas y el 10-15% de las proteínas.

Por supuesto, esta dieta debe ser variada y contener varios alimentos de todos los grupos alimentarios:

1. Leche y derivados.
2. Verduras y hortalizas.
3. Frutas.
4. Cereales, derivados y legumbres.
5. Carne, pescado, huevos y proteínas.
6. Grasas.

Ya se ha expuesto anteriormente que la cantidad de carbohidratos, grasas y proteínas que contenga una determinada cantidad de alimento definirá su valor energético. Una vez que estos alimentos ingeridos hayan sido digeridos y sus nutrientes absorbidos, dependiendo de las necesidades del momento, las células se encargarán de almacenarlos o bien de transformarlos en energía química (ATP). Posteriormente, esta energía química se transformará en energía mecánica, eléctrica, térmica, etc., con lo que quedarán preservadas todas las funciones vitales del organismo.

En este apartado se describen, de una forma simple, las diferentes vías metabólicas mediante las cuales nuestro organismo obtiene la energía necesaria. Aunque son conceptos más bien relacionados con la fisiología que con la nutrición, es muy importante conocerlos para poder aplicar perfectamente, en cada caso, los principios de nutrición deportiva.

Una de las principales rutas metabólicas energéticas es la vía aeróbica. Esta vía metabólica tiene lugar en presencia de oxígeno y utiliza fundamentalmente como sustratos energéticos el glucógeno (previamente degradado a glucosa), la glucosa y los ácidos grasos, pero puede utilizar también ciertos aminoácidos, cuerpos cetónicos, ácido láctico y glicerol.

Por una parte, la glucosa procedente de la degradación del glucógeno o de la sangre circulante se oxidará hasta piruvato a través de las reacciones químicas de la glucólisis.

Posteriormente, este piruvato se convertirá en acetil-Coenzima A (acetil-CoA). Por otro lado, los ácidos grasos también procedentes de la sangre circulante o de la propia fibra muscular, mediante un proceso oxidativo llamado beta-oxidación, se transformarán en acilCoA (ácido graso unido a la Coenzima A). Para que puedan seguir su proceso de transformación en energía deben penetrar al interior de la mitocondria, para ello necesitan unirse a la L-carnitina, que actúa como un autobús transportador. Allí, se transformarán en acetil-CoA. Algunos aminoácidos, cetoácidos y glicerol, dentro de las propias fibras musculares pueden sufrir un proceso directo de oxidación hasta acetil-CoA si las circunstancias metabólicas del momento lo requieren, o bien transformarse en glucosa, que será almacenada en forma de glucógeno. Este proceso, llamado gluconeogénesis o neoglucoogénesis, solamente puede darse en el hígado y en el riñón, pero no en el músculo esquelético, ya que éste carece de las enzimas necesarias para ello.

Dentro de las mitocondrias, el acetil-CoA formado a partir de los diferentes sustratos energéticos antes mencionados, sufre un proceso de oxidación a través del ciclo de Krebs, conocido también como ciclo del ácido cítrico o ciclo de los ácidos tricarbónicos. En el transcurso de estas reacciones se van liberando hidrogeniones (H^+) y anhídrido carbónico (CO_2). Los hidrogeniones

penetran en otro ciclo metabólico denominado fosforilización oxidativa, cadena de transporte de electrones o cadena de los citocromos, en donde finalmente se unirán al oxígeno para formar agua (H_2O). Durante el paso de los hidrogeniones por esta cadena de reacciones, conocida más extensamente por el nombre de cadena respiratoria, se va fosforilando el ADP para convertirse en ATP.

Así pues, los productos finales de la oxidación de los diferentes sustratos energéticos a través del ciclo de Krebs y la fosforilización oxidativa son dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y adenosin trifosfato (ATP). El CO_2 que no eliminamos mediante la respiración será reutilizado para la síntesis de bicarbonato, necesario para la neutralización de las cargas ácidas producidas por el metabolismo anaeróbico. El H_2O producido ayudará a rehidratar el organismo, a mantener el volumen plasmático y a compensar la pérdida de líquidos a través del sudor para eliminar el exceso de calor producido como consecuencia directa del aumento de la actividad metabólica. El ATP será utilizado para la conversión de energía química en energía mecánica, como se ha comentado anteriormente.

La obtención de ATP a través del ciclo de Krebs y de la fosforilización oxidativa es un proceso lento, pues requiere muchas reacciones químicas intermediarias, cada una de las cuales está catalizada por una enzima diferente. En consecuencia, se produce poca energía por unidad de tiempo; sin embargo, la cantidad total de energía obtenida a partir de la oxidación de un mol de cualquier sustrato energético es muy alta en comparación con el resto de vías metabólicas. Como consecuencia de la hidrólisis de un mol de fosfocreatina se resintetiza 1 ATP. La oxidación de un mol de glucosa por vía anaeróbica produce 2 moles de ATP. La oxidación de un mol de glucosa por vía aeróbica producirá 36 moles de ATP netos (cada molécula de glucosa se convertirá en 36 moléculas de ATP). Serán 37 moles de ATP si en lugar de oxidarse la glucosa es el glucógeno quien lo hace. Finalmente, la oxidación de un mol de ácido palmítico (ácido graso) proporcionará 129 ATP.

Otras ventajas de la vía aeróbica son:

- Que no existe limitación en cuanto a la disponibilidad de sustratos energéticos, ya que los depósitos de grasa son prácticamente ilimitados.
- Que no produce catabolitos que tiendan a alterar el equilibrio interno como ocurre en la glucólisis anaeróbica, donde el ácido láctico producido tiende a disminuir el pH intracelular y plasmático, y a instaurar una acidosis metabólica. Por tanto, es una vía energética que se puede utilizar durante horas.

Por ser una vía que utiliza el oxígeno se la llama vía aeróbica. La vía aeróbica es la que utiliza el organismo cuando el esfuerzo no es de gran intensidad, aunque sí de mayor duración, como las carreras de larga distancia en atletismo o las sesiones de entrenamiento en las distintas modalidades del fitness. De una forma muy simple, ya que este manual trata fundamentalmente de aspectos relacionados con la nutrición, se puede decir que en el músculo existen fundamentalmente dos tipos de fibras:

- Fibras tipo I, también conocidas como fibras lentas, fibras rojas o ST, que tienen una gran capacidad aeróbica por disponer de un elevado número de mitocondrias.
- Fibras tipo II, con una velocidad de contracción más rápida que las anteriores y por lo tanto, con un metabolismo más dependiente de los glúcidos (recordemos que son capaces de aportar más cantidad de energía por unidad de tiempo).

El otro proceso de metabolismo energético es la vía anaeróbica aláctica al inicio de la contracción, la fibra muscular utiliza su propio ATP, el que tiene almacenado en su interior, que se transforma en ADP y fosfato. Ahora bien, esta cantidad es muy pequeña: aproximadamente 5 microgramos por kilo de músculo, por lo que en muy pocos segundos queda agotada y el músculo tiene la necesidad

de resintetizarlo rápidamente. Para esto dispone de un sustrato que es la fosfocreatina, de la que se obtiene energía de forma inmediata.

La fosfocreatina se hidroliza (rompe) obteniendo así un grupo fosfato, que se utiliza para transferirlo al ADP que procede a su vez, como ya se ha comentado anteriormente, de la hidrólisis del ATP.

$ADP + \text{Fosfato} \rightarrow ATP$ De esta forma se puede obtener una gran cantidad de energía por unidad de tiempo, pero también los depósitos de fosfocreatina son limitados, aproximadamente 17 microgramos por kilo de músculo, por lo tanto, su agotamiento también será cuestión de segundos. La enzima involucrada en esta reacción es la creatinquinasa o creatinfosfoquinasa, cuyas siglas son CPK, muy conocidas por los deportistas. En este proceso no interviene el oxígeno y tampoco se forma ácido láctico, por lo que se denomina vía anaeróbica aláctica.

Vía anaeróbica láctica El único sustrato que se puede utilizar en esta vía metabólica son los hidratos de carbono: glucosa y glucógeno. La glucosa se utiliza como tal, mientras que el glucógeno debe convertirse primero en glucosa para poder ser utilizado.

El producto final de esta vía es el ácido láctico, que genera a su vez dos moles de ATP, de tal forma que un mol de glucosa se convierte en dos moles de ácido láctico. Para simplificar, podemos decir que cada molécula de glucosa se transforma en dos moléculas de ATP.

De esta manera también se produce una cantidad muy elevada de energía (ATP) por unidad de tiempo, pero no tanta como en la vía anaeróbica aláctica, pues su rendimiento energético es muy pobre (solamente se obtienen dos moles de ATP por cada mol de glucosa utilizado). Esta forma de obtención de energía tiene dos factores limitantes:

Por una parte, el ácido láctico produce una acidificación del medio, que el organismo trata de neutralizar y eliminar para mantener el equilibrio ácido-base, de tal forma que si la demanda de energía es muy elevada por unidad de tiempo, las cargas ácidas producidas se acumularán en el propio músculo y elevarán la acidez del medio (bajará el pH), lo cual altera los mecanismos de contracción muscular y

hace que el ejercicio no se pueda mantener durante mucho tiempo a esa intensidad. Por otra, los depósitos de glucógeno del organismo son también limitados (aproximadamente 300 gramos), por lo tanto, puede llegar a agotarse en esfuerzos de larga duración.

Todo ello hace que esta ruta pueda funcionar a pleno rendimiento durante pocos minutos.

También el ácido láctico producido en la glucólisis anaeróbica es transportado por la sangre hasta el hígado, donde se transformará en glucosa que posteriormente podrá viajar hasta el músculo y almacenarse en forma de glucógeno. Todo este proceso de transformación del ácido láctico en glucógeno se conoce como ciclo de Cori. Por ser una vía metabólica que no utiliza el oxígeno y que produce ácido láctico se le llama vía anaeróbica láctica. El ejemplo clásico que se pone para explicar este conjunto de mecanismos son las carreras de velocidad y velocidad mantenida en atletismo.

Veamos unos ejemplos explicativos: Durante una carrera de 60 metros lisos, en pista cubierta, el atleta bien entrenado consume todo el ATP almacenado en los músculos de sus piernas y un poco de fosfocreatina. Si la carrera es de 100 metros lisos, consume, además del ATP, una gran cantidad de fosfocreatina. Son las dos carreras que requieren un esfuerzo “explosivo”, esto es, necesitan que los músculos obtengan la máxima energía por unidad de tiempo, ya que el atleta realiza un esfuerzo al 100% de su capacidad.

Si la carrera es de 200 metros, el atleta agota, además de las reservas musculares de ATP, las de fosfocreatina y comienza a utilizar la vía anaeróbica láctica, es decir, la conversión de glucosa en ácido láctico. Ahora bien, la acidificación de las fibras musculares debida a la cantidad de ácido láctico acumulado durante tan poco espacio de tiempo, en un atleta muy bien entrenado no llega a ser un factor limitante de su capacidad de obtención de energía hasta los últimos metros.

En cambio, si la carrera es de 400 metros lisos, las cosas cambian por completo. Veamos una secuencia muy esquematizada de esa prueba desde el punto de vista metabólico: Durante los primeros segundos de la prueba, el atleta agota sus reservas de ATP, con lo que sigue obteniendo energía mediante la conversión de fosfocreatina en creatina.

Pero estas reservas también se agotan en pocos segundos y allí, como la exigencia energética por unidad de tiempo sigue siendo muy elevada, comienza la glucólisis anaeróbica, hasta que llega un momento en que la propia fibra muscular es incapaz de eliminar las cargas ácidas producidas por la acumulación de ácido láctico habida en su interior. Es entonces cuando comienza a descender el pH (a acidificarse el interior de la fibra muscular).

Como las enzimas que proveen energía solamente son capaces de actuar en unas condiciones de pH determinadas, comienzan a disminuir su rendimiento y por ello, la cantidad de energía que producen es cada vez menor, por lo que el atleta, al no disponer de la energía necesaria, no puede mantener una velocidad tan elevada y llega a la meta en unas condiciones de gran agotamiento. Aunque esto sea una forma muy simplificada y esquematizada de explicar las implicaciones de cada sustrato energético y sus consecuencias en los ejercicios de corta duración y gran intensidad de esfuerzo, facilitará al lector del presente manual su comprensión.

Oxidación de los ácidos grasos Los ácidos grasos que están almacenados en los tejidos pueden ser utilizados por las células para la obtención de energía. Los tejidos que más utilizan esta fuente para la obtención de energía son el músculo cardíaco y el esquelético. Los ácidos grasos se van descomponiendo de dos en dos carbonos hasta producir acetilCoA. Este acetilCoA entrará en el ciclo de Krebs, como vimos anteriormente, y esto dará lugar a la producción de energía en forma de ATP. El importante papel que desempeña la L-carnitina en esta ruta metabólica se describe en el capítulo dedicado a ayudas ergogénicas. La cantidad de energía generada dependerá del ácido graso que se degrade. Por ejemplo, una molécula de palmitoil-CoA (proveniente del ácido palmítico) rendirá 131 moléculas de ATP,

pero como dos se necesitan para su activación, el rendimiento neto final será de 129 ATP.

Oxidación de las proteínas Para que las proteínas puedan producir energía, los aminoácidos tienen que convertirse en acetil-CoA para, de este modo, entrar en el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria. Pero no todos los aminoácidos siguen la misma ruta hasta llegar a acetilCoA. Algunos, después de su degradación, dan directamente acetil-CoA pero otros darán piruvato, acetoace-til-CoA o sustratos intermedios del ciclo de Krebs. Un mismo aminoácido puede dar lugar a dos de los compuestos mencionados anteriormente.

A continuación se exponen algunos ejemplos exclusivamente a título informativo, donde se ilustra como algunos aminoácidos pueden seguir diferentes vías metabólicas:

- La isoleucina, la leucina y el triptófano se convierten directamente en acetil-CoA.
- La alanina, la cisteína, la glicina, la serina y el triptófano acaban en piruvato que, posteriormente se tendrá que convertir en acetil-CoA.
- La leucina, la lisina, la fenilalanina, el triptófano y la tirosina dan acetoacetil-CoA que pasará a acetil-CoA por otra ruta.
- La asparagina y el aspartato dan oxalacetato, que es uno de los intermediarios del ciclo de Krebs.
- La fenilalanina y la tirosina pueden degradarse hasta fumarato, otro de los intermediarios del ciclo de Krebs.
- La isoleucina, la metionina, la treonina y la valina se convierten en succinil-CoA, también intermediario del ciclo de Krebs.
- La arginina, glutamina, histidina y prolina tienen que pasar a glutamato que, posteriormente, dará cetoglutarato, otro de los intermediarios.

Estas rutas aportan sólo un 10-15% de la energía que utilizamos y por lo tanto son mucho menos activas que la glucólisis o la oxidación de los ácidos grasos.

Concepto de cociente respiratorio Además del consumo de oxígeno ($V. O_2$) es importante cuantificar la producción de anhídrido carbónico ($V. CO_2$), pues la relación entre el $V. CO_2 / V. O_2$ proporcionará información sobre:

- El tipo de sustrato utilizado para la obtención de energía.
- El tipo de metabolismo llevado a cabo. Dicha relación se conoce con el nombre de cociente respiratorio (R).
- Un cociente respiratorio de 0,7 indica que se están oxidando ácidos grasos por vía aeróbica.
- Un cociente respiratorio igual a 1 indica que se están oxidando hidratos de carbono por vía aeróbica.
- Un cociente respiratorio mayor de 1 indica que a la oxidación aeróbica de los hidratos de carbono se une un importante componente anaeróbico, ya que al CO_2 formado como consecuencia del metabolismo aeróbico se une el CO_2 originado como consecuencia del tamponamiento (neutralización) del ácido láctico, creado durante la glucólisis anaeróbica.

Se debe tener en cuenta que parte del CO_2 producido por las células es reutilizado para sintetizar bicarbonato que ayuda a neutralizar las cargas ácidas producidas en el metabolismo anaeróbico, por lo tanto, dependiendo del tipo de esfuerzo que se esté realizando, no todo el CO_2 producido será eliminado por la respiración.

Concepto de consumo de oxígeno: El consumo de oxígeno se representa por $V. O_2$ y expresa la cantidad de oxígeno que el organismo utiliza para obtener la energía necesaria cuando realiza un trabajo físico determinado. Su determinación y cuantificación permite medir indirectamente la energía producida por vía aeróbica. Por ello podemos decir que es, de alguna manera, el parámetro más representativo de la resistencia aeróbica. Recordemos que: $\text{Sustrato energético} + O_2 + ADP \rightarrow CO_2 + H_2O + ATP + \text{calor}$.

El $V. O_2$ puede expresarse en términos de cantidad (litros o mililitros) o de flujo (litros/minuto o mililitros/minuto), aunque es preferible esta segunda expresión, ya que indica con mayor claridad el concepto que se quiere expresar. También puede expresarse en términos relativos al peso corporal del individuo (mililitros/kg/minuto). Por último,

también puede expresarse como múltiplo de la tasa metabólica basal ($MET = 3,5$ ml/kg/min). Dependiendo de la modalidad deportiva de que se trate, se preferirá una u otra forma de expresarlo. La tasa metabólica basal es el oxígeno que consume una persona en situación de reposo absoluto. Se ha calculado que corresponde aproximadamente a 3,5 mililitros de oxígeno por kilogramo de peso total y por minuto y éste es el valor que equivale a 1 MET o unidad metabólica.

Factores de los que depende Existen una serie de factores que condicionan la capacidad de los músculos para utilizar el oxígeno. Estos son:

- Características del esfuerzo. La magnitud del $V \cdot O_2$ está en relación directa con: intensidad, duración, velocidad de ejecución y cantidad de masa muscular implicada en el esfuerzo.
- Condicionantes mecánicos. El trabajo realizado en buenas condiciones ergonómicas implica un menor gasto energético y, en consecuencia, un menor $V \cdot O_2$; de ahí la importancia del conocimiento y adecuada ejecución biomecánica del gesto deportivo.
- Nivel del entrenamiento. El entrenamiento implica un mayor grado de coordinación de los grupos musculares y la mejora de la técnica de ejecución del gesto deportivo, factores que rebajan el coste energético y, consecuentemente, el $V \cdot O_2$.
- Factores climáticos y ambientales. El ejercicio efectuado en condiciones desfavorables de temperatura, humedad, viento o con alto nivel de contaminación atmosférica requiere un $V \cdot O_2$ superior.

Consumo máximo de oxígeno Conforme va aumentando la intensidad del esfuerzo realizado, aumenta también a la vez el $V \cdot O_2$. Sin embargo, llegará un momento en que aunque incrementamos la intensidad del trabajo el $V \cdot O_2$ ya no aumentará más, y se establecerá una meseta en el mismo. A este valor de $V \cdot O_2$ se le denomina consumo máximo de oxígeno ($V \cdot O_2 \text{ máx}$) y expresa el potencial aeróbico del individuo. El $V \cdot O_2$ máximo debe diferenciarse del pico de $V \cdot O_2$, que expresa el máximo consumo de O_2 alcanzado durante un esfuerzo pero sin que se haya instaurado la meseta. Los valores de $V \cdot O_2 \text{ máx}$ dependen de una serie de factores:

- Constitución genética. Es un factor decisivo, hasta tal punto que se estima que la influencia del entrenamiento no puede aumentar más allá del 20-40% los valores de V. O₂ máx predeterminados.
- Masa muscular en movimiento. El V. O₂ máx alcanzable está en relación directa con la cantidad de masa muscular en movimiento. Por tanto, el V. O₂ máx real de un deportista sólo podría conocerse si todos y cada uno de los músculos del organismo estuviera trabajando al máximo de su potencial aeróbico. De aquí se deduce la importancia de los grupos musculares puestos en movimiento y de imitar al máximo los gestos deportivos específicos durante la realización de las pruebas de esfuerzo realizadas justamente para medir este parámetro.
- Edad. Las cifras máximas de V. O₂ máx suelen alcanzarse entre los 20-30 años. A partir de esa edad los valores van disminuyendo progresivamente, si bien la caída es menor en el individuo que continúa su entrenamiento aeróbico.
- Sexo. En mujeres adultas, los valores de V. O₂ máx son inferiores a los de los varones de su mismo grupo y condición, en porcentajes que varían entre un 10 y 30%. La diferencia es menor cuando los valores se expresan en términos relativos, y disminuyen aún más si se expresan como ml O₂/kg de masa magra o muscular, siendo casi inexistentes esas diferencias en edades infantiles.
- Motivación. La motivación puede suponer diferencias de hasta un 10% en los valores de V. O₂ máx alcanzables. De ahí la importancia de una correcta mentalización para lograr rendimientos mayores. En este factor también incide directamente el entrenador.
- Entrenamiento. Aunque los valores de V. O₂ máx mejoran con el entrenamiento, los incrementos registrados no son espectaculares, y se estima que la influencia del entrenamiento sobre los valores predeterminados no es superior al 20-40%.

Concepto de eficiencia energética La determinación del V. O₂ sólo tiene un valor relativo si no medimos simultáneamente la transformación de la energía química en energía mecánica. De aquí surge el concepto de «eficiencia energética» (EE), que expresa la cantidad de trabajo realizado por mililitro de O₂ consumido:

Cuanto mayor sea dicha relación, mayor será el rendimiento mecánico que el deportista obtiene del consumo energético.

Una eficiencia energética alta es expresión de un alto nivel de entrenamiento, puesto que con él se mejora la llamada «técnica deportiva». Dicho de una forma más sencilla: cuanto mejor sea el entrenamiento del individuo, menos oxígeno necesitará para realizar el mismo trabajo. Por ello, si comparamos a dos deportistas, uno muy bien entrenado y otro con un nivel más bajo de entrenamiento, el primero consumirá menos oxígeno para realizar el mismo trabajo que el segundo, por lo tanto su rendimiento será mayor.

Umbral aeróbico La intensidad con la que se lleve a cabo cualquier tipo de trabajo físico determinará la cantidad de energía necesaria por unidad de tiempo para su realización. Si esa intensidad va en aumento, llegará un momento en que la cantidad de energía producida por unidad de tiempo obtenida por el metabolismo aeróbico será insuficiente para satisfacer las necesidades del momento. Será entonces cuando el músculo tendrá que recurrir al glucólisis anaeróbico, con la consiguiente producción de ácido láctico. Ello supone la aparición de cargas ácidas que deberán ser neutralizadas. El punto en el cual el metabolismo aeróbico se hace insuficiente para satisfacer las demandas energéticas del músculo y, en consecuencia, es necesario recurrir a las fuentes anaeróbicas adicionales de suministro energético recibe el nombre de umbral aeróbico.

Este concepto trae como consecuencia dos hechos:

- El aumento de producción de ácido láctico.
- La necesidad de neutralizar las cargas ácidas del ácido láctico.

Durante el ejercicio físico, el organismo utiliza fundamentalmente el sistema del bicarbonato como medio para neutralizar las cargas ácidas producidas por la formación de ácido láctico. Nada más formarse el ácido láctico, se amortigua con el bicarbonato sódico, y se forman lactato sódico y ácido carbónico, que se disocia (descompone) rápidamente en anhídrido carbónico (CO₂) y agua (H₂O). El agua la

utiliza el organismo para rehidratarse, mientras que el CO₂ que no es utilizado para resintetizar bicarbonato es eliminado a través de la ventilación. Queda claro que la puesta en marcha del metabolismo anaeróbico no implica la paralización del metabolismo aeróbico, ya que éste sigue funcionando, sino que ambas vías metabólicas están simultáneamente en funcionamiento. Así pues, al CO₂ formado como consecuencia del ciclo de Krebs y de la fosforilización oxidativa se une el CO₂ formado como consecuencia del taponamiento del ácido láctico por el bicarbonato, por lo que el «cociente respiratorio» es mayor de uno ($R > 1$).

Umbral anaeróbico Si la intensidad del trabajo sigue aumentando, llegará un momento en que la producción de cargas ácidas será tan alta que el organismo será incapaz de neutralizarlas y eliminarlas, con lo cual irán acumulándose e instaurando progresivamente una acidosis metabólica que acabará por inactivar las enzimas que intervienen en el metabolismo energético muscular, y aparecerá la fatiga y el cese de las contracciones musculares. Denominamos umbral anaeróbico al punto en el que la producción de cargas ácidas es ya tan elevada que el organismo es incapaz de neutralizarlas y eliminarlas.

Zona de transición aero-anaeróbica Entre el umbral aeróbico y anaeróbico existe una zona, llamada zona de transición aero-anaeróbica, en la que el organismo, aunque tiene necesidad de recurrir a la glucólisis anaeróbica para satisfacer las necesidades energéticas del momento, es capaz, sin embargo, de neutralizar las cargas ácidas producidas, e impedir así que se instaure la acidosis metabólica. El conocimiento de esta zona es de importancia fundamental para la prescripción de las intensidades óptimas de entrenamiento de las diferentes modalidades metabólicas de la resistencia. Para que no haya ningún tipo de error en la determinación de los umbrales, se debe recurrir a la realización de una prueba de esfuerzo con análisis de gases expirados mediante un aparato llamado ergoespirómetro y una monitorización cardíaca continua del deportista mientras realiza la prueba. La determinación basada exclusivamente en la medición de las concentraciones de ácido láctico en sangre no es válida si no está referenciadas con una prueba de esfuerzo hecha anteriormente al deportista en la que también se hayan medido estas concentraciones. Debido a los cambios que se producen en el organismo del deportista que está sometido a un programa científico de

entrenamiento basado en pruebas de esfuerzo ergoespirométricas, éstas deben repetirse con un intervalo no superior a las 6-7 semanas para adaptar el entrenamiento a los nuevos umbrales obtenidos.

Potencia aeróbica Es la máxima cantidad de energía que los músculos pueden obtener por vía aeróbica en la unidad de tiempo. Viene expresada por el valor del $\dot{V}O_2$ máx (litros/min o ml/kg/min).

Capacidad aeróbica Es la cantidad total de energía aportada preferentemente por las vías aeróbicas. Indica el tiempo y la máxima intensidad de trabajo que el sujeto es capaz de realizar sin necesidad de recurrir de forma mayoritaria a vías anaeróbicas.

Potencia anaeróbica láctica Es la máxima cantidad de energía que los músculos pueden obtener por vía anaeróbica láctica en la unidad de tiempo. Viene expresada por la máxima concentración de lactato en sangre.

Capacidad anaeróbica láctica Es la cantidad total de energía aportada preferentemente por la glucólisis anaeróbica. Viene expresada por el tiempo que el sujeto es capaz de seguir trabajando una vez cruzado el umbral anaeróbico.

Potencia anaeróbica aláctica Es la máxima cantidad de energía por unidad de tiempo que los músculos pueden obtener a partir del ATP y fosfocreatina almacenados en su interior. Su determinación es indirecta a través de las pruebas de valoración funcional.

Capacidad anaeróbica aláctica Es la cantidad total de energía que los músculos pueden obtener a partir del ATP y fosfocreatina almacenados en su interior. Su determinación es indirecta a través de las pruebas de valoración funcional.

2.3 Eficiencia energética

Las respuestas del organismo a la actividad física son los cambios que se producen para poder desarrollar un trabajo físico, que desde una perspectiva evolutiva se traducen en supervivencia (huida y caza) y desde el punto de vista lúdico y social, en rendimiento deportivo.

Durante, e incluso antes de empezar a hacer ejercicio, nuestro cerebro se prepara para actuar. Se empiezan a apagar las funciones animales de reposo y se ponen en marcha las funciones animales de acción. Mejoran el nivel de alerta y la predisposición para actuar.

Se liberan adrenalina y noradrenalina, primero a través del sistema nervioso, y después desde la glándula suprarrenal. Además de éstas, también participan otros mediadores químicos como el cortisol, la testosterona, la hormona del crecimiento y otros, que regulan las funciones de distintos órganos y coordinan las respuestas cuando desarrollamos actividad física.

Vamos a mencionar solo algunas de ellas centrándome en las que son relevantes en el paciente cardiológico.

A nivel respiratorio, la ventilación aumenta progresivamente, primero por una mayor profundidad de las respiraciones y después por un aumento de la frecuencia respiratoria. Esto nos permite extraer del aire más oxígeno para los músculos que están trabajando y eliminar el exceso de CO₂ que se está produciendo como consecuencia de la combustión y del mantenimiento del pH de la sangre.

Aumenta ligeramente la cantidad total de sangre circulante cuando el bazo se contrae vertiendo parte de su contenido al torrente circulatorio.

Las arterias de los distintos órganos se contraen o se relajan para aumentar la cantidad de sangre y oxígeno musculares sin perjudicar al flujo cerebral y coronario. De forma general, se dilatan las arterias de los músculos que desarrollan el trabajo y se contraen las de los músculos que están en reposo, las del aparato digestivo, los riñones y la piel. El resultado final es una disminución de la resistencia en la circulación arterial. El retorno venoso también aumenta, por la

propia circulación de la sangre, por la compresión de los músculos que atraviesan a su paso y por la succión del corazón.

A nivel cardiaco aumentan tanto la fuerza con la que se contrae el corazón como la frecuencia cardiaca. El aumento de la fuerza de contracción se traduce en un aumento de la cantidad de sangre que se bombea con cada latido (de unos 75 ml en reposo a más de 150 ml en esfuerzos intensos). Esto, unido al aumento de la frecuencia cardiaca, sirve para aumentar del volumen de sangre que circula por el organismo en un minuto, que puede pasar de unos 5 litros en reposo hasta los 30 litros en esfuerzos máximos. Quiero hacer un inciso para aclarar que la frecuencia cardiaca de reposo y la frecuencia cardiaca máxima pueden variar mucho de una persona a otra sin que ello signifique que algo va mal.

Este aumento en la actividad muscular del corazón se acompaña de un aumento en la necesidad de oxígeno del propio músculo cardiaco y, por lo tanto, del flujo de sangre a través de las arterias coronarias. En personas con obstrucciones coronarias este aumento del flujo no es posible y se produce una falta de riego a partir de determinadas intensidades que puede derivar en angina de pecho, fatiga o arritmias malignas.

Por eso cuando hacemos una prueba de esfuerzo, vemos como se aceleran la frecuencia cardiaca y la respiración y como aumenta la presión arterial sistólica (la alta) sin un aumento de la presión arterial diastólica (la baja) a medida que aumentan la intensidad del trabajo y la sensación de esfuerzo. El efecto será mayor cuantos más músculos se empleen para hacer un ejercicio.

Los ejercicios de fuerza son algo diferentes. En este caso las arterias que llevan la sangre a los músculos que desarrollan el trabajo, en vez de dilatarse, se ven comprimidas por el propio musculo durante la contracción muscular. El fuerte latido del corazón contra las arterias comprimidas hace que aumenten mucho tanto la PA sistólica como la diastólica a partir de determinadas intensidades de trabajo. La FC aumenta pero de forma muy variable y dependiendo de cómo

hagamos el ejercicio (velocidad de ejecución del gesto, ritmo, masa muscular implicada, etc). Tampoco el retorno venoso aumenta de la misma manera que en los ejercicios predominantemente dinámicos.

En general, el esfuerzo físico tiene un efecto antitrombótico pero a partir de determinadas intensidades, la trombogenicidad de la sangre aumenta anticipándose a posibles consecuencias traumáticas durante los esfuerzos más intensos. Esto tiene su importancia en los pacientes cardiopatas porque el aumento de la trombogenicidad, junto a la deshidratación, pueden favorecer la formación de trombos en individuos predispuestos. Además, la deshidratación y los cambios bruscos en las concentraciones de electrolitos y el aumento de la temperatura y las hormonas del estrés que se producen con la actividad física también pueden contribuir al desarrollo de arritmias ventriculares.

La medicación de uso habitual en los pacientes cardiopatas interfiere en estas respuestas:

Los betabloqueantes actúan reduciendo la frecuencia cardiaca y la fuerza de contracción del corazón entre otros efectos y, al limitar éstas respuestas, pueden ser mal tolerados por el paciente cuando se ejercita. Los vasodilatadores modifican las respuestas vasculares ayudando a controlar la tensión arterial pero, de la misma manera, pueden empeorar la eficiencia de las respuestas vasculares. Otros antihipertensivos modifican la concentración de electrolitos y se pueden sumar a la deshidratación y favorecer las complicaciones de ésta. Los anticoagulantes y antiagregantes juegan un papel protector cuando el ejercicio aumenta la trombogenicidad de la sangre pero aumentan el riesgo de complicaciones hemorrágicas con los traumatismos. Por último, las estatinas interfieren con el metabolismo intracelular en esfuerzo y pueden dar molestias musculares. De igual manera, aunque nombremos estos posibles efectos secundarios evidentemente debe tener en cuenta que si su médico le ha recomendado dichos tratamientos es porque los beneficios superan dichas consecuencias. En general la práctica de ejercicio es muy segura, pero por todo lo dicho hasta ahora, los pacientes cardiopatas se tienen que asesorar antes de comenzar un programa de ejercicio.

2.4 Vía anaeróbica

ALÁCTICA

Al inicio de la contracción, la fibra muscular utiliza su propio ATP, el que tiene almacenado en su interior, que se transforma en ADP y fosfato. Ahora bien, esta cantidad es muy pequeña: aproximadamente 5 microgramos por kilo de músculo, por lo que en muy pocos segundos queda agotada y el músculo tiene la necesidad de resintetizarlo rápidamente.

Para esto dispone de un sustrato que es la fosfocreatina, de la que se obtiene energía de forma inmediata. La fosfocreatina se hidroliza (rompe) obteniendo así un grupo fosfato, que se utiliza para transferirlo al ADP que procede a su vez, como ya se ha comentado anteriormente, de la hidrólisis del ATP.



De esta forma se puede obtener una gran cantidad de energía por unidad de tiempo, pero también los depósitos de fosfocreatina son limitados, aproximadamente 17 microgramos por kilo de músculo, por lo tanto, su agotamiento también será cuestión de segundos. La enzima involucrada en esta reacción es la creatinquinasa o creatinfosfoquinasa, cuyas siglas son CPK, muy conocidas por los deportistas. En este proceso no interviene el oxígeno y tampoco se forma ácido láctico, por lo que se denomina vía anaeróbica aláctica.

LÁCTICA

El único sustrato que se puede utilizar en esta vía metabólica son los hidratos de carbono: glucosa y glucógeno. La glucosa se utiliza como tal, mientras que el glucógeno debe convertirse primero en glucosa para poder ser utilizado. El producto final de esta vía es el ácido láctico, que genera a su vez dos moles de ATP, de tal forma que un mol de glucosa se convierte en dos moles de ácido láctico. Para simplificar, podemos decir que cada molécula de glucosa se transforma en dos moléculas de ATP. De esta manera también se produce una cantidad muy elevada de energía (ATP) por unidad de tiempo, pero no tanta como en la vía anaeróbica aláctica, pues su rendimiento energético es muy pobre (solamente se obtienen dos moles de ATP por cada mol de glucosa utilizado).

Esta forma de obtención de energía tiene dos factores limitantes: Por una parte, el ácido láctico produce una acidificación del medio, que el organismo trata de neutralizar y eliminar para mantener el equilibrio ácido-base, de tal forma que si la demanda de energía

es muy elevada por unidad de tiempo, las cargas ácidas producidas se acumularán en el propio músculo y elevarán la acidez del medio (bajará el pH), lo cual altera los mecanismos de contracción muscular y hace que el ejercicio no se pueda mantener durante mucho tiempo a esa intensidad.

Por otra, los depósitos de glucógeno del organismo son también limitados (aproximadamente 300 gramos), por lo tanto, puede llegar a agotarse en esfuerzos de larga duración. Todo ello hace que esta ruta pueda funcionar a pleno rendimiento durante pocos minutos. También el ácido láctico producido en la glucólisis anaeróbica es transportado por la sangre hasta el hígado, donde se transformará en glucosa que posteriormente podrá viajar hasta el músculo y almacenarse en forma de glucógeno. Todo este proceso de transformación del ácido láctico en glucógeno se conoce como ciclo de Cori.

Por ser una vía metabólica que no utiliza el oxígeno y que produce ácido láctico se le llama vía anaeróbica láctica. El ejemplo clásico que se pone para explicar este conjunto de mecanismos son las carreras de velocidad y velocidad mantenida en atletismo. Veamos unos ejemplos explicativos: Durante una carrera de 60 metros lisos, en pista cubierta, el atleta bien entrenado consume todo el ATP almacenado en los músculos de sus piernas y un poco de fosfocreatina. Si la carrera es de 100 metros lisos, consume, además del ATP, una gran cantidad de fosfocreatina. Son las dos carreras que requieren un esfuerzo “explosivo”, esto es, necesitan que los músculos obtengan la máxima energía por unidad de tiempo, ya que el atleta realiza un esfuerzo al 100% de su capacidad.

Si la carrera es de 200 metros, el atleta agota, además de las reservas musculares de ATP, las de fosfocreatina y comienza a utilizar la vía anaeróbica láctica, es decir, la conversión de glucosa en ácido láctico. Ahora bien, la acidificación de las fibras musculares debida a la cantidad de ácido láctico acumulado durante tan poco espacio de tiempo, en un atleta muy bien entrenado no llega a ser un factor limitante de su capacidad de obtención de energía hasta los últimos metros.

En cambio, si la carrera es de 400 metros lisos, las cosas cambian por completo. Veamos una secuencia muy esquematizada de esa prueba desde el punto de vista metabólico: Durante los primeros segundos de la prueba, el atleta agota sus reservas de ATP, con lo que sigue obteniendo energía mediante la conversión de fosfocreatina en

creatina. Pero estas reservas también se agotan en pocos segundos y allí, como la exigencia energética por unidad de tiempo sigue siendo muy elevada, comienza la glucólisis anaeróbica, hasta que llega un momento en que la propia fibra muscular es incapaz de eliminar las cargas ácidas producidas por la acumulación de ácido láctico habida en su interior. Es entonces cuando comienza a descender el pH (a acidificarse el interior de la fibra muscular). Como las enzimas que proveen energía solamente son capaces de actuar en unas condiciones de pH determinadas, comienzan a disminuir su rendimiento y por ello, la cantidad de energía que producen es cada vez menor, por lo que el atleta, al no disponer de la energía necesaria, no puede mantener una velocidad tan elevada y llega a la meta en unas condiciones de gran agotamiento

2.5 Vía aeróbica

Esta vía metabólica tiene lugar en presencia de oxígeno y utiliza fundamentalmente como sustratos energéticos el glucógeno (previamente degradado a glucosa), la glucosa y los ácidos grasos, pero puede utilizar también ciertos aminoácidos, cuerpos cetónicos, ácido láctico y glicerol. Por una parte, la glucosa procedente de la degradación del glucógeno o de la sangre circulante se oxidará hasta piruvato a través de las reacciones químicas de la glucólisis. Posteriormente, este piruvato se convertirá en acetil-Coenzima A (acetil-CoA). Por otro lado, los ácidos grasos también procedentes de la sangre circulante o de la propia fibra muscular, mediante un proceso oxidativo llamado beta-oxidación, se transformarán en acil-CoA (ácido graso unido a la Coenzima A). Para que puedan seguir su proceso de transformación en energía deben penetrar al interior de la mitocondria, para ello necesitan unirse a la L-carnitina, que actúa como un autobús transportador. Allí, se transformarán en acetil-CoA.

Algunos aminoácidos, cetoácidos y glicerol, dentro de las propias fibras musculares pueden sufrir un proceso directo de oxidación hasta acetil-CoA si las circunstancias metabólicas del momento lo requieren, o bien transformarse en glucosa, que será almacenada en forma de glucógeno. Este proceso, llamado gluconeogénesis o neoglucogénesis, solamente puede darse en el hígado y en el riñón, pero no en el músculo esquelético, ya que éste carece de las enzimas necesarias para ello.

Dentro de las mitocondrias, el acetil-CoA formado a partir de los diferentes sustratos energéticos antes mencionados, sufre un proceso de oxidación a través del ciclo

de Krebs, conocido también como ciclo del ácido cítrico o ciclo de los ácidos tricarbónicos. En el transcurso de estas reacciones se van liberando hidrogeniones (H^+) y anhídrido carbónico (CO_2).

Los hidrogeniones penetran en otro ciclo metabólico denominado fosforilización oxidativa, cadena de transporte de electrones o cadena de los citocromos, en donde finalmente se unirán al oxígeno para formar agua (H_2O). Durante el paso de los hidrogeniones por esta cadena de reacciones, conocida más extensamente por el nombre de cadena respiratoria, se va fosforilando el ADP para convertirse en ATP.

Así pues, los productos finales de la oxidación de los diferentes sustratos energéticos a través del ciclo de Krebs y la fosforilización oxidativa son dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y adenosin trifosfato (ATP). El CO_2 que no eliminamos mediante la respiración será reutilizado para la síntesis de bicarbonato, necesario para la neutralización de las cargas ácidas producidas por el metabolismo anaeróbico. El H_2O producido ayudará a rehidratar el organismo, a mantener el volumen plasmático y a compensar la pérdida de líquidos a través del sudor para eliminar el exceso de calor producido como consecuencia directa del aumento de la actividad metabólica.

La obtención de ATP a través del ciclo de Krebs y de la fosforilización oxidativa es un proceso lento, pues requiere muchas reacciones químicas intermediarias, cada una de las cuales está catalizada por una enzima diferente. En consecuencia, se produce poca energía por unidad de tiempo; sin embargo, la cantidad total de energía obtenida a partir de la oxidación de un mol de cualquier sustrato energético es muy alta en comparación con el resto de vías metabólicas. Como consecuencia de la hidrólisis de un mol de fosfocreatina se resintetiza 1 ATP.

La oxidación de un mol de glucosa por vía anaeróbica produce 2 moles de ATP. La oxidación de un mol de glucosa por vía aeróbica producirá 36 moles de ATP netos (cada molécula de glucosa se convertirá en 36 moléculas de ATP). Serán 37 moles de ATP si en lugar de oxidarse la glucosa es el glucógeno quien lo hace. Finalmente, la oxidación de un mol de ácido palmítico (ácido graso) proporcionará 129 ATP.

Otras ventajas de la vía aeróbica son:

- Que no existe limitación en cuanto a la disponibilidad de sustratos energéticos, ya que los depósitos de grasa son prácticamente ilimitados.

- Que no produce catabolitos que tiendan a alterar el equilibrio interno como ocurre en la glucólisis anaeróbica, donde el ácido láctico producido tiende a disminuir el pH intracelular y plasmático, y a instaurar una acidosis metabólica. Por tanto, es una vía energética que se puede utilizar durante horas.

Por ser una vía que utiliza el oxígeno se la llama vía aeróbica. La vía aeróbica es la que utiliza el organismo cuando el esfuerzo no es de gran intensidad, aunque sí de mayor duración, como las carreras de larga distancia en atletismo o las sesiones de entrenamiento en las distintas modalidades del fitness. De una forma muy simple, ya que este manual trata fundamentalmente de aspectos relacionados con la nutrición, se puede decir que en el músculo existen fundamentalmente dos tipos de fibras:

- Fibras tipo I, también conocidas como fibras lentas, fibras rojas o ST, que tienen una gran capacidad aeróbica por disponer de un elevado número de mitocondrias.

- Fibras tipo II, con una velocidad de contracción más rápida que las anteriores y por lo tanto, con un metabolismo más dependiente de los glúcidos (recordemos que son capaces de aportar más cantidad de energía por unidad de tiempo).

2.6 Consumo de oxígeno

El consumo de oxígeno se representa por $V.O_2$ y expresa la cantidad de oxígeno que el organismo utiliza para obtener la energía necesaria cuando realiza un trabajo físico determinado. Su determinación y cuantificación permite medir indirectamente la energía producida por vía aeróbica. Por ello podemos decir que es, de alguna manera, el parámetro más representativo de la resistencia aeróbica. Recordemos que:



El $V.O_2$ puede expresarse en términos de cantidad (litros o mililitros) o de flujo (litros/minuto o mililitros/minuto), aunque es preferible esta segunda expresión, ya que indica con mayor claridad el concepto que se quiere expresar. También puede expresarse en términos relativos al peso corporal del individuo (mililitros/kg/minuto). Por último, también puede expresarse como múltiplo de la tasa metabólica basal ($MET = 3,5$ ml/kg/min). Dependiendo de la modalidad deportiva de que se trate, se preferirá una u

otra forma de expresarlo. La tasa metabólica basal es el oxígeno que consume una persona en situación de reposo absoluto. Se ha calculado que corresponde aproximadamente a 3,5 mililitros de oxígeno por kilogramo de peso total y por minuto y éste es el valor que equivale a 1 MET o unidad metabólica.

FACTORES DE LOS QUE DEPENDE

Existen una serie de factores que condicionan la capacidad de los músculos para utilizar el oxígeno. Estos son:

- Características del esfuerzo. La magnitud del $V.O_2$ está en relación directa con: intensidad, duración, velocidad de ejecución y cantidad de masa muscular implicada en el esfuerzo.
- Condicionantes mecánicos. El trabajo realizado en buenas condiciones ergonómicas implica un menor gasto energético y, en consecuencia, un menor $V.O_2$; de ahí la importancia del conocimiento y adecuada ejecución biomecánica del gesto deportivo.
- Nivel del entrenamiento. El entrenamiento implica un mayor grado de coordinación de los grupos musculares y la mejora de la técnica de ejecución del gesto deportivo, factores que rebajan el coste energético y, consecuentemente, el $V.O_2$.
- Factores climáticos y ambientales. El ejercicio efectuado en condiciones desfavorables de temperatura, humedad, viento o con alto nivel de contaminación atmosférica requiere un $V.O_2$ superior

CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

Conforme va aumentando la intensidad del esfuerzo realizado, aumenta también a la vez el $V.O_2$. Sin embargo, llegará un momento en que aunque incrementamos la intensidad del trabajo el $V.O_2$ ya no aumentará más, y se establecerá una meseta en el mismo. A este valor de $V.O_2$ se le denomina consumo máximo de oxígeno ($V.O_2$ máx) y expresa el potencial aeróbico del individuo. El $V.O_2$ máximo debe diferenciarse del pico de $V.O_2$, que expresa el máximo consumo de O_2 alcanzado durante un esfuerzo pero sin que se haya instaurado la meseta.

Los valores de $V.O_2$ máx dependen de una serie de factores:

- **Constitución genética.** Es un factor decisivo, hasta tal punto que se estima que la influencia del entrenamiento no puede aumentar más allá del 20-40% los valores de V.O₂ máx predeterminados.

- **Masa muscular en movimiento.** El V.O₂ máx alcanzable está en relación directa con la cantidad de masa muscular en movimiento. Por tanto, el V.O₂ máx real de un deportista sólo podría conocerse si todos y cada uno de los músculos del organismo estuviera trabajando al máximo de su potencial aeróbico. De aquí se deduce la importancia de los grupos musculares puestos en movimiento y de imitar al máximo los gestos deportivos específicos durante la realización de las pruebas de esfuerzo realizadas justamente para medir este parámetro

- **Edad.** Las cifras máximas de V.O₂ máx suelen alcanzarse entre los 20-30 años. A partir de esa edad los valores van disminuyendo progresivamente, si bien la caída es menor en el individuo que continúa su entrenamiento aeróbico.

- **Sexo.** En mujeres adultas, los valores de V.O₂ máx son inferiores a los de los varones de su mismo grupo y condición, en porcentajes que varían entre un 10 y 30%. La diferencia es menor cuando los valores se expresan en términos relativos, y disminuyen aún más si se expresan como ml O₂/kg de masa magra o muscular, siendo casi inexistentes esas diferencias en edades infantiles.

- **Motivación.** La motivación puede suponer diferencias de hasta un 10% en los valores de V.O₂ máx alcanzables. De ahí la importancia de una correcta mentalización para lograr rendimientos mayores. En este factor también incide directamente el entrenador.

- **Entrenamiento.** Aunque los valores de V.O₂ máx mejoran con el entrenamiento, los incrementos registrados no son espectaculares, y se estima que la influencia del entrenamiento sobre los valores predeterminados no es superior al 20-40%.

2.7 Umbral anaeróbico

Si la intensidad del trabajo sigue aumentando, llegará un momento en que la producción de cargas ácidas será tan alta que el organismo será incapaz de neutralizarlas y eliminarlas, con lo cual irán acumulándose e instaurando progresivamente una acidosis metabólica que acabará por inactivar las enzimas que intervienen en el metabolismo

energético muscular, y aparecerá la fatiga y el cese de las contracciones musculares. Denominamos umbral anaeróbico al punto en el que la producción de cargas ácidas es ya tan elevada que el organismo es incapaz de neutralizarlas y eliminarlas.

2.8 Umbral aeróbico

La intensidad con la que se lleve a cabo cualquier tipo de trabajo físico determinará la cantidad de energía necesaria por unidad de tiempo para su realización. Si esa intensidad va en aumento, llegará un momento en que la cantidad de energía producida por unidad de tiempo obtenida por el metabolismo aeróbico será insuficiente para satisfacer las necesidades del momento. Será entonces cuando el músculo tendrá que recurrir a la glucólisis anaeróbica, con la consiguiente producción de ácido láctico. Ello supone la aparición de cargas ácidas que deberán ser neutralizadas. El punto en el cual el metabolismo aeróbico se hace insuficiente para satisfacer las demandas energéticas del músculo y, en consecuencia, es necesario recurrir a las fuentes anaeróbicas adicionales de suministro energético recibe el nombre de umbral aeróbico. Este concepto trae como consecuencia dos hechos:

- El aumento de producción de ácido láctico.
- La necesidad de neutralizar las cargas ácidas del ácido láctico.

Durante el ejercicio físico, el organismo utiliza fundamentalmente el sistema del bicarbonato como medio para neutralizar las cargas ácidas producidas por la formación de ácido láctico. Nada más formarse el ácido láctico, se amortigua con el bicarbonato sódico, y se forman lactato sódico y ácido carbónico, que se disocia (descompone) rápidamente en anhídrido carbónico (CO_2) y agua (H_2O). El agua la utiliza el organismo para rehidratarse, mientras que el CO_2 que no es utilizado para resintetizar bicarbonato es eliminado a través de la ventilación.

Queda claro que la puesta en marcha del metabolismo anaeróbico no implica la paralización del metabolismo aeróbico, ya que éste sigue funcionando, sino que ambas vías metabólicas están simultáneamente en funcionamiento. Así pues, al CO_2 formado como consecuencia del ciclo de Krebs y de la fosforilización oxidativa se une el CO_2 formado como consecuencia del taponamiento del ácido láctico por el bicarbonato, por lo que el «cociente respiratorio» es mayor de uno ($R > 1$).

2.9 Zona de transición aeró-anaeróbica

Entre el umbral aeróbico y anaeróbico existe una zona, llamada zona de transición aeroanaeróbica, en la que el organismo, aunque tiene necesidad de recurrir a la glucólisis anaeróbica para satisfacer las necesidades energéticas del momento, es capaz, sin embargo, de neutralizar las cargas ácidas producidas, e impedir así que se instaure la acidosis metabólica. El conocimiento de esta zona es de importancia fundamental para la prescripción de las intensidades óptimas de entrenamiento de las diferentes modalidades metabólicas de la resistencia.

Para que no haya ningún tipo de error en la determinación de los umbrales, se debe recurrir a la realización de una prueba de esfuerzo con análisis de gases expirados mediante un aparato llamado ergoespirómetro y una monitorización cardíaca continua del deportista mientras realiza la prueba. La determinación basada exclusivamente en la medición de las concentraciones de ácido láctico en sangre no es válida si no está referenciadas con una prueba de esfuerzo hecha anteriormente al deportista en la que también se hayan medido estas concentraciones. Debido a los cambios que se producen en el organismo del deportista que está sometido a un programa científico de entrenamiento basado en pruebas de esfuerzo ergoespirométricas, éstas deben repetirse con un intervalo no superior a las 6-7 semanas para adaptar el entrenamiento a los nuevos umbrales obtenidos.

2.10 Tipos de entrenamiento aeróbicos

- **Caminar.** Es uno de los ejercicios aeróbicos más sencillos y baratos. Elige unas zapatillas de deporte cómodas y una ruta a seguir. Puedes utilizar una app para medir las distancias que realices e ir aumentando cada día la intensidad y el recorrido poco a poco. Puedes comenzar por caminar unos 20 minutos al día e ir haciendo cada día más minutos hasta que llegues a una hora de paseo diario. Caminar fortalece todo el cuerpo sobre todo las piernas.
- **Correr.** Cada vez se ven más corredores en nuestras ciudades. Es muy fácil practicar este deporte y lo puedes hacer solo o acompañado para aumentar la motivación. Ponte retos semanales y ve aumentando la intensidad. Es importante que realices estiramientos antes y después de correr para evitar diferentes tipos de lesiones y tirones. La ventaja de correr sobre caminar es que ayuda a quemar calorías de forma

más rápida. Aquí te dejamos algunos ejercicios que más calorías queman para que puedas alternarlos junto a los que te proponemos.

- **Nadar.** En el caso de mujeres embarazadas, personas con problemas en las articulaciones o lesiones musculares, la natación es el ejercicio aeróbico perfecto. El agua produce resistencia y nos ayuda a mantener el peso de nuestro cuerpo con su densidad.
- **Montar en bici.** Puedes practicar bici tanto en la ciudad como en la naturaleza o en tu casa o gimnasio con una bicicleta estática. Es un tipo de ejercicio físico divertido que te ayudará a fortalecer los glúteos y las piernas.
- **Deportes en equipo.** Otras opciones interesantes son los deportes en equipo como el fútbol, el baloncesto o el balonmano. Con estos deportes fortalecerás tus músculos y harás trabajar a tu corazón.
- **Bailar.** Combinar música y ejercicio físico es una excelente forma de ponernos en forma, divertirnos y mejorar nuestro humor. Elige el tipo de baile que más te apetezca y busca un lugar donde practicar solo o acompañado.
- **Cardio.** En casi todos los gimnasios y centros deportivos se practica esta disciplina que utiliza música y combina ejercicios para aumentar el ritmo cardíaco. Tus músculos y tu corazón se pondrán en forma.

2.11 Tipos de entrenamiento anaeróbicos

Beneficios de los ejercicios anaeróbicos

Entre los principales beneficios de la práctica de este tipo de ejercicios podemos destacar:

1. Potencia el desarrollo y fortalecimiento de tu masa muscular.
2. Aumenta tu tasa metabólica, evitando el exceso de grasa y ayudando al control del peso.
3. Mejora del sistema cardiorrespiratorio al requerir un mayor esfuerzo del corazón y el sistema circulatorio, pudiendo así, consumir más oxígeno durante los ejercicios.
4. Te ayuda a mejorar la capacidad para combatir la fatiga.
5. Reduce el estrés y la ansiedad, siendo un buen desestresante natural.
6. Te ayuda a controlar/disminuir los niveles altos de tensión arterial.

7. Aumenta tu capacidad resistencia.
8. Aumenta la producción de endorfinas, lo que ayuda a sentirte mejor.
9. Previene la osteoporosis.
10. Ayuda a aumentar tu capacidad pulmonar.

El ejercicio anaeróbico es bueno para el trabajo y fortalecimiento del sistema musculoesquelético (tonificación). Muchos de estos ejercicios los puedes practicar en casa sin la necesidad de acudir a un gimnasio.

TIPOS

- Levantamiento de pesas.
- Abdominales.
- Sentadillas.
- Desplantes.
- Carreras cortas a gran velocidad.
- Burpees.
- Flexiones.
- Saltos estándar – 20 segundos
- Descanso – 10 segundos
- Saltos con el pie derecho – 20 segundos
- Descanso – 10 segundos
- Saltos del pie izquierdo – 20 segundos
- Descanso – 10 segundos
- Saltos altos de rodilla – 20 segundos
- Descanso – 10 segundos
- Saltos estándar – 20 segundos
- Descanso – 10 segundos
- Descansar un minuto
- **altos de sentadillas:** completa tantos saltos de sentadillas como puedas durante 60 segundos y descansa durante 30 (repite).
- **Saltos de caja (o Box Jumps)** : si no tienes una caja o banco pliométrico, puedes usar conos u otro sobre los que puedas saltar. Completa 60 segundos y descansa 30.

- **Saltos de desplantes:** realiza un desplante y luego salta para pararte. Completa 60 segundos y descansa por 30.
- **Tuck Jump:** intenta llevar las rodillas hacia el pecho. Para lograr un mejor impulso inicial, debes partir de la posición de la sentadilla. Importante, para evitar un cualquier movimiento brusco, debes procurar llegar al suelo después del salto con la punta de los pies. Completa 60 segundos y descansa 30.

UNIDAD III ANTROPOMETRÍA APLICADA A LA VALORACIÓN NUTRICIONAL DEL DEPORTISTA Y ESTRATEGIAS NUTRICIONALES PARA DEPORTES DE POTENCIA, RESISTENCIA Y COMBINADOS (POTENCIA/RESISTENCIA)

3.1 Antropometría aplicada al deportista.

En el transcurso de los últimos años la antropometría ha ganado un destacado lugar entre los métodos para el análisis de los múltiples factores que influyen en los resultados deportivos. Se han realizado numerosos estudios sobre la relación existente entre el desarrollo físico, la constitución corporal y la capacidad de rendimiento deportivo; estudios estos que han incluido atletas de distintas categorías, edades, sexos y deportes y que abarcan desde la descripción de las características somatométricas de los atletas olímpicos, hasta estudios transversales y longitudinales del desarrollo físico de niños, jóvenes y adultos, sean o no deportistas. Más recientemente se combina el método antropométrico con métodos matemáticos - estadísticos apropiados para establecer la interdependencia de las dimensiones y proporciones corporales, la composición corporal y el somatotipo con los factores del rendimiento (capacidades motrices, técnica) o con la expresión directa del rendimiento: los resultados deportivos.

La importancia de estas informaciones para la práctica deportiva, para la mayor efectividad profesional de los profesores de Educación Física, entrenadores y médicos deportivos, ha propiciado un proceso a través del cual la Antropometría con sus procedimientos y técnicas de trabajo, los fundamentos teóricos y los resultados de su aplicación, se proyecta actualmente como una rama científica de la Biomedicina, dentro de las ciencias aplicadas al Deporte y la Cultura Física. El

estudio del desarrollo físico en el ámbito deportivo está muy vinculado a la cuestión de la aptitud y selección de atletas para determinados deportes. Una gran parte de las investigaciones antropométricas se dirigen a atletas infantiles y juveniles y es que el constante aumento de las exigencias en el deporte de alto rendimiento y el cada vez más anticipado alcance de los máximos resultados deportivos en muchas disciplinas obligan a un temprano reconocimiento de talentos y a establecer normas de selección.

En la práctica de la cultura física la aplicación de la antropometría permite analizar el desarrollo somático individual y de grupos escolares o de practicantes de las actividades físicas en comparación con la población en general y valorar la influencia de planes y programas de educación física y de la cultura física para distintos grupos poblacionales.

Los campos de investigación de la antropometría Deportiva pueden resumirse en:

- Caracterización somática de los atletas por deportes, tratando de establecer la influencia mutua entre constitución corporal y rendimiento deportivo.
- Evaluación de la aptitud de niños y jóvenes para deportes específicos, a partir del estado del desarrollo físico y su pronóstico como uno de los elementos de la selección en distintos niveles del deporte de alto rendimiento.
- Fundamentación de ajustes en reglamentos deportivos, diseño de instrumentos deportivos y proyectos de construcción de instalaciones.
- Estudia la influencia de los planes y programas de educación Física y Cultura Física sobre el desarrollo somático de los escolares y la población participante. Mediante la antropometría se registran las medidas directas (dimensiones) del cuerpo en su totalidad o de los segmentos corporales, así como de las relaciones de los segmentos respecto a medidas totales (proporciones).

Las mediciones toman como referencia determinados puntos del cuerpo que han sido seleccionados de manera que:

Permiten la mayor información sobre la forma de la región o segmento de que se trate.

Sean fáciles de localizar, por tener una situación constante y una forma delimitada.

En su mayoría, estos puntos de referencia se corresponden con protuberancias, bordes o apófisis óseas que pueden palparse a través de la piel y tejido subcutáneo. Los mismos deben conocerse en el esqueleto, para poder identificarlos sin error en el sujeto vivo. Las mediciones del grosor de los pliegues de la piel requieren de un buen entrenamiento para evitar la comisión de errores. La mayor fuente de errores que se cometen se deben a la no suficiente presión ejercida entre los dedos que toman el pliegue, a la medición realizada en una zona del pliegue donde no se garantiza que ambos lados sean paralelos y a la no ubicación correcta del sitio. Es fundamental la selección adecuada del sitio donde va a realizarse la medición de acuerdo con la técnica que va a emplearse, que debe corresponder exactamente sobre todo si van a usarse ecuaciones para la determinación de indicadores de la composición corporal con las especificaciones del autor de la técnica referida.

El procedimiento para cualquier tipo de calibrador y asumiendo que el antropometrista es derecho, es el que sigue. La palpación del lugar antes de la medición ayuda a familiarizarse con el contacto en el área. Se usan los dedos índice y pulgar de la mano izquierda para elevar un doble pliegue de piel y grasa subcutánea, alrededor de un centímetro proximal al sitio (punto somatométrico) donde el pliegue debe medirse. Esta separación entre los dedos y el lugar de la medición es necesaria para que la presión de los dedos no afecte el valor de la medición.

El pliegue se eleva colocando el pulgar y el índice sobre la piel, con una separación entre ambos dedos que permita tomar una doble capa de tejido cuyos lados externos sean aproximadamente paralelos, la cantidad de piel y grasa subcutánea que debe elevarse depende del espesor de la grasa subcutánea de cada sitio. El eje vertical del pliegue debe ser perpendicular a la superficie de la piel en el sitio de la medición. El eje longitudinal debe estar alineado como se describe en cada pliegue. El principio básico es que el eje longitudinal debe ser paralelo a las líneas de clivaje natural de la piel. El pliegue se mantiene elevado hasta que se complete la medición. El calibrador se toma co

n la mano derecha, mientras que con la izquierda se está elevando el pliegue. La lectura se realiza entre 2 3 segundos después de haber dejado que el instrumento ejerciera su propia presión entre las ramas. El error debido a las variaciones en el espesor de la piel es bajo, aunque si esta húmeda se puede agarrar piel extra (grasa) y obtener valores mayores. No deben realizarse mediciones después del ejercicio o cuando el sujeto esta acalorado, ya que el paso de fluido corporal hacia la piel puede incrementar el tamaño del pliegue.

Por último señalar que las mediciones de pliegues cutáneos es quizás la más difícil entre todas las técnicas antropométricas, realizar este tipo de dimensión de una forma confiable requiere mucha práctica y aplicación por parte del medidor.

A continuación se relacionan solamente los puntos de mayor utilización en las mediciones antropométricas deportivas ya que la lista de todos los puntos descritos en antropología física sería demasiado extensa.

- Vertex: punto más alto de la línea media sagital del cráneo, con la cabeza orientada en el plano Frankfort, que es el plano horizontal proyectado a través del borde orbital inferior y el borde superior del orificio auditivo (plano órbito- auricular, POA).
- Acromio: punto más lateral y superior de la apófisis o proceso acromial de la escápula.
- Mesobraquial: punto medio entre el acromio y el olécranon.
- Telio: punto medio de la tetilla, utilizable solo en hombres y niños.
- Onfalio: en el centro del ombligo x Cresta ilíaca: borde superior del hueso ilíaco, contorneado en forma de S itálica.

Las siguientes son algunas de las indicaciones generales a considerar para la realización de las mediciones antropométricas. - Marcaje: el medidor localizará los puntos antropométricos de referencia, para señalarlos utilizará un lápiz demográfico o pluma de fieltro, realizando el marcaje inmediatamente después de

localizado el punto. Debe tener en cuenta que dicho punto está situado debajo del dedo que utilizó para localizarlo, por lo que levantará este para efectuar la marca.

Posición del individuo: el individuo a medir se encontrará de pie con los talones unidos, el cuerpo perpendicular al suelo, los brazos descansando a los lados, las manos abiertas, los hombros relajados, sin hundir el pecho y la cabeza en el plano Frankfort. A la unión de estos requisitos le llamaremos posición de atención antropométrica (PAA).

Las modificaciones que pueda sufrir esta posición se indicarán en las especificaciones de cada medida. - Deberá utilizarse el mismo instrumental para toda la muestra y realizar la calibración periódica de los distintos equipos. - Procurar un ambiente y lugar adecuado para llevar a cabo las mediciones, con la necesaria tranquilidad, privacidad, iluminación, orden e higiene y contar con tiempo suficiente para efectuar los registros con la mayor seguridad y exactitud. - Los sujetos a medir se presentarán descalzos y con la menor cantidad de ropa posible: en los hombres pequeñas trusas y en las mujeres trusas de dos piezas o ropa interior. - Las mediciones a todos los sujetos de una muestra deben realizarse en las mismas condiciones de horario y reposo o fatiga.

Evitar las mediciones posteriores a la ingestión de comidas fuertes; procurar la previa evacuación de vejiga e intestinos. En el caso de atletas debe registrarse en su ficha la etapa de entrenamiento en que se encuentra en la etapa de la medición. - Organizar el período de mediciones de manera que toda la muestra sea medida en un periodo de tiempo corto. - Secuencia de las mediciones - peso - talla - talla sentado - diámetro biacromial - diámetro bicrestal - diámetro transversal del tórax - diámetro anteroposterior del tórax - diámetro del húmero - diámetro de la rodilla - circunferencia torácica - circunferencia de brazo contraído - circunferencia de brazo relajado - circunferencia del antebrazo - circunferencia de muñeca - circunferencia de abdomen - circunferencia de cadera -

circunferencia de muslo - circunferencia de pierna - pliegue de bíceps - pliegue de tríceps - pliegue infraescapular - pliegue periumbilical - pliegue suprailíaco - pliegue de muslo - pliegue de pierna.

En la recolección de datos antropométricos que se utilizan en los trabajos aplicados a la medicina, deporte, crecimiento y desarrollo y características físicas de la población, es necesario el empleo de un procedimiento adecuado (estandarizado) para medir al individuo. Las técnicas que se efectúen deben estar estandarizadas, los instrumentos en perfecto estado y los medidores debidamente entrenados, de modo que los datos que se obtengan puedan ser comparables con otras poblaciones o áreas con un alto grado de confiabilidad.

3.2. Pliegues cutáneos

Las mediciones del grosor de los pliegues de la piel requieren de un buen entrenamiento para evitar la comisión de errores. La mayor fuente de errores que se cometen se deben a la no suficiente presión ejercida entre los dedos que toman el pliegue, a la medición realizada en una zona del pliegue donde no se garantiza que ambos lados sean paralelos y a la no ubicación correcta del sitio. Es fundamental la selección adecuada del sitio donde va a realizarse la medición de acuerdo con la técnica que va a emplearse, que debe corresponder exactamente sobre todo si van a usarse ecuaciones para la determinación de indicadores de la composición corporal con las especificaciones del autor de la técnica referida.

El procedimiento para cualquier tipo de calibrador y asumiendo que el antropométrista es derecho, es el que sigue. La palpación del lugar antes de la medición ayuda a familiarizarse con el contacto en el área. Se usan los dedos índice y pulgar de la mano izquierda para elevar un doble pliegue de piel y grasa subcutánea, alrededor de un centímetro proximal al sitio (punto somatométrico) donde el pliegue debe medirse. Esta separación entre los dedos y el lugar de la medición es necesaria para que la presión de los dedos no afecte el valor de la medición.

El pliegue se eleva colocando el pulgar y el índice sobre la piel, con una separación entre ambos dedos que permita tomar una doble capa de tejido cuyos lados externos sean aproximadamente paralelos, la cantidad de piel y grasa

subcutánea que debe elevarse depende del espesor de la grasa subcutánea de cada sitio. El eje vertical del pliegue debe ser perpendicular a la superficie de la piel en el sitio de la medición. El eje longitudinal debe estar alineado como se describe en cada pliegue. El principio básico es que el eje longitudinal debe ser paralelo a las líneas de clivaje natural de la piel. El pliegue se mantiene elevado hasta que se complete la medición. El calibrador se toma con la mano derecha, mientras que con la izquierda se está elevando el pliegue. La lectura se realiza entre 2 3 segundos después de haber dejado que el instrumento ejerciera su propia presión entre las ramas. El error debido a las variaciones en el espesor de la piel es bajo, aunque si esta húmeda se puede agarrar piel extra (grasa) y obtener valores mayores. No deben realizarse mediciones después del ejercicio o cuando el sujeto esta acalorado, ya que el paso de fluido corporal hacia la piel puede incrementar el tamaño del pliegue.

Por último señalar que las mediciones de pliegues cutáneos es quizás la más difícil entre todas las técnicas antropométricas, realizar este tipo de dimensión de una forma confiable requiere mucha práctica y aplicación por parte del medidor.

A continuación se relacionan solamente los puntos de mayor utilización en las mediciones antropométricas deportivas ya que la lista de todos los puntos descritos en antropología física sería demasiado extensa.

- Vertex: punto más alto de la línea media sagital del cráneo, con la cabeza orientada en el plano Frankfort, que es el plano horizontal proyectado a través del borde orbital inferior y el borde superior del orificio auditivo (plano órbito-auricular, POA).
- Acromio: punto más lateral y superior de la apófisis o proceso acromial de la escápula.
- Mesobraquial: punto medio entre el acromio y el olécranon.
- Telio: punto medio de la tetilla, utilizable solo en hombres y niños.
- Onfalio: en el centro del ombligo x Cresta ilíaca: borde superior del hueso ilíaco, contorneado en forma de S itálica.

Las siguientes son algunas de las indicaciones generales a considerar para la realización de las mediciones antropométricas. - Marcaje: el medidor localizará los puntos antropométricos de referencia, para señalarlos utilizará un lápiz demográfico o pluma de fieltro, realizando el marcaje inmediatamente después de localizado el punto. Debe tener en cuenta que dicho punto está situado debajo del dedo que utilizó para localizarlo, por lo que levantará este para efectuar la marca.

Posición del individuo: el individuo a medir se encontrará de pie con los talones unidos, el cuerpo perpendicular al suelo, los brazos descansando a los lados, las manos abiertas, los hombros relajados, sin hundir el pecho y la cabeza en el plano Frankfort. A la unión de estos requisitos le llamaremos posición de atención antropométrica (PAA).

Las modificaciones que pueda sufrir esta posición se indicarán en las especificaciones de cada medida. - Deberá utilizarse el mismo instrumental para toda la muestra y realizar la calibración periódica de los distintos equipos. - Procurar un ambiente y lugar adecuado para llevar a cabo las mediciones, con la necesaria tranquilidad, privacidad, iluminación, orden e higiene y contar con tiempo suficiente para efectuar los registros con la mayor seguridad y exactitud. - Los sujetos a medir se presentarán descalzos y con la menor cantidad de ropa posible: en los hombres pequeñas trusas y en las mujeres trusas de dos piezas o ropa interior. - Las mediciones a todos los sujetos de una muestra deben realizarse en las mismas condiciones de horario y reposo o fatiga.

Evitar las mediciones posteriores a la ingestión de comidas fuertes; procurar la previa evacuación de vejiga e intestinos. En el caso de atletas debe registrarse en su ficha la etapa de entrenamiento en que se encuentra en la etapa de la medición. - Organizar el período de mediciones de manera que toda la muestra sea medida en un periodo de tiempo corto. - Secuencia de las mediciones - peso - talla - talla sentado - diámetro biacromial - diámetro bicrestal - diámetro transversal del tórax - diámetro anteroposterior del tórax - diámetro del húmero - diámetro de la rodilla - circunferencia torácica - circunferencia de brazo contraído - circunferencia de brazo relajado - circunferencia del antebrazo - circunferencia de muñeca - circunferencia de abdomen - circunferencia de cadera -

circunferencia de muslo - circunferencia de pierna - pliegue de bíceps - pliegue de tríceps - pliegue infraescapular - pliegue periumbilical - pliegue suprailíaco - pliegue de muslo - pliegue de pierna.

En la recolección de datos antropométricos que se utilizan en los trabajos aplicados a la medicina, deporte, crecimiento y desarrollo y características físicas de la población, es necesario el empleo de un procedimiento adecuado (estandarizado) para medir al individuo. Las técnicas que se efectúen deben estar estandarizadas, los instrumentos en perfecto estado y los medidores debidamente entrenados, de modo que los datos que se obtengan puedan ser comparables con otras poblaciones o áreas con un alto grado de confiabilidad.

Los pliegues cutáneos a partir de los pliegues cutáneos es posible obtener la densidad corporal utilizando fórmulas desarrolladas por regresión múltiple, que relacionan los pliegues medidos y la densidad corporal determinada por pesada hidrostática. La mayoría de las fórmulas doblemente indirectas, se han validado empleando como patrón o referencia la composición corporal, mediante la densidad corporal (Esparza, 1993).

Una vez conocida la densidad corporal se puede hallar el porcentaje de grasa mediante la fórmula de Siri (1961), siendo estas ecuaciones también específicas a la población, que representan las mismas características en cuanto: a la edad, raza, sexo, grado de actividad física. En todas estas condiciones la magnitud del error en la estimación del porcentaje de grasa corporal puede llegar a ser muy importante. De ahí que se haya propuesto la utilización de la suma de varios pliegues como índice de adiposidad individual (Carter, 1982). En la siguiente tabla se muestran los diferentes sumatorios de pliegues que podemos tener en cuenta a la hora de utilizarlo como parte de la valoración antropométrica del deportista.

Tabla 3. Sumatorios de pliegues utilizados para estimar la adiposidad total de los sujetos (elaboración propia)

3 pliegues	Subescapular + supraespinal + abdominal	Población general
6 pliegues	Tricipital + subescapular + supraespinal + abdominal + muslo + pierna*	Utilizados en el deporte
7 pliegues	Tricipital + subescapular + pectoral + axilar + cesta iliaca + abdominal + muslo	
8 pliegues	Tricipital + subescapular + bicipital + cresta iliaca + supraespinal + abdominal + muslo + pierna	

*La más utilizada en contexto deportivo.

De esta forma más sencilla y a la vez más práctica, un incremento en la suma de los pliegues es indicativo de un aumento de masa grasa y viceversa. Además de esto, podemos predecir si la cantidad de grasa corporal en el tren inferior o tren superior (con los pliegues utilizados en el contexto deportivo). Las diferencias en la suma de los pliegues, presentan unos valores inferiores en los deportistas, especialmente a nivel de los pliegues abdominal, suprailíaco y del muslo, que presentan valores casi un 100% superiores en los sujetos sedentarios respecto a los deportistas (Calbet, 1993 y 1996). Por todo ello, mostramos a continuación, una aproximación del sumatorio de 6 pliegues para diferentes modalidades deportivas.

Tabla 4. Valor del Sumatorio de 6 pliegues cutáneos en diferentes modalidades deportivas (adaptado de Cabañas, 2009)

Valor de pliegues cutáneos*	Modalidades deportivas
< 63,7mm	Remo, ciclismo, trampolín, gimnasia, atletismo de velocidad y fondo
= 63,7mm	Waterpolo, natación, halterofilia, fútbol, voleibol, baloncesto, deportes de equipo.
> 63,7mm	Lanzamientos de peso (atletismo)

* Tricipital + subescapular + supraespinal + abdominal + muslo + pierna.

En su excelente revisión, Lohman (1998) recalca que los pliegues que mejor correlacionan con la densidad corporal son el abdominal, tricipital y el pliegue anterior del muslo. No obstante, según otros estudios, las diferencias entre sujetos entrenados y sedentarios se establecen en el pliegue abdominal, anterior del muslo y suprailíaco (Calbet, 1993 y 1997). En este sentido, podemos predecir que los deportistas perderán más de estos pliegues mediante el entrenamiento o serán los pliegues que se observarán pérdidas en las primeras etapas de cualquier tratamiento mediante la actividad físico-deportiva y dieta. No obstante, si bien es cierto, y sobre todo las deportistas de sexo femenino, que se observan mayores dificultades para la pérdida de tejido adiposo en el tren inferior.

Por otra parte, decir que el pliegue cutáneo abdominal es conveniente medir en todo tipo de colectivos, ya que en estudios epidemiológicos han demostrado que el patrón de distribución de adiposidad tiende a ser de tipo centrípeto o abdominal en los sujetos sedentarios. Este patrón en varios estudios se ha asociado a un riesgo cardiovascular aumentado (Sardinha, 2000). Sin embargo, decir que los grupos integrados por deportistas presentan una distribución más homogénea de la grasa subcutánea. Esto puede ser porque los adipocitos del tronco sean más sensibles a la respuesta lipolítica que acompaña al ejercicio y respuesta lipogénica propia del balance energético positivo (Despres, 1985).

Según un estudio, el descenso de grasa subcutánea no es homogénea, se da una mayor disminución de grasa subcutánea cuando la pérdida es producido por el ejercicio físico (Despres, 1985), en este estudio el perfil de los sedentarios que realizaron ejercicio de tipo aeróbico durante 20 semanas, se asemejaba más al perfil antropométrico de corredores de fondo que integraban el grupo control. En este sentido algunos pliegues cutáneos resultan más adecuados que otros para valorar la evolución de la masa grasa.

Al contrario de lo que ocurre con sujetos sedentarios cuando inician un programa de entrenamiento, la mayoría de los deportistas de alto nivel (ARD), que llevan

varios años en activo, no experimentan cambios muy aparentes en la composición corporal, aún a pesar del importante volumen de ejercicio que realizan durante la temporada, puede ser por adaptaciones hormonales y metabólicas producidas por el entrenamiento durante años, de modo que la eficiencia metabólica aumenta enormemente (esto se observa especialmente en deportes de fondo). Es una forma de entender cómo a la hora de valorar los requerimientos energéticos en deportistas de élite, las fórmulas quedan muy lejos de la realidad práctica. Curiosamente en ciclistas de ruta de alto nivel, se observaron descensos significativos del grosor de los pliegues adiposos tricipital y subescapular, no obstante, no mostraron modificaciones significativas el resto de los pliegues analizados: abdominal, suprailíaco, anterior del muslo y pierna media (Calbet, 1993), esto reitera una vez más, que el ejercicio físico específico no disminuye la grasa localizada en los músculos activos, por lo que “hacer abdominales todo los días, no debería de bajar la grasa abdominal específicamente”, sino que muscular esta zona.

Sería conveniente medir los 4 pliegues que aparentemente más correlacionan con la densidad corporal en los deportista: el pliegue tricipital, abdominal, suprailíaco y anterior del muslo. Parece que estos son los pliegues más sensibles a los efectos del entrenamientos, tanto en los deportistas o sedentarios que empiecen un plan de entrenamiento (Calbet, 1993).

Las mujeres, tal como hemos comentado anteriormente, parece ser que son menos sensibles a las pérdidas en los pliegues del tren inferior. En este caso, puede que no sean los pliegues idóneos para hacer la valoración del estado nutricional, ya que las pérdidas de grasa en estas zonas, son más a la larga, especialmente el mujeres que llevan entrenando muchos años. Estas pueden ser más sensibles los pliegues del tren superior como: tricipital, abdominal y el supraespinal.

Composición corporal e índices de adiposidad el estudio de la CC es un área de evaluación que tiene implicaciones tanto en el rendimiento deportivo como en la salud. Está determinada por factores genéticos y ambientales (hábitos dietéticos, culturales, estéticos, deportivos, etc.).

Existen diferentes métodos para determinar la CC: 1) Métodos directos: basados en disección de cadáveres; 2) Métodos indirectos: se basan en relación de variables (pesada hidrostática) y 3) Métodos doblemente indirectos: mediante ecuaciones derivadas del método indirecto, entre los que destacamos la antropometría y bioimpedancia eléctrica.

Hombres de entre 55-94 años (n= 12)						
	Peso (kg)	Piel (%)	Grasa (%)	Músculo (%)	Óseo (%)	Residual (%)
Media	66,2	5,6	28,1	37,4	14,3	14,6
Desviación	12,5	0,6	6,4	4,9	2,0	2,3
Mujeres de entre 55-94 años (N= 13)						
Media	62,5	5,5	40,6	28,6	12,6	12,7
Desviación	9,4	0,7	7,4	4,1	2,2	2,2
Comentarios	Los datos referentes a CC de grasa, músculo, óseo y residual pueden variar debido a los factores anteriormente mencionados, pero cabe considerar especialmente el % óseo, ya que datos inferiores a los presentados en la tabla, han de ser considerarlos como un error en los cálculos o estimaciones (de cualquier método indirecto o doblemente indirecto). Esto es debido, a que la masa ósea debe ser igual o superior al % presentado, teniendo en cuenta que se trata de personas por encima de los 55 años, es decir, en personas de menor edad, se debe esperar un mayor % de masa ósea.					

Además podemos encontrar diferentes modelos compartimentales (modelo 2, 3 y 4 componentes), conformado por la masa grasa y el peso magro o masa corporal activa (MCA) (Pancorbo, 2008). La MCA esta formado por los músculos, huesos, agua, vísceras y grasa esencial que se encuentra en los tejidos principales del cuerpo.

El modelo de 4 componentes (masa grasa, muscular, ósea y residual) es el recomendado a utilizar en el ámbito de la salud y el deporte (Cabañas, 2009), debiendo conocer la definición de cada uno de estos componentes:

- I. Tejido adiposo: hablamos del tejido adiposo subcutáneo, la que está alrededor de los órganos y vísceras, además de una pequeña cantidad de tejido adiposo intramuscular. Este tejido adiposo está basado en pliegues cutáneos de las

extremidades y tronco, teniendo en cuenta que la adiposidad de los miembros domina en las mujeres y la del tronco en los varones.

2. Tejido muscular: referente al músculo esquelético del cuerpo, el cual incluye tejido conectivo, ligamentos, nervios, vasos vasculares con sangre coagulada y una cantidad sin determinar de tejido adiposo no separable del músculo (grasa intramuscular).
3. Tejido óseo: se trata del hueso, el cual está formado por tejido conectivo, que incluye el cartílago, periostio y músculo que no puede ser completamente removido por disección, nervios, vasos vasculares con sangre coagulada y lípidos contenidos en la cavidad medular.
4. Tejido residual: formado por los órganos, vitales y vísceras, incluyendo tejido conectivo, nervios, vasos vasculares con sangre coagulada, tejido adiposo que no puede ser separado físicamente de los órganos del tracto gastrointestinal.

La importancia de la CC radica en la relación existente entre la masa muscular, ósea y grasa para conseguir el máximo rendimiento en la mayoría de los deportes, es decir, el éxito deportivo. El análisis de estos compartimentos en conjunto es relevante, que realizarlo por separado, ya que siempre se había tenido en cuenta el análisis de la grasa. Por ello al conocer la CC, la medida de masa magra o MCA, se utilizará para establecer el peso del atleta en función de un porcentaje graso seleccionado y establecido previamente. He aquí la aplicación de la antropometría, que va acorde con unos objetivos concretos en la planificación de la alimentación y el entrenamiento.

El porcentaje idóneo en las diferentes etapas de una vida deportiva, de cada una o varias de las fracciones de la CC debe considerarse como la media de un rango que sigue una distribución de GAUS, porque el máximo rendimiento de un deportista puede no coincidir necesariamente con un valor exacto, sino que se encuentra en un estrecho margen, el cual varía según la influencia de factores que pueden influir sobre las variables cineantropométricas, como el género, edad o especialidad deportiva (Martínez-Sanz, 2012).

3.3. Composición corporal

La cineantropometría es el estudio del tamaño, forma, composición, estructura y proporcionalidad del cuerpo humano con el objetivo de comprender la evolución del hombre en relación con el crecimiento, el estado de nutrición, la actividad física y el entrenamiento físico-deportivo (Ross, 1988). La cual se ocupa un hueco dentro de las denominadas “Ciencias de la Actividad Física y el Deporte”. Esta, al igual que cualquier otra ciencia, depende de la estricta adhesión a un protocolo de reglas de medición determinado por los organismos normativos nacionales e internacionales (Cabañas, 2009).

Dentro de la cineantropometría se encuentra la técnica antropométrica, como herramienta para la medición de peso, talla, pliegues cutáneos, diámetros, longitudes y perímetros para la estimación de la composición corporal (CC) mediante un protocolo de actuación, así como la aplicación de diversas ecuaciones de estimación de la CC. Este es un método doblemente indirecto, así como la mayoría de las técnicas de la valoración de la composición corporal utilizados en la práctica (Norton, 1996). Las medidas antropométricas se realizan en base a una de las medidas o parámetros corporales, que son aquellos recomendados por el cuerpo normativo de referencia en cineantropometría, en base al consenso internacional, la Internacional Society for the Avancement of Kinanthropometry (Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría) (ISAK, 2001), siguiendo unas localizaciones concretas basadas en los textos de Ross y Marfell-Jones de 1991, respaldadas por la ISAK y a nivel español, por el Grupo Español de Cineantropometria (GREC).

Una composición corporal inadecuada en el deportista, puede hacer que este no alcance el máximo rendimiento deportivo (García Manso, 2003). El estudio antropométrico en el deporte posibilita la valoración de las características morfológicas (forma corporal, proporcionalidad, CC, somatotipo) a lo largo de toda la temporada deportiva (Periodo Preparatorio General, Periodo Especifico y Periodo Competitivo), con el objetivo del control de factores antropométricos

que limitan el rendimiento deportivo y como parte del seguimiento dietético-nutricional (Martínez-Sanz, 2012). Por tanto, la valoración antropométrica aporta aspectos útiles y prácticos para el profesional en las ciencias de los alimentos y ciencias de la actividad física y el deporte, siendo una herramienta de consulta para la valoración y seguimiento de la CC y del somatotipo en el ámbito deportivo. Así, es de gran utilidad para el establecimiento de pautas dietéticas y entrenamiento deportivo para la finalidad de mejora del rendimiento deportivo.

Para la toma de los parámetros antropométricos hay que tener una serie de consideraciones que den fiabilidad a los datos que vamos a obtener, así como en el material antropométrico a emplear. Estas consideraciones son (Martínez-Sanz et al, 2011):

- La exploración se realizará en una estancia suficientemente amplia y a una temperatura confortable. El sujeto estudiado estará descalzo y con la mínima ropa posible (ropa adecuada), como pantalón corto o bikini.
- Las medidas de peso corporal y estatura sufren variaciones a lo largo del día, por lo que es deseable realizarlas a primera hora de la mañana. Si esto no es posible, conviene indicar la hora del día y las condiciones del momento, como ingesta de alimentos o entrenamiento previo.
- Con el objetivo de permitir comparaciones de medidas en cualquier grupo de población, se realizarán en hemicuerpo derecho. Sin embargo, en casos de limitación física o predominio en el desarrollo de alguna extremidad, se tomarán en hemicuerpo no dismórfico.
- El material será calibrado y comprobada su exactitud antes de iniciar la toma de medidas.
- La exploración se iniciará marcando los puntos anatómicos y las referencias antropométricas necesarias para el estudio. Las medidas se tomarán siguiendo un orden práctico y cómodo. Por ejemplo, las que marcan las planillas antropométricas.

- Las mediciones deben repetirse al menos 2 veces, y tomarse una tercera si fuera necesario. En el primer caso se utiliza la media y en el segundo la mediana. Se recomienda poder obtener ayuda de un anotador.
- Informar al sujeto cerca de las mediciones que se les efectuarán y deberán rellenar un formulario de consentimiento informado, el cual es muy aconsejable. En los anexos, se adjunta un modelo de consentimiento informado para España, tomado de la Dra. MD Cabañas, 2009.

Respecto al material antropométrico básico que debemos utilizar para la evaluación antropométrica, debe requerir las siguientes características (Alvero Cruz, 2010):

- Báscula con precisión de 100 g
- Tallímetro de pared o estadiómetro (precisión 1 mm).
- Lipocalibre: Harpenden y Holtain (precisión 0,2 mm), Lange y Slimguide (precisión 0,5 mm).
- Paquímetros de diámetros óseos pequeños: Holtain, Rosscraft, calibres adaptados (precisión 1 mm).
- Cinta métrica: Holtain, Rosscraft, Sunny, Gaucho (precisión 1 mm). Metálica, estrecha e inextensible (Homologada).
- Lápiz demográfico: para la señalización de los puntos anatómicos y referencias antropométricas.
- Material Auxiliar: cajón antropométrico de aproximadamente 40cm de alto x 50cm de ancho x 30 cm de profundidad, para facilitar la medición de algunas variables.

Para la recolección de los datos, se propone una proforma de recogida de datos, ver **tabla I**, adaptada de las propuestas por el GREC e ISAK para el perfil restringido, que contempla las medidas básicas que deben ser recogidas en todo estudio antropométrico para la obtención de la CC y somatotipo.

Nombre y Apellido		Evaluación N°:			
Fecha de evaluación:		Sexo (Var: 1; Muj: 0):			
Fecha de Nacimiento:		Menstruación:			
Antropometrista/evaluador:		Anotador:			
Medicinas básicas		Toma 1	Toma 2	Toma 3	Promedio/Mediana
1	Peso Corporal (kg)				
2	Talla (cm)				
3	Talla sentado (cm)				
4	Envergadura (cm)				
Pliegues cutáneos (mm)					
5	Subescapular				
6	Tricipital				
7	Bicipital				
8	Supracrestal o cresta iliaca				
9	Supraespinal o suprailíaco				
10	Abdominal				
11	Muslo anterior				
12	Pierna medial				
	Otros:				
Perímetros (cm)					
13	Brazo relajado				
14	Brazo flexionado y contraído				
15	Muslo medial				
16	Pantorrilla				
17	Cintura				
18	Cadera				
	Otros:				
Diámetros (cm)					
19	Humero				
20	Muñeca				
21	Fémur				
	Otros:				

*Medidas del perfil restringido (ISAK nivel 1).

Protocolo para la medición antropométrica, para la medición antropométrica de las diferentes variables que la conforman (puntos anatómicos, pliegues cutáneos, perímetros corporales, diámetros, longitudes, alturas, peso, talla), se debe seguir un perfil y metodología estandarizada, las cuales permiten realizar comparaciones con otras poblaciones de estudio similares (a nivel local, nacional e internacional). Se recomienda aplicar el protocolo de medición antropométrico basado en las

recomendaciones de la ISAK (2001). Este establece dos perfiles de estudio antropométrico, Restringido y Completo, ver tabla 2:

Variables	Restringido (20 variables)	Completo (39 variables)
Medidas básicas	Peso, talla o estatura, talla sentada y envergadura	
Pliegues Cutáneos	Tricipital, subescapular, bicipital, ileocrestal o supracrestal, supraespinal o suprailíaco, abdominal, muslo anterior y pierna medial	
Perímetros corporales	Brazo relajado, brazo flexionado y contraído, cintura, cadera y pierna.	Cabeza, cuello, antebrazo, muñeca, tórax (mesoesternal), muslo 1cm, muslo medial, pierna y tobillo
Diámetros	Humero, fémur y biepicondíleo de muñeca	Biacromial, biileocrestal, transverso del tórax, anteroposterior del tórax
Longitudes/alturas		Acromion-radial, radial-estiloideo, medioestiloideo-dactíleon, altura ileoespinal, altura trocantérica, trocánter-tibial lateral, altura tibial lateral, tibial lateral-maléolo medial tibial, longitud del pie y talla sentado
Notas	<ol style="list-style-type: none"> 1. El perfil completo asume las variables del restringido. 2. En la nueva revisión del manual “Estándares internacionales para la valoración antropométrica” (ISAK, 2001), se incluirán las variables “envergadura” y “diámetro de la muñeca”. 3. Para conocer la descripción y localización de las diferentes variables antropométricas consultar las publicaciones ISAK, 2001 y Cabañas, 2009. 	

La utilidad de llevar a cabo un protocolo de medición estandarizado, radica en la precisión, fiabilidad y reproductibilidad de las mediciones realizadas por el antropometrista. Existe una variabilidad en la medición y calidad de la medida, que conlleva a un error técnico de medida (ETM) del propio antropometrista, el cual debemos disminuir, calibrando el material antropométrico y teniendo una buena técnica de medición. Así, los cuatro puntos que hacen referencia a la calidad de la medida son:

1. **Precisión.** Se refiere a la consistencia de la medida realizada por un mismo observador. Baja variabilidad de la medida corresponde a alta precisión. La precisión se calcula mediante el ETM o error intra-observador que se valorará en las unidades de la variable que se esté testando.

2. **Confiabilidad.** Que es el coeficiente de correlación entre series sucesivas de medidas tomadas en el mismo sujeto. Se calcula con el Cociente de Correlación Intra clase (CCI). Es adimensional, sin unidades, cuanto más se aproxime a 1 mejor será la calidad de la medida.
3. **Exactitud.** Indica el grado de coincidencia de la medida observada, con la "verdadera" o realizada por un experto o evaluador criterio (profesor antropometrista que no comete errores sistemáticos, Nivel 3 o Nivel 4). Se calcula mediante el ETM o error inter-observador.
4. **Validez.** El grado en que una medición realmente mide una característica. Las recomendaciones y publicaciones del ISAK proporcionan unas herramientas básicas para la formación antropométrica (Cursos ISAK).

3.4. Biotipo y Proporcionalidad

Fenotipo es la manifestación y expresión del genotipo. En biología y ciencias de la salud, se denomina fenotipo a la manifestación visible del genotipo en un determinado ambiente. El fenotipo de un organismo individual es la apariencia física y la constitución, o manifestación específica de un determinado rasgo, como el tamaño o el color de ojos; esto varía entre los diferentes individuos, aunque puede ser similar en rasgos familiares. El fenotipo es, por lo tanto, cualquier característica detectable de un organismo (estructural, bioquímica, fisiológica o conductual) determinado por una interacción entre su genotipo y su medio ambiente. El medio ambiente es el conjunto de componentes físico-químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, a corto o largo plazo, sobre los seres vivos y las actividades humanas. El fenotipo es una característica bioquímica, fisiológica, o un rasgo físico específico. El conjunto de la variabilidad fenotípica recibe el nombre de polifenismo o polifasia.

Adicionalmente existen ciertas acciones bioquímicas como la metilación de ciertas bases del DNA para que se modifiquen, lo que permite que algún gen, al ser trasferido, pueda producir una variación o plasticidad fenotípica. Así pues, todo

fenotipo siempre es el resultado de una expresión genotípica y epigenética. El genotipo describe un grupo de miembros que tienen los mismos genes. Y en biología, el fenotipo describe la representación a través de fórmulas sobre la cantidad y calidad de los genes que pueden ser observables en una configuración física del individuo. A estas características observables en conjunto se les tiende a llamar biotipos.

El biotipo (De bio- y el gr. τύπος, tipo) es la forma típica de un organismo (persona, animal o planta) que puede considerarse un modelo de su especie, variedad o raza. El biotipo o tipo somático comprende las características generales de un organismo que comparte un fenotipo o las particularidades de los bioelementos que comparte un genotipo. La definición de biotipo de acuerdo a la Real Academia Española es: «Forma típica de animal o planta que puede considerarse modelo de su especie, variedad o raza». Por tanto, es el conjunto de fenotipos que corresponden al mismo genotipo. Un biotipo es el grupo de individuos que poseen el mismo genotipo. Un biotipo es el conjunto de factores abióticos que influyen sobre un ser vivo.

Desde hace más de 4 mil años, en la medicina tradicional china clasificaban a los seres humanos en 6 biotipos psicósomáticos de acuerdo a la función de su energía y los meridianos de cada organismo.² Corría el año 420 a.C. cuando la fundamentación de la escuela hipocrática proponía una clasificación tipológica que en las personas sanas se encontraban naturalmente en una proporción semejante («pepsos»). Cuando alguno de los humores se desequilibraba («dyscrasia», mala mezcla), el individuo enfermaba y permanecía en discrasia o en crisis hasta que se recuperaba el equilibrio. La terapia hipocrática se enfocaba en restaurar ese equilibrio basado en cuatro humores: Sanguíneo (sangre), colérico (bilis amarilla), melancólico (bilis negra), y flemático (moco). La teoría humorística de Hipócrates fue seguida por adiciones de Galeno, y a lo largo de la historia infinidad de personajes usaron la diversidad en la naturaleza y las características humanas o personalidad donde reflejaron durante siglos la teoría de los cuatro humores:

- Aire caliente/húmedo, sangre, sanguinario, alegre, caluroso, primavera.
- Fuego caliente/seco, bilis amarilla, colérico, pronto para la ira, verano.
- Tierra fría/seco bilis negra. Melancólico, triste, otoño.
- Agua fría/húmedo, moco, flema, flemático, plácido, perezoso, invierno.

Hasta nuestros días, múltiples autores han estudiado e intentado clasificar las características constitucionales, caracteres morfológicos y funcionales para cada individuo, existiendo tantas variables de acuerdo a las escuelas biotipológicas, lo que finalmente hace a cada individuo un ser único. Al devenir de la psicología y la biología, surgieron autores que expresaron clasificaciones biotipológicas; ejemplos como Kretschmer, Jung, Briggs o Sheldon. La somatotipia o análisis de los somatotipos (biotipos) fue desarrollada durante dos décadas por William H. Sheldon^{4,5} y en los años 40 publicó su conceptualización morfológica donde se basa en el desarrollo de los folículos embrionales.

1. Endomorfo: (Endodermo o folículo embrional interno) - Caracterizado por el predominio del desarrollo visceral; gordura; su estructura ósea y muscular está poco desarrollada y es débil. (Corresponde al tipo pícnico de Kretschmer).
2. Mesomorfo: (Mesodermo o folículo embrional medio) - Caracterizado por el predominio de las estructuras corporales: huesos, músculos y tejido conectivo, lo que proporciona un aspecto físico fuerte y resistente; el tronco es largo y musculoso; el volumen del tórax es superior al del abdomen; la piel es gruesa.
3. Ectomorfo: (Ectodermo o folículo embrional externo) - Caracterizado por un organismo demacrado, de músculos pobres y huesos delicados; pecho aplastado; extremidades largas y delgadas. (Corresponde al tipo leptosoma de Kretschmer).

Para el biotipo facial se emplean las características morfo-diferenciales de los individuos en base al análisis de la estructura ósea en sentido vertical y

anteroposterior, clasificándose en mesocefálicos, braquiocefálicos o dolicocefálicos. En dermatología también mencionan biotipos cutáneos usando tres características: graso (seborreico), seco (alípico) y normal (endérmico).

3.5 Adaptación del régimen alimentario a los cambios de las etapas de entrenamiento.

Alimentación precompetitiva La comida anterior a la competición deberá hacerse, como mínimo, dos o tres horas antes (dependiendo si es desayuno, comida o cena), para dar tiempo a que se complete la digestión. Deberá ser hipercalórica, a costa de hidratos de carbono complejos que tengan un bajo índice glucémico. Se deben evitar los azúcares simples en los 45 minutos anteriores a la competición, pues pueden provocar un aumento brusco en los niveles de glucosa sanguínea (hiperglucemia), ello provoca una liberación suplementaria de insulina para disminuir esta elevada concentración de glucosa que conlleva a una situación de hipoglucemia transitoria, la cual no favorece en absoluto la realización de una actividad física. Será pobre en grasas; recordemos que éstas retardan el proceso de vaciado gástrico, y baja en proteínas, porque también retrasan el proceso digestivo y además, los compuestos nitrogenados de su metabolismo favorecen la instauración de cierta acidosis metabólica, totalmente negativa para la práctica deportiva ya que durante los esfuerzos físicos intensos y/o prolongados se produce acidosis, no solamente por la formación de ácido láctico, sino también por el aumento de sustancias nitrogenadas, fundamentalmente de amonio.

ALIMENTACIÓN PERCOMPETITIVA Son los alimentos que se toman mientras dura la competición. Este tipo de dietas serán ricas en agua, sales minerales e hidratos de carbono con índice glucémico elevado, para reponer las pérdidas producidas durante el esfuerzo, y pobres en proteínas y grasas. Deben ser a la vez de fácil y rápida asimilación. Si el esfuerzo es prolongado es aconsejable la toma de alguna bebida de reposición mejor ligeramente hipotónica, que aporte el agua y las sales minerales idóneas. Se debe beber a pequeños sorbos durante y después de la competición, de esta forma reponemos el agua, las sales minerales y los depósitos

de glucógeno, disminuidos o incluso agotados, y acortamos de esta manera el tiempo de recuperación. Es importante, ya sea en competición o entrenamientos, beber con frecuencia y a pequeños sorbos, sin esperar a tener sed, ya que la sed es un síntoma inicial de deshidratación. ¡Se bebe para no tener sed, no para aplacar la sed! En caso de competiciones de larga duración (más de 80-90 minutos), además de los productos anteriormente citados, será necesario aportar alimentos de elevado contenido calórico y de fácil digestibilidad.

ALIMENTACIÓN POSTCOMPETITIVA Una vez finalizado el entrenamiento o competición, la alimentación sigue siendo importantísima, puesto que se debe rehidratar el organismo, reponer los depósitos orgánicos de glucógeno que se encuentran vacíos o muy reducidos, y neutralizar la acidosis metabólica favorecida por el ácido láctico formado como consecuencia del propio esfuerzo. Para ello, lo aconsejable es seguir bebiendo una bebida de reposición ligeramente hipotónica, que además de hidratar aporta energía y las sales minerales perdidas con la sudoración, y tomar una dieta rica en hidratos de carbono de elevado índice glucémico, junto con una pequeña cantidad de proteínas fácilmente digeribles, ya que ayudan a reponer mejor los depósitos de glucógeno, como se verá más detalladamente en el siguiente capítulo. Resulta también muy interesante el consumo abundante de fruta madura. Esta dieta también debe ser baja en proteínas, debe contener muy poca grasa, pues, como sabemos, retrasan el vaciado gástrico y por ello enlentecen la digestión y la absorción de nutrientes. Es interesante para el deportista conocer que, una vez finalizado el ejercicio, la recuperación de los depósitos de glucógeno sigue el siguiente orden:

- Primero se recuperan los depósitos de glucógeno del músculo cardíaco, disminuidos por el aumento de su actividad durante el esfuerzo.
- Después el depósito de glucógeno hepático, imprescindible como se ha comentado en el mantenimiento de la glucemia. Recordemos la importancia de esta función para las células del sistema nervioso y los hematíes.

- Finalmente se recuperan los depósitos de glucógeno musculares.

Como vemos, la prioridad para mantener las funciones vitales está perfectamente definida en nuestro organismo.

3.6 Demanda energética

Los atletas de potencia utilizan múltiples vías de producción de energía a partir de fosfágeno, hidratos de carbono y grasas. Es indispensable comprender los diferentes sistemas de energía y los combustibles necesarios para la producción de trifosfato de adenosina (ATP, adenosine triphosphate) al hacer recomendaciones nutricionales. Las actividades de potencia dependen del acondicionamiento apropiado de las fibras musculares de contracción rápida. Las fibras de contracción rápida (tipo IIb) pueden producir gran cantidad de energía y también tienen mucha capacidad para almacenar hidratos de carbono en forma de glucógeno. Sin embargo, su capacidad para almacenar grasas en forma de triglicéridos es limitada. El potencial diferenciado de almacenamiento de combustible energético ayuda a esclarecer la dependencia de combustible de cada tipo específico de fibra muscular.

En su base genética, las fibras musculares intermedias de contracción rápida (tipo IIa) también producen un alto grado de potencia, pero pueden entrenarse para que se comporten más como las fibras de contracción lenta de tipo I propias de los atletas que pasan largas horas en actividades de resistencia. El tipo de entrenamiento que se realiza es un factor importante para modificar el comportamiento de la fibra muscular. Los atletas de potencia requieren que sus fibras musculares sean capaces de producir altos grados de potencia. Si una proporción significativa del entrenamiento incluye acondicionamiento aeróbico (resistencia), las fibras de tipo IIa pueden perder algo de su potencia porque han sido condicionadas para tener un mayor potencial de resistencia. Curiosamente, hay evidencia de que las fibras intermedias de contracción rápida volverán a su base genética (más potencia y menos potencial aeróbico) con bastante rapidez si cesa el entrenamiento aeróbico.

Tabla 11-2 Tipos de fibra muscular y sus características de utilización de la energía

Fibra muscular	Tipo I (roja): contracción lenta (gran resistencia a la fatiga)	Tipo IIa (roja): contracción rápida intermedia (resistencia moderada a la fatiga)	Tipo IIb (blanca): contracción rápida (baja resistencia a la fatiga)
Capacidad para almacenar y utilizar glucógeno	Baja	Moderada	Alta
Capacidad para almacenar y utilizar grasa	Alta	Moderada	Baja
Capacidad para almacenar y utilizar fosfato de creatina	Moderada	Alta	Alta
Capacidad para emplear oxígeno en reacciones energéticas (capacidad oxidativa)	Alta	Moderada	Baja
Capacidad para producir potencia (velocidad de contracción)	Baja	Alta	Muy alta
Suministro de sangre (capilarmente) a las fibras musculares	Alta	Moderada	Baja

Una actividad de alta velocidad y corta duración (como el “sprint” de los 100 m) requiere de un combustible que ya se encuentre en los músculos y casi listo para usar. La cantidad del combustible listo para utilizarse (fosfágeno) que pueden contener los músculos es limitada, estableciendo límites máximos de duración a actividades de velocidad o potencia. Para un atleta bien nutrido, el sistema de fosfágeno puede proporcionar suficiente combustible para los primeros 5-8 s. Esto no es suficiente para la mayoría de los casos, pues se requeriría que los músculos convirtieran rápidamente el glucógeno almacenado en un combustible metabolizable anaeróbicamente.

Se produce más ATP por unidad de tiempo a partir del sistema de fosfágeno (PCr) que a partir de la glucólisis anaeróbica. Como resultado, la reducción en la disponibilidad de energía para los músculos provoca una contracción más lenta y una menor velocidad. En consecuencia, la rapidez de un velocista disminuye cuando el PCr ya no puede proporcionar el ATP necesario. Se produce una gran fatiga cuando el PCr se agota y el lactato muscular y en sangre están en su máxima concentración. La mayoría de los investigadores consideran que el máximo anaeróbico (cantidad de tiempo que un atleta puede hacer ejercicio con máximo esfuerzo) es cercano a 1.5 min, pero con amplia variabilidad dependiendo de su condición física.

A medida que aumenta el tiempo de ejercicio, la producción de energía disminuye y una mayor proporción de esta se deriva de los procesos metabólicos aeróbicos. El metabolismo aeróbico permite la utilización de la grasa como sustrato energético, lo que reduce la dependencia de glucógeno y PCr, ambos de capacidad limitada para su almacenamiento. Una actividad física más rápida o intensa requiere una mayor utilización

de combustible por unidad de tiempo, pues se necesitan mayores cantidades de oxígeno para “quemar” el combustible de forma oxidativa. Un trabajo muscular suficientemente intenso y rápido como para exceder la capacidad de suministrar el oxígeno necesario lleva a un metabolismo anaeróbico de PCr y glucógeno, que proporcionan el combustible necesario.

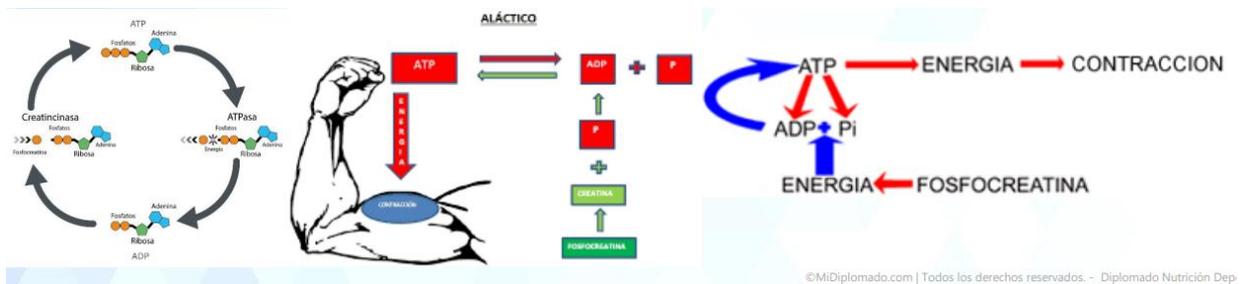
Sin embargo, aunque el almacenamiento de grasa es prácticamente ilimitado, incluso en los atletas delgados, tanto el PCr como el glucógeno tienen un almacenamiento limitado. Los atletas en buenas condiciones tienen un mejor suministro de oxígeno a las células, lo que permite una confianza relativamente mayor en los procesos metabólicos aeróbicos u oxidativos y una menor dependencia de los procesos metabólicos anaeróbicos. Esto les permite ir más rápido durante más tiempo sin la fatiga asociada con la acumulación de lactato y el agotamiento de PCr y glucógeno. Sin embargo, para que las grasas se quemen limpiamente también son necesarios los hidratos de carbono. Quedarse sin hidratos de carbono disponibles disminuye la capacidad para quemar grasa de manera eficaz y, entonces, comienza la fatiga muscular

Se ha estimado que los esquiadores de fondo utilizan cerca de 4 000 cal durante una carrera de 50 km y pueden emplear incluso más energía (hasta 8 000 cal por día) cuando participan en entrenamiento intensivo. Se informa que el consumo de energía en los corredores de ultramaratón promedia las 5 530 kcal/día, con un gasto promedio de energía por hora que excede las 333 kcal/día. Se ha estimado que una maratonista de 25 años de edad, que pese 56.7 kg, corra 16 km a un ritmo de 3.75 min/km por la mañana y 13 km de entrenamiento por intervalos en la tarde, requeriría 3 000 cal para la actividad y 1 331 cal más para cubrir las necesidades del “gasto energético en reposo”, con un requerimiento total de energía diaria de más de 4 300 kcal. El gasto energético en reposo representa la energía necesaria para mantener la masa magra, así como para llevar a cabo las funciones normales del cuerpo cuando este se encuentra en reposo. Una insuficiencia constante en el suministro de la energía necesaria para satisfacer las necesidades del ejercicio y del gasto energético en reposo provoca la pérdida de peso y músculo.

3.7 Sistema de fosfógeno (fosfato de creatina)

La energía se puede obtener anaeróbicamente de los fosfatos en el ATP y del fosfato de creatina (PCr) para realizar ejercicios de alta intensidad, hasta por cerca de 8 s.

Este sistema, conocido como sistema de fosfágeno debido a la disponibilidad inmediata de fosfato de alta energía, depende del PCr para proporcionar rápidamente una molécula de fosfato de alta energía para crear ATP, la fuente primordial de energía para todas las funciones del cuerpo. Hay una serie de deportes que dependen en gran medida (si no es que exclusivamente) del sistema de fosfágeno. Estos deportes incluyen lanzamiento de bala, salto de longitud, salto triple, lanzamiento de disco, salto de potro y carreras cortas. Además, otros deportes con momentos rápidos en combinación con otros grados de actividad (como el fútbol americano, el voleibol y el hockey) también dependen de esta vía energética. En algunos de estos deportes, la habilidad para repetir movimientos de alta intensidad con frecuencia determina al ganador.



Suponiendo que la ingesta total de energía y proteínas sean las adecuadas, los atletas pueden producir la creatina necesaria para lograr múltiples explosiones rápidas de actividad de alta intensidad. Para mejorar el almacenamiento de ATP-PCr en los músculos, los atletas deben practicar actividades centradas en este sistema (actividades que no duren más de 8 s, de alta intensidad y que se repitan varias veces durante una sesión de ejercicios). Este tipo de entrenamiento, por sí solo, no es suficiente para mejorar el rendimiento de corta duración y gran intensidad. Al mismo tiempo, consumir suficiente energía y proteínas, por sí mismo, tampoco es suficiente para mejorar el rendimiento de corta duración y gran intensidad. Sin embargo, cuando se combinan el entrenamiento y la nutrición adecuados, el atleta puede experimentar ganancias muy reales en el rendimiento de corta duración y gran intensidad. Incluso con mayor almacenamiento de creatina, el PCr máximo preformado es suficiente solo para 8 s de trabajo físico duro (si los humanos pudiésemos almacenar valores para más de 8 s, probablemente nos quemaríamos con el calor creado con tanta energía producida en tan poco tiempo).

En teoría, tener un nivel más alto de creatina almacenada en los tejidos permite mejorar la disponibilidad de PCr para formar ATP y, por lo tanto, tener mayor capacidad

para realizar mucho más trabajo de gran intensidad. Es por esta razón que la suplementación con monohidrato de creatina es popular entre los atletas que quieren encontrar una manera de aumentar la potencia y reducir la aparición de la fatiga. Aunque la suplementación puede incrementar las reservas de creatina, el límite superior de PCr preformado permanece en un valor energético de aproximadamente 8 s. Para los atletas que no consumen suficiente energía y proteínas, la suplementación con creatina puede ser útil para llevar al máximo el potencial de PCr. Sin embargo, existe evidencia de que una ingesta adecuada de energía puede ser la clave para garantizar que se almacene y se vuelva a producir suficiente PCr cuando sea necesario.

Tabla 11-3 Sistemas metabólicos de energía		
Sistema	Características	Duración
Sistema PCr	Producción anaeróbica de ATP a partir del PCr almacenado.	Se utiliza para actividades de intensidad máxima que no duran más de 8 s.
Glucólisis anaeróbica (sistema del ácido láctico)	Producción anaeróbica de ATP a partir de la degradación del glucógeno. Un subproducto de este sistema es el ácido láctico.	Se utiliza para las actividades de intensidad extremadamente alta que exceden la capacidad del atleta para llevar oxígeno suficiente al sistema. Con este sistema puede continuar produciéndose ATP por no más de 2 min.
Glucólisis aeróbica	Producción aeróbica de grandes cantidades de ATP a partir de la descomposición del glucógeno.	Se usa para actividades de alta intensidad que requieren una gran cantidad de ATP, pero que están dentro de la capacidad del atleta para llevar oxígeno suficiente al sistema.
Sistema del oxígeno (metabolismo aeróbico)	Producción aeróbica de ATP a partir de la descomposición de hidratos de carbono y grasas.	Se utiliza para actividades de menos intensidad en larga duración que pueden producir una cantidad importante de ATP, pero sin la elaboración de subproductos que limiten el sistema.

3.8 Alimentación pre competencia

El consumo de entre 800 y 1 200 kcal de hidratos de carbono durante las 24 h anteriores al ejercicio permite un mejor rendimiento. Las recomendaciones actuales promueven la ingesta adicional de hidratos de carbono (1-4 g/kg) en el período inmediato anterior al ejercicio para garantizar la disponibilidad sostenida de glucógeno. Idealmente, los alimentos consumidos antes del entrenamiento o la competición deben ser alimentos conocidos y bien tolerados. Los nuevos alimentos, geles o bebidas deportivas, que se ingieren antes de una competición, tienen el potencial de propiciar molestias digestivas que inhiben mucho el rendimiento. De forma ideal, el atleta debe practicar (en el entrenamiento) la estrategia a seguir durante la competición para asegurarse de que su cuerpo esté bien adaptado tanto al tipo de alimento y bebida como a las cantidades que

probablemente consuma. La competición no es el mejor momento para que los atletas experimenten estrategias de nutrición

3.9 Alimentación durante competencia

En algunos eventos, como las carreras de 10 km y los maratones, donde los líquidos están disponibles a intervalos regulares, el atleta debe aprovechar al máximo cada estación para ingerir líquidos. Debido a que el agua se pierde de manera constante, el consumo frecuente y regular de líquidos ayuda a mantener la concentración corporal de agua. Como la mayoría de los atletas consumen menos agua de la que necesitan, se han estudiado técnicas para garantizar la hidratación durante la actividad. Se han sugerido las siguientes recomendaciones:

- Asegurarse de que siempre haya líquidos cerca, ya que la accesibilidad ayuda a garantizar una mejor ingesta.
- Todos los atletas deben tener su propia botella para beber, que debe estar con ellos siempre que hagan ejercicio o estén en una competición.
- Los entrenadores deben diseñar estrategias que permitan a los atletas beber con frecuencia.
- El personal de entrenamiento debe estar al tanto de aquellos atletas con altos índices de sudoración, para garantizar que consuman más líquidos que aquellos con índices más bajos.
- Ayudar a los atletas a aprender a beber con frecuencia considerándolo como parte del régimen de entrenamiento.

El consumo de líquidos con hidratos de carbono es importante durante el ejercicio. Las bebidas deportivas bien diseñadas pueden proporcionar líquidos e hidratos de carbono con prontitud. La bebida deportiva ideal debe tener las siguientes características:

- Las bebidas frías se toleran mejor.
- Una solución de hidratos de carbono al 6-7% provee tanto hidratos de carbono como líquido con rapidez. Una concentración más alta de hidratos de carbono retrasa el suministro a los músculos al retardar el vaciamiento gástrico y puede aumentar el riesgo de malestar intestinal.
- Una pequeña cantidad de sodio ayuda a impulsar el deseo de beber y eso ayuda a asegurar que el atleta se mantenga mejor hidratado. El sodio también puede ayudar a que el agua y los hidratos de carbono se absorban con mayor rapidez y ayuden a mantener el volumen sanguíneo. El mantenimiento del volumen sanguíneo es un importante factor predictivo del rendimiento atlético.

- La bebida debe gustarle al deportista.
- Los hidratos de carbono deben provenir de una combinación de glucosa y sacarosa. Las bebidas que contienen predominantemente fructosa aumentan el riesgo de causar malestar intestinal.
- Las bebidas deportivas no carbonatadas son preferibles a las carbonatadas durante el ejercicio de resistencia.

3.10 Alimentación post competencia

Aunque puede pensarse que se ha hecho todo lo que se debe una vez concluido el ejercicio (excepto darse una ducha), está claro que es importante beber más líquidos y consumir más hidratos de carbono. Hacerlo ayudará a reponer las reservas de glucógeno y a prepararse para el siguiente día de entrenamiento. La mejor reposición de glucógeno ocurre cuando ingiere hidratos de carbono con alto índice glucémico inmediatamente después del ejercicio, y los continúa consumiendo (como bocadillos) hasta la siguiente comida. La proteína dietética tiene su papel. Cada vez existe más evidencia que sugiere que la degradación del músculo esquelético aumenta con el entrenamiento de resistencia, con un solo ejercicio de resistencia o con ambas cosas. Los atletas que consumen alimentos justo después de la actividad de resistencia tienen una síntesis favorable de la proteína del músculo esquelético. El período posterior a la actividad de resistencia es muy importante para los atletas, convirtiéndolo en un momento para planificarse con seriedad. Durante ese período posterior al ejercicio, deben consumirse hidratos de carbono en una cantidad de 1.2 g/kg de peso corporal por hora durante varias horas. Parece ser útil, desde el punto de vista de la recuperación, mezclarlos con alguna proteína de alta calidad.

3.11 Estrategias nutricionales para mejorar la potencia y la velocidad

Dependiendo de la velocidad y del porcentaje de $VO_2\text{max}$ de la actividad, la proporción de energía derivada de estos diferentes sistemas energéticos metabólicos varía. Las actividades rápidas son proporcionalmente más dependientes del metabolismo energético anaeróbico, mientras que las de mayor duración dependen en mayor medida del metabolismo energético aeróbico. Sin embargo, todos los sistemas metabólicos contribuyen para satisfacer las necesidades energéticas del atleta. Los atletas que realizan actividades de potencia y velocidad utilizan principalmente el PCr y los sistemas

metabólicos anaeróbicos glucolíticos. Las reservas de glucógeno y lípidos están en todos los tipos de fibra muscular, pero las fibras musculares de contracción rápida tienen concentraciones del 16-31% mayores que las de contracción lenta. Durante el ejercicio, la concentración de glucógeno disminuye, primero en las fibras de contracción lenta, pero luego se reduce con rapidez en las de contracción rápida.

La gran dependencia de las fibras musculares de contracción rápida, necesarias para el trabajo anaeróbico muy intenso, hace que sea relativamente más difícil para los atletas de potencia metabolizar la grasa como sustrato energético en comparación con los que realizan actividades aeróbicas y son más dependientes del metabolismo oxidativo. Los atletas de potencia continúan quemando cantidades limitadas de grasa, pero la actividad anaeróbica muy intensa favorece de forma dramática a los hidratos de carbono (glucógeno) sobre las grasas como combustible debido al tipo de fibras musculares que se utilizan.

Cuando los atletas de potencia detienen su entrenamiento intensivo de temporada, pero mantienen sus dietas altas en calorías y relativamente altas en grasa, se produce una diferencia en el equilibrio energético que ocasiona aumento inevitable de la grasa corporal. Esto puede deberse, al menos en parte, a una ingesta de grasas que con frecuencia excede las cantidades recomendadas, quizás por un énfasis en dietas altas en proteínas derivadas de la carne que son naturalmente altas en grasa. Además de la exigua composición corporal competitiva que ocasiona esta ingesta excesivamente alta de grasa, hay evidencia de que muchos atletas a menudo experimentan ciclos de peso que con frecuencia pueden predisponerlos a la obesidad al retirarse del deporte, lo que aumenta el riesgo de enfermedad y de mortalidad a una edad más temprana.

3.12 Recomendaciones de hidratos de carbono para atletas de potencia, fuerza o velocidad

El glucógeno es una fuente clave de energía en el metabolismo anaeróbico. Las dietas altas en hidratos de carbono aumentan las reservas de glucógeno y prolongan el tiempo antes de la fatiga comparadas con las dietas altas en proteínas y bajas en hidratos de carbono. Los estudios han encontrado que las dietas bajas en hidratos de carbono, que proporcionan el 3- 15% de las calorías totales, debilitan el rendimiento en actividades de

gran intensidad. El metabolismo de los hidratos de carbono proporciona la mayoría del ATP durante el ejercicio que excede el 75% del VO₂max.

Estas intensidades altas obligan al consumo de dietas con muchos hidratos de carbono para evitar el agotamiento del glucógeno. Incluso una sola sesión de entrenamiento de gran intensidad puede reducir las reservas de glucógeno entre un 24 y 40%, dependiendo de la duración e intensidad del ejercicio. Las pautas actuales de ingesta de hidratos de carbono recomiendan un consumo de cerca de 8-12 g/kg/día para atletas de fuerza o potencia que pasan gran parte del día (> 4-5 h/día) haciendo ejercicios de intensidad moderada a alta. Para atletas que hacen 1-3 h/día de actividad de intensidad moderada a alta, la ingesta recomendada de hidratos de carbono es de 6-10 g/kg/día.

3.13 Recomendaciones de proteínas

Para los atletas de potencia o velocidad, se recomienda una ingesta de proteínas de 1.5-1.7 g/kg/día, o cerca del doble del requerimiento de un no atleta saludable promedio (0.8 g/kg/día). La recomendación del American College of Sports Medicine (ACSM) para todos los atletas es una ingesta de proteínas que por lo regular varía de 1.2 a 2.0 g/kg/día. El ACSM ahora recomienda que la proteína también se consuma en cantidades modestas (cerca de 0.3 g/kg por comida) de proteínas de alta calidad, con espaciado regular durante el día para optimizar la síntesis de proteínas musculares y la recuperación de masa magra. La utilización óptima de las proteínas solo ocurre con suficiente disponibilidad de energía; garantizar una ingesta calórica adecuada y espaciada dinámicamente durante el día, para satisfacer los requerimientos energéticos, es una estrategia dietética importante. Tomar estos factores juntos implica que los atletas deben consumir proteínas de buena calidad en las comidas y refrigerios distribuidos a lo largo del día, con atención especial en el consumo de proteínas justo después del ejercicio para estimular la síntesis de proteínas musculares.

3.14 Recomendaciones de grasa

Los hidratos de carbono deben servir como el combustible principal para los atletas de potencia, pero la grasa también es un combustible importante disponible para actividades de intensidad moderada a alta de hasta el 85% del VO₂max. La ingesta recomendada de grasa se calcula en 2 g/kg/día, pues un consumo mayor puede interferir con la recuperación de glucógeno muscular y con la reparación del tejido muscular

mediante el desplazamiento de los hidratos de carbono y proteínas necesarios. Dicha ingesta debería ser suficiente para el suministro de vitaminas liposolubles y ácidos grasos esenciales, así como para la síntesis de hormonas. Las encuestas a atletas de potencia o fuerza sugieren que el consumo de grasa excede las directrices actuales y la grasa con frecuencia contiene muchos ácidos grasos saturados. Se ha sugerido que la ingesta excesiva de grasa puede provenir de comer mucha carne, ya que estos atletas intentan consumir grandes cantidades de proteína. Es importante tener en cuenta que el consumo excesivo de un sustrato de energía necesariamente provoca el consumo inadecuado de otro sustrato energético en atletas que satisfacen sus requerimientos totales de energía.

3.15 Construcción de masa magra (músculo)

Construir masa muscular ha sido la tradición durante siglos entre los atletas de potencia, incluso para el campeón de lucha olímpica griega del siglo vi, Milo de Crotona, famoso por cargar todos los días un becerro en crecimiento a lo largo del estadio (ejercicio progresivo de resistencia) y después de cargarlo durante 4 años se lo comió (consumo excesivo de proteínas). Los modernos atletas de potencia buscan estrategias para mejorar su masa muscular y aumentar tanto su fuerza como su potencia. Existen muchas técnicas para incrementar la masa muscular, incluido el entrenamiento de fuerza y el consumo de más energía (calorías) y de productos (con frecuencia ilegales) que se supone estimulan la formación de músculo.

Algunas estrategias funcionan, otras no, por lo que los atletas de potencia o fuerza deben ser cuidadosos con las estrategias que siguen. Puede parecer que tomar una sustancia funciona para mejorar la musculatura, pero a menudo se debe a que satisface una debilidad de la dieta que puede resolverse, de manera más fácil y menos costosa, con estrategias dietéticas relativamente simples. Con frecuencia, se cree que el consumo excesivo de proteínas mejora el desarrollo muscular, pero esta estrategia puede ser contraproducente debido al exceso de excreción de nitrógeno y a la deshidratación concomitante.

Se ha informado un consumo excesivo de proteínas en una serie de encuestas, de 1.9-4.3 g/kg en hombres y de 0.8-2.8 g/kg en mujeres. Suponiendo que la ingesta se distribuya bien a lo largo del día, existe alguna evidencia de que consumir hasta 2.2 g/kg/día de proteínas puede ser útil en el fisiculturismo. Está bien establecido que el

entrenamiento de fuerza estimula el desarrollo muscular, y que este grado de desarrollo puede verse afectado por las concentraciones de hormona del crecimiento circulantes, insulina, testosterona y otras hormonas anabólicas. Dado que la nutrición puede afectar la disponibilidad de estas sustancias, parece razonable pensar que los nutrientes específicos pueden desempeñar un papel en el desarrollo muscular. Sin embargo, también es razonable suponer que la ingesta de nutrientes no afectará la producción de dichas sustancias cuando sus concentraciones se encuentren en parámetros normales. En otras palabras, sin insuficiencia específica de nutrientes, es difícil pensar que ingerir mayores cantidades de un nutriente alterará la producción de hormonas relacionadas con la construcción muscular. Una vez más, más que suficiente no es mejor que suficiente.

3.16. Estrategias nutricionales para mejorar la resistencia

Los atletas de resistencia participan en eventos con movimiento continuo durante más de 20 min. Por lo general, los deportes de resistencia requieren un movimiento continuo durante largas distancias o períodos (maratón, esquí de fondo, triatlón, etc.). Muy probablemente, la fatiga prematura se deba a la deshidratación o el agotamiento de las reservas de hidratos de carbono. Otros problemas experimentados por los atletas de resistencia, como las molestias digestivas y la hiponatremia, también pueden ocasionar disminución en su rendimiento.

Las molestias digestivas es más probable que ocurran en carreras de larga distancia, con frecuencia por una adaptación deficiente al consumo de bebidas que contienen electrólitos muy concentrados, sustratos de energía u otras sustancias. Por lo general, la hiponatremia se observa en eventos que duran más de 4 h en atletas que toman líquidos en exceso con concentraciones de electrólitos insuficientes, y si el edema asociado ocurre en el cerebro, podría poner en peligro su vida. El objetivo del atleta de resistencia es establecer una estrategia, practicada en el entrenamiento, para suministrar suficientes líquidos y energía de los tipos y concentraciones correctas para sostener el trabajo muscular durante mucho tiempo.

El metabolismo aeróbico es el sistema energético más importante para los atletas de resistencia, ya que la grasa y el glucógeno son combustibles de gran importancia. En esta ruta energética, el oxígeno se utiliza para ayudar a transferir el fósforo a nuevas moléculas de ATP. A diferencia del metabolismo anaeróbico, esta ruta energética puede

utilizar proteínas, grasas e hidratos de carbono como combustible al convertir estos sustratos energéticos en un compuesto llamado acetil coenzima A (acetil-CoA). La glucosa se convierte en ácido pirúvico (un proceso anaeróbico que libera energía), y este se puede convertir en acetil-CoA con la ayuda del oxígeno o en un producto de almacenamiento de energía denominado ácido láctico.

Por supuesto, si se acumula demasiado ácido láctico, el músculo se fatiga y la actividad se detiene (el problema de hacer trabajo exclusivamente anaeróbico). Sin embargo, el ácido láctico se puede reconvertir con facilidad en ácido pirúvico para ser empleado como combustible de forma aeróbica. El metabolismo aeróbico sucede en las mitocondrias de las células, donde la gran mayoría del ATP se produce a partir del ingreso de acetil-CoA. Las grasas se pueden convertir en acetil-CoA a través de un proceso denominado ruta metabólica β -oxidativa. Esta ruta es muy dependiente del oxígeno, lo que significa que las grasas solo pueden quemarse de forma aeróbica.

La mayor parte de la actividad de resistencia ocurre a una intensidad que permite que las grasas contribuyan, en gran proporción, como combustible para el trabajo muscular. Dado que el suministro de grasa es casi inagotable, incluso en el atleta más delgado, el suministro de grasas antes y durante la actividad física no es una preocupación y tampoco un objetivo. Sin embargo, los hidratos de carbono participan en la combustión completa de las grasas; debido a que nuestra capacidad para almacenarlos es relativamente baja y se agotan con facilidad, el objetivo de los atletas de resistencia es encontrar la forma de suministrar cantidades suficientes para que duren toda la actividad.

En el ejercicio prolongado, aproximadamente la mitad de la energía se deriva en un inicio de los hidratos de carbono y la otra mitad de la grasa. Sin embargo, a medida que la concentración de glucógeno muscular se reduce, la glucosa sanguínea deviene en fuente de energía muscular más importante. Después de 2 h de ejercicio, o antes, dependiendo del acondicionamiento y la intensidad de la actividad física, se requiere la ingesta de hidratos de carbono para mantener el metabolismo y, también, la glucosa sanguínea. Si no se mantienen las concentraciones de glucosa sanguínea, se produce fatiga mental, lo que se traduce en fatiga muscular, incluso cuando queda energía disponible en los músculos.

La capacidad de un atleta para lograr un equilibrio en la captación de oxígeno en las células depende de qué tan buena condición aeróbica tenga. Es probable que un atleta

que suele entrenar aeróbicamente alcance el equilibrio más rápido que uno que no lo hace. Los atletas con una buena condición pueden requerir 5 min antes de que haya suficiente oxígeno disponible para las células y para que el metabolismo aeróbico continúe en equilibrio. Los primeros 5 min de actividad están respaldados por una combinación de metabolismo anaeróbico y aeróbico. La capacidad para lograr con rapidez el equilibrio es importante porque disminuye el lapso requerido para adquirir energía de forma anaeróbica, lo que supone una gran carga para los hidratos de carbono (glucógeno muscular y hepático), para los que tenemos un almacenamiento limitado.

Los atletas que practican deportes aeróbicos pueden, metabólicamente, utilizar mejor el oxígeno que los atletas de potencia. Sin embargo, y debido a que los hidratos de carbono son necesarios para la combustión completa de las grasas, siguen siendo la fuente de energía limitante para el trabajo de resistencia porque, en relación con el almacenamiento de grasas, el de los hidratos de carbono es bajo. Esto se demuestra claramente por los hallazgos de que los atletas que consumen una dieta alta en grasas tienen un tiempo máximo de resistencia de 57 min; con una dieta mixta normal aumenta a 114 min, y con una dieta alta en hidratos de carbono llega hasta los 167 min.

Atletas con diferentes grados de condición consiguen el equilibrio a diferentes grados de intensidad del ejercicio. Un atleta con una buena condición es capaz de mantener el equilibrio a un grado suficientemente alto de intensidad del ejercicio como para ganar una carrera. Este tipo de atleta puede rendir a un ritmo muy alto y, aún así, proporcionar suficiente oxígeno a las células para satisfacer los requerimientos aeróbicos. En los Juegos Olímpicos de Londres, en el verano del 2012, el ganador de la maratón corrió 42 km a un ritmo de aproximadamente 4 min 50 s por cada 1.6 km. Es un ritmo extremadamente rápido, pero el atleta mantuvo de forma predominante el metabolismo aeróbico durante la carrera. No hubiera podido completarla si una mayor proporción de la energía se hubiese derivado anaeróbicamente de los hidratos de carbono. Cualquiera que sea la capacidad oxidativa del atleta, superar ese nivel hace que una mayor proporción del trabajo muscular dependa del metabolismo anaeróbico, con un aumento asociado en la dependencia a los hidratos de carbono. Debido a que hay un almacenamiento limitado de combustible en forma de hidratos de carbono, su “tanque” se vacía más velozmente y la persona se agota más rápido.

3.17 Régimen alimentario según períodos de entrenamiento.

En un intento para maximizar su rendimiento, muchos deportistas alteran la ingesta energética normal para ganar o perder peso. Aunque estos intentos son a veces adecuados, los programas para reducir el peso pueden contener elementos de riesgo. Para algunos atletas jóvenes, el logro de un peso ligero ilusorio puede poner en peligro su crecimiento y desarrollo. Las dietas crónicas de las atletas femeninas pueden provocar trastornos alimentarios, retraso de la menarquia, amenorrea y quizá osteoporosis.

El objetivo de la pérdida de peso de un deportista debe lograrse a costa del exceso de grasa corporal. Hay que dejar tiempo suficiente para permitir un adelgazamiento lento y sostenido de alrededor de 0,5 a 1kg de peso a la semana a lo largo de varias semanas. La pérdida de peso debe hacerse antes de que comience la temporada de competición para garantizar la máxima potencia. Además, el ejercicio debe ser de intensidad moderada porque de esta forma la energía que se consume procede en mayor medida de la grasa que de los hidratos de carbono y el ejercicio puede mantenerse durante más tiempo. Los programas de actividad física escolar planificada hacen posible una reducción de hasta el 50% de la incidencia del sobrepeso (Foster et al., 2008). En el capítulo 22 se abordan los programas idóneos de control del peso. La ganancia de peso debe lograrse a través de un aumento gradual de la ingesta energética combinado con un programa de entrenamiento de la fuerza para potenciar al máximo la ganancia de peso muscular en relación con la grasa. Un objetivo realista es una ganancia de 250 a 500g a la semana. Las calorías procedentes de la grasa no deben superar el 30%, y la ingesta de proteínas debe ser de 1 a 1,5g/kg de peso corporal. El profesional que trabaja con deportistas de élite ha de tener en cuenta la enorme motivación derivada del deseo de lograr un buen rendimiento en el deporte que se practica.

Aunque este manual esté redactado para las personas que practican aquellas especialidades deportivas englobadas con el nombre genérico de fitness, el organismo humano no distingue entre la práctica de uno u otro deporte.

Solamente «entiende» de esfuerzo físico, sea cual sea su modalidad de ejecución. Por ello, el entrenador de cualquier especialidad deportiva, incluido el fitness en todas sus modalidades, debe tener un conocimiento detallado de todos estos conceptos. Es importante saber que cada una de las vías energéticas no son “compartimentos estancos” que se ponen en marcha cuando se acaba la anterior ruta metabólica de obtención de energía, sino que se superponen en el tiempo, aumentando la importancia de cada una de ellas en los momentos que se solicite un tipo de esfuerzo determinado.

Queda claro que la inmensa mayoría de las personas que se matriculan en un gimnasio para practicar fitness, al igual que el resto de la gente que practica deporte en general, no se ha sometido previamente a una prueba de esfuerzo con ergoespirómetro y monitorización cardíaca, por ello, el monitor o entrenador desconoce cuáles son sus umbrales, pero el conocimiento del metabolismo energético muscular que se describe brevemente en este capítulo, con la ayuda de su propia experiencia, y unos datos básicos como son la edad, el sexo, el estado de forma física y el control de la frecuencia cardíaca de sus alumnos, le facilitarán la tarea, no solamente a la hora de imponerle un plan de entrenamiento, sino también para controlar qué tipo de sustrato energético le interesa que utilice su alumno en cada momento, ayudarle de esta forma a introducirle cambios en su alimentación, aconsejarle una suplementación adecuada en cada momento y controlar también su peso corporal.

Entendiendo todos estos conceptos, se comprende perfectamente porqué el ejercicio totalmente aeróbico de baja a moderada intensidad y larga duración es el ideal para que el organismo «queme» la grasa corporal para trasformarla en energía, y disminuir así sus depósitos corporales (y por lo tanto su peso graso) si la alimentación (y la suplementación en su casos) que se aconseja al alumno es la adecuada. Por el contrario, si sometemos a los alumnos a intensidades elevadas de esfuerzo, utilizarán fundamentalmente el glucógeno, que será repuesto mediante los alimentos que ingieran después del ejercicio.

Por ello se ha introducido este capítulo sobre el metabolismo de la fibra muscular dentro de este manual de nutrición, porque, aunque son conceptos pertenecientes a la llamada «Fisiología del Esfuerzo Físico», están íntimamente unidos a la nutrición, ya que los alimentos son la fuente de toda la energía que utiliza el organismo y es fundamental conocer no sólo el sustrato energético que estamos utilizando en las diferentes modalidades de ejercicio físico, sino también el porqué, esto es, tener unos conocimientos básicos de las diferentes rutas metabólicas.

UNIDAD IV Evaluación del rendimiento fisicodeportivo.

4.1 Gasto energético

El componente más importante de un entrenamiento y un rendimiento deportivos satisfactorios es una ingesta calórica adecuada que permita sostener el gasto energético y mantener la fuerza, la resistencia, la masa muscular y la salud global. Las necesidades de energía y nutrientes varían con el peso, la talla, la edad, el sexo y el índice metabólico (v. capítulo 2) así como con el tipo, la frecuencia, la intensidad y la duración del entrenamiento y el rendimiento. Las personas que participan en un programa de forma física global (es decir, de 30 a 40 min al día, tres veces a la semana) suelen poder cubrir sus necesidades nutricionales diarias con una dieta normal que les proporcione de 25 a 35kcal/kg/día, es decir, alrededor de 1.800 a 2.400kcal al día. Sin embargo, un atleta de 50kg que entrena de 2 a 3h diarias, cinco o seis veces a la semana o practica un entrenamiento de gran intensidad de 3 a 6h en una o dos sesiones diarias durante 5 o 6 días a la semana, puede gastar hasta 600 a 1.200 kcal adicionales al día, por lo que necesita de 50 a 80kcal/kg/día, es decir, unas 2.500 a 4.000kcal al día. En los deportistas de élite o que hacen un entrenamiento más pesado, las necesidades calóricas diarias pueden ser de 150 a 200kcal/kg, es decir, unas 7.500 a 10.000kcal al día dependiendo del volumen y la intensidad de las distintas fases del entrenamiento.

Cubrir las necesidades calóricas de muchas personas que, por distintos motivos, se entrenan de forma intensiva puede ser problemático. Para las personas que trabajan, compaginar sus programas de entrenamiento diario con el trabajo y las responsabilidades familiares puede poner en peligro la cantidad, la calidad y el horario de las comidas, lo que es posible que ejerza un gran impacto sobre sus niveles de energía y fuerza y sobre su salud general. En los deportistas de élite, el consumo de alimentos suficientes a intervalos regulares sin comprometer el rendimiento plantea un desafío, sobre todo en el caso de los atletas universitarios. Los horarios de clase, los presupuestos, los horarios de cafetería, las obligaciones de los viajes y un apetito variable complican aún más la situación.

La cobertura de las necesidades diarias de energía y la distribución adecuada de los macronutrientes pueden obligar a que las personas activas tengan que consumir barras o bebidas energéticas o alimentos y tentempiés especiales además de los alimentos y comidas completas habituales. Los expertos en dietética han de ser flexibles acomodando los estilos de vida y las conductas alimentarias cuando diseñan los planes de comidas para maximizar el rendimiento deportivo.

Las personas que inician un programa para lograr una buena forma física general pueden cubrir sus necesidades de macronutrientes consumiendo una dieta normal con el 45-55% de las calorías procedentes de los hidratos de carbono (3 a 5 g/kg/ día), del 10 al 15% de las proteínas (0,8 a 1 g/kg/día) y del 25 al 35% de las grasas (0,5 a 1,5g/kg/día). Los atletas sometidos a un entrenamiento de volumen moderado o elevado necesitan mayores cantidades de hidratos de carbono y proteínas para cubrir sus necesidades de macronutrientes. Del 60 al 70% de las calorías totales deben proceder de los hidratos de carbono (5 a 8 g/kg/día o 250 a 1.200 g/día para atletas de 50 a 150 kg). Las calorías restantes deben obtenerse de las proteínas y grasas. Estos porcentajes son solamente orientativos para la estimación de las necesidades de macronutrientes.

Las recomendaciones específicas sobre macronutrientes deben hacerse cuando se asesora a una persona o a un deportista concreto. Si la ingesta energética es elevada (más de 4.500kcal/día), incluso una dieta en la que solo el 50% de las calorías proceda de los hidratos de carbono contendrá 500 g de ellos,

cantidad suficiente para mantener los depósitos musculares de glucógeno. De la misma forma, si la ingesta proteica en esta dieta de alto contenido calórico fuera baja, de solo el 10% de las calorías, la ingesta absoluta de proteína seguiría superando la recomendación para un atleta de 70kg. Es decir, las recomendaciones específicas deben efectuarse sobre la base del tamaño y la composición del cuerpo de la persona, el deporte que practica y su sexo. Las calorías y los nutrientes de cada día deben proceder de una amplia variedad de alimentos.

A primera fuente de glucosa para el músculo que efectúa un ejercicio es su propio depósito de glucógeno. Cuando este falta, son la glucogenólisis y, a continuación, la gluconeogenia (ambas hepáticas) las que mantienen el suministro de glucosa. Durante los ejercicios de resistencia que superan los 90 min de duración, por ejemplo, una carrera de maratón, los depósitos musculares de glucógeno van disminuyendo hasta que llegan a un nivel crítico en el que es imposible seguir manteniendo el ejercicio. En la práctica, el atleta queda exhausto y debe interrumpir el ejercicio o reducir drásticamente su ritmo. A menudo, los atletas aluden a esta situación como «darse con el muro».

La depleción de glucógeno puede ser también un proceso gradual que se produce a lo largo de varios días de entrenamiento fuerte, en los que la degradación del glucógeno muscular supera a su reposición, o también durante un ejercicio de intensidad elevada que se repite varias veces durante una competición o un entrenamiento.

Por ejemplo, un corredor de fondo que hace una media de 15 km al día, pero no dedica tiempo a consumir los hidratos de carbono suficientes en su dieta, o el nadador que completa varias series a su nivel máximo de consumo de oxígeno pueden agotar sus depósitos de glucógeno con rapidez. Una dieta rica en hidratos de carbono o una sobrecarga de glucógeno (supercompensación de glucógeno) pueden ayudar a que los deportistas aumenten al máximo sus depósitos de glucógeno, de manera que puedan mantener el rendimiento de resistencia.

La cantidad de hidratos de carbono necesarios depende del gasto energético diario total del atleta, del tipo de deporte, del sexo y de las condiciones ambientales. Es preferible hacer las recomendaciones para la ingesta diaria de

hidratos de carbono en gramos por kilogramo de peso corporal para cubrir estos objetivos en el marco de las necesidades energéticas y de otras metas dietéticas. La ingesta de hidratos de carbono de 5 a 7 g/kg/día puede satisfacer las necesidades un entrenamiento general, y de 7 a 10 g/kg/día bastará para los atletas que practican deportes de resistencia. Por ejemplo, un atleta de 70 kg debe consumir de 350 a 700 g de hidratos de carbono al día.

Tipos de hidratos de carbono A pesar del extenso estudio del impacto de los distintos azúcares sobre el rendimiento, el uso del substrato y la recuperación, se discute sobre cuál es el tipo óptimo de carbohidrato para los deportistas. El índice glucémico representa el cociente entre el área bajo la curva de la glucemia tras la ingestión de una cantidad determinada de hidratos de carbono y el área bajo la curva de la glucemia tras la ingestión de la misma cantidad de pan blanco o de glucosa (v. capítulo 31 y apéndice 43). Los trabajos en los que se ha investigado si el índice glucémico de los hidratos de carbono en la comida previa al ejercicio influye en el rendimiento no han obtenido resultados concluyentes. Ingestión de hidratos de carbono antes del ejercicio La comida previa a la competición o el entrenamiento tiene dos objetivos: 1) evita que el deportista sienta hambre antes y durante el ejercicio, y 2) mantiene unas concentraciones óptimas de glucosa para los músculos. Una comida previa al ejercicio puede mejorar el rendimiento si se compara con el que se hace en estado de ayuno. Los depósitos de glucógeno hepático de los atletas que entrenan por la mañana antes de comer o beber pueden ser bajos, y es posible que esto altere su rendimiento, sobre todo si el programa de ejercicios consiste en un entrenamiento de resistencia.

Las bebidas deportivas previas al ejercicio (PRX) se utilizan de manera frecuente en las competiciones deportivas que exigen potencia aeróbica. El consumo de una PRX (con 14 g/porción de fructosa, triglicéridos de cadena intermedia y aminoácidos en 225g de agua) 30min antes del ejercicio favorece los índices de rendimiento aeróbico, concretamente el VO_2 máx, el tiempo hasta el agotamiento y el porcentaje de utilización de substratos lipídicos en lugar de proteicos (Byars et al., 2010). La ingestión de hidratos de carbono antes del ejercicio puede mejorar los depósitos de glucógeno hepático. Aunque se permitan preferencias personales y se tengan en cuenta factores psicológicos, la comida

previa al ejercicio debe ser rica en hidratos de carbono, fácil de digerir y pobre en grasa. La grasa ha de limitarse porque retrasa el vaciado gástrico y se tarda más en digerirla. En una comida ingerida de 3,5 a 4 h antes de la competición, las calorías procedentes de la grasa deben limitarse al 25%, y en momentos más cercanos al desarrollo del ejercicio este porcentaje debe ser aún menor.

La práctica de ejercicio físico con el estómago repleto puede ocasionar indigestión, náuseas y vómitos. La comida previa al ejercicio debe hacerse 3 a 4 h antes y debe aportar 200 a 350 g de hidratos de carbono (4 g/kg). Dejar tiempo para la digestión y absorción parciales proporciona una adición final al glucógeno muscular, más azúcar en la sangre y un vaciado relativamente completo del estómago. Para evitar las molestias gastrointestinales, el contenido en hidratos de carbono de la comida debe reducirse a medida que esta se acerca a la hora del ejercicio. Por ejemplo, se aconseja que 4 h antes del evento el atleta consuma 4 g de hidratos de carbono por kilogramo de peso corporal, mientras que 1 h antes de la competición solo debe consumir 1 g de hidratos de carbono por kilogramo de peso. Las fórmulas líquidas comerciales que proporcionan un líquido rico en hidratos de carbono y fácil de digerir son muy populares entre los deportistas, ya que es muy probable que abandonen pronto el estómago. Los alimentos ricos en fibra, grasa y lactosa producen en algunas personas molestias gastrointestinales (p. ej., flatulencia, meteorismo o diarrea) y deben evitarse antes de una competición. Los atletas siempre deben utilizar lo que mejor les vaya, experimentando con alimentos y bebidas durante las sesiones de práctica y planificando de antemano para garantizarse que dispondrán de esos alimentos cuando compitan. Ingestión de hidrato.

Ingestión de hidratos de carbono durante el ejercicio Los hidratos de carbono consumidos durante un ejercicio de resistencia de más de 1 h de duración garantizan la disponibilidad de cantidades suficientes de energía en las últimas fases del ejercicio, mejoran el rendimiento y potencian la sensación de placer durante y después del ejercicio (Backhouse et al., 2005). La ingestión de hidratos de carbono no evita la fatiga, sino que simplemente la retrasa. Durante los minutos finales del ejercicio, cuando el glucógeno muscular es escaso y los atletas dependen sobre todo de la glucosa sanguínea para obtener la energía que necesitan, sienten sus

músculos pesados y deben concentrarse para mantener el ejercicio con una intensidad que, cuando los depósitos musculares de glucógeno están llenos, no les produzca ningún estrés. Se ha demostrado también que la glucosa tomada durante el ejercicio ahorra proteínas e hidratos de carbono endógenos a ciclistas bien alimentados que no tienen depleción de glucógeno (van Hamont et al., 2005).

Es decir, el consumo de un hidrato de carbono exógeno durante el ejercicio de resistencia ayuda a mantener la glucemia y mejora el rendimiento. No parece que la forma del hidrato de carbono sea importante desde el punto de vista fisiológico; algunos atletas prefieren usar una bebida deportiva, y otros, comer un sólido o un gel y beber agua. Si se opta por consumir una bebida deportiva con hidratos de carbono durante el ejercicio, la velocidad de ingestión de estos debe ser de unos 26 a 30 g cada 30min, cantidad equivalente a una taza de solución de hidratos de carbono al aporta 1 g de hidratos de carbono por minuto a los tejidos en el momento en que se instala la fatiga. Es poco probable que una concentración de hidratos de carbono menor del 5% sea suficiente para mejorar el rendimiento, pero las soluciones con una concentración superior al 10% suelen producir cólicos abdominales, náuseas y diarrea. Combinar proteínas e hidratos de carbono en un líquido o un tentempié deportivo también puede mejorar el rendimiento, la síntesis y el equilibrio neto de proteínas y la recuperación.

Parece que la ingestión de una pequeña cantidad de aminoácidos ingeridos en pequeñas raciones, solos o con hidratos de carbono, antes o después del ejercicio, mejoran el equilibrio proteico neto y pueden estimular la síntesis de proteínas y mejorar el equilibrio proteico neto en reposo durante el ejercicio y en la recuperación tras el ejercicio.

Ingestión de hidratos de carbono tras el ejercicio Por término medio, cada hora después del ejercicio solo se repone el 5% del glucógeno muscular que se utilizó. Por tanto, para el restablecimiento completo tras un ejercicio exhaustivo se necesitan al menos 20h, siempre que se consuman unos 600g de hidratos de carbono. Los mayores índices de síntesis de glucógeno muscular se han descrito cuando se consumen grandes cantidades de hidratos de carbono (de 1 a

1,85g/kg/h) inmediatamente después del ejercicio a intervalos de 15 a 60min y durante un período de hasta 5h.

El retraso de la ingesta de hidratos de carbono durante demasiado tiempo después del ejercicio reduce la nueva síntesis de glucógeno en el músculo. También parece que el consumo de hidratos de carbono de alto índice glucémico proporciona mayores cantidades de glucógeno muscular 24h después del ejercicio en comparación con la misma cantidad de hidratos de carbono consumidos en forma de alimentos de bajo índice glucémico (Wilson M et al., 2009). La adición de 5 a 9g de proteínas por cada 100g de hidratos de carbono tomados tras el ejercicio puede aumentar aún más la velocidad de nueva síntesis de glucógeno, ya que de esta forma se proporcionan aminoácidos para la reparación muscular y se fomenta un perfil hormonal más anabólico.

A muchos atletas les resulta difícil consumir alimentos inmediatamente después del ejercicio. En general, la elevación de la temperatura corporal o central reduce el apetito, lo que dificulta el consumo de alimentos ricos en hidratos de carbono. Para muchos deportistas es más fácil y sencillo beber sus hidratos de carbono o consumir alimentos ricos en hidratos de carbono y fáciles de comer como plátano, naranja, melón o manzana.

Proteínas: Se ha discutido mucho sobre las necesidades proteicas de los atletas. La CDR en la actualidad es de 0,8g/kg de peso corporal y el intervalo aceptable de distribución de macronutrientes para las proteínas en individuos de edad igual o mayor de 18 años se encuentra entre el 10-35% de las calorías totales. Los factores que influyen en las necesidades proteicas de los deportistas son la edad, el sexo, la masa, el nivel de estado físico, el programa y la fase del entrenamiento.

En los estudios sobre el equilibrio del nitrógeno se han definido unos intervalos de 1,2 a 1,4g/kg/día para los deportistas de resistencia y de 1,2 a 1,7 g/kg/día para los deportistas de potencia, y se han recomendado los valores más altos de cada intervalo al comienzo de temporada (Rodriguez et al., 2009). Los informes sobre la ingestión de alimentos de los atletas y de los que no lo son indican de forma constante que las proteínas representan del 12 al 20% de la

ingesta energética total, es decir, de 1,2 a 2g de proteínas por kilogramo de peso corporal al día.

La excepción a esta regla son las mujeres pequeñas y activas que consumen una dieta de baja energía al mismo tiempo que siguen un programa de ejercicios o entrenamiento. Aunque estas mujeres pueden consumir cantidades muy cercanas a los CDR de las proteínas con una ingesta de energía reducida, es posible que ello no baste para mantener su masa corporal magra. Los episodios intermitentes de entrenamiento de intervalo de alta intensidad (EIAI) agotan los substratos energéticos y hacen posible la acumulación de metabolitos. Se ha propuesto que la complementación con b-alanina podría dar lugar a sendas mejoras del rendimiento de resistencia y la masa corporal magra (Smith et al., 2009).

Sin embargo, la necesidad de proteínas durante el ejercicio aumenta ligeramente con relación a la de los individuos sedentarios. No es necesario, y debe evitarse, consumir una cantidad de proteínas mayor que la que el cuerpo puede usar. Cuando un atleta consume una dieta rica en proteínas, pone en peligro su estado en relación con los hidratos de carbono, lo que puede afectar a su capacidad para entrenar y competir al máximo nivel. Las dietas ricas en proteínas también pueden provocar una diuresis que favorece la deshidratación. Los alimentos proteicos suelen ser también ricos en grasas, y el consumo excesivo de proteínas dificulta el mantenimiento de una dieta pobre en grasa.

Aunque son muchos los factores que parecen contribuir a la hipertrofia muscular, no se conoce bien cuáles son los factores nutricionales que controlan la síntesis de proteínas durante el ejercicio, lo que hace que los expertos discutan sobre el tipo, la cantidad y el momento en que las comidas estimulan la síntesis proteica y la hipertrofia muscular (Pennings, 2010). Parece que el entrenamiento de resistencia y la dieta intervienen siempre en la síntesis de proteínas musculares tras el ejercicio. Muchos estudios apoyan que los suplementos de aminoácidos en forma libre o de proteínas completas pueden potenciar el entrenamiento.

Un estudio de 2005 efectuado durante 14 semanas con entrenamiento de resistencia demostró que la administración de un suplemento proteico produce un mayor aumento en el tamaño transversal de las fibras musculares de tipo I y II y en

la altura de los extensiones desde la posición en cuclillas (Anderson et al., 2005). En otro estudio, la ingestión de una mezcla de hidratos de carbono y proteínas del suero ingerida 1 h después del ejercicio produjo una mayor respuesta global de síntesis proteica, mientras que la adición de aminoácidos esenciales libres antes y después del ejercicio también determinó un rápido aumento de la síntesis y del equilibrio proteicos (Kerksick y Leutholtz, 2005). Este aumento de la tasa de síntesis proteica tras el ejercicio aparece tanto en hombres jóvenes como en ancianos (Pennings, 2010).

Aunque no se sabe cuál es la cantidad óptima de aminoácidos que hay que ingerir para que la síntesis de proteínas sea máxima, en un estudio se examinó el impacto de una solución de 25 g de proteínas del suero y caseína antes y después de una sesión de entrenamiento de fuerza (SEF). Cuando se consumían 30min antes de la SEF, se producían aumentos significativos de la hormona del crecimiento, la testosterona, los ácidos grasos libres y la insulina sérica, y un aumento significativo del consumo de oxígeno y del cociente de intercambio respiratorio durante 2h después del ejercicio; es decir, se produjo un ambiente más anabólico para el crecimiento muscular (Hulmi et al., 2005).

Para los atletas interesados en la hipertrofia muscular, parece que ni el tipo ni la cantidad de proteínas son importantes siempre que la cantidad diaria total se encuentre dentro del intervalo recomendado para los deportistas que siguen un entrenamiento de resistencia, es decir, de 1,2 a 2g de proteínas por kilogramo de peso y día. Los expertos en nutrición deportiva pueden usar estos datos para diseñar fórmulas para antes y después del entrenamiento con objeto de mejorar las sesiones de entrenamiento de resistencia de sus pupilos.

Lípidos a pesar de que sin glucógeno muscular es imposible lograr un rendimiento máximo, la grasa también proporciona energía para el ejercicio. La grasa es la fuente más concentrada de energía en los alimentos, aportando 9 kcal/g. Los ácidos grasos esenciales son necesarios para las membranas celulares, la piel, las hormonas y el transporte de las vitaminas liposolubles. Los depósitos de glucógeno totales del cuerpo (hepáticos y musculares) equivalen a 2.600 kcal, mientras que cada kilogramo de grasa aporta 3.500kcal. Esto significa que un atleta

de 74kg con un 10% de grasa corporal tiene 7,4kg de grasa, es decir, 57.000kcal. La grasa es el mayor, si no el más importante, combustible para el ejercicio de intensidad leve o moderada.

Aunque es un combustible metabólico valioso para la actividad muscular durante el ejercicio aerobio prolongado y realiza muchas funciones importantes en el organismo, no está indicado el consumo de una cantidad de grasa por encima de la recomendada. Además, es típico que los deportistas que siguen una dieta rica en grasa consuman menos calorías procedentes de los hidratos de carbono. La composición de la dieta debe tener en cuenta también el sustrato que se usa durante las sesiones de ejercicio. Si un atleta está consumiendo una dieta rica en hidratos de carbono, usará más glucógeno como combustible durante el ejercicio.

Si la dieta es rica en grasa, la proporción de esta que se oxida como fuente de combustible será mayor. Los índices de oxidación de la grasa disminuyen tras la ingestión de dietas ricas en lípidos, lo que en parte se debe a las adaptaciones en el músculo y a la disminución de los depósitos de glucógeno. El ayuno superior a 6h optimiza la oxidación de las grasas; sin embargo, la ingestión de hidratos de carbono en las horas previas o al inicio de una sesión de ejercicio aumenta de manera significativa la velocidad de oxidación de la grasa en comparación con el ayuno.

La intensidad y la duración del ejercicio son factores importantes para la oxidación de la grasa, cuya velocidad disminuye cuando aumenta la intensidad del ejercicio. Se ha demostrado que una dieta rica en grasa compromete el rendimiento de alta intensidad incluso cuando el régimen de dieta rica en grasa va seguido de una sobrecarga de hidratos de carbono antes de la realización del ejercicio (Havemann et al., 2005). El modo y la duración del ejercicio también pueden influir en la oxidación de la grasa, de forma que correr aumenta la oxidación en mayor medida que el ciclismo.

Lípidos, inflamación y lesiones deportivas Cuando los jugadores se lesionan, desean recuperarse y regresar al campo lo antes posible. El consumo de ciertos alimentos en el momento oportuno puede aportar la energía necesaria para la rehabilitación, la recuperación de la fuerza y propiciar un restablecimiento

completo, saludable y rápido. El estrés muscular origina inflamación, formación de moratones y degradación hística.

La falta de reducción de la inflamación puede dar lugar a la formación de tejido cicatricial, movilidad limitada y retraso del tiempo hasta la recuperación. Los alimentos repercuten en la fase inflamatoria, en especial los tipos de lípidos dietéticos ingeridos. Las dietas ricas en lípidos trans, lípidos saturados y algunos aceites vegetales ω -6 favorecen la inflamación, mientras que aquellas en las que abundan los lípidos monoinsaturados y los ácidos grasos esenciales ω -3 tienen propiedades antiinflamatorias. Los lípidos monoinsaturados, como los presentes en los aceites de oliva, cacahuete, canola y sésamo, además del aguacate, también inhiben y reducen la inflamación al interferir con las moléculas proinflamatorias, como los leucotrienos, sintetizadas de manera natural por el organismo.

Las dietas ricas en ácidos grasos ω -3 potencian el depósito de colágeno y favorecen la cicatrización. Los datos más recientes de investigación indican que estos ácidos grasos podrían influir en la recuperación de las conmociones cerebrales. Se ha recomendado el consumo de complementos de ácidos grasos ω -3 durante la fase inflamatoria, en particular cuando su ingesta dietética sea insuficiente. Sin embargo, el origen habitual de estos ácidos grasos y los aceites de pescado ha suscitado inquietud, ya que suelen estar contaminados con mercurio y bifenilos policlorados (PCB), unas toxinas peligrosas para el ser humano

Las frutas y las verduras constituyen, igualmente, una fuente buena de ácido α -linolénico, un ácido graso ω -3. No obstante, la tasa de conversión a las formas más activas de ácidos grasos ω -3, DHA y EPA, es muy baja en el organismo. Los alimentos vegetales ricos en AAL son las alubias, habas blancas, el tofu, la calabaza de invierno y de verano, ciertas bayas (como las frambuesas y las fresas), el brócoli, la coliflor, las judías verdes, la lechuga romana y verduras de color verde. Asimismo, el germen de trigo y la ternera y las aves de corral son buenas fuentes de ácidos grasos ω -3, dado que se alimentan con piensos enriquecidos con estos lípidos.

4.2 Rendimiento

La palabra *performer*, adoptada del inglés (1839), que significa cumplir, ejecutar. A su vez, este término viene de *performance*, que en francés antiguo significaba cumplimiento. De manera que, podemos definir el rendimiento deportivo como una acción motriz, cuyas reglas fija la institución deportiva, que permite al sujeto expresar sus potencialidades físicas y mentales.

Por lo tanto, podemos hablar de rendimiento deportivo, cualquiera que sea el nivel de realización, desde el momento en que la acción optimiza la relación entre las capacidades físicas de una persona y el ejercicio deportivo a realizar. El enfoque bioenergético del rendimiento deportivo es uno entre tantos, al igual que el enfoque psicológico, biomecánico, sociológico y cognitivo. No es exclusivo, pero es esencial para aprehender las características energéticas, en particular la cantidad de energía necesaria para la realización de una prueba deportiva y el tipo de transformación puesto en juego en función de la duración, intensidad y forma del ejercicio (continua-discontinua).

Por lo tanto, consideramos un grupo de especialidades deportivas que presentan similitudes respecto a los factores limitantes y las cualidades energéticas requeridas. Mediante el análisis de sus récords, la carrera y la natación ofrecen un medio simple de aprehender el aspecto bioenergético del rendimiento deportivo.

La alimentación es nuestro motor por excelencia y uno de los factores que condicionan, indiscutiblemente, nuestro desarrollo físico, rendimiento y productividad.

Una persona mal alimentada verá reducida su capacidad de trabajo así como su capacidad física, que puede mermarse hasta en un 30%.

No seguir una dieta equilibrada y variada puede dar lugar a la aparición de síntomas, tanto físicos como psíquicos, como cansancio, falta de reflejos o irritabilidad. A veces pensamos que estas situaciones se deben al estrés, los problemas personales o un ritmo de vida demasiado acelerado, sin embargo, deberíamos preguntarnos ¿estamos alimentando nuestro cuerpo de manera adecuada?

Las dietas hipocalóricas son grandes enemigas del rendimiento laboral ya que disminuyen nuestras capacidades y además son perjudiciales para la salud. Asimismo, llevar una dieta desequilibrada en la que faltan alimentos básicos tiene como resultado la aparición de carencias nutritivas a medio o largo plazo.

En la otra cara de la moneda, las dietas hipercalóricas provocan sobrepeso y obesidad, aumentando el riesgo de lesiones musculares o dando lugar a trastornos más importantes como alteraciones de los niveles de azúcar en sangre o hipertensión.

En ocasiones, el ritmo de trabajo o ideas equivocadas sobre cómo bajar de peso pueden hacer que nos saltemos comidas o que solo realicemos dos ingestas diarias. Este es un gravísimo error ya que influye de forma nefasta en nuestro organismo. Es realmente importante tomarse en serio la hora de la comida e ingerir tentempiés saludables para poder tener energía a lo largo de toda la jornada laboral y poder mantener nuestro rendimiento al alza.

Es muy importante tener en cuenta el tipo de trabajo que desarrolla cada persona ya que la dieta de un perfil administrativo, cuyo trabajo es más sedentario, no podrá ser la misma que la de un trabajador de la construcción. Asimismo, aquellas personas que desempeñan trabajos en turnos rotativos deberían adaptar su dieta no solo al tipo de trabajo que desempeñen, sino también al horario.

4.3 Reserva de glucógeno

El restablecimiento de las reservas de glucógeno sucede dentro de las 24 h siguientes al entrenamiento mediante el consumo de grandes cantidades de hidratos de carbono y el cese de cualquier actividad que pueda agotar el glucógeno. Para eventos de ultrarresistencia, los atletas pueden maximizar el almacenamiento de glucógeno mediante el consumo de gran cantidad de hidratos de carbono durante 4-5 días, en los cuales disminuyen el ejercicio de agotamiento de glucógeno. Durante el período inmediato anterior al entrenamiento o competición, los atletas pueden asegurarse de que el glucógeno hepático y muscular se mantenga alto consumiendo hidratos de carbono y bebidas bien toleradas en un rango de 1-4 g/kg.

De forma ideal, estos alimentos deben ser relativamente bajos en fibra y grasas, así como moderados en proteínas para permitir el vaciamiento gástrico (a los atletas les va mejor si inician el ejercicio sin sólidos en el estómago). Los líquidos con hidratos de carbono, ingeridos antes del ejercicio, también pueden ser útiles para los atletas predispuestos a sufrir molestias digestivas antes de la competición. El consumo de una pequeña cantidad de proteínas, junto con hidratos de carbono y líquidos antes del ejercicio, puede ser útil para sintetizar glucógeno y para estimular la síntesis de proteínas musculares.

4.4 Nutrición aplicada al deporte de niños, adolescentes, adultos y tercera edad.

El deporte tiene numerosos beneficios para la salud y una adecuada nutrición ayuda a conseguir un óptimo rendimiento. La mayor parte de la actividad deportiva realizada por la población infantil tiene lugar en el ámbito escolar, no incluye actividades de resistencia y con frecuencia no tiene carácter de alta competición. Las características de la dieta del niño deportista son similares a la de la población pediátrica general, debiendo asegurar una óptima cobertura de los requerimientos. Durante la realización de la actividad, debe asegurarse una correcta hidratación y para ello el agua resulta la bebida más adecuada en la mayor parte de las situaciones, quedando el uso de otros productos reservado en pediatría a situaciones especiales muy concretas. La utilización sistemática de suplementos energéticos, así como la de micronutrientes, no está justificada con carácter general.

El pediatra debe conocer y monitorizar el estado nutricional y los hábitos dietéticos del niño deportista, vigilar estrechamente aquellas situaciones donde se pretenda una disminución del peso corporal y valorar los aspectos psicológicos relacionados con la práctica deportiva competitiva.

En nuestro modelo de sociedad, el deporte supone en muchas ocasiones la garantía de una actividad física reglada en los niños y las niñas, que va a colaborar de forma clara en una mejora de su salud. Estudios recientes han puesto de manifiesto la relación entre la capacidad física y cardiorrespiratoria y los factores de riesgo cardiovascular¹. Sin embargo, el medio en que se mueven los niños de nuestro entorno

favorece el sedentarismo y se hace necesario seducir a la juventud para que entienda el deporte como una inversión en salud a corto, medio y largo plazo.

Tanto el deporte entendido como parte de la educación en la vida de los niños, como el deporte de competición, necesitan un enfoque nutricional adecuado que muchas veces se va a demandar al pediatra. Las ventajas de la actividad física en la edad pediátrica han sido revisadas de forma exhaustiva en un documento reciente de la Asociación Española de Pediatría. En España, uno de cada 3 niños y niñas de 6 a 15 años realiza algún tipo de deporte o de entrenamiento físico varias veces a la semana.

La Declaración de 2009 de las asociaciones Americana y Canadiense de Dietética y del colegio Americano de Medicina del Deporte señala que la actividad física, el rendimiento deportivo y la recuperación mejoran con una alimentación adecuad. Estas organizaciones recomiendan una selección apropiada de alimentos, líquido, suplementos nutricionales, y del momento de su ingesta, para tener un rendimiento físico óptimo y una buena salud.

Desde el punto de vista metabólico, las diferencias entre el atleta niño y el adulto implican que el consejo nutricional en ambos casos deba realizarse de forma diferente. El niño deportista suele utilizar la grasa como fuente de energía en una proporción mayor, sus reservas de glucógeno son menores y su capacidad glucolítica es más limitada que en el caso de los adultos.

Dependiendo de diversos factores, como el estado nutricional, el grado de entrenamiento, el tipo de fibras musculares predominantes, etc., los hidratos de carbono se utilizan preferentemente en los deportes de alta intensidad y corta duración, y los lípidos en los de baja intensidad y larga duración.

La mayor parte de las actividades deportivas de los niños, tales como fútbol, baloncesto, balonmano, natación, atletismo de velocidad, gimnasia y baile, dentro de la competición escolar (no de alta competición), no son de resistencia y utilizan como fuente energética las diversas vías del metabolismo aeróbico, participando en pequeño grado de las vías anaeróbicas. La fuente inicial de energía es la grasa y, a medida que la actividad progresa, el glucógeno muscular. Cuando este se agota y continúa la progresión de intensidad baja a alta, el músculo comienza a utilizar como fuente energética la glucosa que proviene del glucógeno hepático. Una vez agotada la vía aeróbica, comienza el

metabolismo anaerobio y la producción de ácido láctico, y esto puede ocurrir, según el grado de entrenamiento, en los llamados deportes de resistencia, que cada vez tienen más adeptos entre la juventud, como maratones, triatlón y ciclismo, que utilizan mucho más el metabolismo anaerobio.

Los principios nutricionales en el deporte parten de que las necesidades deben cubrirse aumentando en su justo grado las cantidades de una dieta equilibrada y que estas necesidades han de ser individualizadas, dado que van a depender del grado e intensidad de la actividad deportiva, del género, del tamaño y composición corporal y del estado de madurez puberal. En general, la dieta del niño que realiza deporte debe proveer de energía y nutrientes en cantidad suficiente para reponer y mantener las reservas de glucógeno hepático y muscular, garantizar el crecimiento, mantener una adecuada composición corporal y cubrir los requerimientos de macro y micronutrientes esenciales. Dadas las diferentes tasas metabólicas entre el tejido graso y el muscular, el peso no es el mejor orientador sobre las necesidades nutricionales y es mejor disponer de información sobre la composición corporal.

Con respecto a la distribución de macronutrientes, parece aconsejable mantener proporciones no muy alejadas de las de la población pediátrica y adolescente en general: al menos un 50% de calorías procedentes de los hidratos de carbono, un 12-15% procedentes de las proteínas y un 30-35% procedentes de los lípidos.

Hidratos de carbono

Al menos la mitad de las calorías que deben consumir los niños que realizan actividad física *competitiva* deben proceder de los hidratos de carbono y deben ingerirse a lo largo de todo el día. El consumo adecuado de hidratos de carbono es especialmente importante el día de la competición, en el que deben afianzarse los depósitos de glucógeno muscular en las horas previas. Durante el ejercicio, especialmente si la actividad dura más de una hora, también es importante mantener una ingesta que asegure la resistencia. Una vez finalizada, el atleta debe realizar una comida que evite el catabolismo muscular postejercicio.

Proteínas

Las recomendaciones de ingesta de proteínas (RDA) son de 0,95g/kg de 4-13 años y de 0,85g/kg de 14-18 años. En el caso de los adolescentes que realizan práctica deportiva, estos requerimientos se estiman superiores, como ocurre en el caso de los adultos, en probable relación con una mayor tasa de recambio proteico y la posible utilización de algunos aminoácidos como fuente de energía. Aunque la ingesta media de proteínas en nuestro medio es de por sí elevada y puede cubrir incluso las necesidades en este tipo de situaciones, es necesario conocer, mediante encuesta nutricional, la ingesta calórica y proteica de los deportistas para ajustarla en caso necesario.

Vitaminas y minerales

Las recomendaciones de ingesta de hierro son las mismas en la población deportista que en la población general, pero dado que una de las manifestaciones de la deficiencia de hierro es la disminución de la tolerancia al ejercicio, los niños deportistas constituyen un grupo de especial interés. Aunque ciertas actividades deportivas pueden aumentar discretamente las pérdidas de hierro, estas se compensan con una mayor capacidad de absorción intestinal. Si encontramos ferropenia en un adolescente o niño que haga deporte, el origen fundamental será nutricional y habrá que hacer recomendaciones generales para la ingesta de alimentos ricos en hierro y realizar tratamiento farmacológico solo en los casos necesarios. No se recomienda la suplementación medicamentosa por sistema en el niño deportista.

Durante la adolescencia, se encuentran aumentadas las necesidades de calcio y se consigue aproximadamente el 50% del pico de acreción ósea de este mineral. Las necesidades de calcio de los deportistas no son mayores que las de la población general, pero el mayor estrés mecánico aplicado sobre su sistema esquelético puede aumentar su acreción de calcio, siempre que haya un aporte adecuado de calorías, proteínas, calcio y vitamina D. Es necesario asegurar estos aportes para que la adaptación ósea sea óptima y no aumente el riesgo de lesiones por estrés. Hay un grupo de deportistas de especial riesgo, constituido por las

adolescentes cuya ingesta calórica es baja con el objetivo de limitar su peso, por lo que tienen baja producción de estrógenos y como resultado final puede haber una menor formación de hueso.

A pesar del uso generalizado de multivitamínicos por deportistas de competición en relación con la capacidad antioxidante de ciertas vitaminas (A, C y E), por el momento no se dispone de evidencia que recomiende su suplemento en el niño deportista. Con respecto a las vitaminas del grupo B, al ser cofactores enzimáticos en diversos procesos metabólicos, parece que una ingesta el doble de la normal puede ser aconsejada en adultos, aunque no existen datos aplicables en niños y adolescentes. Frecuentemente, al ir ligada la ingesta total de vitaminas del grupo B al aporte total calórico, será suficiente con asegurar que no existe restricción calórica en la dieta del deportista

4.5 Apoyo ergogenicos nutricionales

Siempre que se habla de ayuda ergogénica en el deporte, una parte importante de la población cree que se está hablando de dopaje, por ello, es interesante hacer unas consideraciones sobre lo que es realmente cada uno de estos dos conceptos tan diferenciados entre sí, no solamente por los productos utilizados, sino también por los fines buscados en cada caso. Ayuda ergogénica es: «Cualquier medida, de cualquier índole, dirigida a mantener en lo posible el nivel de prestación deportiva, que minimiza las manifestaciones objetivas y subjetivas de la fatiga y que no pone en peligro la salud del deportista». (Barbany 1990). Según esta definición, las ayudas ergogénicas pueden ser de índole alimentaria o dietética, farmacológica, mecánica, física, psicológica, etc. Sustancia dopante es: «Toda sustancia exógena, o también de origen fisiológico, suministrada en condiciones o cantidades anormales, administrada por cualquier vía, con objeto de aumentar de forma artificial el rendimiento deportivo, y que puede suponer un perjuicio a la ética deportiva y a la integridad física o psíquica del deportista». (Barbany 1990). A diferencia de las ayudas ergogénicas, las sustancias dopantes son casi exclusivamente de origen farmacológico. Según estas definiciones, podemos diferenciar:

- 1.- Suplementos nutricionales. Como se trata de nutrientes, administrados en cantidades fisiológicas, carecen de efectos secundarios o tóxicos para el organismo, que no ponen en peligro la salud del deportista y que, por tanto, no se pueden considerar ni están contempladas como sustancias dopantes.
- 2.- Sustancias farmacológicas «no dopantes». Se trata de fármacos o medicamentos no incluidos en las listas oficiales de sustancias prohibidas, administrados con el fin de tratar algún problema físico (antiácidos, antibióticos, etc.)
- 3.- Sustancias farmacológicas «dopantes». Son sustancias o medicamentos administrados únicamente con el fin de aumentar el rendimiento deportivo de forma artificial, aun poniendo en peligro la salud del deportista y que están incluidos en las listas oficiales de sustancias dopantes (diuréticos, estimulantes, anabolizantes, etc.).

En este grupo, existe una serie de sustancias que, utilizadas bajo receta médica para tratar algún problema de salud perfectamente definido, no se consideran dopantes si se comunica oficialmente a las autoridades deportivas su uso mediante la documentación médica necesaria. Como ejemplo, se pueden citar los broncodilatadores y corticoides usados cuando existe un problema respiratorio. Por todo lo expuesto, queda claro que al hablar de ayudas ergogénicas, estamos hablando, por tanto, de una serie de sustancias o productos incluidos generalmente en la alimentación de las personas que, administrados en dosis fisiológicas, no poseen ningún tipo de efecto tóxico sobre el organismo, y cuya única finalidad es aumentar el rendimiento deportivo al retrasar o minimizar la aparición y/o los efectos de la fatiga.

OBJETIVOS DE LA SUPLEMENTACIÓN DIETÉTICA

Queda claro que la mejor ayuda ergogénica nutricional es una correcta alimentación, basada en una dieta variada, completa y equilibrada, debidamente supervisada por un experto en nutrición. Sin embargo, como esto no siempre es posible, y aun siéndolo, en circunstancias especiales relacionadas la mayoría de las

veces con planes específicos de entrenamiento y/o con la competición, dicha dieta debe ser suplementada con alimentos especialmente adaptados, denominados en conjunto suplementos nutricionales. Una adecuada suplementación dietética no sólo puede aumentar el rendimiento deportivo, sino incluso mantener o aumentar la salud de los deportistas, dados los altos requerimientos energéticos y nutricionales que existen en estas circunstancias.

Normalmente, la utilización de los suplementos nutricionales se realiza con los siguientes objetivos:

- Incrementar los depósitos de sustratos energéticos y retrasar la aparición de la fatiga.
- Aumentar la hipertrofia y/o la fuerza muscular.
- Evitar la deshidratación.
- Disminuir el tiempo de recuperación.
- Incrementar la actividad inmunológica.
- Acelerar la curación y/o recuperación de lesiones.
- Proteger al organismo de los efectos de los radicales libres producidos durante el esfuerzo.
- Aumentar la capacidad de entrenamiento, o lo que es lo mismo: entrenar más y mejor sin perjudicar a la salud.

Los suplementos dietéticos más utilizados actualmente como ayudas ergogénicas los podemos agrupar de la siguiente forma:

1. Hidratos de carbono y alimentos energéticos.
2. Bebidas de reposición tanto energética como electrolítica.
3. Proteínas y aminoácidos.
4. Nutrientes esenciales.
5. Otros suplementos

4.6 Utilización de complementos vitamínicos, proteicos, bebidas deportivas y estimulantes.

Hidratos de carbono y alimentos energéticos Sabemos que los hidratos de carbono, fundamentalmente el glucógeno y la glucosa, constituyen la fuente más importante de energía para la fibra muscular activa durante el ejercicio físico, hasta el punto que una de las principales causas de fatiga muscular es el agotamiento de estas reservas y por lo tanto, la falta de disponibilidad de carbohidratos para la obtención de energía. Por lo tanto, este tipo de suplementos o ayuda ergogénica nutricional tienen como fin el asegurar un permanente aporte de hidratos de carbono a las fibras musculares activas durante todo el tiempo que sea necesario, así se retrasará la aparición de la fatiga y aumentará el rendimiento deportivo.

Hidratación y bebidas de reposición el agua Aunque no se considere al agua como un nutriente, es indispensable para la vida y forma parte de todos los seres vivos. Dependiendo de la edad y de la actividad física, alrededor del 60% del peso corporal total se debe al agua contenida en nuestro organismo. En un recién nacido esta proporción se puede elevar hasta el 75% y en un individuo obeso, baja hasta el 45%.

Conforme envejecemos, vamos perdiendo agua. El agua es el medio por el que se establece la comunicación entre las diversas células que forman los tejidos. Las enzimas responsables de la fabricación de energía y de la síntesis de las diversas sustancias que continuamente necesita el organismo, no pueden actuar sin la presencia de agua. Todas estas reacciones químicas tienen lugar entre los productos disueltos o bien en los límites superficiales de los que están suspendidos en el agua. La mayor parte del ingreso diario de agua se realiza mediante su propia ingesta como tal, o bien por la que contienen los alimentos, aunque nuestro cuerpo también sintetiza agua mediante reacciones químicas de oxidación: alrededor de 150-250 ml diarios.

Las pérdidas diarias dependen tanto de la temperatura exterior, como de la actividad física. Para una temperatura atmosférica de 20°C y en situación de reposo, se pierden entre 0,4-0,5 ml por hora y por kilo de peso corporal, por el aire y por la piel. En presencia de fiebre, estas pérdidas son mayores. Mediante la

orina se pierden alrededor de 1.400 ml, 100 ml por el sudor y otros 100 ml con las heces.

Cuando hay diarrea o vómitos, estas pérdidas intestinales pueden ser tan grandes que incluso ponen en peligro la vida, de ahí la importancia de la rehidratación mediante bebidas que contengan una composición adecuada.

La piel es una barrera que evita la deshidratación, por eso, cuando hay quemaduras extensas, el peligro de deshidratación es muy grande, ya que se pueden llegar a perder hasta 4 ó 5 litros de agua en 24 horas. Para mantener el equilibrio mínimo en condiciones basales, se necesita ingerir diariamente alrededor de 800 ml de agua, aunque para que la función renal actúe con total normalidad y sea capaz de eliminar todas las sustancias tóxicas sin ninguna sobrecarga, se debe beber un mínimo de 1.500 ml diarios, e incrementar proporcionalmente esta cantidad si hay un aumento de la sudoración, bien sea debida a la práctica de ejercicio físico o al aumento de la temperatura ambiente.

Proteínas y aminoácidos Ya se ha comentado en el capítulo 5 la relación de la ingesta proteica con el ejercicio físico. Recordemos que desde el punto de vista de la utilización metabólica de las proteínas durante el esfuerzo, se asume que en los deportes de resistencia existe un mayor aumento en la oxidación de éstas y por lo tanto, deben ser repuestas durante los períodos de recuperación.

En los deportes de fuerza o potencia, también se asume que la ganancia de masa y fuerza muscular sólo puede ser máxima si la ingesta proteica es alta, sobre todo en principiantes. Es evidente que para que la función renal sea normal cuando se están tomando elevadas cantidades de proteínas, la ingesta de agua debe también ser mayor. También resulta imprescindible la toma de 0,02 mg de vitamina B6 por cada gramo de proteína ingerida, ya que dicha vitamina está ligada muy estrechamente al metabolismo proteico. La toma de aminoácidos de cadena ramificada, antes o durante el esfuerzo físico, ayuda a retrasar la aparición de la denominada «fatiga central», mientras que la suplementación con glutamina diariamente durante el período de entrenamiento y competición aumenta la actividad del sistema inmunológico y la recuperación del glucógeno muscular.

Aminoácidos de cadena ramificada Los aminoácidos de cadena ramificada son la leucina, la isoleucina y la valina. Como son aminoácidos esenciales, el organismo necesita ingerirlos diariamente mediante la alimentación, ya que no puede sintetizarlos. Hasta la última década del pasado siglo XX, se creía que las sensaciones subjetivas de fatiga que acompañan a los ejercicios de duración prolongada eran el resultado de hechos que ocurren en los músculos o en el sistema cardiovascular, pero ya a finales de los años noventa se comenzaron a relacionar las señales que aparecen en el ámbito periférico con hechos que ocurren en el ámbito del sistema nervioso central.

La fatiga muscular se define habitualmente como la incapacidad para mantener la fuerza o potencia esperada o requerida. Las causas de la fatiga muscular son debidas a alteraciones específicas dentro del propio músculo. Dichas alteraciones podrían incluir: la transmisión alterada del impulso nervioso en el ámbito de la placa neuromuscular y su propagación a través del músculo, la disminución de sustratos energéticos y, finalmente, otros acontecimientos metabólicos que alteren la producción de energía y la contracción muscular. Sin embargo, la fatiga también puede ser consecuencia de alteraciones en el ámbito del sistema nervioso central, en lo que se ha denominado fatiga central. Ya se sabe desde hace tiempo que los factores psicológicos pueden afectar el rendimiento físico. Podríamos definir la fatiga central como: “Un tipo de fatiga asociada a alteraciones específicas funcionales del sistema nervioso central, y que no puede ser explicada de forma razonada por la existencia de marcadores periféricos de fatiga muscular”. Veamos cuál es la causa de este tipo de fatiga y su manera de combatirla. Durante el ejercicio prolongado y en todas aquellas situaciones en que los depósitos de glucógeno están muy disminuidos, existe:

1. Un aumento de los niveles plasmáticos de ácidos grasos libres, puesto que en estas situaciones son las grasas las que deben proporcionar la mayor parte de la energía.

2. Un aumento en la utilización de los aminoácidos de cadena ramificada como fuentes de energía por los músculos, de tal forma que su concentración en el torrente sanguíneo disminuye. Los ácidos grasos, cuando «viajan» por el torrente

sanguíneo, lo hacen unidos a una proteína llamada albúmina que actúa como su transportador. Hay un aminoácido esencial, el triptófano, que también se encuentra en parte unido a la albúmina, pero que al haber ese aumento tan grande de ácidos grasos libres, es desplazado por ellos de ese «autobús» transportador llamado albúmina y por lo tanto, una parte importante de él queda libre en la sangre.

Los aminoácidos de cadena ramificada y el triptófano atraviesan la barrera hematoencefálica (esto es, penetran en el cerebro) unidos a un mismo transportador, de tal forma, que en condiciones normales hay un equilibrio competitivo entre el triptófano libre y estos aminoácidos en la utilización de este transportador para penetrar en el cerebro, pero en estas situaciones, donde la cantidad de aminoácidos de cadena ramificada está disminuida porque están siendo captados por los músculos para ser transformados en energía, el triptófano libre dispone de más transportadores para él solo, de tal forma que penetra en mayor cantidad dentro del cerebro.

Podríamos decir, utilizando el ejemplo del autobús anterior, que en este nuevo autobús que usan a la vez los aminoácidos de cadena ramificada y el triptófano libre para penetrar en el cerebro, hay muchas más «plazas libres» que son utilizadas por el triptófano. Una vez dentro del cerebro, el triptófano es convertido en una sustancia neurotransmisora llamada serotonina, con lo cual, los niveles de serotonina cerebral aumentan.

Parece ser que ese aumento de serotonina es el responsable de la aparición de esa llamada fatiga central. ¿Cómo combatirla? La toma de aminoácidos de cadena ramificada aumenta sus concentraciones plasmáticas, lo cual permite que «ocupen más plazas» de ese autobús que utilizan junto con el triptófano para penetrar en el cerebro. De esta manera compiten con el triptófano desplazándole del «autobús».

Así los niveles cerebrales de triptófano son más bajos y por lo tanto, la concentración de serotonina en el cerebro se mantiene baja. La consecuencia de ello es que se retrasa la aparición de esa fatiga central, con lo cual el deportista puede rendir al nivel máximo durante un mayor espacio de tiempo. Pero es que

además, si no se toman aminoácidos de cadena ramificada antes y/o durante el ejercicio prolongado, esa utilización de estos por los músculos para transformarlos en energía hace que el deportista pierda parte de sus propias proteínas, con lo cual su recuperación será mucho más lenta, ya que la síntesis de las proteínas perdidas por el propio músculo es un proceso más lento que la recuperación del glucógeno consumido. Glutamina La glutamina es un aminoácido no esencial que se sintetiza fundamentalmente en el músculo esquelético, el pulmón y el cerebro, aunque también puede ser sintetizado por todos los tejidos del organismo.

La glutamina es imprescindible para que tengan lugar una serie de funciones vitales para el organismo. Veamos algunas:

- Proporciona nitrógeno para la síntesis de numerosos compuestos, en especial para los ácidos nucleicos de todas las células del organismo.
- Es la primera forma de eliminación de una sustancia muy tóxica: el amoníaco, formado por los tejidos del organismo como resultado del uso de diferentes vías metabólicas. Especialmente, durante el ejercicio intenso y prolongado, que normalmente existe una acentuada utilización de aminoácidos para la obtención de energía, se producen niveles elevados de amoníaco que la glutamina debe transportar al riñón para que sea eliminado en forma de urea.
- Es el aminoácido empleado por el hígado y el riñón para formar glucosa.
- Es una sustancia necesaria para la función de las células del sistema inmunológico.
- Es el principal precursor de dos importantes sustancias que actúan como transmisores de la señal nerviosa (neurotransmisores) en el sistema nervioso central: el glutamato y el ácido gamma-amino butírico (GABA). El primero de ellos es un neurotransmisor excitatorio y el segundo es lo contrario: actúa como depresor del sistema nervioso central, a modo de tranquilizante.
- La glutamina da la energía necesaria para que exista la adecuada renovación de las células mucosas del aparato digestivo, pancreático y otras células de crecimiento rápido, así como de aquellas células que en un momento determinado puedan tener aumentos bruscos en sus demandas energéticas, como las fibras musculares durante el ejercicio físico.

- Desempeña un importante papel en la regulación del equilibrio ácido-base por el riñón, lo cual tiene una gran importancia durante la práctica de ejercicios de larga duración y/o intensidad, ya que estos provocan una acidosis metabólica, tanto por producción de ácido láctico como de amoniaco.

Así pues, durante el ejercicio físico las necesidades orgánicas de glutamina se ven muy aumentadas y por lo tanto, sus reservas pueden quedar muy disminuidas, lo cual compromete seriamente a todas las funciones que tiene este aminoácido en el organismo. Está científicamente demostrado que durante los ejercicios prolongados y/o de alta intensidad, los niveles plasmáticos de glutamina aumentan en un primer momento, posiblemente por la liberación de sus reservas orgánicas, pero posteriormente sufren importantes y significativos descensos durante el período de recuperación. Esta recuperación tarda varias horas, dependiendo de la intensidad y duración del ejercicio realizado. Si esta recuperación es inadecuada entre los entrenamientos o las competiciones, los efectos del ejercicio físico sobre los niveles de glutamina pueden ser acumulativos, pudiendo desembocar en un síndrome de sobreentrenamiento. Los deportistas con este síndrome parecen tener niveles bajos de glutamina plasmática durante meses o años. Esto puede tener importantes efectos negativos sobre el funcionamiento de los órganos de estos deportistas, en especial sobre el sistema inmune y el intestino, que pueden verse claramente afectados. Por ello, la suplementación con glutamina tiene un efecto preventivo sobre la disminución de la multiplicación de las células intestinales (recambio celular normal de células) y también sobre la disminución de la actividad de las células del sistema inmune tras el ejercicio.

También mediante la suplementación con glutamina se mantienen los niveles de este aminoácido que tienen las células musculares, y se evita de esta forma una excesiva pérdida de masa muscular. Asimismo, la disponibilidad de altos niveles de glutamina después del ejercicio facilita la recuperación de los depósitos de glucógeno muscular. Así pues, y a modo de resumen, durante el ejercicio físico intenso y/o prolongado y en condiciones normales, la glutamina será utilizada por:

- El riñón para controlar la acidosis metabólica.
- El hígado para sintetizar urea, glucosa y glutation.

- En la proliferación (fabricación) de linfocitos.
- En la reparación de los tejidos agredidos.
- En último término, como sustrato energético por las diferentes células metabólicamente activas.

Por todo ello, una baja disponibilidad de glutamina en un momento dado puede comprometer todas estas funciones, con el consiguiente riesgo que ello supone, no sólo para la obtención de altos rendimientos deportivos sino incluso para la salud.

Nutrientes esenciales En nuestro país, las cantidades diarias recomendadas (CDR) de nutrientes esenciales para adultos sanos no deportistas, se publicaron en el Boletín Oficial del

Estado (BOE) en el año 1992. Ahora bien, estas recomendaciones no distinguen entre personas sanas y físicamente activas, pero hay suficientes evidencias científicas que demuestran que en casos de actividades intensas y/o regulares pueden existir necesidades más elevadas de estos nutrientes.

La práctica deportiva en sí misma implica ciertos riesgos, como son las lesiones del aparato locomotor, pero además, existen circunstancias especiales como son, por ejemplo, los inicios de un programa de entrenamiento, los entrenamientos irregulares o inadecuados, las malas recuperaciones, los síndromes de sobreentrenamiento, etc., que hacen que los deportistas presenten riesgos añadidos para su salud.

Está aceptado por los científicos que la nutrición deportiva, incluyendo en ella las ayudas ergogénicas nutricionales, debe promocionar la salud, además de facilitar el logro de altos rendimientos deportivos. Hay cierto tipo de patologías que pueden reducirse mediante la toma de una suplementación adecuada. Para no hacerlo demasiado extenso, veamos unos ejemplos concretos:

- Inflamaciones producidas por el ejercicio.

Los deportistas, especialmente los practicantes de deportes de resistencia, tienen un alto riesgo de sufrir microlesiones en sus músculos y síndromes por sobrecarga. Como estas lesiones no solamente producen dolor, sino que además cursan con una respuesta inflamatoria aguda, la ingesta diaria de suplementos nutricionales

adecuados, como son los concentrados de ácidos grasos omega 3, y las sustancias antioxidantes, podrían disminuir esta respuesta inflamatoria.

Infecciones del tracto respiratorio superior. Los deportistas con altos volúmenes de entrenamiento tienen un mayor riesgo de padecer lo que en términos médicos se conoce como IRS (infecciones que ocurren en la parte superior del aparato respiratorio: faringitis, traqueitis, amigdalitis, etc.).

También hay muchos estudios científicos que demuestran los beneficios para estos deportistas del uso de suplementos estimuladores del sistema inmunológico (inmunoestimuladores), como el aminoácido glutamina.

- Estrés oxidativo.

Los altos consumos de oxígeno realizados durante el ejercicio físico, con el consiguiente aumento del metabolismo oxidativo para producir la energía requerida por los músculos, producen elevadas cantidades de radicales libres, con el riesgo que estos pueden comportar para la salud.

Minerales Aunque ya se han comentado extensamente las implicaciones fisiológicas de los distintos minerales en el capítulo 6, en este apartado expondremos muy sucintamente los minerales más conocidos que tienen una relación con el ejercicio físico. Los principales minerales implicados en la fisiología y el metabolismo muscular son el calcio, el potasio y el magnesio, por lo tanto su ingesta diaria con la alimentación resulta esencial. Pero también hay otros minerales que están relacionados directa o indirectamente con el metabolismo más intenso que ocurre durante la práctica deportiva. Repasemos algunos de ellos incluidos los ya enunciados:

Magnesio Un 70% de todo el magnesio que hay en el organismo está localizado en los huesos y solamente un 1-3% está disponible desde el punto de vista metabólico. En los deportistas, se han encontrado bajas concentraciones plasmáticas de magnesio, tanto en reposo como después del ejercicio.

Aunque estos hallazgos pueden ser una consecuencia de la redistribución corporal de este mineral producido por el ejercicio, sí parece que ciertas molestias

de tipo muscular disminuyen con una suplementación rica en magnesio. No podemos olvidar que durante los ejercicios de larga duración, las pérdidas de este mineral por la sudoración pueden llegar a ser importantes. En estos casos resulta muy interesante la toma de una bebida energética deportiva que contenga, entre otros, este mineral en una concentración perfectamente estudiada.

Potasio Como ya se ha comentado, el potasio está en su mayor parte dentro de las células de nuestro organismo, fundamentalmente en el interior del músculo esquelético, parcialmente unido a los depósitos de glucógeno.

El músculo pierde potasio durante los procesos de contracción, por lo que las concentraciones plasmáticas del mismo aumentan durante el ejercicio, por eso no es bueno tomar cantidades elevadas de potasio durante la práctica deportiva, ya que podrían resultar tóxicas.

Una vez acabado el ejercicio, se redistribuye de nuevo el potasio dentro del organismo. Solamente con el potasio que contienen los diferentes alimentos de una dieta variada es suficiente para mantener unos niveles normales de este mineral.

Zinc Hay muchos estudios científicos que demuestran que los deportistas ingieren cantidades bajas en zinc. El zinc es importante para el correcto funcionamiento del sistema inmunológico, y para la formación de sustancias antioxidantes, entre otras muchas funciones.

Las pérdidas de zinc no solamente ocurren a través de la orina, sino también por el sudor cuando se practica deporte. Por ello, la toma de una bebida energética que contenga zinc puede ayudar a reponer esas pérdidas.

Manganeso El manganeso es un componente esencial de una enzima de gran potencia antioxidante: la superóxido dismutasa, que actúa protegiendo al organismo contra los radicales libres. Por ello su ingesta debe ser muy cuidada por toda la población y más si cabe en deportistas.

Cobre El cobre forma parte de numerosas enzimas y su pérdida por la sudoración puede ser importante, por ello también es imprescindible que su ingesta sea como mínimo del 100% de las CDR.

Selenio Forma parte de una enzima esencial en la protección contra los radicales libres: el glutathion peroxidasa. Su ingesta con los alimentos está totalmente condicionada por la riqueza en selenio del suelo donde se cultiven los vegetales que se ingieran o que sirvan como pasto al ganado, por lo tanto, la suplementación con cantidades dietéticas de selenio es muy interesante para evitar descensos en la concentración de esa enzima antioxidante y más si cabe en deportistas, que como ya sabemos, presentan una mayor producción de radicales libres.

Vitaminas Aunque ya se han comentado sus acciones en el capítulo 6, solamente recordaremos que está suficientemente demostrado que las vitaminas desempeñan un papel esencial en el metabolismo energético, y por lo tanto, tienen una importancia fundamental en el rendimiento físico. Se debe tener en cuenta que las mayores necesidades calóricas de los deportistas llevan también a variar el cálculo de sus necesidades vitamínicas.

Así, para la vitamina B1 son de 0,5 mg por cada 1.000 kcal, para la vitamina B2 de 0,6 mg por cada 1.000 kcal, 6,7 mg de niacina por cada 1.000 kcal y 0,02 mg de vitamina B6 por cada gramo de proteína ingerida. También por los incrementos en los radicales libres que tienen lugar durante la práctica deportiva, parece razonable aumentar ligeramente las cantidades de vitaminas con claros efectos antioxidantes, como son la C y la E.

Otros suplementos Los suplementos más utilizados actualmente en el mundo del deporte y que no se han descrito en los apartados anteriores son la creatina, la L-carnitina y los triglicéridos de cadena media (MCT).

Creatina La creatina es un componente no esencial habitual en la dieta, ya que abunda en carnes y pescados. En el organismo se sintetiza a partir de tres aminoácidos (glicina, arginina y metionina) principalmente en el hígado y páncreas y se almacena fundamentalmente en músculos: allí se encuentra el 95% de toda la creatina que contiene el organismo. Esta reserva de creatina procede en un 50% de la ingesta diaria y en otro 50% de la síntesis orgánica. La creatina existente en el organismo sufre un cambio mediante el cual se transforma en fosfocreatina, de tal forma que existe un equilibrio entre creatina y fosfocreatina. Cuando se practica un ejercicio físico de elevada intensidad, la energía se obtiene durante los primeros 2-4 segundos de las reservas del propio ATP

existente en la fibra muscular y una vez agotado, es la fosfocreatina la que sigue aportando energía, sin embargo, como los depósitos musculares son escasos, se agotan en pocos segundos.

Cuando esto ocurre, se debe continuar sintetizando ATP para poder seguir con el ejercicio, pero ya no se puede mantener una intensidad tan elevada porque la capacidad de obtener energía por unidad de tiempo es menor mediante la utilización de la glucosa (y todavía menor si se utilizan las grasas) de la que es capaz de generar la fosfocreatina. Así pues, la fosfocreatina constituye la fuente energética principal en los ejercicios explosivos de alta intensidad y corta duración.

Si un ejercicio de estas características se prolonga más allá de 10-20 segundos, su intensidad disminuirá drásticamente y rápidamente aparecerá el agotamiento. Esto quiere decir que la importancia de la fosfocreatina durante la realización de un ejercicio va a depender de las características del mismo. En los ejercicios de moderada intensidad y larga duración, las necesidades de energía (de ATP) serán satisfechas principalmente a partir de las vías aeróbicas, esto es, mediante la utilización energética de los ácidos grasos y la glucosa.

Sin embargo, si aumenta la intensidad del ejercicio, llegará un momento en que las necesidades energéticas por unidad de tiempo serán tan altas que no podrán satisfacerse únicamente a partir de las vías aeróbicas, y por lo tanto deberán utilizarse las anaeróbicas: Bien mediante la utilización de la glucosa por vía anaeróbica (sin que intervenga el oxígeno), pero con producción de ácido láctico, un verdadero «veneno» para el músculo.

- Bien mediante lo que se llama la vía anaeróbica «aláctica» (sin producción de ácido láctico), o sea, mediante la utilización de la fosfocreatina. Por lo tanto, en esfuerzos máximos de pocos segundos de duración, resulta determinante que las reservas de fosfocreatina sean las más grandes posibles.

Ya en los últimos años del siglo XX se publicaron estudios científicos en los que se demostraba que la toma de creatina como suplemento dietético podía aumentar los depósitos intramusculares de ésta entre un 15 y un 20%, aunque en algunos casos llegaba al 40%. Son ya muchos los trabajos científicos que demuestran que el aumento de estos depósitos puede lograrse mediante la toma de 20 gramos de creatina al día durante 5 días, o bien de 3 gramos al día durante un mes. Después, pueden conservarse los incrementos

mantenidos si una vez finalizada esa fase de carga se continúa con la ingesta de 2 gramos al día durante otro mes. También se ha demostrado que la realización de ejercicios submáximos antes de iniciar la toma de creatina, y durante la misma, puede aumentar los depósitos de fosfocreatina muscular hasta un 10% más. Si la ingesta de creatina se realiza tomando a la vez grandes cantidades de carbohidratos simples, la retención de creatina es todavía mayor. Durante los tres primeros días de la fase de carga existe una importante retención de agua que puede provocar aumentos de peso entre 1 y 3 kilos.

Esta retención es menor si la carga se realiza con 3 gramos que con 20 gramos diarios, aunque no tiene ningún efecto negativo sobre el organismo. Pero además de aumentar el rendimiento en aquellos ejercicios realizados con gran intensidad (como una carrera de 200 ó 400 metros en atletismo), la suplementación con creatina aumenta también de manera significativa la fuerza y la potencia musculares, lo cual implica una mejora en el rendimiento en todos aquellos deportes cuyos gestos se caracterizan por ser de muy alta intensidad y corta duración (velocidad, saltos, lanzamientos, halterofilia, físicoculturismo, etc.).

También ha quedado demostrado, que las mejoras de rendimiento más grandes se han visto tras la realización de varias series, compuestas de varias repeticiones, de ejercicios intensos y de corta duración. Tras la suplementación con creatina, el rendimiento en las últimas repeticiones puede llegar a ser hasta un 20% mayor al obtenido si no se ha tomado creatina. Esto ocurre porque, aunque durante las repeticiones se agota la fosfocreatina muscular (por cesión de la molécula de fosfato y conversión en creatina), el tiempo de recuperación entre dos series es suficiente para que se vuelva a regenerar como fosfocreatina.

La espectroscopia por resonancia magnética ha demostrado que la recuperación de los depósitos de fosfocreatina es tanto mayor cuanto mayor es la concentración intramuscular total de creatina. Por todo ello, la suplementación con creatina es especialmente útil no solamente en deportes explosivos o de velocidad pura, sino también en aquellos deportes colectivos de tipo interválico, como el fútbol, baloncesto, etc., y también en aquellos deportes individuales donde existan importantes cambios de ritmo, como el ciclismo.

Además, la ingesta de creatina asociada a un programa de entrenamiento de fuerza máxima de 4-12 semanas de duración aumenta las adaptaciones fisiológicas normales a este tipo de entrenamientos. Es decir, que el aumento de masa libre de grasa, de la fuerza y de la potencia máximas, y la hipertrofia muscular son mayores si el entrenamiento se realiza conjuntamente con la suplementación con creatina. Hasta ahora se han descrito los efectos positivos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento deportivo, pero ¿hay algún efecto negativo? De todas las investigaciones llevadas a cabo hasta ahora, no se ha podido demostrar ningún efecto negativo con las dosis recomendadas.

Solamente se puede afirmar que la suplementación con creatina inmediatamente antes de una competición realizada en ambientes calurosos debe evitarse, pues no solamente es totalmente ineficaz desde el punto de vista del rendimiento deportivo (lo que importa es la creatina acumulada en los músculos hasta ese día), sino que puede dificultar la disponibilidad de agua por parte del organismo. Resumiendo, se puede afirmar que la suplementación con creatina es el mayor hallazgo de la nutrición deportiva desde que, a mediados de los años sesenta se comenzó con la dieta disociada escandinava, llamada hoy carga de hidratos.

L-carnitina La L-carnitina es una sustancia abundante en las carnes rojas y en los productos lácteos, pero que nuestro organismo la puede sintetizar en el hígado y riñón a partir de dos aminoácidos esenciales: la lisina y la metionina. En condiciones normales, la capacidad de síntesis de carnitina del organismo es lo suficientemente alta como para que pueda cumplir todas sus funciones fisiológicas. Alrededor de un 98% de la carnitina humana se encuentra en el músculo esquelético y en el músculo cardíaco (miocardio). Las principales funciones de la carnitina, son transportar los ácidos grasos de cadena larga a través de la membrana mitocondrial para su posterior conversión en energía. Recordemos que la mitocondria es el orgánulo de la célula donde tiene lugar la mayor formación de energía: es la verdadera “caldera” metabólica.

Por ello, se puede deducir que cuanto mayor sea la concentración de L-carnitina dentro de las células, mayor será su capacidad para transformar los ácidos grasos en energía, lo cual en deportistas tiene una importancia considerable, puesto que menor será la utilización de glucógeno, al estar éste disponible para situaciones donde los requerimientos energéticos por unidad de tiempo sean superiores a la energía que pueda obtener en ese momento por la oxidación de las grasas. Ahora bien, los diferentes

estudios realizados no parecen demostrar que la toma de una suplementación con L-carnitina aumente el rendimiento en deportistas bien entrenados aeróbicamente.

Triglicéridos de cadena media (MCT) Aunque ya se ha desarrollado más extensamente este tema en el capítulo 4, recordemos que teóricamente, la adición de grasas a una bebida que contenga carbohidratos debería aumentar la disponibilidad de ácidos grasos para el músculo en deportes de resistencia, con el consiguiente ahorro de glucógeno. Pero en la práctica esto no es así por varios motivos:

- Las grasas retardan la velocidad de vaciado gástrico.
- Una vez digeridas, se absorben lentamente a nivel intestinal.
- Necesitan de la L-carnitina para penetrar en la mitocondria.
- Una vez dentro de la mitocondria, su transformación en energía (su oxidación) es lenta.
- Si los ácidos grasos se ingieren con glucosa, se produce una paralización en la oxidación de estos.

Por ello se pensó en sustituir la ingesta de grasa compuesta por triglicéridos de cadena larga (LCT), que es la forma habitual en que se encuentra la grasa en la mayoría de los alimentos que tomamos, por triglicéridos de cadena media (cadena más corta) ya que, al contrario que los anteriores:

- No retrasan la velocidad de vaciado gástrico.
- Se absorben rápidamente.
- No necesitan de la L-carnitina para penetrar en la mitocondria.
- Se oxidan rápidamente tras su absorción, y producen energía.

Ahora bien, el problema de la utilización de los MCT como suplemento dietético es el efecto que producen en la mucosa gástrica: si la cantidad es importante, aumenta el riesgo de aparición de trastornos gastrointestinales, lo cual limita enormemente las cantidades que realmente pueden ser utilizadas. No obstante, existen complementos alimentarios para deportistas, con un contenido perfectamente estudiado en MCT para favorecer la producción de energía sin

producir ningún tipo de molestia gástrica, lo cual resulta interesante por el ahorro de glucógeno que esto supone

4.7 Relevancia de los suplementos dietéticos

Varias revisiones han sugerido que el rendimiento no mejora con la ingesta de suplementos vitamínicos o ayudas ergogénicas en atletas que consumen una dieta equilibrada que proporciona suficiente energía, pero puede haber algunas circunstancias que justifiquen la ingesta de suplementos dietéticos si no es posible consumir una dieta equilibrada:

- Las mujeres embarazadas y en período de lactancia tienen requerimientos más altos de muchos nutrientes, incluidos el hierro y el ácido fólico, por lo que tienen más riesgo de insuficiencia. La necesidad de ácido fólico en mujeres en edad fértil está ahora bien establecida para reducir el riesgo de tener un bebé con un defecto del tubo neural (p. ej., espina bífida o anencefalia). Para disminuir este riesgo, se ha instituido un programa para fortificar los cereales con ácido fólico.

- Los atletas parecen tener un mayor riesgo de insuficiencia de hierro que los no atletas debido a la hemólisis por impacto del pie, la pérdida en el sudor o por el incremento de pérdidas vía orina y heces. Por eso, los atletas podrían requerir ingestas de hierro mayores a las recomendadas. Para los atletas con insuficiencia de hierro o anemia por insuficiencia de hierro, según la medición de ferritina sérica, hemoglobina y hematócrito, puede requerirse una ingesta suplementaria de hierro. Sin embargo, los suplementos orales de hierro no deben tomarse sin haber insuficiencia y solamente bajo la supervisión directa de un profesional de la salud.
- Entre el 10 y 30% de los adultos mayores experimentan una menor producción gástrica de factor intrínseco necesario para la absorción de la vitamina B12. El Institute of Medicine recomienda el consumo de suplementos v sublinguales de vitamina B12 para cualquier persona mayor de 50 años de edad, para reducir el riesgo de insuficiencia de B12 y la anemia megaloblástica asociada.
- Los veganos (que no consumen carne, pescado o productos lácteos) tienen mayor riesgo de desarrollar insuficiencia de vitamina B12 que los omnívoros y los ovolactovegetarianos, porque los alimentos de origen animal son la fuente natural de la vitamina B12. La suplementación con vitamina B12 o el consumo de cereales

fortificados con esta para el desayuno puede reducir el riesgo de desarrollar insuficiencia.

- El consumo de antibióticos puede disminuir las bacterias intestinales junto con la producción bacteriana de la vitamina K, necesaria para la coagulación sanguínea normal y para la salud ósea. La ingesta complementaria de vitamina K y el consumo de probióticos para ayudar a recuperar el microbioma intestinal a un estado normal puede disminuir el riesgo de insuficiencia.
- Las personas intolerantes a la lactosa que evitan los productos lácteos pueden estar en riesgo de tener insuficiencias de vitamina B2 (riboflavina), vitamina D y calcio. Por ello, pueden beneficiarse del consumo de suplementos que contengan estos nutrientes.
- Dada la gran variabilidad en la absorción de calcio y su pérdida a través de la orina y las heces, la evaluación de la densidad mineral ósea puede ser el único medio eficaz para determinar la idoneidad del consumo de calcio a largo plazo. Los atletas deberían ingerir cerca 1 500 mg/día a partir de una combinación de alimentos y suplementos (si fueran necesarios), con una buena dotación de vitamina D para garantizar una absorción normal del calcio. La baja densidad ósea que predispone al atleta a las fracturas es un tema complejo que involucra la adecuación de la ingesta de energía, el mantenimiento de un buen equilibrio energético, el consumo correcto de calcio y una reserva adecuada de vitamina D.

4.8 Ingesta de suplementos dietéticos por los deportistas

Es claro que diversos nutrientes están relacionados con el rendimiento en el ejercicio, tanto de manera directa como indirecta. De forma ideal, estos nutrientes se obtendrían mejor a través del consumo de una dieta equilibrada, pero es evidente que muchos atletas consumen suplementos con la esperanza de afectar de forma positiva en el rendimiento atlético. Se ha encontrado que una elevada proporción de atletas adolescentes de élite consumen suplementos dietéticos diariamente, algunos de ellos solicitados por parte de su organización deportiva. Los suplementos ingeridos con mayor frecuencia por esta población de deportistas de élite incluyen creatina, proteínas y magnesio, con la creencia de que estos suplementos son necesarios para mejorar el rendimiento, que no tomarlos puede ser perjudicial para la salud o que incluso propiciará una enfermedad.

Las recomendaciones generales de suplementación de vitaminas en el atleta incluyen las siguientes:

- Hay poca evidencia que sugiera que es habitual que las personas físicamente activas tengan ingestas dietéticas inadecuadas de vitaminas y minerales. Los atletas en mayor riesgo son aquellos con ingestas restrictivas (vegetarianos, quienes siguen dietas restringidas en calorías).

- Algunos atletas físicamente activos, entre los que se incluyen bailarinas de ballet, gimnastas, corredores de larga distancia y luchadores, pueden tener una exposición inadecuada a las vitaminas y minerales porque limitan su consumo de energía en el intento por cumplir con los requisitos de peso específicos de su deporte o para satisfacer los requisitos estéticos de este.

Las personas físicamente activas deben consumir una amplia variedad de alimentos para optimizar la exposición a vitaminas, minerales y fitonutrientes, y así eliminar la necesidad de suplementos.

- Solo las personas con insuficiencia de nutrientes biológicamente confirmada se beneficiarán mediante el consumo de suplementos dietéticos.

- Los atletas que tengan preguntas sobre la idoneidad de su dieta deben reunirse con un dietista debidamente acreditado para determinar qué tan bien se satisfacen sus necesidades de nutrientes, en lugar de autoprescribirse suplementos dietéticos.

VITAMINAS Y MINERALES: RELACIÓN CON EL EJERCICIO		
Nutriente	Función principal	Insuficiencia
Tiamina (vitamina B1)	Metabolismo de los hidratos de carbono y de los aminoácidos.	Debilidad, menor resistencia, pérdida muscular y pérdida de peso.
Riboflavina (vitamina B2)	Metabolismo energético oxidativo, transporte de electrones en la producción de ATP.	Debilidad, fotofobia, alteración de la función del sistema nervioso, afecciones de la piel y las membranas mucosas (queilosis, queilitis comisural, pliegues nasolabiales inflamados, glositis).
Niacina (vitamina B3)	Metabolismo energético oxidativo, transporte de electrones en la producción de ATP.	Irritabilidad, diarrea y dermatitis.
Piridoxina/piridoxal/piridoxamina (vitamina B6)	Gluconeogénesis, metabolismo de las proteínas (reacciones de desaminación y transaminación).	Dermatitis, glositis y crisis convulsivas.

VITAMINAS Y MINERALES: RELACIÓN CON EL EJERCICIO		
Nutriente	Función principal	Insuficiencia
Cianocobalamina (vitamina B12)	Formación de eritrocitos/hemoglobina.	Anemia macrocítica y síntomas neurológicos.
Ácido fólico	Formación de eritrocitos/hemoglobina, formación de ácidos nucleicos.	Anemia macrocítica y fatiga temprana.
Ácido ascórbico (vitamina C)	Antioxidante, síntesis de proteínas (colágeno del tejido conjuntivo), mejor absorción.	Poco apetito (que puede dar lugar a otras insuficiencias de micronutrientes), fatiga temprana y mala cicatrización de las heridas.
Retinol (vitamina A)	Antioxidante, mantiene la resistencia a las enfermedades, vista.	Pérdida del apetito, mala inmunidad y problemas oculares.
Tocoferol (vitamina E)	Antioxidante .	Daño nervioso y muscular.

VITAMINAS Y MINERALES: RELACIÓN CON EL EJERCICIO		
Nutriente	Función principal	Insuficiencia
Cromo	Metabolismo de la glucosa (sensibilidad a la insulina).	Intolerancia a la glucosa, control deficiente de la glucosa sanguínea y fatiga temprana.
Hierro	Síntesis de hemoglobina; entrega de oxígeno a los tejidos.	Anemia, problemas para concentrarse, sistema inmunitario deficiente y fatiga temprana.
Magnesio	Metabolismo energético, conducción nerviosa, contracción muscular.	Debilidad muscular y calambres, náuseas e irritabilidad.
Zinc	Salud del sistema inmunitario, glucólisis, síntesis de ácidos nucleicos, metabolismo de los hidratos de carbono, sentidos del olfato y el gusto.	Inmunidad deficiente, falta de apetito (que puede dar lugar a otras insuficiencias de micronutrientes), exantemas y diarrea.

4.9 Doping

Se considera dopaje a cualquier medida que pretende modificar, de un modo no fisiológico, la capacidad de rendimiento mental o físico de un deportista, así como eliminar, sin justificación médica, una enfermedad o lesión, con la finalidad de poder participar en una competición deportiva. Se estima que el 40-70% de los atletas utilizan suplementos nutricionales y que en un 10-15% estos suplementos pueden contener sustancias prohibidas, en ocasiones de forma inadvertida para el usuario. El día de 1 enero de 2015 entró en vigor la lista actualizada de sustancias y medicamentos prohibidos en competición deportiva en España.

En nuestro país hay disponibles actualmente 1.907 formatos de medicamentos que contienen en su composición uno o más principios activos susceptibles de dar positivo en los controles de dopaje deportivo, de los que 1.527 son dispensables en oficina de farmacia, lo que significa un 13% de todos los medicamentos dispensables en este ámbito.

Por ello, la oficina de farmacia constituye un elemento sanitario de referencia en la lucha contra el dopaje deportivo y puede ofrecer un importante servicio sanitario y social, informando sobre los riesgos sanitarios y legales de las sustancias dopantes; qué hacer cuando están sometidos a un tratamiento farmacológico adecuadamente prescrito por su médico para un problema o una enfermedad real, pero quieren participar en una competición deportiva reglada; qué medicamentos – incluyendo aquellos que no requieren prescripción médica para su dispensación – pueden dar positivos en controles antidopaje; cuáles son los riesgos asociados a productos de composición conocida o desconocida, que están disponibles en establecimientos (ciertos gimnasios y tiendas de material deportivo, especialmente) y fuentes (internet, particularmente), así como sobre la condición de productos prohibidos por la ley que pueden tener.

4.10 Patologías en atletas

La importancia que el músculo, tanto desde el punto de vista anatómico como funcional, tiene en la evolución de diversas situaciones fisiopatológicas así como las implicaciones clínicas y evolutivas que ello comporta para la salud y la enfermedad es algo que, por ser de tiempo conocido, no deja de comportar esfuerzos para mejor entender sus causas, consecuencias y posibles actuaciones.

En esta monografía se pretende revisar diversos aspectos de la función muscular que están relacionados con situaciones patológicas concretas y en las que un soporte nutricional correctamente enfocado podría comportar un beneficio positivo. Para ello, no sólo se intentará profundizar en la fisiología de cada una de estas situaciones enfocando de manera especial en la fisiopatología de la alteración muscular, sino también en las consecuencias clínicas y en la evolución de las enfermedades implicadas. Además, evaluaremos la posibilidad existente de

actuación terapéutica así como las posibles soluciones que un soporte nutricional adecuado podría comportar.

Dentro de las situaciones que más comportan afectación de la masa muscular y desarrollo de desnutrición evaluaremos el cáncer y más concretamente la caquexia neoplásica. La caquexia neoplásica de causa multifactorial, interesa por su elevada incidencia, ya que afecta a un gran número de pacientes con cáncer, así como por las implicaciones que comporta en la calidad de vida del paciente, en la tolerancia y respuesta a los tratamientos, administrados en la incidencia en complicaciones asociadas, y en la mortalidad de estos enfermos.

Además, el deterioro funcional basado en la pérdida de masa muscular es en el paciente neoplásico difícilmente reversible y a ello posiblemente contribuya el que la atrofia y disfunción muscular, no sólo sean secundarias a la anorexia sino que los cambios metabólicos asociados así como sustancias derivadas del propio tumor o de la cascada que la respuesta inflamatoria libera están imbricadas en su desarrollo.

En segundo lugar, analizaremos lo más a fondo posible la sarcopenia del anciano. Con la edad, es evidente que se observan una serie de cambios en la composición corporal, de los cuales la pérdida de músculo así como la alteración de su capacidad funcional es uno de los que más contribuyen a condicionar la calidad de vida y en definitiva la morbi-mortalidad de la gran mayoría de ancianos y de una manera muy especial aquellos que están incluidos en el grupo de ancianos frágiles.

Es una realidad que esta pérdida de masa y función muscular comportan un incremento del número de caídas y de las fracturas óseas y de sus correspondientes hospitalizaciones. Si bien puede existir una relación entre la inmovilización a que está sometido el anciano y la disminución de la ingesta con la pérdida de masa muscular, algo más sin duda contribuye a su desarrollo y es importante conocer los diversos factores implicados así como las causas que llevan a los mismos para poder realizar recomendaciones encaminadas a prevenir o retardar su aparición.

Sabemos también que no sólo la función muscular disminuye rápidamente durante el ayuno y mejora con la nutrición sino que tanto la masa muscular, como la función de los músculos de las extremidades, del diafragma, de los músculos intercostales se afectan en el curso evolutivo de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica condicionando

adversamente la función pulmonar con sus consecuencias en la morbilidad, calidad de vida y mortalidad de estos pacientes.

Estos enfermos desarrollan con frecuencia disfunción muscular periférica caracterizada por atrofia, debilidad y disminución de la capacidad oxidativa. Los cambios observados en la masa muscular de estos pacientes con su influencia en la tolerancia al ejercicio físico y otras implicaciones clínicas, son de difícil manejo y probablemente requieran un enfoque multidisciplinar si queremos conseguir efectos positivos en la calidad de vida.

A nivel cardíaco, la insuficiencia cardíaca crónica puede ocasionar malnutrición, que si es grave conduce a la caquexia cardíaca, la cual se asocia a mayor morbilidad y mortalidad. Sus causas son diversas y entre otros, factores neurohormonales, inflamatorios, inmunológicos y metabólicos se superponen en el paciente con insuficiencia cardíaca congestiva, pudiendo producir afectación y deterioro de diversos órganos o sistemas, incluyendo la caquexia cardíaca. Cursa con reducción de peso que afecta tanto a la masa magra o celular activa, como al tejido adiposo y óseo con el deterioro más acusado en el tejido muscular esquelético, tanto a nivel estructural como funcional, no quedando exento el corazón de su afectación.

Si existe caquexia cardíaca, es necesaria una modificación de la dieta oral en energía y calidad de la misma, conjuntamente con ejercicio físico moderado, debiendo valorar la indicación de nutrición artificial específica complementaria o alternativa.

Finalmente, sabemos que en respuesta a diversas situaciones críticas el metabolismo proteico se caracteriza por un acelerado catabolismo que no está suficientemente compensado por el simultáneo aumento de la síntesis proteica.

Ello contribuye, a desarrollar disfunción y atrofia muscular, cuyos mecanismos son múltiples pero no suficientemente aclarados para que pueda comportar actuaciones terapéuticas adecuadas.

Pero además, el paciente crítico desarrolla durante su estancia en las Unidades de Críticos polineuropatías y miopatías de causas y patogenias diversas que provocan debilidad generalizada con cuadriparesia más o menos grave que contribuyen a retrasar la desconexión del paciente del ventilador y pueden participar en el desarrollo de déficits funcionales de lenta recuperación.

Enfermedades del musculo esquelético.

Las enfermedades musculo esqueléticas (MSDs) son lesiones o dolor en las articulaciones del cuerpo, ligamentos, músculos, nervios, tendones, y en las estructuras que sostienen las piernas, brazos, cuello y espalda.¹ Estas enfermedades pueden deberse a un esfuerzo repentino, (por ejemplo: levantar un objeto pesado), o pueden deberse a realizar los mismos movimientos repetidamente, a esto se le llama tensión repetitiva, o exposición repetida.

Estas lesiones se deben a la aplicación continua de fuerza, la exposición continua a vibraciones o largos periodos en alguna postura incómoda.² Las lesiones y el dolor en el sistema musculoesquelético causados por eventos traumáticos agudos, como un accidente automovilístico o una caída no son considerados desórdenes musculoesqueléticos.

Los MSDs pueden afectar diversas partes del cuerpo, incluyendo la espalda baja y alta, el cuello, los hombros y las extremidades (brazos, piernas, pies, y manos). Ejemplos de MSDs incluyen: síndrome del túnel carpal, epicondylitis, tendinitis, dolor de espalda, síndrome de tensión en el cuello.

El diagnóstico se basa en la información sobre el dolor y los síntomas que informa la persona afectada, así como en el examen físico por un médico. La mayoría de las veces los médicos se basan en la historia médica, los riesgos ocupacionales y recreacionales, la intensidad del dolor, en un examen físico para localizar la fuente del dolor.

En ocasiones se usan pruebas de laboratorio, radiografías o resonancias magnéticas. Los médicos buscan criterios concretos para diagnosticar cada desorden musculo esquelético sobre la base de la ubicación, tipo, e intensidad del dolor, así como en la restricción de movimiento que el paciente está experimentando.

4.11 Lesiones en atletas

El término “lesión deportiva” se refiere a los tipos de lesiones que ocurren con mayor frecuencia durante los deportes o el ejercicio, como esguinces, torceduras y

fracturas por estrés. Este tema de salud se centra en los tipos de lesiones deportivas que afectan los músculos, los tendones, los ligamentos y los huesos.

Hay varios tipos diferentes de lesiones deportivas. Los síntomas que tenga y su tratamiento dependerán del tipo de lesión. La mayoría de las personas se recuperan y vuelven a sus actividades normales.

Cualquiera puede sufrir una lesión deportiva. Los factores de riesgo de las lesiones deportivas incluyen:

- No utilizar las técnicas de ejercicio correctas.
- Entrenar con demasiada frecuencia o durante demasiado tiempo.
- Cambiar la intensidad de la actividad física demasiado rápido.
- Practicar el mismo deporte todo el año.
- Correr o saltar sobre superficies duras.
- Usar zapatos que no tienen suficiente soporte.
- No llevar el equipo adecuado.
- Haber tenido una lesión previa.
- Tener poca flexibilidad.
- Tomar ciertos medicamentos.

Las lesiones deportivas pueden ser:

- lesiones agudas, que ocurren repentinamente;
- lesiones crónicas, que suelen estar relacionadas con el uso excesivo de la parte lesionada y se desarrollan gradualmente con el tiempo.

Las lesiones deportivas pueden ocurrir en muchas partes del cuerpo, incluyendo:

- hombro,
- codo,
- muñeca,
- rodilla,
- tobillo.

Las lesiones deportivas frecuentes incluyen fracturas, dislocaciones, esguinces, distensiones, tendinitis o bursitis. Estos términos se definen a continuación.

- **Fractura de hueso.** Una fractura es una ruptura en un hueso que puede ocurrir por una sola lesión rápida (conocida como fractura aguda), o por estrés repetido (conocida como fractura por estrés). La mayoría de las fracturas agudas son emergencias. Las fracturas en las placas de crecimiento pueden ocurrir en niños que todavía están en etapa de desarrollo.
- **Dislocación.** Cuando los dos huesos que se juntan para formar una articulación se separan, se dice que la articulación está dislocada. Una dislocación es una lesión dolorosa y es más común en los hombros, los codos, los dedos, la rótula y la rodilla.
- **Esguince.** Los esguinces son estiramientos o desgarros de los ligamentos, las bandas de tejido conectivo que unen el extremo de un hueso con otro. Los esguinces son más comunes en los tobillos, las rodillas y las muñecas.
- **Desgarro.** Una distensión es una torsión, un tirón o un desgarro de un músculo o tendón, un cordón de tejido que conecta el músculo con el hueso. Las distensiones pueden ocurrir durante los deportes de contacto, pero también pueden ocurrir cuando se repite el mismo movimiento una y otra vez, como en el tenis o el golf.
- **Tendinitis.** La tendinitis es la inflamación de un tendón, una banda flexible de tejido fibroso que conecta los músculos con los huesos. Es posible que una lesión repentina cause tendinitis, pero generalmente ocurre después de hacer el mismo movimiento una y otra vez. Las personas con ciertos oficios como carpinteros, jardineros, músicos, golfistas y tenistas tienen un mayor riesgo de tendinitis. A menudo afecta el hombro, el codo, la muñeca, la cadera, la rodilla o el tobillo.
- **Bursitis.** La bursitis es la inflamación de la bursa, un pequeño saco lleno de líquido que actúa como un cojín entre un hueso y otras partes móviles, como los músculos, los tendones o la piel. La bursitis puede ser causada por un golpe o una caída, pero también puede ser el resultado de repetir el mismo movimiento muchas veces, como lanzar una pelota, arrodillarse sobre una superficie dura o apoyarse en los codos a menudo durante un largo período de tiempo. Por lo general, afecta los hombros, los codos, las caderas o las rodillas.

Los síntomas de una lesión aguda incluyen:

- dolor intenso y repentino;
- moretones o hinchazón extrema;
- no poder poner peso sobre una pierna, rodilla, tobillo o pie;
- no poder mover una articulación normalmente;
- debilidad extrema de una extremidad lesionada;
- un hueso o articulación que parece estar fuera de lugar.

Los síntomas de una lesión crónica debido al uso excesivo incluyen:

- dolor cuando se juega o se hace ejercicio;
- hinchazón y dolor leve constante cuando descansa.

BIBLIOGRAFÍA

- Herman veles a. (2012) fundamentos de medicina nutrición y deporte para las investigaciones.
- Ana Bertha Pérez Lizaur (2014) nutriología medica nutricion en la actividad física 4 edición.
- ronea ,F; Calcium, (2015) micronutrients and physical activity to maximize bone mass during growth. Food, Nutrición and deporte.
- www.nutriciondeportiva.org
- http://www.eat tratados de nutrición y actividad fisica.org.mx

VIDEO

TIPO	TITULO	LINK	AUTOR
Video	Alimentación Pre-, Post- y durante la competición (Hidratos de carbono)	https://www.youtube.com/watch?v=H04-NwKrik0	Alvaro Molinos
Video	VÍAS ENERGÉTICAS ¿Aeróbico/Anaeróbico? - EXPLICACIÓN FÁCIL Y ACTUALIZADA	https://www.youtube.com/watch?v=N3pYVJ8Hh5k	Pablo Pizzurno
Video	UMBRALES AERÓBICO Y ANAERÓBICO: CÓMO APLICAR A TU DEPORTE	https://www.youtube.com/watch?v=xRbuG3v3Nwo	Ciencia y Deporte