PubliCE, (PubliCE) 2003

Research

Masa Muscular y Masa Grasa, y su relación con la Potencia Aeróbica y Anaeróbica en Futbolistas de 18 a 20 años de Edad (Parte I)

Nestor J Ramos[1] y Lic. Gustavo D Zubeldía[1]

[1]*Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca, Argentina.*

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar la Masa Muscular y Masa Grasa, y su relación con la Potencia Aeróbica (PA) y Anaeróbica (PAN), en futbolistas juveniles. Se midieron 31 sujetos de 18.6 ± 0.19 años. El grupo estaba formado por 4 arqueros (Arq), 10 defensores (Def), 10 Mediocampistas (Med), 7 delanteros (Del). Las variables funcionales evaluadas fueron: la Potencia Aeróbica por medio del test de Cooper, la Potencia Anaeróbica Láctica (PAL) con el test de 40 segundos (40 SEG) y la Potencia Anaeróbica Aláctica (PAA) con los tests de 60 metros (60 MTS) y saltar y alcanzar (SyA). Se determinó indirectamente la potencia anaeróbica en watts a través de la ecuación de Sayers y el consumo máximo de oxígeno a través de la ecuación de Cooper. En cuanto a las variables antropométricas se midió: peso (kg), talla (cm), talla sentada (cm), perímetros (cm) y pliegues (mm). Se calcularon las variables indirectas de % Masa Muscular (% MM), % Masa Grasa (% MG), Masa Muscular en kg (MM kg) y Masa Grasa en kg (MG kg) con el método de 5 Componentes de Kerr. El método de investigación fue analítico - descriptivo y de tipo transversal. Se utilizó test Student y se cruzaron variables a través de la correlación de Pearson. Se encontró una correlación importante entre % MM y 60 MTS (-0.73); % MM y SyA (0.80). De otra manera entre % MM y 40 SEG la correlación fue pobre (0.28). El % MG tuvo correlaciones bajas con Cooper (-0.26), 40 seg. (-0.37), SyA (-0.25). Para un análisis más exhaustivo se dividió el grupo utilizando la mediana, donde el Grupo A tenía mayor % MM (46.49) y el Grupo B menor % M.M (39.66) p <0.0001. Se hallaron diferencias significativas en 60 MTS p <0.001, SyA p <0.001 y Potencia Anaeróbica en Watts p <0.02, a favor del grupo A. En el % de M.G (% MG 25.18 - % MG 21.19) p <0.0001 se encontró diferencias significativas solo en el test de 40 seg p <0.04, a favor del grupo B. Por último se aplico análisis de varianza (ONE WAY) para los diferentes puestos de juego, con posterior análisis a través de Tukey HSD test. En las variables morfológicas se encontraron diferencias significativas en: Peso p <0.0001 para Arq vs Def, Med y Del, Talla p <0.037 para Arq vs Med y Del, Talla Sentado p <0.05 para Arq vs Def, Med y Del, MMkg p <0.01 para Arq vs Def, Med y Del, MGkg p <0.0004 para Arq vs Def, Med y Del % MG p <0.01 para Arq vs Def, Med y Del. En las variables funcionales solo se halló diferencia en: Potencia anaeróbica aláctica expresada en Watts p <0.0001 para Arq vs Def, Med y Del. Estos datos nos permiten concluir que: Un mayor desarrollo de la masa muscular incide de manera positiva sobre los valores obtenidos en los tests de PAA. Por otro lado el desarrollo del % MM no explica al rendimiento en la PAL ya que solo se encontró correlación en una posición de juego. Tampoco se encontró una alta relación entre el porcentaje de masa grasa y el rendimiento, ya que todos los futbolistas poseen un bajo % MG.

Palabras Clave: fútbol, antropometría, potencia, fuerza

INTRODUCCIÓN

El fútbol es uno de los deportes más populares del mundo, tanto por la cantidad de jugadores como de espectadores. La performance en el fútbol está determinada por la técnica, táctica, las características fisiológicas y psicológicas; cada uno de estos elementos se interrelaciona entre sí (23, 31,5).

Nuestro trabajo intenta informar el grado de relación de la PA (Potencia Aeróbica) y la PAN (Potencia Anaeróbica) en relación con la Composición Corporal en Futbolistas Juveniles de buen nivel.

Los factores fisiológicos se relacionan tanto con los índices de la capacidad aeróbica y anaeróbica, como con la estructura física de los individuos. Al realizar un análisis biológico, existe un consenso general entre los investigadores de que este juego tiene una participación aeróbica de 70 – 75 % y una participación anaeróbica del 20 – 25 % (4, 5, 23, 31, 32).

Los estudios en el pasado han mostrado que las características de la composición corporal son también un factor selectivo importante para el éxito competitivo en un deporte (33, 38). A partir de estudios se encontraron diferencias en la composición corporal entre atletas de diferentes deportes, y dentro de cada disciplina, entre diferentes eventos (Carter, 1992). Tales resultados demuestran que la cuantificación de estos aspectos, pueden conducir a un mejor entendimiento de la relación entre los factores antropométricos y la performance (cineantropometría - Ross).

En cuanto a la antropometría, un observador casual puede darse cuenta que los deportistas, en común, difieren con respecto a la composición corporal de los no deportistas; por otro lado un observador más experto puede identificar la tendencia deportiva de un atleta analizando el tamaño corporal, la adiposidad, la cantidad y distribución de masa muscular (Martin, Carter, Gómez).

La estimación de las masas corporales en futbolistas ha sido informada en varios estudios (14, 15, 23, 28, 32). En diferentes investigaciones se demostró que existe una relación inversa entre el rendimiento físico durante un partido de fútbol y masa grasa (5, 13, 15, 23, 31). El exceso de masa grasa va a interferir en forma negativa en actividades que requieran desplazamiento, saltos, etc., debido a que aumenta el peso del cuerpo sin capacidad adicional para producir fuerza (F = masa x aceleración).

Tradicionalmente, la cuantificación de la composición corporal de los deportistas se focaliza casi exclusivamente en la masa grasa (adiposa) y en la masa muscular, ya que en adultos la variación de las otras masas es muy pequeña y a parte no modifica demasiado el rendimiento físico.

Los resultados obtenidos en las evaluaciones de composición corporal pueden verse afectados por el método, la técnica de medición y calculo utilizado. Generalmente se concluye que el futbolista de elite es tan magro como la mayoría de los deportistas de alto nivel de diferentes disciplinas (14, 23, 37).

Otro aspecto importante es analizar las diferencias que existen por posición de juego. Es obvio que en el fútbol existen diferencias marcadas de acuerdo a la función que uno cumpla dentro del campo de juego, con raras excepciones a la regla.

En primer lugar, los defensores laterales son los que presentan los menores valores de tejido adiposo, tanto en valor absoluto como relativo. Martin encontró que estos tenían los valores más bajos de sumatoria de pliegues absoluta 50.9 mm vs. 62.2 mm para los demás puestos. Esto está relacionado con la función táctica especifica que cumplen hoy en día los llamados carrileros, que deben defender y a su vez generar situaciones de ataque constantemente lo que implica un gasto energético muy importante.

Por otro lado, los arqueros generalmente son los que presentan mayores valores de masa grasa (23, 28, 30, 32) debido a la menor carga metabólica desarrollada en competencia y en los entrenamientos. Martin en el 95' analizó las mediciones de futbolistas sudamericanos (incluyendo a Brasil y Argentina) y encontró que los arqueros tenían los porcentajes de grasa más altos en comparación a los otros puestos (13.3 ±0.9 % vs 10.2 ± 0.6). Inclusive se puede ver que los desvíos estándares eran los mas altos lo que presupone una gran variación de este componente.

A pesar de que los arqueros son los que tienen mayores valores de masa grasa; en la masa muscular expresada en kg, Martin, Carter y Gomes 95´ en futbolistas sudamericanos, observaron que los arqueros también son los que generalmente poseen mayores valores absolutos; encontrando diferencias significativas con defensores laterales, mediocampistas y delanteros laterales (arqueros tenían 52.0 ±1.4 kg de masa muscular vs. 46.9 ±0.8 kg media total para las demás posiciones de juego). Esto estaría relacionado con el mayor tamaño corporal. Pero cuando estos mismos autores analizaron el % de masa muscular, no se encontraron diferencias significativas entre las diferentes posiciones de juego (5, 23).

Por lo tanto, estos conceptos demuestran que en ciertas posiciones del campo de juego es necesario contar con dicho

tamaño corporal, debido a las dimensiones del arco y a los altos niveles de potencia que debe generarse en dicha posición de juego para apoderarse del balón. La masa muscular refleja, la potencia muscular necesaria para la aceleración, velocidad de carrera, salto, remate, etc. (29, 31). Esto también es observado en otros deportes de elite (37).

En cuanto al somatotipo, muchos autores han encontrado que los futbolistas de elite se clasifican como mesomórfos balanceado, lo que indica una característica de muscularidad en estos sujetos. En varias investigaciones se demuestra un buen desarrollo Muscular entre los jugadores (23, 28, 32).

Una parte del entrenamiento en futbolistas busca producir efectos sobre la masa muscular en cuanto a su calidad y cantidad para obtener una mejora en el rendimiento deportivo.

En cuanto a los aspectos funcionales y su relación con las variables antropométricas se ha observado que existe una correlación (negativa) elevada entre la distancia recorrida en un partido de fútbol y el porcentaje de masa grasa (13, 23, 28). Por otro lado se encontró también una relación negativa entre porcentaje de Tejido Adiposo y Fuerza de piernas (11, 19).

Es obvio que durante una acción de alta intensidad (piques cortos) los procesos anaeróbicos realizan contribución al rendimiento energético, no solo al inicio del trabajo sino en forma continua, durante todo el periodo del ejercicio. Esto tiene una relación directa con el desarrollo de la Masa Muscular. Drust reportó una mayor cantidad de distancia recorrida a máxima velocidad (explosivamente) en los delanteros en comparación con los defensores (557 ±288 vs 231 ±142) y esto coincide con lo reportado por Martin en relación con la masa muscular. Los delanteros centrales poseen los valores mas altos de % de masa muscular en comparación a los otros puestos (63.1 % vs 61.6 %).

En la actualidad, en la República Argentina; los trabajo publicados sobre esta área son escasos (especialmente en edades de 18 a 20 años), de aquí surge la idea de investigar y obtener una base de datos propios; permitiendo saber con fiabilidad las características antropométricas y funcionales alcanzadas por los individuos evaluados.

Así poder comparar estos mismos resultados con poblaciones de similares características, permitiendo mejorar la aptitud física con un fundamento real y científico.

PROBLEMA

¿Cuál es grado de relación e influencia de la Masa Muscular y Masa Grasa sobre el rendimiento alcanzado en los tests que predicen la Potencia Aeróbica y Anaeróbica en futbolistas de 18 a 20 años de edad pertenecientes al Club Atlético Lanus?

HIPÓTESIS

Los diferentes grados de desarrollo de la Masa Muscular y Masa Grasa inciden en el rendimiento de la Potencia Anaeróbica y Aeróbica en futbolistas de 18 a 20 años de edad pertenecientes al Club Atlético Lanús.

OBJETIVOS GENERALES

Determinar el grado de relación de la Masa Muscular y Masa Grasa sobre la producción de la Potencia Aeróbica y Anaeróbica en futbolistas de 18 a 20 años de edad pertenecientes al Club Atlético Lanús.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer comparaciones de evaluaciones funcionales por posición de juego.
- Comparar los valores de peso, talla, Masa Muscular y Masa Grasa por posición de juego.
- Cotejar datos de peso, talla, Masa Muscular, Masa Grasa y VO_2 máx. con respecto a futbolistas nacionales y de otros países.

DEFINICIONES SEMÁNTICAS Y FISIOLÓGICAS

VARIABLESANTROPOMÉTRICAS

Edad Milesimal

Consiste en expresar la edad de un sujeto en fracciones decimales. Con esto se logra el cálculo de la edad exacta de un sujeto en el día de la evaluación. Se obtiene a partir de la diferencia entre el día de nacimiento y día de la evaluación. (20).

Peso

Fuerza de atracción gravitatoria ejercida por un astro sobre el cuerpo. En el ser humano se expresa en unidades de medidas (g, kg, etc.). (Real Academia Española)

Talla

La técnica de altura en extensión máxima (strech stature) requiere medir la máxima distancia entre el piso y el vértex craneal. Para ello la cabeza debe estar en plano Frankfort. Es decir, el arco orbital inferior debe ser alineado horizontalmente con el trago (cartílago de la oreja) de la oreja, estas línea imaginaria debe ser perpendicular al eje longitudinal del cuerpo. (Mazza, J.C.; "El Somatotipo de Heath - Carter"; Artículo de Cineantropometría y Nutrición)

Talla Sentado

Es la distancia entre el vértex (la cabeza en plano de Frankfort) y el plano donde se sienta el sujeto (caja o mesa). (Mazza, J.C.; "El Somatotipo de Heath - Carter"; Artículo de Cineantropometría y Nutrición)

Composición Corporal

Hace referencia a la cantidad de constituyentes del cuerpo a niveles, anatómicos, moleculares, celulares, tisulares y de cuerpo entero. (Houtkooper, L.B. y Going, S.B.; Proceedings 1998)

Masa Grasa

Tejido separable por disección grosera y que incluye la mayor parte del tejido adiposo subcutáneo, el tejido adiposo omental que rodea a los órganos y vísceras y una pequeña cantidad de tejido adiposo intramuscular. (27).

Masa Muscular

Todo el músculo esquelético del cuerpo, incluyendo tejido conectivo, ligamentos, nervios, vasos sanguíneos, sangre coagulada y una cantidad indeterminada de tejido adiposo no separable fisicamente del músculo. (27)

% Masa Grasa

Porcentaje de masa grasa total del cuerpo. Grasa cutánea y visceral.

% Masa Muscular

Porcentaje de masa muscular del cuerpo.

% Masa Magra

Porcentaje de la masa del cuerpo que no es Masa Adiposa, incluidos los músculos, hueso, piel y órganos.

V**ARIABLES FUNCIONALES**

Condición Física

En el deporte de alto rendimiento implica una combinación óptima de aquellas características físicas, fisiológicas, bioquímicas y psicológicas que contribuyen al éxito en las competencias. Un elevado desarrollo en la preparación física de un atleta es específico para esa misma competencia, pero dada la multiplicidad de determinantes biológicos de un buen estado físico, no existe una solución óptima par una determinada prueba.

Consumo de oxígeno

Es el volumen de oxígeno (a 0° C, 760 mm Hg, seco = STPD) extraído del aire inspirado, habitualmente expresado en litros por minutos (VO_2) (Astrand - Rodahl).

Es el proceso metabólico - funcional que asegura a través de los sistemas de captación y transporte, la presencia de oxígeno en el interior de la fibra muscular. (Narváez Perez, Alvarez Casado y Barbieri).

Consumo máximo de oxígeno

Es aquel que mide la Capacidad del cuerpo para transportar oxígeno desde el aire ambiental hasta los músculos que están

trabajando en un ejercicio máximo. (R.J. Shephard, La Resistencia en el Deporte).

VO_2 Relativo

Capacidad de absorción de oxígeno por parte del músculo esquelético, expresado en ml/kg/min.

VO_2 Absoluto

Capacidad de absorción de oxígeno por parte del músculo esquelético, expresado en ml/min.

Potencia

Entendemos por Potencia la capacidad del individuo de realizar trabajo en la unidad de tiempo. Seria el Producto (P) de la Fuerza (F) por la Velocidad (V). P =F x V

El aumento de una de las dos variables (P y V) produce una mejora en el resultado de la capacidad definida. (Anselmi, H.E., Libro: Fuerza, Potencia y Acondicionamiento Físico; año 2001).

La potencia es la aplicación funcional de la fuerza y de la velocidad (37).

Potencia Metabólica

Criterios cualitativos y cuantitativos para clasificación desde lo metabólico

- Velocidad de liberación de energía.
- Cantidad de energía producida por minuto o segundo.
- Producción Energética en la unidad de tiempo. (Molnar, G; "Metodología del entrenamiento de la resistencia anaeróbica).

Potencia Aláctica

Punto máximo de degradación de la CP (fosfocreatina) y potencia metabólica máxima (Molnar).

Capacidad Aláctica

Duración máxima en que la potencia se mantiene en un nivel muy alto.

Potencia Láctica

Máximo ritmo de glucólisis Rápida (máxima tasa de producción de lactato) (Molnar).

Capacidad Láctica

Duración máxima en la que la glucólisis rápida opera como fuente principal de energía.

Fuerza

Puede quedar definida tanto desde una perspectiva biomecánica como fisiológica.

Definición Biomecánica

La define como la causa capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo y viene formulada por la segunda ley de Newton:

F =M x A.

Definición Fisiológica

La define como la capacidad de vencer una resistencia externa o reaccionar contra la misma mediante una tensión muscular de manera estática o dinámica. Dependiendo de la forma de producirse la tensión muscular y el tiempo de aplicación de ésta, tendremos un tipo de fuerza u otra.

Velocidad

Es la cualidad innata que permite al sujeto movilizar su cuerpo o segmento de su cuerpo o una distancia determinada, con un mayor recorrido en el tiempo posible. Desde el concepto de la Física es: Velocidad = Espacio / Tiempo.

Energía

La Energía es una propiedad de la materia la cual se manifiesta desde cualquiera de sus estados o formas. La más básica de sus definiciones indica que se trata de la capacidad que poseen los cuerpos para realizar un trabajo, es decir, la cantidad de energía que contienen los cuerpos se mide por el trabajo que realizan.

La realidad del mundo físico muestra que la energía, siendo única, puede presentarse bajo diversas Formas, capaces de Transformarse unas a otras.

Formas de Energía: Mecánica, Electromagnética, Térmica, Química y Metabólica

Energía Metabólica

Es la generada por los organismos vivos gracias a procesos químicos de oxidación como producto de los alimentos que ingieren.

ANTROPOMETRÍA

La antropometría, término usado por Elsholtz en la Universidad de Padua en el siglo XVII y luego por Quetelet dos siglos más tarde, se refiere a las mediciones que se realizan sobre el cuerpo humano, y la masa corporal (peso). Estas incluyen diámetros de huesos, longitudes y segmentos, alturas, perímetros del tronco y miembros, y pliegues cutáneos. Existe una estandarización internacional de protocolos para la técnica y sitios de medición, regida por la International Society for the Advancement of Anthropometry (ISAK).

Cada medición nos aporta información sobre aspectos físicos de la persona, los diámetros, segmentos y alturas describen el aspecto genotípico de la estructura ósea. Los perímetros y pliegues brindan información sobre aspectos más fenotípicos como los tejidos adiposo y muscular. Los pliegues solo informan sobre la adiposidad subcutánea y su regionalización.

Una vez obtenidos, los datos antropométricos pueden utilizarse por si mismo como indicadores de estado y cambios, o pueden generar índices específicos. Con los datos brutos y derivados de cálculo se suelen armar tablas que describen los parámetros de una muestra de la población.

Existen muchas herramientas analíticas, cada una con sus respectivos alcances y limitaciones. Entre ellas nombramos el Somatotipo, la Composición Corporal, la Proporcionalidad, el O-Scale, y determinados índices como el de Masa Corporal o Cintura-Caderas. Con estas herramientas el profesional de la salud o deporte puede estimar el estado actual del sujeto y compararlos con datos de referencia y conocer la magnitud del mismo.

CINEANTROPOMETRÍA

Este término, fue diseñado por Hill Ross en 1972 y compuesto por tres palabras, cine (kinein = movimiento), antropo (anthropos = ser humano) y metria (matrein = medición), este campo de la ciencia utiliza medidas antropométricas y estudia su asociación a variables de función.

Este mismo autor la ha definido como una especialidad científica que aplica métodos para la medición del tamaño, la forma, las proporciones, la composición, la maduración y la función grosera de la estructura corporal. Es considerada una disciplina básica para la solución de problemas relacionados con el crecimiento, el desarrollo, el ejercicio, la nutrición y la performance, que constituye un eslabón cuantitativo entre la estructura y función, o una interfase entre anatomía y fisiología o performance. Describe la estructura morfológica del individuo (sea este deportista competitivo o recreativo) en su desarrollo constitucional, y las modificaciones provocadas por el crecimiento y por el entrenamiento.

PESO Y TALLA EN FUTBOLISTAS

Los datos sobre la altura y el peso en equipos de fútbol sugieren que los jugadores tienen una gran variación en el tamaño corporal, y que el mismo no es necesariamente un condicionante o determinante del éxito.

No tener una determinada altura no es en sí mismo una barrera para llegar a jugar al fútbol en un nivel medio, a pesar de que puede determinar la elección de la posición de juego.

Los valores medios de la bibliografía internacional solo sirven para fines comparativos. Un técnico puede modificar el rol táctico de un equipo debido a los atributos físicos que su equipo puede presentar, pero que son compensados por su

riqueza técnica y motivacional.

De otro modo la influencia étnica o raciales también afectan el tamaño corporal medio de un equipo de fútbol. Por lo tanto la estatura es una gran ventaja para el arquero, los zagueros centrales y los delanteros centrales, aclarando que para estos dos últimos es de suma importancia ganar posesión de la pelota con la cabeza.

Los arqueros generalmente tienen los promedios más altos en cuanto a su talla, seguidos por los defensores centrales. A continuación se detalla datos sobre altura y peso de diferentes equipos del mundo (Tablas 1-2-3-4).

Posición del Equipo						
	Defensor lateral	**Defensor central**	**Mediocampista**	**Delantero**	**Arquero**	**Promedio**
Talla (cm)	179 (170-184)	188 (184-193)	178 (172-190)	178 (167-190)	190 (184-192)	181 (167-193)
Peso (kg)	72,1 (59-83)	86,2 (82-88)	74 (67-84)	73,9 (68-80)	87,1 (79-97)	77,1 (59-97)
N	12	13	21	14	5	65

***Tabla 1**. Peso y Talla perteneciente a la Liga Danesa de Fútbol. 91/92 (Bangsbo).*

POSICIÓN	**ESTATURA (cm)**	**PESO CORPORAL**
ARQUEROS (n=15)	182,4 ± 5,02	84,6 ± 6,82
DEFENSORES CENTRALES (n=20)	180,9 ± 2,54	79,4 ± 4,92
DEFENSORES LATERALES (n=17)	174,4 ± 4,77	75,5 ± 5,06
MEDIOCAMPISTAS DEFENSIVOS (n=20)	177,6 ± 5,75	74,7 ± 5,75
MEDIOCAMPISTAS OFENSIVOS (n=14)	174,99 ± 4,45	72,99 ± 5,19
DELANTEROS CENTRALES (n=9)	178.8 ± 5,46	79,9 ± 7,32
DELANTEROS LATERALES (n=15)	174,5 ± 4,74	71,6 ± 4,95
TOTAL (n=110)	177,7 ± 5,74	76,4 ± 7,01

***Tabla 2**. Peso y Talla de futbolistas Sudamericanos de Elite. Copa América 1995 (SOKIP).*

JUGADOR Y PUESTO	TALLA (cm)	PESO (kg)
(Volante Central)	171.3	69.9
(Volante Lateral)	173.2	74.5
Volante de creación)	173.2	77
(Arquero)	186	89.4
(Arquero)	180.1	83.45
(Delantero)	171.5	75.9
(Delantero)	175	71.6
(Volante de creación)	168.8	68
(Volante de creación)	180.4	77.8
(Defensor Lateral)	171.8	69.75
(Delantero Central)	184.2	82.5
(Defensor Lateral)	168.7	71.4

***Tabla 3**. Peso y Talla de la Selección Nacional Argentina Mayor. Año 1997 - 98. Biosystem.*

EQUIPO	ESTATURA (cm)	PESO (kg)
Checoslovaquia 1968 (Stepnicka 1974) (Stepnixcka y cols, 1979)	176.1 +/- 6	73.5 +/- 6.2
Hungria 1970/71 (Chavonava & Zrubak, 1972 Zrubak & Hurca , 1976)	178.4 +/- 4	74.9 +/- 5.8
Hungría (Farmosi 1988)	178.7 +/- 3.3	75.5 +/- 5
Bulgaria (Toteva 1992)	178.6	73.9
España Nacional (Casajus y Aragonés, 1991)	177.8 +/- 6.5	77.3 +/- 6.1
España Profecional (Casajus y Aragonés, 1997)	177.3 +/- 5.9	75.3 +/- 6.1
Nigeria, Clubes (Toriola y cols 1984)	169.3 +/- 9.8	64.8 +/- 7.5
India Estatal (Sodhi y Sidhu, 1984)	169.3 +/- 4.4	58 +/- 4.1
India Nacional 1987 (Sodhi y cols, 1989)	168.7 +/- 3.9	60.6 +/- 4.4
Brasil Clubes (Matsudo, 1986)	174.3 +/- 6.2	70.9 +/- 7.2
Brasil Prof. 1° División (Guimaraes 1975)	178 +/- 6	75.3
Rio 1° División Campeón. (Gomes 1995 no publicados)	176.2 +/- 4.6	73.6 +/- 6.3

Brasil Copa del Mundo. (Gomes 1994 no publicados)	178.9 +/- 5.3	78.5 +/- 4.9
Arabia saudita. (Soares & Matsudo, 1987)	172.9 +/- 5.8	65 +/- 7.1
Italia. Jugadores Profesionales (Faina y cols, 1988)	172 +/- 0.9	74.4 +/- 1.1
Liga Inglesa 1° División. (white y cols, 1988)	180.4 +/- 1.7	76.5 +/- 1.5
Tottenham Hotspur. (Reilly 1979)	178.5 +/- 1.3	77.5 +/- 1.3
Equipo Nacional Danés (Bangsbo y cols, 1988)	183	77

***Tabla 4**. Peso y Talla de diferentes equipos a nivel Mundial (Bangsbo).*

COMPOSICIÓN CORPORAL

Tradicionalmente, la calificación de la composición corporal de los deportistas se centraliza casi exclusivamente en la masa grasa (desde el punto de vista antropométrico, masa adiposa), tomando como criterio de medición la hidrodensitometría, o un centenar de fórmulas validadas por este criterio de medición. Existen varios inconvenientes con este método.

Los deportistas de alto nivel de casi todas las especialidades son muy magros: velocistas, gimnastas, maratonistas, saltadores en largo, saltadores en alto, levantadores de pesas, y jugadores de tenis, por dar algunos ejemplos. Si son varones lo más probable es que tengan porcentaje graso entre 7% y 12% (Sinning, 1996), por lo cual una medición aislada de la adiposidad es inefectiva para distinguir claramente la composición corporal, asociada con deportes particulares. La inspección visual muestra que es la masa muscular y ósea, y la forma en que están distribuidas en el cuerpo, son las que distinguen a estos deportistas y, por lo tanto, cualquier evaluación de la composición corporal en deportista debería examinar al menos tres componentes Grasa/adiposidad, músculo, y hueso.

Otro inconveniente importante que se genera al centralizar el estudio sólo en la grasa/adiposidad, es que las presunciones o suposiciones científicas subyacen a la justificación y sustento del método hidrodensitométrico, éste tiene el potencial de causar grandes errores (Martin y Drinkwater, 1991).

Por lo tanto esto puede afectar seriamente a los deportistas, cuya densidad ósea podría ser mucho mayor de lo normal, resultante de una subestimación del porcentaje graso. Junto a este problema está el efecto del grupo étnico o raza, lo cual induce a un mayor error en las estimaciones del porcentaje graso (Schutte 1984; Heyward y Stolarezyk, 1996).Todas estas consideraciones se deben tener en cuanta porque se aplican a los jugadores de fútbol élite.

MODELOS DE COMPOSICIÓN CORPORAL

El modelo humano comprende más de 30 componentes principales, reconocidos a niveles atómicos, moleculares, celulares, tisulares y de cuerpo entero, de la composición corporal (Wang, 1992). Las mediciones directas de composición corporal en humanos vivientes no son factibles, pero han sido desarrollados varios modelos para la estimación indirecta de los constituyentes del cuerpo. El modelo químico de dos componentes fue utilizado primariamente en el estudio de las relaciones de composición corporal y performance física. Este modelo divide al cuerpo en masa grasa y masa magra. La grasa es un componente a nivel molecular, que no debe ser confundida con células grasa o tejido adiposo, que son componentes celulares y tisulares de la composición corporal.

Los términos grasa y lípidos son generalmente confundidos e intercambiados inapropiadamente (Heymsfield y Wang, 1993). La grasa se refiere a la familia de componentes químicos llamados triglicérido y muchos otros componentes, por ej: glicerofosfátodos y esfingolípidos (Gurr y Harwood, 1991).

En el modelo químico de dos componentes está presente el componente graso, históricamente ha incluido todos los lípidos, y todos los demás constituyentes corporales están incluidos en Masa magra. En modelos químicos más complejos, de tres o cuatro componentes, Masa magra está subdividida en sus principales constituyentes: agua, minerales y proteínas. Por lo tanto, en la composición corporal hay métodos estandarizado que se puede dividir en:

MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

DIRECTOS

Disección de cadáveres y análisis anatómicos y químicos de sus componentes.

INDIRECTOS:

- Densitometría.
- Determinación del agua corporal total.
- Determinación del potasio total.
- Absorciometría fotónica dual.
- Modelos cineantropométricos (fraccionamiento antropométrico en cuatro masas corporal- Drinkwater, Ross; modelo geométrico, Drinkwater; fraccionamiento antropométrico en cinco masas corporales, Kerr y Ross).
- Determinación de: Creatina plasmática total; Excreción de creatina urinaria; Excreción de 3 metil-histadina endógena.
- Topografía axial computada (TAC).
- Resonancia magnética nuclear (RMN).

DOBLEMENTE INDIRECTOS

- Antropometría (y obtención de fórmulas de regresión a partir del modelo densitométrico, para obtener un mayor de densidad corporal y de allí él % de masa grasa).
- Bioimpedancia eléctrica.

MASA MUSCULAR

Desde el nacimiento hasta la adolescencia, la masa muscular aumenta en forma sostenida, junto con la ganancia de peso del sujeto. En el hombre la masa muscular total aumenta desde el 25% del peso corporal hasta el 40 - 45% o más en la edad adulta.

Una gran parte de esta ganancia tiene lugar cuando el ritmo de desarrollo muscular llega al máximo en la pubertad, esto esta relacionado con la producción de testosterona. El incremento de la masa muscular con el crecimiento y el desarrollo se consigue principalmente mediante la hipertrofia de fibras musculares individuales a través de incrementos de sus miofilamentos y miofibrillas. La longitud del músculo aumenta con la adición de sarcómeros y con incrementos de la longitud de los sarcómeros existentes (Wilmore y Costill).

El éxito en el rendimiento de actividades tales como lanzar, empujar, levantar pesas, las cuales requieren la aplicación de la fuerza contra objetos externos, esta altamente relacionado con la Masa Muscular.

Los jugadores de fútbol tienden a tener un buen desarrollo muscular, especialmente en los miembros inferiores (muslos y pantorrillas) y esto provoca una forma corporal o físico característico. El entrenamiento físico puede afectar las propiedades funcionales de los grupos musculares comprometidos con la habilidad del juego.

La comparación de jugadores de la Liga Inglesa con deportistas de Olimpíadas de 1960 (Tanner 1964), mostró que los futbolistas se asemejaban en peso y circunferencias de muslos a saltadores de valla de 400 mts, pero eran más bajos y tenían mayor masa grasa. Los perímetros de muslos, pantorrilla y los pliegues cutáneos se aproximan a los valores de los atletas de salto triple, los cuales eran más livianos y más altos (Reilly).

En una investigación que se realizó en la Copa América, organizada por Uruguay, se obtuvo que el valor medio de Masa Muscular es algo mayor que los valores observados para deportistas varones de potencia, de nivel universitario, reportados previamente utilizando la misma ecuación (Spenst, 1993). En otro estudio, se reportó que los nadadores de elite tenían menos muscularidad, lo cual es razonable dado que el músculo es más denso que en el agua, y que la potencia de piernas de nadadores es considerablemente menor que la de deportistas en actividades que suponen cargar con el propio peso (Drinkwater y Mazza, 1994).

En esta misma investigación (SOKIP, Copa América 1995) se encontró que la mayor masa muscular expresada en kilogramos favoreció a los Arqueros, con respecto a los jugadores de campo. Encontrando los menores valores en los Volantes Ofensivos.

Cuando este valor se transformó en porcentaje de masa muscular lo valores más altos lo obtuvieron los Delanteros Laterales, a pesar de que sus valores no fueron estadísticamente diferentes de los jugadores en otras posiciones.

Jugador y Puesto	% Masa Muscular
(Volante Central)	49.53
(Volante Lateral)	49.88
(Volante de creación)	50.38
(Arquero)	52.01
(Arquero)	51.42
(Delantero)	52.93
(Delantero)	50.29
(Volante de creación)	50.39
(Volante de creación)	45.30
(Defensor Lateral)	50.80
(Delantero Central)	52.06
(Defensor Lateral)	55.99

Tabla 5. *Datos de la Selección Nacional Argentina Mayor sobre el % MM. Año 1997 - 98. Biosystem.*

Puesto	% Masa Muscular
Arqueros	46.5 ±0.7
Defensores	48.1±3.1
Volantes	49.0 ±1.0
Delanteros	49 ±2.7

Tabla 6. *Datos sobre % MM, de un equipo de Mendoza con participación en el Nacional B. Año 1997.*

	Masa Muscular	
Varones (%)		**Mujeres (%)**
> 54.2	**Excelente**	> 47.5
≤ 54.2	**Bueno**	≤ 47.5
≤ 50.8	**Aceptable**	≤ 43.8
≤ 43.9	**Bajo**	≤ 36.3

Tabla 7. *Valores estandarizados de % MM en deportistas a través del método de 5 componentes (Tablas no publicadas). Mazza.*

MASA GRASA Y RENDIMIENTO EN LA ACTIVIDAD FÍSICA

La evidencia en varios grupos etarios ha demostrado una relación inversa entre masa grasa y la performance en actividades físicas que requieran desplazamiento del peso del cuerpo verticalmente, como en el salto, u horizontalmente, como la carrera (Boileau y Lohman, 1977; Malina 1992). El exceso de adiposidad va en detrimentos en estos tipos de actividades debido a que esto aumenta el peso del cuerpo, sin capacidad adicional para producir fuerza. Debido a que la aceleración es proporcional a la fuerza pero inversamente proporcional a la masa corporal, el exceso de grasa a un nivel dado de aplicación de la fuerza, resultará en cambios más lentos en velocidad y en dirección. (Boileau y Lohman, 1977, Harman y Frykman, 1992). El exceso de adiposidad también incrementa el costo metabólico de actividades físicas que movimiento de la masa total del cuerpo (Buskirk y Taylor 1957). Por lo tanto, en la mayoría de la performance que involucren movimiento de la masa corporal, un % de GC relativamente bajo debería ser ventajoso, tanto mecánica como

metabólicamente. (Boileau y Lohman, 1977).

Los datos de corte transversal indican que el % grasa corporal está inversamente relacionado a la capacidad aeróbica (VO_2 máx.), expresada relativamente al peso corporal, y también esta relacionada a la performance de carrera a la distancia (Cureton, 1992). Éste mismo autor y colaboradores condujeron experimentos a cerca de los efectos del incremento artificial del peso corporal sobre las respuestas fisiológicas al ejercicio, y sobre la capacidad de performance física. Los dato demostraron que la performance de carrera de individuos sanos, y de peso normal, se redujeron cuando estos cargaban cinturones/chalecos con pesos.

En contraste, cantidades adecuadas de grasa, apropiadamente distribuidas, son ventajosas para Rugby, fútbol americano y otros deportes de contacto en los cuales la absorción de fuerza es importante.

Existen valores (todavía no fueron publicados) obtenidos por el doctor Mazza, que utilizan como método 5 componentes para estandarizar el % MG que un deportista puede presentar (Ver tabla 8).

	Masa Adiposa	
Varones (%)		**Mujeres (%)**
< 16.6	**Excelente**	< 21
≤ 20	**Bueno**	≤ 24
≤ 26	**Aceptable**	≤ 29
≤ 30.6	**Elevado**	≤ 34
≥ 30.6	**Muy Elevado**	≥ 34

Tabla 8. *Valores estandarizados de % MG en deportistas a través del método de 5 Componentes (Tablas no publicadas).*

La composición corporal es un aspecto importante en el rendimiento del fútbol, ya que la grasa actúa como peso muerto en actividades donde la masa corporal es elevada en forma reiterada contra la gravedad, corriendo o saltando durante el juego.

Existe una creencia generalizada entre competidores y entrenadores de que hay pesos y composiciones corporales ideales para los deportes específicos. El término “ideal” implica que para la composición corporal hay una óptima combinación conocida de masa grasa corporal y masa magra.

Por otro lado las recomendaciones de peso y composición corporal para los deportistas, usualmente están basadas en valores de % de grasa corporal y masa magra obtenidos en mediciones en muestra de deportistas de élite en varios deportes (Sinning, 1985; Wilmore, 1992; Berg 1990).

En la Copa América de 1995, el análisis de adiposidad según la posición de juego mostró que, numéricamente, los arqueros fueron los que tuvieron más grasa. Solamente se observó significancia estadística entre los arqueros y delanteros laterales en los % Grasa Corregidos. No obstante, excluyendo a los arqueros, las diferencias entre las medias entre las diferentes posiciones fueron muy pequeñas, reflejando la magreza característica de los deportistas de potencia y fondo en distintos deportes (SOKIP, Copa América de Uruguay, 1995).

La mayoría de los futbolistas acumulan un porcentaje alto de tejido adiposo cuando están fuera de temporada; un ejemplo fue un equipo perteneciente a la Liga Inglesa que era de 19.3% (White, 1988).

Por lo tanto, en el momento que se van a realizar las mediciones tiene que ser bien aclarado, porque puede llegar a tener una variación dependiendo de muchos factores como temporada, dieta, etc.

País	Suma de 8 P.C.	% de Grasa.
Argentina	61.7	10.5
Ecuador	61.9	10.9
Uruguay	60.2	10.5
Paraguay	58	10.1
Colombia	53.4	9.4
Bolivia	62.5	11.2

Tabla 9. *Valores de % MG en Futbolistas Sudamericanos de Elite. Copa América 1995 (SOKIP).*

Jugador y Puesto	% Masa Grasa
(Volante Central)	17.76
(Volante Lateral)	20.06
(Volante De Creación)	20.06
(Arquero)	21.15
(Arquero)	20.02
(Delantero)	17.84
(Delantero)	19.17
(Volante De Creación)	19.78
(Volante De Creación)	26.88
(Defensor Lateral)	20.23
(Delantero Central)	20.30

Tabla 10. *Datos de la Selección Nacional Mayor sobre el % MG. Año 1997 - 98. Biosystem.*

PERFIL DE LAS ACTIVIDADES DE LOS FUTBOLISTAS DURANTE UN PARTIDO DE FÚTBOL

Investigación en jugadores de Dinamarca-Primera División y Selección Nacional(24). Sobre un total de desplazamiento de 8000 a 9500 mts, en 90 minutos:

- 17,1 % del tiempo, estático
- 39,8 % del tiempo, caminando
- 29,8 % del tiempo, trotando a baja velocidad, corriendo para atrás
- 10,5 % del tiempo, corriendo a moderada intensidad.
- 0,7 % del tiempo, sprints máximo

Otro trabajo de investigación sobre jugadores pertenecientes a la Liga Inglesa se repartió de la siguiente manera (24, 5):

- 25 % del tiempo, caminando
- 37 % del tiempo, haciendo “jogging”
- 20 % del tiempo, corriendo a velocidad “crucero” submáxima
- 11 % del tiempo, haciendo piques
- 7 % del tiempo, moviéndose hacia atrás

Las categorías de “velocidad crucero” y piques pueden combinarse representando la actividad de alta intensidad en fútbol. Se observa entonces, que la proporción entre el ejercicio de baja y alta intensidad es de casi 2,2 a 1, en términos de distancia cubierta. Se podría decir que en términos de tiempo, esta proporción es de casi 7 a 1. Esto denota un gasto predominantemente aeróbico de energía. En promedio, cada jugador tiene un corto período de pausa sólo 3 segundos cada 2 minutos. Por lo general, menos del 2 % de la distancia total cubierta por futbolistas de alto nivel se cumple en contacto con la pelota. Destacando que la gran mayoría de las acciones se lleva a cabo sin la pelota.

CAMBIOS DE ACTIVIDAD DURANTE UN PARTIDO DE FÚTBOL

Para analizar cambios de actividad motriz y energética dentro del juego, vale la pena revisar 2 importantes estudios:

- En jugadores ingleses de Primera División (Reilly y Thomas, 1976), 1000 cambios de actividades, con una duración media de 5-6 segundos.
- En jugadores daneses de Primera División y Selección (Bangsbo 1991), 1179 cambios de actividades, con una duración de 4-5 segundos.

En este mismo estudio se pudo discriminar:

- Duración promedio de sprints 2 segundos (Promedio de 15 a 17 mtrs).
- Número de sprints máximos 19 (Promedio por jugador, uno cada 4-5´).
- Número de carreras más sprints 76 (Promedio por jugador, uno cada 70´´).

DISTINTAS ACCIONES DE JUEGO EN UN PARTIDO DE FÚTBOL

Tackles

- Jugadores Suecos: Promedio 13,1 (Ekblom, 1986).
- Jugadores Australianos: Promedio 14,0 (Whiters, 1982).
- Jugadores Daneses: Promedio 10,9 (Bangsbo, 1991).

Cabezazos

- Jugadores Suecos: Promedio 9,0 (Ekblom, 1986)
- Jugadores Australianos: Promedio 9,9 (Whiters, 1982)
- Jugadores Daneses: Promedio 8,9 (Bangsbo, 1991)

Saltos

Jugadores Ingleses. Promedio 15,5 (Reilly y Thomas, 1976)

- delanteros 19,6
- mediocampistas 10,3
- defensores centrales 20,4
- defensores laterales 11,1

Pases

Jugadores Daneses: Promedio 35,3 (Bangsbo, 1991)

Intercepciones

Jugadores Daneses: Promedio 14,5 (Bangsbo, 1991)

Dribling

Jugadores Daneses: Promedio 30 veces, con una duración de 2´ 90/100 (Bangsbo, 1991)

Remate

- Jugadores Daneses: Promedio 1,1 (Bangsbo, 1991)
- Jugadores Ingleses. Promedio 1,4 (Reilly y Thomas, 1976)

Distancia en posesión de la pelota

Jugadores Ingleses: Promedio 1,7 de la distancia (158 mtrs de promedio) (Bangsbo, 1991)

POTENCIA

POTENCIA MECÁNICA

Entendemos por Potencia la capacidad del individuo de realizar trabajo en la unidad de tiempo. Seria el Producto (P) de la Fuerza (F) por la Velocidad (V). P =F x V.

El aumento de una de las dos variables (P y V) produce una mejora en el resultado de la capacidad definida.

La Potencia se puede clasificar según la duración e intensidad del esfuerzo en: Potencia Aeróbica y Potencia Anaeróbica.

POTENCIA METABÓLICA

Se refiere a al producción de energía proveniente de la ruptura del compuesto adenosin trifosfato o simplemente ATP. La energía potencial dentro de la molécula de ATP es utilizada luego en todos los procesos de la célula que requieren energía.

Actividades breves de potencia que duran hasta 7" dependen casi exclusivamente de la liberación inmediata de energía generada por la degradación de los fosfatos intramusculares de ATP-PC (37).

Durante un partido de fútbol las acciones que demandan estas prestaciones energéticas corresponden a un 4% de la distancia total recorrida.

POTENCIA MUSCULAR MÁXIMA

Es la que generalmente se obtiene cuando la fuerza ejercida se encuentra alrededor del 30 - 40 % de la fuerza máxima isométrica y la velocidad de acortamiento es cercana al 35 - 45 % de la velocidad máxima (Hill, 1938).

POTENCIA ANAERÓBICA

Es la máxima potencia que puede ser generada por un metabolismo no oxidativo, cuando las fibras en condiciones de trabajos reducen o limitan el aporte de oxígeno. Durante un trabajo liviano la energía requerida puede ser generada casi exclusivamente por los procesos aeróbicos, pero cuando el trabajo es más intenso entran en juego los procesos anaerobios (33)

POTENCIA ANAERÓBICA ALACTÁCIDA

Es la potencia producida en los primeros 7 a 10 segundos de trabajo intenso, deriva de la ruptura de los enlaces fosfóricos adenosín trifosfato (ATP) y de la fosfocreatina (PC), sin producción de lactato.

POTENCIA ANAERÓBICA LACTÁCIDA

Es producción de trabajo intenso realizado entre los 10 a los 40 segundos, cuya fuente energética proviene de la glucólisis anaeróbica con producción de ácido láctico.

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ANAERÓBICA EN EL FÚTBOL

Recordemos que la energía anaeróbica se libera de la degradación del adenosín trifosfato (ATP), el cual está almacenado en el músculo o se produce por la división del fosfato de creatina (PC) o por la degradación de hidratos de carbono (CHO) a piruvato (glucólisis), que conduce a la formación de ácido láctico. Una contribución de energía anaeróbica menos importante puede tener lugar por la degradación del adenosín difosfato (ADP) a adenosín monofosfato (AMP) y después a inosín monofosfato (IMP) y NH3. En la mayoría de los casos, los procesos anaeróbicos son muy rápidos de tal forma que los músculos son capaces de mantener altos niveles de ATP durante el ejercicio. En general, el juego de 90´ tiene una participación anaeróbica del 25 - 30 %.

Bangsbo en la Primera división y Selección danesa pudo determinar: duración promedio de los sprints de 2 segundos (promedio 15 a 17 mts); número de sprints máximos 19 (uno cada 4 - 5´); número de carreras a alta velocidad + sprints (promedio p/jugador) 76 (uno cada 70´´).

En los estudios más reciente se encontraron que para jugadores de elite, la duración total de ejercicios de alta intensidad durante un partido de fútbol es de casi 7 minutos, incluyendo 19 carreras cortas de velocidad, con una duración media de 2.0 seg. La degradación de CP y, en menor grado de ATP almacenado, brinda una cantidad considerable de energía

durante estas carreras cortas. La energía anaeróbica restante es aportada a partir de la glucólisis, generando la formación de lactato. Se ha demostrado que la ruptura de ATP-CP y la glucólisis producen, cada una, la mitad de energía aneróbia durante un ejercicio máximo de 6 segundos de duración (Boobis, 1987). Durante períodos más prolongados de ejercicios intensos la glucólisis se vuelve predominante.

Producción de CP y ATP: En el fútbol, la concentración de CP alterna continuamente, probablemente como resultado de la naturaleza intermitente del juego. En una trabajo de investigación en el cual se realizaron ejercicios intermitentes de 2 minutos con intensidades altas, media y baja, similar a las actividades durante un partido de fútbol, se observó una disminución pronunciada de CP durante las intensidades máximas, pero casi alcanzó el valor de reposo al final de cada ejercicio. En general, la recuperación de CP después de una serie de ejercicios intenso es bifásica con una fase rápida inicial seguida por una aumento más lento hacia el nivel de reposo. Aunque la utilización neta de CP tiene una función muy importante como amortiguador de energía, abasteciendo fosfato a la resíntesis de ATP, a través de la reacción de creatín quinasa durante elevaciones rápidas en la intensidad del ejercicio.

Producción de lactato en el Fútbol: La concentración de lactato en la sangre se usa a menudo como un indicador de la producción de energía anaeróbica lactácida en el fútbol. Las concentraciones de lactato en diferentes estudios (Ver tabla N° 16) oscilaban entre 4 y 8 mmol/L. Las observaciones de innumerables estudios (Bangsbo J, 2001) encontraron concentraciones de lactato más bajas en el segundo tiempo, comparado con el primer tiempo. Esto estaría relacionado con los hallazgos de que los jugadores cubrían una distancia más corta (4.7 vs 5.4 km) y realizaron carreras de menor intensidad, también acompañado con una frecuencia cardiaca media más baja de aproximadamente 10 latidos/min.

Por otro lado, se pueden presentar grandes diferencias en la producción de lactato entre los individuos, como la cantidad de ejercicios de alta intensidad durante un partido es dependiente de factores como la motivación del jugador, estilo de juego, tácticas y estrategias. El último factor también puede explicar diferencias mayores entre los equipos y entre los partidos, ej: los valores de lactato medio más altos fueron observados cuando los equipos usaron marca hombre a hombre comparada a "marca en zona" (Gerish y col.)

MEDICIÓN DE LA POTENCIA ANAEROBIA

La medición de la producción de energía por ruta anaeróbica sigue presentando serias dificultades. La potencia anaeróbica como componente de la aptitud física puede ser explorada por medio de test de laboratorio y de campo, aunque la instrumentación, confiabilidad y reproductibilidad de estos tests sean un motivo de permanente discusión.

La medición de la potencia aeróbica máxima es perfectamente evaluable a través de la determinación del consumo de oxígeno; así mismo la deuda de oxígeno ha sido propuesta como medida de la Potencia Anaeróbica.

Los métodos de evaluación de los procesos anaeróbico son más complejos, ya que la utilización de esta vía requiere de esfuerzos máximos en tiempos breves. En la actualidad no se dispone de un buen método para medir la potencia anaeróbica y el ritmo de glucogenólisis. Por lo tanto resulta difícil evaluar una actividad en los diferentes programas de entrenamiento.

Margaria e Alli sugieren un componente aláctico y láctico de deuda de oxígeno. Los componentes alácticos corresponden básicamente a la utilización de los componentes fosforados, ricos de energía, adenosín trifosfato y fosfocreatina.

En cuanto a la evaluación de la Potencia Anaeróbica Láctica en forma indirecta los tests a tomar pueden ser:

- Test de 40 seg (kgm/seg) = (peso corporal (kg) * dist. Recorrida en 40´´ (mts))/40´´
- Test de Thompson: Cap. Ana. (kcal/kg) = 1.72 * ((0.027 *A) + (0.022 * B))

A = Tiempo empleado en recorrer 256 mts, B =Velocidad en minutos. r = 0. 82; (P<0.01).

- Wingate test: duración de 30 segundos, ofrece la posibilidad de medir la máxima expresión de potencia mecánica, al inicio de la prueba, y compararla con la desarrollada al final de la prueba (del segundo 25 al 30), permitiendo además la formulación de un índice de fatiga de la máxima Potencia Anaeróbica. Ofrece una buena reproductibilidad (test-retest), 0.90 (Bar-Or y col; Patton y col).
- Test de Bosco: realizar botes o saltos continuos de tipo CMJ con una duración que oscila entre 5 y 60 segundos (9).

Los tests indirectos de campo que se pueden tomar como parámetros de la Potencia Anaeróbica Aláctica son:

- Test de 50 mts (kgm/seg) = (peso corporal (kg) * tiempo recorrido en 50 mts (mts))/ tiempo en 50 mts.
- Saltar y Alcanzar: Ecuación de Lewis (kgm/seg) o Ecuación de Sayers (ver página 43).
- Test de Margaria que consiste en recorrer (de dos en dos) una rampa de seis escalones a la máxima velocidad,

midiendo con un sistema electrónico el tiempo empleado. Pm = h/t. Donde la (h) es el desnivel y (t) el tiempo empleado. El coeficiente de correlación entre dos pruebas consecutivas (test-retest) oscila entre 0.85 (Ayallon) y 0.90 (Sawaka) (9).

Otro test que me permite medir la máxima Potencia Anaeróbica Aláctica es el del cicloergómetro, que tiene una duración de 7 y 9 segundos, con un coeficiente de correlación de la prueba duplicada (test-retest) de 0.90. (Bar-Or) (9).

Las pruebas estándar del Test de Bosco: El Squat Jump (S.J.), Counter Movement Jump (C.M.J) y Drop Jump (DJ).

POTENCIA AERÓBICA

Se usa como sinónimo de captación de oxígeno por unidad de tiempo.

Captación de oxígeno es el volumen de oxígeno (a 0°C, 760 mm Hg [101.3 kPa], SECO = SPTD = temperatura y presión estándar, seco) extraído del aire inspirado, expresado comúnmente en litros por minutos. Si el contenido corporal de oxígeno permanece constante durante el período de la determinación, la captación de oxígeno es equivalente al volumen de oxígeno utilizado en la oxidación metabólica de los alimentos.

Potencia aeróbica máxima se conoce también como consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.), resistencia cardiorrespiratoria y absorción máxima de oxígeno.

Hay dos criterios principales que muestran que realmente representa la potencia aeróbica máxima del individuo:

1) No hay un aumento posterior en la captación de oxígeno a pesar de un aumento posterior de la velocidad del ejercicio y/o la concentración de ácido láctico en sangre superior a aproximadamente 8 mM/L (P.O. Astrand)

El consumo máximo de oxígeno mide la capacidad del cuerpo para transportar oxígeno desde el aire ambiental hasta los músculos que están trabajando en un esfuerzo máximo, y es uno de los determinantes más importantes del rendimiento de resistencia. De hecho, si los atletas de nivel internacional en pruebas que requieran un alto consumo máximo de oxígeno, son comparados con la población general, sus VO_2 máx. se hallan hasta cuatro o cinco desviaciones estándar por encima de la norma para un hombre joven sano. (R. J. Shephard).

En pruebas de 1 minuto de duración, hasta un 50% de las necesidades de energía del cuerpo pueden ser satisfechas mediante el metabolismo anaeróbico, pero si prosigue con una actividad máxima durante 5 minutos, el 80% de la energía necesaria se deriva del metabolismo aeróbico, y con un esfuerzo de 60 minutos, el 98% del metabolismo es aeróbico.

Aunque algunos científicos del deporte han recomendado la utilización de VO_2 máx. como un buen pronosticador del éxito en los deportes de resistencia, el ganador de una prueba de resistencia no puede predecirse midiendo su VO_2 máx. en el laboratorio. Esto indica que un buen redimiendo supone algo más que un VO_2 máx. evaluado.

El VO_2 máximo en litros/minuto es la máxima potencia de consumo de oxígeno ABSOLUTO de un individuo. (L/min)

El VO_2 máximo por kilogramo de peso, es la máxima potencia de consumo de oxígeno RELATIVO al peso corporal del sujeto: (ml/kg/min)

VO_2 máx. relativo = VO_2 absoluto (L/min) x 1000 / Peso corporal (kg)

La mayoría de los trabajos científicos utilizan el consumo máximo de oxígeno RELATIVO (b) expresado en ml/min/kg para cuantificar la potencia aeróbica, ya que facilita la comparación entre personas de diferentes pesos corporales.

Clasificación	VO_2 máx.
Deporte de Resistencia	
Carrera de Larga Distancia	75-80
Biatlón	75-80
Natación	60-70
Remo	65-69
Ciclismo de ruta	70-75
Deportes de Juego	
Balonmano	55-60
Hockey sobre hielo	55-60
Fútbol(Bangsbo1988,Bosco1985,Aptus1997)	54-66
Voleibol	55-60
Básquetbol	55-60
Deporte de Lucha	
Boxeo	60-65
Lucha Libre	60-65
Judo	55-60
Esgrima	45-50
Deporte de Fuerza Explosiva	
Sprint	48-52
Salto de longitud	50-55
Disco y Bala	40-45
Jabalina	45-50

Tabla 11. *Consumo máximo de oxígeno en diferentes deportes (ml x kg^{-1} x min^{-1}).*

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA AERÓBICA EN EL FÚTBOL

La gran ventaja de esta vía es la posibilidad de usar distintos substratos, como son los Hidratos de Carbono, Grasas o Proteínas. Las reacciones de degradación de estos sustratos ocurren en la mitocondria con la presencia de Oxígeno. También presenta la ventaja de que los subproductos que produce son el Dióxido de Carbono (CO_2), que va de las células musculares a la sangre, luego al pulmón y se exhala, o el Agua, que resulta útil dentro de la propia célula.

El límite es que la tasa de formación de energía es muy lenta. La vía oxidativa de grasas y proteínas, tiene una velocidad de 15 mm ATP/min, mientras que la vía del piruvato, hidratos de carbono, tiene una velocidad de 36 mm. ATP/min. El ciclo de Krebs (o ciclo del ácido cítrico) engloba 8 reacciones que giran en sentido de las agujas del reloj, siendo dos de ellas irreversibles. Todo el ciclo se desarrolla en la mitocondria celular. El balance final permite la obtención de 12 moles de ATP, aunque estudios recientes reducen esta cifra a 10 moles. El ciclo de Krebs permite la entrada tanto de hidratos de carbono, que pasan a Glucosa y posteriormente a ácido Pirúvico; de grasas, que se descomponen en ácidos grasos (Beta-oxidación) y de Glicerol, que puede pasar a Pirúvico; y proteínas, la desaminación de los aminoácidos les permite ingresar en distintas partes del proceso: la Alanina pasa a Pirúvico, la Glicina a Acetil-CoA, etc. Al prolongar la duración de los ejercicios se requiere unos sustratos adicionales a las reservas musculares y hepáticas de Glucógeno. Es por ello que el cuerpo humano necesita la utilización de otros substratos además de los Hidratos de Carbono. Esto le permite mantener la duración del esfuerzo pero le limita la intensidad. Las grasas son la principal reserva energética del cuerpo humano, pudiéndose casi cuantificar como una reserva ilimitada, en relación a un esfuerzo deportivo.

La gran producción de energía aeróbica en el fútbol y el pronunciado intercambio de energía anaeróbica durante periodos de un partido es asociada con un gran consumo de substratos. Los substratos dominantes son Hidratos de carbono (CHO) y

las grasas depositadas dentro del músculo activo o llevado a los músculos a través de la sangre. El papel de las proteínas en el metabolismo del fútbol es incierto, pero estudios con ejercicio continuo a una tasa de trabajo media y duración similar al fútbol han mostrado que la oxidación de proteínas puede contribuir a menos de 10% de la producción de energía total (9).

Los CHO usados durante un partido de fútbol son originado principalmente del glucógeno acumulado dentro de los músculos activos, pero la glucosa extraída de la sangre también puede ser utilizada por los músculos. Estudios con jugadores de élite suecos y dinamarqueses después de un partido de fútbol, mostraron concentraciones de glucosa en sangre de 3.8 y 4.5 mmol/L respectivamente, con medidas debajo de 3 mmol*l-1 (Bangsbo 1992). Otras investigaciones encontraron valores más altos (6 -7 mmol/L) (Smaros). Así, parece que el hígado libera bastante glucosa para mantener e incluso elevar la concentración de glucosa de la sangre durante un partido, y esa hipoglucemia sólo ocurre en casos muy raros.

Puede obtenerse información sobre el uso de glucógeno muscular durante un partido de fútbol de las determinaciones de glucógeno del músculo tomado antes y después del partido. La diferencia en volumen del glucógeno representa la utilización neta de glucógeno del músculo, pero no muestra el intercambio de glucógeno total; ya que la resíntesis de glucógeno probablemente ocurre durante el reposo y los períodos de ejercicios de baja intensidad durante un partido. En un estudio sueco el promedio de concentración de glucógeno muscular en el muslo era de 96, 32 y 9 mmol/kg de peso seco antes, en entretiempo y después de un partido respectivamente (Saltin). En un estudio finlandés el glucógeno muscular fue observado en 84 mmol/kg de peso seco antes de un partido, y se redujo a 63 y 43 mmol/kg de peso seco en entretiempo y después del partido, respectivamente (Smaros). Así, las reservas de glucógeno muscular no siempre son totalmente vaciadas durante un partido de fútbol. Con respecto a la oxidación de grasas en general, se ha observado que la concentración de los ácidos libres (FFA) en la sangre aumentó durante los partidos de fútbol competitivos, y más durante la segunda mitad del encuentro. La concentración en la sangre es principalmente el resultado de la captación neta de FFA en varios tejidos y la liberación de ácidos grasos del tejido adiposo.

Ha habido varios intentos de determinar la contribución del metabolismo aeróbico durante el fútbol, midiendo el consumo de oxígeno (VO_2) durante un juego, y se han obtenido valores de 1-2 l/min (Durnin y Passmore 1967, Covell 1965, Seliger 1968 y Ogushi 1991). Estos valores probablemente no son representativos del VO_2 durante un juego, ya que el procedimiento de recolección interfiere con la actividad normal y sólo se ha analizado pequeñas partes de un partido. Recientemente, el problema anterior ha sido minimizado usando un sistema de telemetría portátil de peso ligero (800 G) (K2) para medir VO_2. Con este sistema el VO_2 fue medido durante varias actividades relacionadas al fútbol, y se obtuvo el más alto VO_2 de 4 l/min durante carrera con gambeta, considerando que estaba entre 2 y 4 l/min para trabajos como 1 vs.1 y 3 vs.1 (Kawakami 1992).

Varios estudios han determinado el VO_2 máx. para jugadores adultos, y se ha encontrado valores medios entre 56 – 69 ml x kg^{-1} x min^{-1} (Reilly 1993). Estos valores son similares a aquéllos obtenidos en otros deportes de equipo, pero es considerablemente más bajo que valores para atletas de elite dentro de deportes de resistencia, donde se observan niveles de VO_2 máx. más altos que 80 ml x min^{-1} x kg^{-1} (Reilly y Secher 1990). Generalmente las cifras obtenidas de los jugadores profesionales tienden a ser mayores que aquellas obtenidas en jugadores amateurs, a pesar de que esto depende de la calidad del entrenamiento y el nivel competición. En un estudio de jugadores de clase alta dinamarquesa no se observó diferencia en el VO_2 máx. entre jugadores titulares y suplentes de un equipo de primera división. El máximo consumo de oxígeno (VO_2 máx.) de futbolistas profesionales mejora significativamente en la pretemporada, en la cual se pone énfasis en el entrenamiento aeróbico (Reilly, 1979). Un mayor énfasis para mejorar el VO_2 máx. no agrega mucho a la calidad de juego. Cuando se encuentran dos equipos con iguales habilidades, aquel con una capacidad aeróbica superior tendrá una ventaja, siendo capaz de jugar el partido a un ritmo más rápido. Apor (1998) brindó datos sobre jugadores húngaros que mostraron una correlación perfecta rango/orden entre el promedio del VO_2 máx. de los equipos y la posición final del campeonato de Primera División de Hungría.

Los VO_2 máx. medio para el primer, segundo, tercer, y quinto equipo fueron 66.6, 64.3 y 58.1 ml/kg/min, respectivamente. Existen datos que evidencian que el VO_2 máx. varia de acuerdo a la posición de juego, cuando tales roles pueden ser claramente diferenciados. Jugadores de la Liga inglesa y dinamarquesa, fueron subdivididos en posiciones de acuerdo a configuraciones 4-3-3 y 4-4-2, los mediocampistas y defensores laterales obtuvieron valores significativamente mayores de Potencia Aeróbica que los jugadores en otras posiciones. Los defensores centrales, a excepción de los arqueros, obtuvieron menores valores que los demás jugadores de campo. (Reilly, 1979). Los arqueros generalmente son los que presentan menores valores en la mayoría de las investigaciones existentes.

Equipos	Referencia	VO_2 máx.
Holandeses 1° División.	Vertappen (1989)	68
Rayo Vallecano	Arce y cols. (1993)	61.05
Daneses 2° División (1986).	Bangsbo y cols. (1998)	66
Real Madrid (1995).	Legido Arce (1996)	70
Italia 1° División (1984).	Bosco (1985)	65
Equipos De Alemania.	Nowacki y cols. (1988)	62
Equipos Nac. Suecos.	Ekblom (1986)	61
Equipo Elite Sueco.	Ekblom (1986)	66
Sur De Australia.	Withers y cols. (1977)	62
Portugueses 1° División.	Puga y cols. (1993)	59.6
Sub 20 Argentino (Estim).	Aptus (1998)	52.84
Sub 17 Argentino (Estim).	Aptus (1997)	54

Tabla 12. *El siguiente cuadro presenta valores de VO_2 máx. en ml/kg/min de diferentes equipos del mundo.*

	Arquero	Defensor	Volante	Delantero	Promedio
Consumo Máximo de Oxigeno (ml/kg/min)	51.4	55.1	61.1	55.9	56.23

Tabla 13*. El siguiente cuadro presenta valores de VO_2 máx. en ml/kg/min por posiciones de juego -(Beel, 1988, Libro Fútbol total de J. Weineck).*

	Arquero	Defensor	Volante	Delantero	Promedio
Consumo Máximo de Oxigeno (ml/kg/min)	51 ± 3	62 ± 10	56.4 ± 5	60.2 ± 5	60.5 ± 13

Tabla 14. *El siguiente cuadro presenta valores de VO_2 máx. en ml/kg/min por posiciones de juego perteneciente a la Liga Dinamarquesa de Fútbol profesional (Bangsbo).*

La potencia aeróbica puede medirse a través de test de laboratorio directos o indirectos o test de campo indirectos.

En las pruebas de laboratorio se emplean analizadores de gases el cuál mide variables:

Consumo de oxígeno, eliminación del anhídrido carbónico, Cociente Respiratorio, Volumen Corriente, Pulso de oxígeno, Equivalente respiratorio para el oxígeno y Equivalente Respiratorio para el CO_2.

Para estas evaluaciones es necesario la utilización de ergómetros, en los futbolistas se utiliza la cinta rodante porque es la que mejor simula la situación real del deportista.

Los tests indirectos de campo más utilizados en el fútbol son: el test de Cooper, el cuál mide la cantidad de metros que realiza el futbolista durante 12 minutos y a través de la formula Distancia en los 12'-504/45 obtenemos el VO_2 en ml/kg/min, el test de la milla de Cureton, test intermitente de J. Bangsbo y test de Course Navette (1981).

...este artículo continúa en el artículo "Masa Muscular y Masa Grasa, y su relación con la Potencia Aeróbica y Anaeróbica en Futbolistas de 18 a 20 años de Edad (Parte II)" con Pid: 173...

REFERENCIAS

1. Aziz AR, Chia M, Teh KC (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness, Sep;40(3):195-200*
2. Al-Hazzaa HM, Almuzaini KS, Al-Refaee SA, Sulaiman MA, Dafterdar MY, Al-Ghamedi A, Al-Khuraiji KN (2001). Aerobic and anaerobic power characteristics of Saudi elite soccer players. *J Spors Med Phys Fitness 41 (1) pp 54-61*
3. Astrand P. O., Rodahl K. (1992). Fisiología del trabajo físico. *Panamericana*
4. Bangsbo J. (1999). Entrenamiento de la condición física en el fútbol. *Edit. Paidotribo*
5. Bangsbo J (1999). La fisiología de fútbol. *Tesis doctoral*
6. Bangsbo J., Lindquist F (1999). Comparison of excercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *Int. Journal of Sports Medicine 13: 125-132*
7. Bangsbo J., Norregaard L, Thorso F (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian J Sports Sci 16 (2) pp 110-116*
8. Bosco C (1991). Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista.
9. Bosco C (1991). La valoración de la fuerza con el test de Bosco. *Pidotribo*
10. Cappa D (2000). Entrenamiento de la potencia muscular. *Mendoza. Argentina*
11. Chin MK, So RC, Yuan YW, Li RC, Wong AS (1994). Cardiorrespiratory fitness and isokinetic muscle strength of elite Asian junior soccer player. *J Sports M. Phys Fitness 34 pp 370-376*
12. Chin MK, Lo YS, Li CT, So CH (1992). Physiological profiles of Hong Kong elite soccer players. *Br J Sports Med*
13. Florida-James G, T. Reilly (1999). The physiological demands of Gaelic football. *Center for Sport and Exercise Sciences, School of Human Sciences, Liverpool Jhon Moores University, UK*
14. Houtkooper L. y Going S (1998). Composición corporal: ¿cómo debería ser medida? ¿La misma afecta a la performance deportiva?. *Resumen del VI simposio internacional de actualización en ciencias aplicadas al deporte*
15. Mac Dougall JM, Wenger HA, Green HJ (1995). Evaluacion fisiológica del deportista. *Edit. Paidotribo*
16. Manso J. G., R. Arcero, M. Valdivielso y J. Ruiz caballero (1998). La velocidad. La mejora del rendimiento en los deportes de velocidad. *Gymnos*
17. Mazza J. C., L Carter, T. Reilly y E. Rienzi (1995). Futbolista Sudamericano de elite: Morfología, Análisis de juego y Performance. *SOKIP (Soccer Kinanthropometric Proyect 1). Ed. Biosystem. Copa América*
18. Mazza J.C (1998). Revisión de aspectos fisiológicos y metodología de preparación física en el fútbol. *Resumen del VI simposio internacional de actualización en ciencias aplicadas al deporte*
19. Reilly T (1996). Perfil Fisiológico del jugador de Fútbol . *Actualización en ciencias aplicadas al deporte. Proceedings V. Edit. Biosystem*
20. Reilly T (1996). Características de los movimientos en el fútbol. *Actualización en ciencias aplicadas al deporte. Proceedings V. Edit. Biosystem*
21. Reilly T., Cable N.T (1998). Aptitud Física y entrenamiento en el Fútbol. *Actualización en ciencias aplicadas al deporte. Proceedings VI. Edit. Biosystem*
22. Reilly T, Bangsbo J, Franks A (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci Sep;18(9):669-83*
23. Shephard K. y Astrand P (1998). La resistencia en el deporte. *Paidotribo*
24. Tumilty D (1993). Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Med Aug;16(2):80-96*
25. Viviani F, Casagrande G., Toniutto F (1993). The morphotype in a group of peri-puberal soccer players. *J Sports Med Phys Fitness 33 pp 178-183*
26. Weineck E (1994). Fútbol total. El entrenamiento físico del futbolista. *Paidotribo*
27. Wilmore J. y D. Costill (1999). Physiology of sport and exercise. *Second edition. Human Kinetics*
28. Wisloff U., Helgerud J., Hoff J (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc 30(3) pp 462-467*
29. Zatsiorski V (1989). Metrología deportiva. *Editorial planeta. Moscú*