



---

---

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE MEDICINA**

**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E  
INVESTIGACIÓN**

**“MAGNITUD DE LOS EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO  
SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL DE FUTBOLISTAS  
JÓVENES DE ALTO RENDIMIENTO”**

**TESIS QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD EN  
MEDICINA DEL DEPORTE**

**PRESENTA:**

**CESAR ARTURO GÓMEZ DURÁN**

**DIRECTORES DE TESIS**

**M EN C. JORGE ALEJANDRO GAMA AGUILAR**

**MÉXICO, D. F. ENERO DE 2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

La razón por la que este texto se ha materializado el día de hoy, ha sido por el incansable y siempre presente apoyo de mi familia a cada paso de mi formación profesional y como ser humano. Gracias infinitas por estar siempre cerca y pendientes de mí, de mi bienestar y de mis sueños. Espero éste sea uno de muchos que sigamos cumpliendo juntos. Los amo!.

Gracias a los directores de los Servicios Médicos del Club de Fútbol Pachuca, del Alto Rendimiento Tuzo y del Servicio de Nutrición, por contribuir con su apoyo y confianza incondicional para este proyecto. Espero poder aportar con él una nueva perspectiva en la tarea de formar futbolistas de calidad deportiva y humana.

Y un agradecimiento profundo y sincero al M. en C. Jorge Alejandro Gama Aguilar, por contribuir con sus conocimientos, su experiencia y su tiempo a la construcción y culminación de esta importantísima etapa de mi formación profesional. Ha sido un gran honor trabajar y aprender con usted.

“El fútbol no es una ciencia, pero la ciencia puede ayudar a elevar el nivel del fútbol”.

Jens Bangsbo, 1994

## **TÍTULO**

**“MAGNITUD DE LOS EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO  
SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL DE FUTBOLISTAS  
JÓVENES DE ALTO RENDIMIENTO”**

## INDICE

<b>SIP-14</b>	<b>2</b>
<b>Carta Sesión de Derechos</b>	<b>3</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>4</b>
<b>Título</b>	<b>5</b>
<b>Índice</b>	<b>6</b>
<b>Glosario</b>	<b>7</b>
<b>Resumen</b>	<b>8</b>
<b>Summary</b>	<b>10</b>
<b>Introducción</b>	<b>12</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>13</b>
<b>Justificación</b>	<b>31</b>
<b>Hipótesis</b>	<b>33</b>
<b>Objetivos</b>	<b>34</b>
<b>Material y Métodos</b>	<b>35</b>
<b>Resultados</b>	<b>61</b>
<b>Discusión</b>	<b>78</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>81</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>83</b>
<b>Anexos</b>	<b>87</b>

## GLOSARIO

**Índice de Masa Corporal (IMC):** Medida de asociación entre el peso y la talla de un individuo ideada por el estadístico belga L. A. J. Quetelet, por lo que también se conoce como Índice de Quetelet (1).

**Porcentaje de Grasa Corporal:** Parte del cuerpo no magra (es decir la no formada por músculos, huesos, órganos, sangre, etc.), constituida por tejido adiposo. Es un parámetro mucho más exacto que el índice de masa corporal para definir el estado de adiposidad, si bien se utiliza menos debido a que su determinación no es sencilla (1).

**Entrenamiento:** Adquisición de conocimientos, habilidades y capacidades como resultado de la enseñanza de habilidades vocacionales. Prácticas y conocimientos relacionados con aptitudes que encierran cierta utilidad (1).

**Composición Corporal:** Suma de los diversos tejidos y sistemas que conforman el organismo humano (1).

**Alto Rendimiento Deportivo:** Parte fundamental del desarrollo de habilidades físicas, cognitivas, de responsabilidad personal y social del individuo, cuyos planteamientos y objetivos son el logro del mas alto performance del atleta (1).

## RESUMEN

**Introducción:** En el fútbol, la variación de la intensidad y duración del entrenamiento trae aparejados cambios no solo en parámetros técnicos, metabólicos y fisiológicos, sino también en la composición corporal, siendo aspectos importantes a considerar dentro del desarrollo de la aptitud física en la disciplina. Con este trabajo se busca cuantificar la magnitud con que un entrenamiento sistemático y continuo en fútbol generará cambios en los valores del porcentaje de grasa corporal y del total de la masa muscular en futbolistas jóvenes, tras un periodo de 10 meses; además de analizar este mismo efecto dentro de la particularidad de grupos de edad y de cada posición de juego.

**Material y Métodos:** La muestra se conformó por dos registros antropométricos realizados a 122 futbolistas varones de las categorías profesionales del Club de Fútbol Pachuca, el primero en agosto de 2010 y el segundo en junio de 2011, y utilizando la uniformidad ISAK. Durante este mismo tiempo, los sujetos realizaron los entrenamientos correspondientes a la programación del Cuerpo Técnico de cada categoría. De los datos obtenidos, se calculó el porcentaje de grasa corporal por el método de Jackson & Pollock y el total de la masa muscular por la fórmula de Poortmans. Se calcularon medidas estadísticas descriptivas de tendencia central, de dispersión y la prueba T de Student de tipo pareado y de una sola cola (con  $P < 0.05$ ) para comparar la significancia estadística de la media de cada variable entre ambas evaluaciones. Este mismo análisis se aplicó en función del grupo de edad y de la posición de juego.

**Resultados:** Del análisis general de los datos, el total de masa muscular registró un incremento de 1.16% con respecto a la evaluación inicial y, particularmente, el porcentaje de grasa corporal, registró un incremento de 4.62%, siendo la variable estudiada de mayor incremento. Se conformaron 9 grupos de estudio por edad, en los que se encontró un incremento en la grasa corporal de 10.4% en el grupo de 16 años y de 32.7% (el máximo registrado) en el grupo de los 23 años. Por lo que respecta al total de masa muscular se encontró un incremento de 3.5% en el grupo de 14 años y de 4.3% en el grupo de 17 años de edad. Por posición de juego, los delanteros mostraron incremento significativo en la masa muscular total; los mediocampistas,

registraron incremento en el porcentaje de grasa corporal, siendo ésta última la variable de mayor incremento del análisis; el grupo de defensas también reportó incremento en el porcentaje de grasa corporal; y dentro del grupo de porteros, aunque todas mostraron incrementos, ninguna variable de composición corporal registró diferencia estadísticamente significativa.

**Conclusiones:** Tras un periodo de entrenamiento de 10 meses, los 122 futbolistas estudiados reportaron, en general, un incremento en los parámetros de la composición corporal. Se contribuye por medio de este trabajo con una alternativa viable de tratamiento para el sedentarismo de niños y adolescentes, que aquejan con gran impacto en la actualidad a nuestro país. Y también, deja pendiente la realización de estudios con estructuras metodológicas similares que puedan llegar a comparar a través de un grupo control (sedentarios) los efectos de la actividad deportiva sobre la composición corporal; o bien, diferenciar si los cambios resultantes de un proceso de formación deportiva en poblaciones de edad similar son producidos por el proceso de maduración propio de los sujetos o por efecto del entrenamiento programado.

## SUMMARY

**Introduction:** In football soccer, the variation of the intensity and duration of training brings changes not only on technical, metabolic and physiological parameters, but also in body composition, being important aspects to consider in the development of physical fitness in the discipline. This work seeks to quantify the extent to which a systematic and continuous training in football soccer lead to changes in the values of the percentage of total body fat and muscle mass in young players, after a period of 10 months, in addition to analyzing the same effect within the particular age group and each playing position.

**Material and Methods:** The sample comprises two anthropometric records made to 122 male players in the professional categories Pachuca Soccer Club, the first in August 2010 and the second in June 2011, and using the ISAK uniformity. During this same time, the subjects performed the training schedule from the Team Technical Staff. From the data, we calculated the percentage of body fat by the method of Jackson & Pollock and total muscle mass by Poortmans formula. We calculated descriptive statistical measures of central tendency, dispersion and T Student test for paired-type one-sided (with  $P < 0.05$ ) to compare the statistical significance of the mean of each variable between the two assessments. The same analysis was applied according to age group and playing position.

**Results:** From overall data analysis, total muscle mass reports an increase of 1.16% compared to the initial assessment and, particularly, the percentage of body fat an increase of 4.62%, with the largest increase variable studied. Nine groups were formed by age study, which found an increase in body fat of 10.4% in the 16 years group and 32.7% (the peak) in the 23 years group. With respect to the total muscle mass was found an increase of 3.5% in the 14 years group and of 4.3% in the 17 years of age group. By playing position, the front showed significant increase in total muscle mass; the midfielders, with increases in the percentage of body fat, being the variable of greatest increase of the analysis; the defense group also reported an increase in the percentage of body fat; and within the group of goalkeepers, but all showed increases, no body composition variable showed statistically significant difference.

**Conclusions:** After a training period of 10 months, the 122 players surveyed reported, generally, an increase in body composition parameters. It contributes through this work with a viable alternative treatment for physical inactivity in children and adolescents that afflict with great impact on our country nowadays. And also leaves open studies with similar methodological structures that can reach through a comparison control group (sedentary) the effects of sports activity on body composition; or to differentiate whether the changes resulting from a sports training process in similar age populations are produced by the ripening process of the subjects themselves or by effect of training schedule.

## INTRODUCCIÓN

El Fútbol es posiblemente, el deporte líder en el mundo. Es jugado por millones de personas, y los principales encuentros, son observados por un porcentaje considerable de la población mundial. La tecnología en las comunicaciones ha permitido que el fútbol trascienda los límites nacionales e internacionales. Son pocas las personas que no prestan atención a los resultados de su equipo, o los de su país. Las principales naciones futbolísticas, entre las que se encuentra sin lugar a dudas nuestro país, tienen sus propias ligas profesionales de prestigio; en particular los torneos locales de la Federación Mexicana de Fútbol (FMF), como la Primera División o la Primera División A, pero también los torneos paralelos a estos realizados por las categorías de Segundas, Terceras y Cuartas divisiones arropadas por los equipos de mayor prestigio en el país. Así, todos estos torneos, en los que se muestran una variedad importante de jugadores del interior del país, constituyen una referencia igual de importante para este deporte, y son dignos de un estudio científico detallado.

Hoy día, es evidente que la capacidad para realizar un ejercicio físico, o deporte, está íntimamente relacionada con la forma, cantidad y proporción entre los diferentes tejidos y segmentos corporales que componen el cuerpo humano. Toda disciplina deportiva exige de cada individuo cierta estructura y silueta corporal para lograr un buen desempeño. En consecuencia, un adecuado control y vigilancia de la composición corporal se puede traducir en importantes beneficios para los atletas, tanto en la optimización de su rendimiento, como en la salud.

## ANTECEDENTES

El Club de Fútbol Pachuca fue fundado el 28 de noviembre de 1901, siendo el primer equipo de fútbol de México. Actualmente tiene sede en la ciudad de Pachuca, Hidalgo, México.

La época dorada del Club Pachuca, comienza con el ascenso en 1998 y el primer título de Primera División en el Invierno 99. A lo largo de su época dorada, el Pachuca ha logrado cinco títulos que lo colocan junto con el Club León, como el sexto equipo más ganador de la Primera División. Durante esta época el Pachuca también logró el campeonato en la Copa de Campeones de la CONCACAF en tres ocasiones y la Copa Sudamericana en 2006; además de haber clasificado al Mundial de Clubes en tres ocasiones. Actualmente, destacan 7 jugadores provenientes de las fuerzas básicas del club participando dentro del primer equipo en la Primera División Profesional y 5 jugadores más en espera de ascender, algunos de ellos, campeones del mundo en el reciente Mundial Sub17 con sede en México (2).

Pese a ser muy estudiado, el fútbol es considerado un deporte complejo, que aún presenta muchas dificultades en la determinación de evaluaciones para el control del entrenamiento y de las condiciones físicas de quienes lo practican. En el fútbol, es de fundamental importancia el control de las características físicas de los deportistas, objetivando así, encontrar parámetros que contribuyan en la formulación de sistemas más eficientes para la maximización de este deporte.

Utilizar métodos modernos de entrenamiento y técnicas para evaluaciones más específicas, buscando siempre una mayor precisión, se vuelve una imposición para el nivel en que se encuentra el entrenamiento físico hoy en día. Esta evolución en los programas y métodos de entrenamiento tiene soporte en los conocimientos científicos, que vienen a sustentar investigadores, técnicos y preparadores físicos del deporte en cuestión.

Padilla (2004) estudió las diferencias físico-corporales, observadas entre los atletas olímpicos de México 1968, Montreal 1976 y los de una muestra de atletas mexicanos olímpicos de reciente desarrollo señalando como punto importante que el deporte es el que dimensiona al atleta y que las diferencias que distinguen a los atletas olímpicos de los que no lo son, son indicadores

necesarios para destacar y triunfar en los diversos deportes a nivel nacional e internacional. Encontró, por medio de mediciones antropométricas, que el mayor registro de grosor de pliegues cutáneos (tricipital, subescapular y suprailiaco), comparado con los de los demás grupos, fue en los atletas mexicanos. Estas diferencias, refiere, son probablemente el resultado de la intensidad de entrenamiento, de la capacidad de adaptación al entrenamiento, o de ambas cosas. Encontró además que, en general, los atletas olímpicos son más ligeros y tienen menor espesor en sus pliegues cutáneos; y que son menos endomorfos, pero más mesomorfos, que una población de estudiantes universitarios con la que los comparó (3).

La realización de determinado tipo de ejercicio físico, en condiciones controladas, que modifique parámetros fisiológicos y físicos, desencadena respuestas adaptativas del organismo que resultan biológicamente beneficiosas para la práctica deportiva.

Así, algunos estudios demuestran índices elevados de correlación entre el porcentaje de grasa y la actuación deportiva, evidenciando la incompatibilidad entre la maximización del desempeño en el deporte y los altos índices de grasa subcutánea. Valores óptimos de adiposidad son difíciles de definirse, sin embargo, se sabe que el peso en exceso puede ser perjudicial al desempeño deportivo y, por esta razón, se intenta saber cuál es el nivel ideal de masa muscular y grasa, que podrían posibilitar el aumento del desempeño en el fútbol (4).

Haciendo un resumen de los resultados de varios trabajos sobre el tema, se observa que desde 1995 hasta el 2006, el porcentaje de masa grasa prácticamente no ha variado en los jugadores de fútbol de primer nivel y tiene un rango que va de 8.1% a 11.8%. (Rodrigues dos Santos J. 1999). Similares datos encontraron Wilmore & Costill (1987), quienes sostienen que el porcentaje de masa grasa en futbolistas varía entre el 7% y el 12% (5) (Anexo No. 1).

Existe una revisión realizada por Rico-Sanz, que resume los resultados de estudios que investigaron las características físicas, el gasto diario de energía, las dietas y los efectos de los suplementos nutricionales en la dieta habitual de jugadores de fútbol. Los resultados muestran que los jugadores entran en una amplia gama de estatura y peso corporal, pero que particularmente se

clasifican principalmente como mesomorfos al somatotipo. La grasa corporal de los jugadores masculinos es de aproximadamente 10% del peso corporal; y el gasto de energía para varones es de aproximadamente 4.000 kcal en los días de entrenamiento (6).

Esto se corrobora, como lo demostró Reilly T. en 1997, evidenciando que el somatotipo de los futbolistas de primer nivel es predominantemente mesomorfo-balanceado (7) (Anexo No. 2).

Por otra parte, es un hecho que la aptitud física disminuye linealmente con el incremento de la adiposidad (Venkata Ramana Y. et al, 2004; Wilomre J. & Costill D., 1999; Welon et al, en Malina R., 1997), ya que el exceso de tejido adiposo actúa como peso muerto en actividades donde la masa corporal debe ser movilizadada contra la gravedad, por lo tanto la composición corporal es un aspecto importante a considerar de la aptitud física en el fútbol (8).

En la búsqueda de alcanzar la actuación máxima en muchas modalidades deportivas, se necesitan conocimientos multidisciplinarios como fisiología del ejercicio, psicología, biomecánica, cineantropometría, nutrición deportiva, estadística, administración, y otros. Estas áreas, trabajando integralmente, contribuyen para que los resultados en el deporte sean alcanzados.

Williams y Reilly son dos autores sobre el tema que han sugerido un proceso de medición del rendimiento en jugadores de fútbol jóvenes como estrategia de mayor valor, frente a mediciones a largo plazo, como predictores del potencial en el deporte. Llevaron a cabo un estudio en una cohorte de jugadores jóvenes en cuatro grupos de edad (Sub13, Sub14, Sub15 y Sub16), pertenecientes a ligas profesionales y no profesionales. Concluyeron que el estado de madurez biológica influye básicamente en el tamaño, la adiposidad, capacidades funcionales y en las habilidades específicas del deporte de todos los jóvenes; y por lo que corresponde a diferencias entre grupos profesionales y no profesionales, los jugadores de elite en cada grupo de edad se caracterizan sólo por contar con menos adiposidad (9).

## ADOLESCENCIA, JUVENTUD Y EJERCICIO

Durante estas etapas del desarrollo el individuo experimenta importantes cambios físicos, sexuales y psicosociales; estas modificaciones varían cronológicamente según los distintos sujetos.

El adolescente y el joven tienen tendencia natural a practicar actividades físicas y deportes. Los objetivos de la práctica deportiva en estas etapas deben favorecer la socialización, desarrollar el sentido de compañerismo si el deporte se realiza en equipo, estimular el desarrollo personal, ordenar la competición y conseguir el desarrollo adecuado y armónico de la fuerza física y de la resistencia.

Durante el crecimiento, desde la pubertad hasta la edad de adulto, se han observado relaciones positivas entre las curvas de crecimiento de la masa musculoesquelética y de otros tejidos corporales con la edad cronológica. Por otra parte, es bien conocido que, aún en sujetos viejos, es posible aumentar el tamaño de masa y fuerza muscular con programas apropiados de entrenamiento de fortalecimiento. Esto ilustra la plasticidad del sistema musculoesquelético (3).

Por ello, es conveniente fomentar esa tendencia y aprovechar la inclinación natural a la competitividad. El adolescente que practica deportes: fútbol, béisbol, excursionismo o campismo, se preocupa menos de los problemas e inquietudes de su edad. Lo mismo puede decirse de las actividades culturales y artísticas. Conociendo sus inclinaciones y capacidades, conviene fomentarlas en beneficio de su salud y bienestar (10).

En México, de acuerdo a cifras publicadas por la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006, existen 22 875 adolescentes, considerando a estos como aquella población de entre 10 y 19 años de edad. De estos, el 51%, es decir, 11 612 sujetos, corresponden al sexo masculino. Con respecto a sujetos de entre 20 y 24 años de edad, esta misma publicación arroja un aproximado de 8 millones de habitantes dentro de estas edades, de los cuales, aproximadamente 3.8 millones corresponden al sexo masculino (11, 12).

Las condiciones con respecto al nivel de actividad física de la población mexicana en general es muy particular, tan es así que se analizó a través de esta Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 el nivel de actividad física

solo de la población adolescente. Para este propósito, se utilizó una adaptación abreviada del cuestionario del International Physical Activity Questionnaire (IPAQ), un instrumento de medición internacional de la actividad física para población de 15 a 69 años, el cual ha sido validado internacionalmente y es adecuado para los estudios de prevalencia basados en poblaciones nacionales. Además, se incluyeron algunas variables del cuestionario validado por Hernández y colaboradores en 1999, relacionadas con el tiempo destinado a estar frente a pantallas y a desarrollar actividad física en población escolar. Este cuestionario incluye ocho preguntas diseñadas para medir la actividad física vigorosa o moderada y la inactividad o tiempo en que se está frente a pantallas. De igual modo, identifica la actividad realizada entre semana y en el fin de semana (11,12) (Anexo No. 3)

Se clasificó así a los adolescentes, de acuerdo con el tiempo que dedican a realizar actividades moderadas o vigorosas, en activos, moderadamente activos e inactivos, conforme a los siguientes criterios: los adolescentes que informaron realizar al menos siete horas a la semana de actividad moderada y/o vigorosa fueron clasificados como activos; los que informaron realizar menos de siete horas y al menos cuatro, como moderadamente activos, y como inactivos a los que realizan menos de cuatro horas a la semana de actividad vigorosa y/o moderada (11, 12).

De acuerdo con lo anterior, de un total de 24, 921 adolescentes encuestados, el 35.2% son activos, 24.4% son moderadamente activos y 40.4% son inactivos (Anexo No. 4).

Y es que la tendencia demográfica actual de nuestro país resulta ser cada vez más alarmante desde el punto de vista de la incidencia y prevalencia en edades tempranas de problemas de salud relacionados con el sedentarismo, principalmente del orden de padecimientos cardiovasculares.

Kelishadi en el 2007 realizó una revisión extensa de la bibliografía médica referente a la prevalencia de sobrepeso, obesidad y Síndrome Metabólico en población pediátrica de países en desarrollo (Brasil, Bosnia, Rusia, etc.), reportando que de los 6 a los 18 años de edad, la prevalencia de estos problemas de peso son mayores que en los preescolares. Y específicamente, que en adolescentes mexicanos, la prevalencia de sobrepeso y obesidad es del 19.8% y 7.9% respectivamente, donde 18% de los varones y 21% de las

mujeres tienen un grado de sobrepeso, y el 11% de los varones y el 9% de las mujeres son obesos (13).

Hasta hace algún tiempo, la atención médica del adolescente era “tierra de nadie”: el pediatra la consideraba ya fuera de su campo de acción y el médico general mostraba poco interés en realizarla. Esta situación se presentaba a pesar de los importantes y trascendentes problemas de salud propios de esa edad. La adolescencia es una edad de transición, de cambios y de adaptación.

## ANTROPOMETRÍA Y COMPOSICIÓN CORPORAL

En la antigua Grecia ya se hablaba sobre la forma humana y su relación con las variables de su entorno. Los griegos además fueron los primeros en clasificar a los humanos en función de su morfología en dos subgrupos: los tísicos o delgados, en los cuales predominaría el eje longitudinal sobre el transversal y a los que les suponían tendencias a la introversión. Y los apopléticos o musculosos, con predominio del eje transversal. Estas clasificaciones aunque rudimentarias intentaban explicar las características físicas y mentales, en función del aspecto físico y la composición corporal de los humanos.

Hoy se entiende a la antropometría como la parte de la antropología, que trata de las medidas y proporciones del organismo humano, con fines comparativos y estadísticos. Wang Z. y cols en 1992, la definen como: “Aquella rama de la biología humana que se ocupa de la cuantificación in vivo de los componentes corporales, las relaciones cuantitativas entre los componentes y los cambios cuantitativos en los mismos relacionados a varios factores influyentes” (8).

Entre los primeros estudios de composición corporal reportados en la literatura sobre la base de mediciones antropométricas se encuentran los de Kupriyanok realizados en 1890 con perímetros corporales. Sin embargo, fueron los trabajos de Matiegka en 1921 los que permitieron realizar el primer estimado de los distintos componentes del peso del cuerpo, basándose en las mediciones antropométricas y la disección de cadáveres.

La aplicación de los métodos antropométricos, tal y como describe Carter son utilizados por primera vez en deportistas de alto nivel por Knoll en el año 1928,

durante los Juegos Olímpicos de Invierno de St, Moritz y por Buytendijk en los Juegos Olímpicos de Verano de Ámsterdam del mismo año (8).

En este contexto la determinación de medidas usadas extensivamente como el peso y la talla relacionados a la edad y sexo han sido de gran utilidad y siguen siendo utilizadas en medicina, nutrición y educación física. A estas determinaciones se suman una serie de mediciones bien definidas a partir de marcas corporales de referencia realizadas sobre la piel, en puntos anatómicos establecidos por un protocolo, tomadas en posiciones específicas, y con el uso de instrumentos apropiados. Así se constituye la antropometría en un método en el que lo importante es determinar el propósito del estudio y seleccionar las medidas más adecuadas de realizar que sirvan para brindar datos útiles a la información específica dentro del marco de una evaluación general.

Con respecto a la "Composición Corporal", se sabe que aplicando diferentes métodos basados en mediciones antropométricas se pueden determinar masas y proporciones porcentuales de las mismas a partir de una división de la estructura corporal en compartimentos (14).

En la actualidad existe una gran variedad de métodos para estimar la composición corporal y se han agrupado en base a criterios metodológicos en tres categorías; métodos directos (disección de cadáveres); métodos indirectos (físico-químicos, exploración de imagen y densitometría) y métodos doblemente indirectos (conductividad eléctrica total, impedancia bioeléctrica, reactancia a la luz infrarroja y la antropometría) (8).

De todos estos, en los últimos años se ha venido trabajando, por su fácil aplicación práctica y gran validez, el método indirecto de determinación por medio de magnitudes antropométricas, debido a la alta correlación que poseen los pliegues cutáneos en donde se aloja el panículo adiposo con la densidad corporal, medida por pesaje hidrostático.

El estudio de la composición corporal o de las fracciones del cuerpo, se ha sintetizado en dos grandes componentes: los depósitos de grasa o reservas energéticas y la masa corporal activa o magra (15).

La masa grasa es el porcentaje de masa corporal total que se compone de grasa, mientras que la masa magra es todo el tejido corporal que no es grasa (tejido óseo, el músculo, los órganos y el tejido conectivo). Cuando algunas fórmulas antropométricas definen zonas anatómicas específicas en sus

protocolos de medida, suponen que esas zonas son representativas del total del tejido adiposo o grasa presente en el cuerpo (8).

De acuerdo a Rodríguez (1992), el tejido adiposo se deposita en el cuerpo de dos formas diferentes denominadas:

*Grasa Esencial.* Formada por los lípidos tales como fosfolípidos, requeridos por el organismo para el funcionamiento fisiológico adecuado. Dichos lípidos se almacenan en la médula ósea, en el corazón, los pulmones, el hígado, los riñones, el bazo, los intestinos, los músculos y tejidos lipídicos localizados en el sistema nervioso central; además, en el sexo femenino se localiza también en las caderas, las glándulas mamarias y en la región inferior del cuerpo.

*Grasa de Depósito.* Se localiza fundamentalmente en la región subcutánea (panículos adiposos), la cual sirve como protección a los órganos internos y de reserva energética al acumularse en los adipositos como moléculas complejas (triglicéridos), cambios asociados con el balance energético del individuo y que varían según el sexo y la edad (8).

Varios autores señalan que aproximadamente la mitad (50%) de esta grasa se encuentra alojada en el tejido adiposo subcutáneo y presenta una alta correlación con la grasa total del cuerpo, por ello el espesor de los panículos adiposos, ha sido tomado como criterio cuantitativo para medir la relación entre los tejidos magro y graso del cuerpo (8).

Los procedimientos antropométricos sencillos pueden predecir con éxito la grasa corporal. El más habitual de estos procedimientos utiliza los pliegues cutáneos. La justificación de utilizar éstos para calcular la grasa corporal total procede de la estrecha correlación entre tres factores: 1) la grasa en los depósitos de tejido adiposo directamente por debajo de la piel (grasa subcutánea), 2) la grasa interna y 3) la densidad de todo el cuerpo.

Para ello, desde 1930, se utiliza un compás calibrador especial de tipo pinza el cual funciona con el mismo principio que el micrómetro utilizado para medir la distancia entre dos puntos. Las puntas de la pinza ejercen una tensión constante de  $10 \text{ g/mm}^2$  en el punto de contacto con la doble capa de piel más

el tejido subcutáneo. El dial del compás calibrador indica la anchura del pliegue cutáneo en milímetros.

La medición del grosor del pliegue cutáneo requiere agarrar un pliegue de piel y grasa subcutánea firmemente con los dedos pulgar e índice y separarlo del tejido muscular por debajo del contorno natural del pliegue cutáneo. El pliegue se registra en los 2 segundos siguientes tras aplicar la fuerza total del compás calibrador. Esta limitación de tiempo evita la compresión del pliegue cutáneo cuando se realiza la medición. Con fines de estudio, el medidor debe tener una experiencia considerable en la realización de mediciones y demostrar consistencia en los valores duplicados realizados el mismo día, días consecutivos e incluso semanas aparte.

Los lugares más habituales de toma de pliegues cutáneos son el tríceps, el subescapular, el suprailíaco, el abdominal y la parte medial de muslo. Estos datos proporcionan una información útil sobre la grasa corporal y su distribución. Existen básicamente dos formas de utilizar los pliegues cutáneos. La primera suma las puntuaciones y es una indicación de la adiposidad relativa de la persona. La “suma de los pliegues cutáneos” (y los valores individuales de los mismos) refleja también las variaciones absolutas o porcentuales de la grasa antes y después del acondicionamiento físico o de los regímenes alimenticios. Una segunda forma aplica los pliegues cutáneos con ecuaciones matemáticas para predecir la densidad del cuerpo o el porcentaje de grasa corporal. Estas ecuaciones se aplican a poblaciones específicas debido a que predice la grasa con mayor exactitud en las personas de edad, sexo, estado de entrenamiento, grasa y raza similar a la de aquellas en las que se obtuvieron las ecuaciones.

En los adultos jóvenes, aproximadamente la mitad de la grasa corporal total es grasa subcutánea y el resto grasa visceral y de los órganos. Al avanzar la edad, se deposita proporcionalmente una cantidad mayor de grasa internamente en comparación con la grasa subcutánea. De esta forma, la misma puntuación de pliegues cutáneos refleja un porcentaje de grasa corporal total mayor al ir envejeciendo. Por esta razón, se deben utilizar ecuaciones ajustadas a la edad para predecir la grasa corporal a partir de los pliegues cutáneos en un intervalo de edad amplio de hombres y mujeres adultos (16).

Una de estas ecuaciones específicas es la desarrollada por Jackson y Pollock (1985). Durante 1978 a 1985, estos dos autores utilizaron fórmulas de tipo general, con una muestra de 249 individuos femeninos y 308 masculinos, con rangos de edad de 18 a 61 y 18 a 55 años respectivamente, encontrando una variabilidad en hombre de 1 a 33% y en mujeres de 4 a 49%. Como datos generales tomaron en cuenta: la edad en años, la estatura en centímetros y el peso en kilogramos; los pliegues utilizados fueron: pectoral, axilar medio, tríceps, subescapular, abdominal, suprailiaco anterior y muslo medio. El procedimiento para su cálculo es el siguiente:

Densidad 1= Suma de los siete pliegues.

Densidad 2= (Dens1) (0.00043499)

Densidad 3= (Dens1) (Dens1) (0.00000055)

Densidad 4= (Edad) (0.00028826)

Densidad = (1.112) – (Dens2) + (Dens3) – (Dens4)

El valor obtenido en densidad se sustituye en la fórmula de Siri descrita en 1961:

$$\% \text{ Grasa} = (457/\text{densidad}) - 414.2$$

El peso de la masa grasa en kilogramos se obtiene a partir de una regla de tres. Con un coeficiente de correlación en hombres de 0.88, los factores que modifican este método son: la edad, el sexo y la cantidad de grasa. En obesos la relación cuadrática es mayor, con error de 3.3 a 4% y en delgados, la predicción es menos segura por modelo lineal de 3.3 a 5%. Los coeficientes de validación de este método son: entre el peso hidrostático y medición por pliegues de 0.72 a 0.90 cm, genera valores más altos en hombres que en mujeres y su confiabilidad es de 0.92 a 0.99 (15).

La masa corporal activa, masa magra o masa muscular es un parámetro que guarda particular importancia en el deportista en función de que su desempeño atlético está supeditado, en gran medida, por el desarrollo de este tejido.

Para la obtención de los kilos de músculo que tiene una persona, bien puede pensarse en que el tejido que resta de quitar hueso, grasa y vísceras correspondería a músculo; sin embargo esto no es exacto por lo que se han

propuesto algunos otros métodos para su cuantificación, por ejemplo Martin AD; Spentst LF y Drinkwater DT (1990), estudiaron por método directo de disección de 12 cadáveres de hombres entre 50 y 94 años y encontraron una muy alta correlación entre las circunferencias corregidas ( $r = .82$  a  $.99$ ) con la masa muscular total (15).

Para la estimación del total de la masa muscular del cuerpo, ésta se realiza comúnmente por dos métodos: utilizando medidas antropométricas y a través de la medición de la excreción de creatina en orina. La gran duda sobre la mayor efectividad de un método sobre otro se ha ido construyendo a partir de la premisa de que el cálculo del total de la masa muscular corporal es un punto obligatorio para evaluar el rendimiento del ejercicio y la influencia del entrenamiento físico sobre la masa muscular. Sin embargo, aún en nuestros días, hay una falta de información sobre la efectividad de su cuantificación en niños y adolescentes.

Jacques R. Poortmans (2005) se dio a la tarea de generar un método antropométrico útil en estas edades. Estudió a treinta y nueve niños y adolescentes caucásicos, de ambos sexos, de entre 7-16 años de edad y 20 adultos de ambos sexos de 20-24 años de edad, utilizando y comparando la medición por energía dual por absorciometría de rayos X (DEXA), el uso de medidas antropométricas y la cuantificación de creatinina en orina (UCrn). Con respecto al método antropométrico, se utilizaron mediciones del espesor de los pliegues cutáneos y las circunferencias corregidas de la mitad del brazo (CAG), de la mitad del muslo (CTG), y la mitad de la pantorrilla (CCG), así como las circunferencias corregidas de los mismos, además de la altura (HT), la edad y el sexo. La regresión lineal múltiple a partir de medidas antropométricas, dio la siguiente ecuación para evaluar el total de la masa corporal del músculo esquelético en niños y adolescentes:

$$\text{MM (kg)} = \text{Talla} [(0.0064 \times \text{CAG}^2) + (0.0032 \times \text{CTG}^2) + (0.0015 \times \text{CCG}^2)] \\ + (2.56 \times \text{sexo}) + (0.136 \times \text{edad})$$

La predicción de la MM en orina de 24 h se obtuvo con la siguiente ecuación:  $\text{MM (kg)} = (10.62 \times \text{CRN}) - 6.63$ . El coeficiente de correlación ( $r^2$ ) fue 0,966 y 0,710 para los métodos antropométricos y de la creatinina, respectivamente (p

<0,001). Concluyendo así que, además de la técnica DEXA, la determinación del total de masa del músculo-esquelético del cuerpo en niños y adolescentes puede ser muy satisfactoria y validada con confianza por mediciones antropométricas o por la determinación de la excreción urinaria de 24 horas de creatinina (17).

Y es que las mediciones corporales pueden contribuir incluso como indicadores de prevención de lesiones: Bennet (2004) publicó la evaluación del cuádriceps de jugadores profesionales de fútbol dentro del examen clínico de rodilla como una estrategia que puede generar signos de patología de esta articulación; específicamente, la medición de la circunferencia muscular de cuádriceps a nivel suprarrotuliano. Se pudiera asumir que ambos muslos normalmente fueran de igual circunferencia, pero señala el autor que la presencia de dolor, de una rodilla inestable o la falta de uso (como ocurre en los futbolistas profesionales al preferir una pierna sobre otra para el golpeo del balón) generan a menudo que una sea más grande que la otra. Su objetivo fue probar esta hipótesis en un estudio prospectivo de un grupo de futbolistas profesionales, encontrando lo siguiente: de una población de 38 jugadores que tomaron parte en el estudio, todos pertenecientes a clubes profesionales en Edimburgo y sin reporte de lesiones previas, aquellos con preferencia por la pierna derecha, 95% (n=20), reportaron una mayor circunferencia del lado izquierdo (rangos de 1.5-2 cm); la diferencia fue menor en el grupo de preferencia del lado izquierdo, 62.5% (n=8), teniendo mayor circunferencia del lado derecho (rangos de 1.-2 cm). Resultados que nos hacen reflexionar en la alta influencia de la biomecánica sobre la composición corporal de los deportistas, en la predisposición a lesiones por estos mismos factores y en la utilidad de las mediciones corporales como indicador predictivo (18).

En términos generales, el aumento del ejercicio regular, con o sin restricción alimentaria, modifica favorablemente la masa corporal y la composición corporal. Como regla general, las personas con mayor cantidad de exceso de grasa pierden peso y grasa corporal más fácilmente con el ejercicio que sus homólogas más delgadas. Incluso sin una restricción alimentaria, el ejercicio proporciona un efecto secundario positivo significativo, ya que reduce la grasa corporal y mantiene, e incluso, aumenta la masa muscular. Incluso los regímenes de ejercicio con un entrenamiento de fuerza convencional, de menor

demanda energética, afectan positivamente la masa corporal magra durante el proceso de adelgazamiento en comparación con los programas que solo restringen los alimentos. La conservación o el aumento del tejido magro mantienen un nivel elevado de metabolismo en reposo debido a que la masa muscular es metabólicamente más activa que la grasa corporal, lo que reduce la tendencia del cuerpo a almacenar calorías. En un deportista, el mantenimiento de la masa muscular durante un proceso de reducción de peso es crucial para contrarrestar los potenciales efectos negativos del adelgazamiento sobre el rendimiento del ejercicio (16).

Toda disciplina deportiva exige de cada individuo cierta estructura y silueta corporal para lograr un buen desempeño. En consecuencia, un adecuado control y vigilancia de la composición corporal se puede traducir en importantes beneficios para los atletas, tanto en la optimización de su rendimiento como en la salud.

Actualmente existen varios trabajos que tratan sobre la composición corporal de futbolistas. Tales como: Rodríguez dos Santos J. (1999) que abordó el tema de la antropometría estableciendo comparaciones entre los diferentes niveles competitivos; Toro Salinas A. (2001) analizó las características antropométricas de acuerdo a los distintos puestos de juego, entre otros. Pero hasta el momento no hay gran variedad de trabajos de este tipo, realizados con jugadores de o en equipos nacionales, siendo esto parte aguas para la aportación del presente trabajo.

Sutton (2009), como objetivo de su estudio, estableció determinar si la composición corporal de los jugadores de fútbol profesional varía según la posición de juego, situación internacional o la etnia, para establecer las variables que mejor distinguen a los jugadores de fútbol contra un grupo de referencia. La composición corporal se evaluó a través de absorciometría de rayos X (DEXA) en 64 jugadores masculinos de fútbol profesional. Las variables medidas incluyeron la densidad mineral ósea y las cantidades relativas de masa magra y grasa. Las diferencias en la composición corporal eran evidentes entre porteros y jugadores de campo, pero no entre las posiciones de estos últimos. Entre otras cosas, se concluyó que la composición del cuerpo es importante para los jugadores de fútbol de elite, pero que la

homogeneidad en los resultados entre los jugadores de elite de los clubes profesionales evidencia muy poca variación entre los individuos (19).

Reinke (2009) reportó cambios en la composición corporal con respecto a diferentes etapas del proceso de preparación deportiva de futbolistas profesionales. Considerando 3 mediciones correspondientes al final de la temporada regular de competición, al regreso del periodo de vacaciones y al final del periodo de preparación pretemporada, encontró lo siguiente: al final de la temporada regular de juego, los jugadores mostraron una media de peso corporal de  $90.1 \pm 5.6$  kg, con un contenido de grasa en el cuerpo de  $11.9 \pm 6.2\%$  y masa corporal magra de  $74.4 \pm 4.2$  kg. Después, se observaron cambios significativos en la composición corporal durante las etapas de prueba: una reducción significativa en la masa corporal al final de la fase de recuperación, seguido de un ligero incremento después de los entrenamientos de pretemporada (final de la temporada regular:  $90.1 \pm 5.6$  kg contra fase de recuperación después de 4 semanas:  $88.3 \pm 5.9$  kg y después de los entrenamientos de pretemporada:  $88.5 \pm 4.0$  kg). Esto se podría explicar en la reducción de la masa corporal magra ( $74.4 \pm 4.2$  contra  $72.2 \pm 3.2$  kg y  $73.9 \pm 3.7$  kg). La masa grasa aumentó durante la fase de recuperación y disminuyó durante el entrenamiento de pretemporada ( $10.3 \pm 5.6$  kg contra  $11.1 \pm 5.4$  y  $9.4 \pm 4.6$  kg) (20).

Mazza (2005) buscó relacionar la masa muscular total con algunas capacidades físicas en futbolista jóvenes; para ello, relacionó estadísticamente los resultados de medidas antropométricas con las que se determinaron (por método bicompartamental) el total de la masa muscular corporal con los resultados de tests como: 1RM de sentadilla, 1RM de press de banca, de fuerza con impulso, el test de Abalakov par capacidad de salto, el test de 50 m para velocidad, entre otros. Encontrando que, la variable masa muscular total, explicaba matemáticamente menos del 49% (coeficiente de determinación) del rendimiento alcanzado en los tests que predicen las capacidades funcionales (21).

Desde el punto de visto científico, también se crean controversias en cuanto a las metodologías adecuadas para llevar a cabo mediciones corporales en los adolescentes, dadas la mayoría de las veces por sus características de crecimiento y desarrollo dispar y acelerado. Así, una de las propuestas está

dada por Krebs y cols. (2007), donde lanzan ciertas recomendaciones para esta tarea antropométrica: la referencia preferida para definir el estado corporal en niños y adolescentes son las tablas del Center for Disease Control and Prevention (CDC) del año 2000; expertos recomiendan el IMC porque se obtiene fácilmente y se correlaciona fuertemente con la grasa corporal, especialmente en niveles extremos; en 2005, el Instituto de Medicina acordó que para individuos de 2 a 18 años con IMC  $>30$  kg/m<sup>2</sup> ó mayor o igual al percentil 95 para la edad y género deberían ser considerados obesos, y que los individuos con IMC correspondiente mayor o igual al percentil 85 pero menor al 95 sean considerados como con sobrepeso; considera que el límite de IMC de 30 kg/m<sup>2</sup> se recomienda porque para las edades más avanzadas de adolescencia que sobrepasan el percentil 95 ( $>17$  años), esto se asocia con patrones de riesgo en la edad adulta para obesidad y mortalidad, además de proveer continuidad con los valores de los adultos (22).

Así, en el estudio realizado por Shumei Sun Guo (2002), se actualiza y complementa la información anterior con el uso del índice de masa corporal aplicado para predecir el sobrepeso y la obesidad adulta con los percentiles 75, 85 y 95 de las listas de los CDC aplicadas en la infancia y adolescencia. Se trató de un análisis longitudinal de una población total de 166 hombres y 181 mujeres a los que se les realizaron mediciones anuales en dos etapas diferentes de su vida: una de los 3 a los 20 años de edad y otra de los 30 a los 39 años de edad. En cuanto a los resultados, en términos generales, se encontró que la probabilidad de padecer obesidad del adulto en un adolescente que se clasificó en el percentil 85 de las tablas de la CDC fue: para hombres jóvenes de  $\leq 20\%$  a los 17 años de edad y de 20 a 59,9% después; y la probabilidad correspondiente a mujeres jóvenes fue de 20 a 39,9% a los 18 años de edad y de 40 a 59,9% después. En conclusión, este método aplicable clínicamente asigna a un valor de IMC de un adolescente a un grupo con una probabilidad conocida de sobrepeso u obesidad en la edad adulta; y que este riesgo aumenta con la edad (23).

## ENTRENAMIENTO

El establecimiento de un proceso de entrenamiento requiere la intervención de competencias diversas, a fin de evaluar las exigencias de la tarea deportiva (para un nivel de práctica determinado), las aptitudes (físicas y psicológicas) del sujeto, así como su entorno social y su motivación. De manera que podemos afirmar que un enfoque pluridisciplinario es el futuro del proceso de optimización de la marca deportiva (24).

Las demandas fisiológicas del juego de fútbol están representadas por las intensidades a las cuales se llevan a cabo las distintas actividades durante un partido. Esto tiene implicancias en cuanto a la capacidad física necesaria de los jugadores, para la determinación de adecuados regímenes de entrenamiento y para la adecuada conservación del estado nutricional y de salud del propio jugador. Debido a que en muchas ocasiones los esquemas de entrenamiento y competencia de los jugadores semi y/o profesionales comprenden sus roles ocupacionales, esto tiene consecuencias para sus actividades habituales, requerimientos energéticos diarios y gastos calóricos. También existen repercusiones para la prevención de lesiones, en la medida de lo posible, y para la adecuada rehabilitación de lesiones de los tejidos blandos (7).

Las características del programa de entrenamiento (intensidad, frecuencia, duración, modo de ejercicio) son manipuladas, generalmente y en su mayoría, por los directores técnicos a cargo de los equipos. Por lo tanto, los estímulos de entrenamiento dependen de cómo se organizan los regímenes de su actividad. Así, es muy difícil de caracterizar al entrenamiento de los jugadores de fútbol a la luz del principio de que el entrenamiento debería ser específico a los requisitos del juego. Sin embargo, el mismo podría clasificarse con base a la distribución del tiempo de las cualidades que lo componen (carrera, flexibilidad, dribles, calentamiento, recuperación, etc.), tal como se concluyó en una investigación en el fútbol de la Liga inglesa (7) (Anexo No. 5).

La estructura base general del entrenamiento en futbol comprende varias estrategias, que en orden de importancia con base en la cualidad del deporte a desarrollar, son:

- A. Un entrenamiento de resistencia a intensidades bajas (ya sea continuo o intervalado), que mantiene la base aeróbica, capilariza mejor los músculos, remueve y oxida más rápido el lactato residual y favorece a los procesos de recuperación de los esfuerzos intensos. La capacidad de recuperar la reserva de fosfágeno y, por ende, de repetir esfuerzos explosivos más frecuentemente, depende del potencial oxidativo y del número de capilares musculares.
- B. Un entrenamiento de resistencia a intensidades intermedias y altas para la mejora del consumo máximo de oxígeno, y que favorece la producción-remoción de lactato intra-juego. Para aumentar esta capacidad se realizan esfuerzos submáximos moderadamente intensos de 45" a 1'30" de duración, con pausas de 45" a 1', durante 25 a 30', al menos 3 a 4 veces por semana.
- C. Esfuerzos explosivos menores a 4 a 5 segundos de duración, que aumentan la reserva o capacidad de ATP y Fosfocreatina, y tienen un efecto benéfico sobre el sistema nervioso aumentando la velocidad de transmisión neuromuscular. Se realizan 3 a 4 repeticiones con pausas de 45" a 1' entre sí, y de 2 a 3 series con pausas de 3' entre ellas.
- D. Esfuerzos máximos de 6 a 10 segundos de duración que mejoran la potencia del sistema ATP-Fosfocreatina, aumentando y perfeccionando las enzimas que producen la reacción, lo que incrementa la velocidad de utilización de la fuente de energía. Dado que producen algo de lactato, las pausas entre repeticiones son de 1'15" a 1'30", y entre series de 3' a 4' aproximadamente.

Cabe mencionar que, de acuerdo a las características de su preparación, se ha demostrado claramente que los jugadores de fútbol están preparados para resistir un mayor estrés fisiológico durante los partidos (25).

Se debe enfatizar la necesidad de mantener un balance entre los componentes integrales de un programa de entrenamiento. El entrenamiento en la pretemporada tiende a remarcar los estímulos aeróbicos los cuales podrían interferir con la fuerza muscular. Durante la temporada competitiva la capacidad aeróbica tiende a estabilizarse mientras que los niveles de fuerza muscular crecen hasta alcanzar el nivel óptimo. Una de las consecuencias de

la disminución en la fuerza muscular al comienzo de la temporada es que los jugadores pueden volverse más vulnerables a las lesiones. Los futbolistas con mayores niveles de fuerza al comienzo de la temporada fueron capaces de permanecer sin lesiones a lo largo de la misma, comparados con jugadores con menores niveles de fuerza (7).

El entrenamiento de la flexibilidad también es importante para el fútbol. Ekstrand demostró que la rigidez muscular era una característica de los jugadores de fútbol, particularmente en los grupos musculares isquiotibiales y abductores. En un estudio prospectivo que empleaba entrenamiento de la flexibilidad, se observó que la incidencia de lesiones fue menor en una muestra experimental de jugadores (que practicaban entrenamiento de flexibilidad) (7).

Normalmente, los jugadores de fútbol compiten cada fin de semana y este esquema les permite una preparación gradual hasta lograr un pico en la carga de entrenamiento a mitad de semana y un tapering-off o estado óptimo para el siguiente partido. Esto está ilustrado por las tendencias en los gastos calóricos diarios a lo largo de la semana (Anexo No. 6). Este patrón es un resguardo contra el sobreentrenamiento y contra la reducción de los niveles de glucógeno muscular antes del partido. Sin embargo, no es posible utilizar este modelo cuando los jugadores tienen calendarios competitivos más desorganizados, incluyendo partidos extras a mitad de semana. En tales circunstancias, sólo se podrán incluir algunos componentes de los estímulos de entrenamiento fisiológico entre los partidos, y los encuentros en sí brindarán el principal estímulo fisiológico (7).

## JUSTIFICACIÓN

El deportista sano acude al médico para que éste, basándose en sus conocimientos científicos, le ayude a mejorar su estado físico, con el fin de mejorar su rendimiento. Si dejamos de lado la práctica deportiva educativa recreativa, que corresponde a motivaciones lúdicas, la práctica del deporte de competición y de alto nivel (profesional) plantea a la medicina del deporte problemas radicalmente distintos a los de la medicina clínica. Hay que tener en cuenta que, además del deportista interesado en aumentar su rendimiento físico, en muchas ocasiones aparecen importantes intereses financieros y sociales relacionados con la mejora deportiva.

Dado que la estructura física del atleta está afectada por las exigencias de la especialidad, la composición corporal es un parámetro básico en la valoración deportiva de un atleta. Es un hecho que personas con somatotipos similares, sobresalen en deportes específicos sin importar su grupo étnico, porque el deporte requiere cierto tamaño corporal, dimensión y forma; lo que tampoco es un privilegio de clases sociales.

Queda claro entonces, que el tamaño del cuerpo, sus proporciones, el físico y la composición corporal son factores importantes en la performance física y la aptitud física. En el ámbito del deporte la antropometría, nos sirve para describir el “status” morfológico de un individuo o de una muestra, o como base de comparaciones entre muestras de una población con otras. Por lo tanto, pudiera considerarse a la composición corporal también como un elemento a tener en cuenta para la selección de talentos deportivos.

En el fútbol, la performance está determinada por la técnica, la táctica, las características fisiológicas y psicológicas; pero la variación de la intensidad y duración del entrenamiento traen aparejados cambios no solo en los parámetros metabólicos y fisiológicos, sino también en la composición corporal, como aspecto importante a considerar de la aptitud física en la disciplina.

En años recientes han salido a la luz estudios sobre la caracterización cineantropométrica y condicional del futbolista, aunque casi todos ellos se refieren al modelo de rendimiento del futbolista profesional, prioritariamente a nivel internacional (Chatard, 1984; Luthaen, 1984; Bosco, 1991; Weineck, 1994; Reilly, 1994; Ekblom, 1999; Mombaerts, 2000; Bangsbo, 2002; Cometti,

2002; Santos et al, 2002). Son pocos los estudios que han tenido en cuenta esta valoración en otros niveles competitivos o grupos de edad (Ardá, 1996; Lealli, 1997; Natal, 1998; D'ottavio, 2001).

La relación e influencia de determinados parámetros antropométricos como el peso muscular total, el porcentaje muscular o el área muscular total sobre la producción de fuerza explosiva, explosivo elástica o la capacidad de aceleración ha sido poco estudiada (Martin et al, 1990; Tittel y Wutscherk, 1992; Canda, 1996). Parece, sin embargo evidente esta relación, y con ellos la importancia de una adecuada construcción condicional de los futbolistas en sus edades de formación.

Otro ejemplo válido, son los datos obtenidos por Casáis Martínez (2003) y que reflejan, en primer lugar, lo inadecuado de utilizar, como parámetros de control del entrenamiento en edades de formación, datos que proceden de futbolistas profesionales adultos, por cuanto existen diferencias muy notables entre estos grupos de edad y los valores de sujetos adultos de la élite de la modalidad. Los futbolistas en formación muestran promedios de porcentaje graso por debajo del 10%, y porcentajes musculares entre 50% y 52%. También se observan valores de área muscular de muslo muy por debajo de los encontrados con futbolistas adultos (26).

Por lo expuesto, queda clara la importancia de conocer la composición corporal de los deportistas especializados en el balompié mexicano y debido a que, hasta el momento no se cuenta con trabajos donde se estudien a los deportistas del Club de Fútbol Pachuca en sus ligas profesionales menores, surgió la necesidad de conocer las características antropométricas de los jugadores de fútbol de las segundas, terceras y cuartas divisiones, a fin de comparar estos datos y conocer los efectos de su entrenamiento sobre el factor físico.

De esta forma, los entrenadores y preparadores físicos podrán abordar a los deportistas desde su realidad, diseñando planes de entrenamiento adecuados, específicos, e incluso, individualizados.

En un futuro estos resultados podrían compararse incluso con el perfil de jugadores de otras ligas, de otros clubes, de otros países, o bien, con el ideal del deporte.

## **HIPÓTESIS**

El entrenamiento sistemático y continuo generará cambios en la composición corporal de futbolistas tras un periodo de 10 meses, y estas serán reflejadas en distintas magnitudes según la edad y la posición de juego.

## OBJETIVOS

Con este trabajo se pretende cuantificar la magnitud con que un entrenamiento sistemático y continuo en fútbol generará cambios en los valores del porcentaje de grasa corporal y del total de la masa muscular en futbolistas jóvenes, tras un periodo de 10 meses. No así con respecto al Índice de Masa Corporal, en el que, dada la característica etaria, nuestro universo de estudio se ubica dentro de una etapa de variabilidad constante.

Además, también se busca cuantificar este mismo efecto dentro de la particularidad de cada uno de los grupos de edad de los participantes y de cada una de las posiciones de juego que demanda la disciplina (delanteros, mediocampistas, defensas y porteros), en virtud de las diferentes cargas de entrenamiento que recibe cada posición.

Esto por medio del análisis estadístico de una base de datos que cuenta con mediciones antropométricas de 122 futbolistas pertenecientes a las divisiones profesionales del Club de Fútbol Pachuca y que abarcan un período de tiempo de entrenamiento que va de agosto del 2010 a junio del 2011.

También se pretende, de acuerdo a los resultados obtenidos de este proyecto, proponer a este tipo de entrenamiento como una alternativa viable para el control de peso en la población de dichas edades, dadas las condiciones sociodemográficas y de salud que imperan actualmente en nuestro país.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Desde el punto de vista metodológico, el presente estudio se define como de carácter longitudinal, prospectivo, secuencial y autocontrolado; tomando como única variable independiente al entrenamiento y como variables dependientes a la variación tanto del tejido adiposo corporal como del tejido muscular total.

Se realizó con apoyo del Alto Rendimiento Tuzo, institución educativa y deportiva perteneciente al Club de Fútbol Pachuca y que cuenta con una amplia variedad de categorías especializadas en la preparación futbolística, y dentro de las que se encuentran dos terceras divisiones, una cuarta división y una segunda división, mismas que fungieron como universo de estudio. De tal forma que los sujetos integrantes de esta población, reunían como requisito principal pertenecer a alguna de estas categorías profesionales, así como el llevar a cabo los entrenamientos programados para la categoría correspondiente y atender a la alimentación recomendada por el Servicio de Nutrición de la institución.

La base de datos final incluyó a un total de 122 futbolistas, todos del sexo masculino y con edades que van de los 12 a los 23 años y adscritos a alguna de las divisiones profesionales del club. Todos contaron con una revisión médica previa que avala la posibilidad de realizar actividad física sin restricciones, misma que está compuesta por una historia clínica detallada, una exploración física completa, valoración de agudeza visual, electrocardiograma en reposo, podoscopía digital, valoración odontológica y una batería de estudios de laboratorio básicos.

La toma y registro de las mediciones antropométricas se llevaron a cabo en dos momentos: el primero en agosto del 2010 y el segundo en junio del 2011. Estas se llevaron a cabo por el personal del Servicio de Nutrición; el marcaje y las mediciones fueron realizadas por un Nutriólogo certificado ISAK Nivel 1 responsable del servicio; la metodología utilizada en estas mediciones se basó en las especificaciones dadas por The International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) para tales fines y que se describe a continuación (27):

## MARCACIÓN DE SITIOS ANATÓMICOS

Los sitios anatómicos son los puntos identificables del esqueleto, que, en general, están situados en la superficie del cuerpo y son las marcaciones que identifican la ubicación exacta del punto anatómico a ser medido, o a partir del cual se localiza un sitio de tejido blando.

La marcación o el punto de referencia se localizan con el dedo pulgar o índice. Una vez identificado el lugar de referencia se libera el sitio para evitar cualquier distorsión de la superficie cutánea, y luego se localiza el sitio y se identifica con un marcador de fieltro de punta fina o un lápiz dermatográfico. El sitio se identifica inmediatamente por encima de la marcación.

### ACROMIAL

Definición: El punto en el borde superior del acromion en línea con su aspecto más lateral.

El paciente adopta una posición relajada con los brazos colgando a los costados del cuerpo. El cinturón escapular debe estar en una posición intermedia.

El antropometrista debe estar parado por detrás del lado derecho del paciente, palpara el proceso de la espina de la escapula hasta la zona del acromion. Palpe hacia arriba hasta el margen superior del borde del acromion de forma alineado con su aspecto más lateral. (Fig. 1)



Fig. 1 Punto acromial. Manual ISAK

## RADIAL

Definición: El punto en el borde más próximo y lateral de la cabeza del radio.

El paciente adopta una posición relajada con los brazos colgando a cada lado del cuerpo.

Se debe palpar hacia abajo en la fosa lateral del codo derecho. Es probable sentir el espacio entre la cabeza del humero y la del radio. A continuación se debe mover el pulgar de manera distal sobre la parte más lateral de la cabeza radial proximal. Se confirma la ubicación correcta mediante una leve rotación del antebrazo, propiciando así el giro de la cabeza del radio (Fig. 2).



Fig. 2 Punto Radial. Manual ISAK

## ACROMIO RADIAL MEDIO

Definición: El punto equidistante entre los sitios acromial y radial.

El paciente adopta una postura relajada con los brazos colgando a los lados del cuerpo.

Se mide la distancia lineal entre las marcaciones acromial y radial con el brazo relajado y colgando al costado del cuerpo. La mejor manera de medirla es con un segmómetro o calibre móvil grande. En caso de utilizar una cinta métrica se debe tener cuidado de no seguir la curvatura de la superficie del brazo. Se debe colocar una pequeña marca horizontal a nivel del punto medio entre estos dos puntos. Se debe proyectar esta marca hacia la superficie antero posterior del brazo en la forma de una línea horizontal. Esto es necesario para poder localizar los sitios de los pliegues del tríceps y del bíceps (Fig. 3).

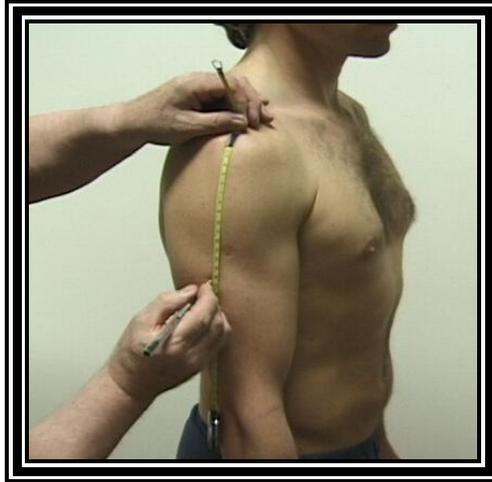


Fig. 3 Punto Acromio Radial Medio. Manual ISAK

#### SITIO DEL PLIEGUE DEL TRICEPS

Definición: La parte posterior del tríceps, en la línea media, a nivel de la marcación correspondiente al acromion radial medio.

El paciente adopta la posición anatómica para la marcación del sitio de pliegue del tríceps.

El sitio del pliegue del tríceps se marca en la línea media del tríceps a nivel de la marcación correspondiente al acromion radial medio (Fig. 4).



Fig. 4 Sitio del Pliegue del Tríceps. Manual ISAK

#### SITIO DEL PLIEGUE DEL BICEPS

Definición: La parte más anterior del bíceps.

El paciente adopta la posición anatómica para la marcación del sitio de pliegue del bíceps.

El sitio del pliegue del bíceps se marca encima de la parte más anterior del bíceps visto de costado a nivel de la marcación correspondiente al acromion radial medio (Fig.5).



Fig. 5 Sitio del Pliegue del Bíceps. Manual ISAK

#### SUBESCAPULAR

Definición: El punto más bajo del ángulo inferior de la escapula.

El paciente adopta una postura relajada con los brazos colgando a ambos lados del cuerpo.

Se palpa el ángulo inferior de la escapula con el pulgar izquierdo. En caso de dificultad para localizarlo, el paciente deberá mover su brazo derecho lentamente en dirección hacia la espalda. Se deberá efectuar una última revisión o control de esta marcación con el brazo relajado al costado del cuerpo (Fig. 6).



Fig. 6 Subescapular. Manual ISAK

### SITIO DEL PLIEGUE DEL SUBESCAPULAR

Definición: El sitio está ubicado a 2 cm en una línea que corre hacia abajo en forma lateral y oblicua en un ángulo de  $45^{\circ}$  desde la marcación subescapular.

El paciente adopta una postura relajada con los brazos colgando a los lados del cuerpo.

Se utiliza una cinta métrica para ubicar el punto a 2 cm de la marcación subescapular en una línea que corre hacia abajo lateralmente en un ángulo de  $45^{\circ}$ .

### ILIOCRESTAL

Definición: El punto en el aspecto más lateral del tubérculo iliaco, situado en la cresta iliaca.

El paciente adopta una postura relajada con los brazos colgando a los lados del cuerpo y con el brazo derecho en abducción, en posición horizontal.

El antropometrista se debe colocar por detrás del paciente, con la mano derecha se localiza el borde más lateral de la cresta iliaca en el ilion. Con la mano izquierda se estabiliza el cuerpo al ejercer resistencia en el lado izquierdo de la pelvis (Fig. 7).



Fig. 7 Iliocrestal. Manual ISAK

### SITIO DE PLIGUE DE LA CRESTA ILIACA

Definición: el sitio en el centro del pliegue cutáneo tomado inmediatamente arriba de la marcación iliocrestal.

El paciente adapta una posición relajada, con el brazo izquierdo colgando al costado del cuerpo y con el brazo derecho en abducción, en posición horizontal.

Se levanta el pliegue inmediatamente arriba del iliocrestal. Se deben alinear los dedos de la mano izquierda sobre la marcación iliocrestal y ejercer presión hacia adentro para que los dedos pasen por encima de la cresta iliaca. Se sustituye a los dedos por el pulgar izquierdo y se reubica el dedo índice a suficiente distancia hacia arriba del pulgar, de manera que esta tracción represente el pliegue cutáneo a ser medido. Se debe marcar el centro del pliegue tomado. El pliegue corre en forma anterior y levemente hacia abajo, según lo determina el pliegue natural de la piel.

### ILIOESPINAL

Definición: El extremo inferior del borde de la espina iliaca antero superior.

El paciente estará parado con los brazos colgando a los lados del cuerpo.

Se palpa el aspecto superior del ilion y se sigue antero inferiormente, a lo largo de la cresta hasta la espina iliaca antero superior y luego hacia abajo hasta que corra posteriormente. La marcación se efectúa en el margen o borde inferior donde apenas se siente el hueso. En caso de existir dificultad en la localización del sitio para la marcación, el paciente deberá levantar el talón del pie derecho y efectuar una rotación externa del fémur (Fig. 8).



Fig. 8 Ilioespinal. Manual ISAK

### SITIO DEL PLIEGUE SUPRAESPINAL

Definición: El sitio en la intersección de dos líneas: 1) la línea desde la marca ilioespinal marcada hasta el borde axilar anterior, 2) la línea horizontal a nivel de la marca iliocostal.

El paciente estará parado y relajado, con los brazos colgando a los costados del cuerpo. El brazo derecho podrá estar en abducción, en posición horizontal, luego de identificar el borde axilar anterior.

El pliegue corre levemente hacia abajo y anteriormente según lo determina el pliegue natural de la piel (Fig. 9).



Fig. 9 Sitio del Pliegue Supraespal. Manual ISAK

### SITIO DEL PLIEGUE ABDOMINAL

Definición: el sitio ubicado a 5 cm a la derecha del ombligo.

El paciente estará parado y relajado, con los brazos colgando a los costados del cuerpo.

El sitio se identifica en el lado derecho del paciente, con una marca a 5 cm del punto medio del ombligo. El pliegue en este sitio se toma de forma vertical (Fig. 10).



Fig. 10. Sitio del Pliegue Abdominal. Manual ISAK

### TROCANTER

Definición: El punto superior máximo, no el punto más lateral, del trocánter mayor del fémur.

El paciente estará parado y relajado, con el brazo derecho cruzando el tronco. Para localizar este sitio, el antropometrista deberá estar parado detrás del paciente y palpar el aspecto lateral de los músculos glúteos con el talón de su mano. Es aconsejable estabilizar al paciente ejerciendo resistencia en el lado izquierdo de la pelvis con la mano izquierda, mientras que se ejerce presión con la mano derecha. Una vez que se identificó al trocánter mayor, el antropometrista deberá palpar hacia arriba para localizar el punto más alto del trocánter. Es el sitio donde aun se puede palpar el hueso al aplicar una fuerte presión hacia abajo.

### TIBIAL LATERAL

Definición: El punto superior máximo en el borde lateral de la cabeza tibial.

El paciente estará parado y relajado, con los brazos colgando a los costados del cuerpo.

Este punto es a menudo difícil de marcar correctamente debido a los ligamentos laterales gruesos que atraviesan la articulación de la rodilla. Se palpa el sitio utilizando la uña del dedo pulgar y los siguientes puntos de referencia: localizar el espacio de la articulación delimitada por el cóndilo lateral del fémur y la porción antero lateral del cóndilo tibial lateral. Se presiona con firmeza hacia adentro, a fin de localizar el borde superior y lateral del a cabeza tibial. Puede ser útil que el paciente flexione y extienda la rodilla varias veces

para asegurar que se ha localizado el punto preciso, la marcación se deberá efectuar aproximadamente a un tercio de la distancia siguiendo el borde en una dirección antero posterior (Fig.11).



Fig. 11 Tibial Lateral. Manual ISAK

#### TROCANTER TIBIAL ANTERIOR MEDIO

Definición: El punto equidistante entre el trocánter y el tibial lateral.

El paciente adopta una posición relajada con el brazo izquierdo colgando al costado del cuerpo y el antebrazo derecho cruzando el tronco.

Se mide la distancia lineal entre las marcaciones de los sitios del trocánter y el tibial lateral. La mejor forma de medirla es con un segmómetro o un calibre móvil grande. Si se utiliza una cinta métrica, asegúrese de no seguir la curvatura de la superficie del muslo. Se coloca una marca horizontal pequeña a nivel del punto medio entre estos dos puntos de referencia (Fig. 12).



Fig. 12 Trocánter Tibial Anterior Medio. Manual ISAK

### SITIO DEL PLIEGUE DE LA PANTORRILLA MEDIAL

Definición: El sitio en el aspecto más medial de la pantorrilla a nivel de la circunferencia máxima.

El paciente estará parado y relajado, con los brazos colgando a los costados del cuerpo. Deberá tener los pies separados y el peso del cuerpo distribuido en forma equilibrada.

Se localiza el nivel de la circunferencia máxima en la cara median de la pantorrilla y se marca con una pequeña línea horizontal. La circunferencia máxima es identificada utilizando los dedos medios de la mano para manipular la posición de la cinta en una serie de movimientos hacia arriba o abajo hasta localizar la circunferencia máxima. Se observa el punto marcado desde la parte frontal para ubicar el punto medial mayor, y marcarlo con una línea vertical que lo atraviese.

### SITIO DEL PLIEGUE DEL MUSLO ANTERIOR

Definición: el sitio es el punto medio de la distancia entre el pliegue inguinal y la superficie anterior de la rotula en el punto medio del muslo.

El paciente adopta una posición sentada con el torso erguido y los brazos colgando a los costados. La rodilla de la pierna derecha deberá estar flexionada en ángulo recto.

El antropometrista estará parado frente al lado derecho lateral del muslo con el paciente sentado. Se marca el sitio paralelo al eje longitudinal del muslo en el punto medio de la distancia entre el pliegue inguinal y el margen superior de la superficie anterior de la rotula. En caso de dificultad en la localización del pliegue, el paciente deberá flexionar la cadera para formar un pliegue. Se coloca una pequeña marca horizontal a la altura del punto medio entre las dos marcaciones. Luego se traza una línea perpendicular que cruce la línea horizontal. Esta línea perpendicular se localiza en la línea media del muslo. Si se utiliza una cinta métrica, se debe evitar seguir la curvatura de la superficie del miembro (Fig. 13).



Fig. 13 Sitio del Pliegue del Muslo Anterior. Manual ISAK

### TIBIAL MEDIAL

Definición: El punto máximo superior en el borde medial de la cabeza tibial.

El paciente está sentado con la pierna derecha apoyada sobre la rodilla izquierda para trazar la marca en la cara medial de la pierna.

El tibial medial se encuentra aproximadamente en el mismo plano transversal que el tibial lateral. Se palpa el espacio de la articulación comprendido entre el cóndilo media femoral, y el cóndilo medial tibial. El punto superior mayor deberá ser marcado en el borde medial proximal mientras se mantiene la pierna en esta posición (Fig. 14).



Fig. 14. Tibial Medial. Manual ISAK

### MASA CORPORAL

Para esta medición se requiere de una balanza. La medida es sin ropa. Es necesario cotejar que la balanza este colocada en cero, entonces se coloca al

paciente en el centro de la balanza, sin apoyo y con su peso distribuido equitativamente en ambos pies (Fig. 1).



Fig. 1 Masa Corporal. Manual ISAK

## TALLA

Para esta medición se requiere de un estadiómetro, estadímetro o tallímetro. El método de talla con tracción requiere que el paciente esté parado con los pies juntos y los talones, glúteos y la parte superior de la espalda en contacto con la escala. El evaluador coloca sus manos lo suficientemente separadas al margen de la mandíbula del sujeto para asegurar que la tracción hacia arriba se transfiera al proceso mastoideo. Se le indica al paciente que tome y sostenga una inspiración profunda y mientras se mantiene la cabeza en el plano Frankfort el evaluador aplica una tracción moderada en dirección hacia arriba en el proceso mastoideo. El antropometrista ubica la escuadra firmemente sobre el vértex, comprimiendo el cabello lo más posible. La medida se toma al final de una inspiración profunda (Fig. 2).



Fig. 2 Talla. Manual ISAK

## TECNICAS PARA MEDIR PLIEGUES CUTANEOS

El sitio del pliegue cutáneo deberá ser localizado cuidadosamente, empleando la marcación anatómica correcta.

El pliegue cutáneo se toma en la línea marcada. Deberá asirse y elevarse una doble capa de piel de tejido subcutáneo, con los dedos índice y pulgar de la mano izquierda. La orilla próxima del pulgar y del dedo índice deben estar alineados con la marca anatómica. La parte posterior de la mano deberá estar en dirección del evaluador. El tamaño del panículo medido, deberá ser suficiente, pero no mayor a lo suficiente, para asegurar que las dos capas de piel están paralelas. Se tendrá un cuidado extremo para no incorporar tejido muscular en la medición, al asir el pliegue cutáneo.

Las ramas posteriores de las caras del plicómetro se ubican a 1 cm del borde del pulgar y el dedo índice. El calibrador se sostiene siempre a  $90^{\circ}$  de la superficie del lugar anatómico a medir. La lectura de la medición se realiza dos segundos después de aplicar la presión total del calibrador.

## TRICEPS

El paciente asume una posición relajada de pie con el brazo izquierdo al lado del cuerpo. El brazo derecho debe estar relajado, con una leve rotación externa de la articulación del hombro y el codo extendido, al lado del cuerpo.

El panículo corre paralelo al eje longitudinal del brazo (Fig. 1).



Fig. 1 Triceps. Manual ISAK

## SUBESCAPULAR

El paciente asume una posición relajada de pie con los brazos relajados a los lados.

La línea del panículo se determina por la línea del dobléz natural de la piel (Fig. 2).

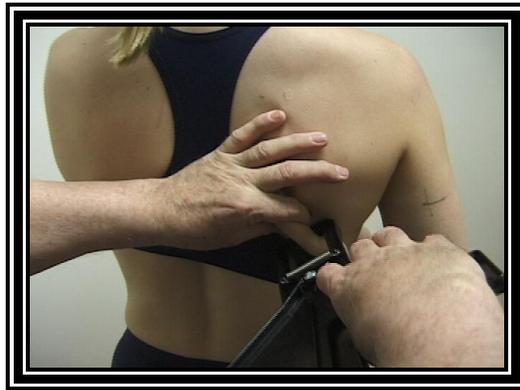


Fig. 2 Subescapular. Manual ISAK

## BICEPS

El paciente asume una posición relajada de pie con el brazo izquierdo colgando al lado del cuerpo. El brazo derecho debe estar con una leve rotación externa de la articulación del hombro y el codo extendido, al lado del cuerpo.

El panículo corre paralelo al eje longitudinal del brazo (Fig. 3).

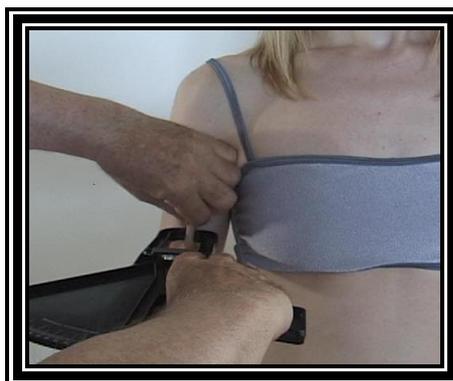


Fig. 3 Bíceps. Manual ISAK

## CRESTA ILIACA

El paciente asume una posición relajada de pie con el brazo izquierdo al lado del cuerpo. El brazo derecho debe estar abducido o cruzando el tronco.

La línea del panículo generalmente corre hacia abajo de manera posterior anterior, siguiendo el clivaje natural de la piel (Fig. 4).



Fig. 4 Cresta Iliaca. Manual ISAK

#### SUPRAESPINAL

El paciente asume una posición relajada de pie con los brazos al lado del cuerpo.

El panículo corre hacia abajo aproximadamente en un ángulo de  $45^{\circ}$ , siguiendo el clivaje natural de la piel (Fig. 5).



Fig. 5. Supraespinal. Manual ISAK

#### ABDOMINAL

El paciente asume una posición relajada de pie con los brazos al lado del cuerpo.

El panículo corre verticalmente. Es de particular importancia que el evaluador se asegure que el pliegue levantado sea estable y amplio, ya que la musculatura debajo del mismo está escasamente desarrollada. Esto puede resultar en una subestimación del grosor del tejido subcutáneo (Fig. 6).

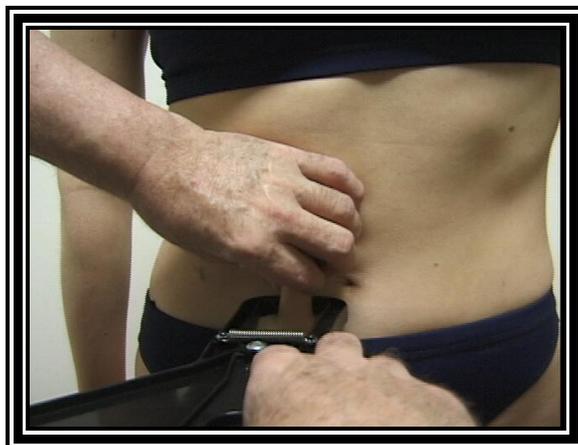


Fig. 6 Abdominal. Manual ISAK

#### MUSLO MEDIAL

El paciente asume una posición sentada, hacia el frente de la caja de medición, con el torso erecto y los brazos al lado del cuerpo. La rodilla de la pierna derecha esta usualmente doblada en un ángulo recto, en algunos sujetos este pliegue cutáneo puede ser tomado más fácilmente con la rodilla extendida.

Debido a la dificultad con este panículo, se recomiendan tres métodos de medición:

- El evaluador se ubica mirando hacia el lado derecho del sujeto, en la parte lateral del muslo. El pliegue cutáneo se toma en el área marcada. El pliegue se mide con la rodilla doblada. Este es el método estándar y preferido.
- Si tiene dificultad para medir el pliegue, solicítele al paciente que levante la parte posterior del muslo con ambas manos para reducir la tensión de la piel.
- Para los sujetos que tienen un pliegue cutáneo del muslo, particularmente difícil de obtener, se le solicita que asista la medición con en el método anterior.

Si el pliegue cutáneo es difícil de tomar con la rodilla flexionada, solicítele al paciente que la extienda (Fig. 7).



Fig. 7 Muslo Medial. Manual ISAK

#### PANTORRILLA

El paciente asume una posición relajada de pie con los brazos al lado del cuerpo y el pie derecho sobre el cajón de medición. La rodilla derecha esta flexionada en un ángulo aproximado de  $90^{\circ}$ .

El pie derecho del paciente está sobre el cajón de medición, con la pantorrilla relajada. El pliegue corre paralelo al eje longitudinal de la pierna (Fig. 8).



Fig. 8 Pantorrilla. Manual ISAK

## MEDICIÓN DE PERÍMETROS

El equipo utilizado es una cinta antropométrica y cajón de medición.

La técnica de manos cruzadas es utilizada para medir todos los perímetros y para la lectura de la cinta, a fin de facilitar la misma, el cero debe estar localizado mas lateralmente que medial en lo que resta al sujeto. En el manejo de la cinta antropométrica, se debe cuidar que el cero se localice más lateral que medial, en relación al paciente. Cuando se miden circunferencias, la cinta se localiza en un ángulo recto en la extremidad o segmento del cuerpo a ser medido, tensando la cinta de manera constante. Esta tensión constante se logra cuando uno se asegura que no existe piel endenetada y la cinta se sostiene sobre el sitio anatómico marcado. El objetivo es minimizar los espacios entre la piel y la cinta, además minimizar la endentación de la piel donde sea posible.

Para posicionar la cinta, sostenga el estuche en la mano derecha, con el fragmento inicial en la mano izquierda. Párese frente al área a ser medida, pase la punta del fragmento por detrás de la extremidad y sostenga el mismo con la mano derecha, que a su vez sostiene el fragmento y el estuche de la cinta. En este momento, la mano izquierda está libre para manipular la cinta y ajustarla al nivel apropiado. Aplique suficiente tensión a la cinta con la mano derecha para mantenerla en posición, mientras la mano izquierda busca nuevamente el fragmento de cinta.

### BRAZO RELAJADO

El paciente asume una posición de pie con el brazo izquierdo relajado al lado del cuerpo. El brazo derecho se flexiona levemente a nivel del hombro con el codo extendido.

La medición se realiza en el perímetro máximo del antebrazo distal a los epicóndilos humerales. El sujeto sostiene la palma de la mano mirando hacia arriba (antebrazo en supinación) mientras los músculos del antebrazo se mantienen relajados. Utilizando la técnica de manos cruzadas, mueva la cinta en el antebrazo hacia arriba y hacia abajo para ubicar correctamente el punto máximo de la circunferencia. Usualmente este punto se encuentra en posición distal en relación al codo (Fig. 1).



Fig. 1 Brazo Relajado. Manual ISAK

### MUSLO MEDIO

El paciente asume una posición de pie con los brazos cruzados en el tórax. Los pies del paciente deberán estar ligeramente separados y la masa del cuerpo, distribuida equitativamente en ambos pies.

El perímetro se toma en el punto medio del muslo en el sitio anatómico de la marca del trocánter tibial lateral medio. Normalmente, el paciente está de pie sobre el cajón de medición o una silla. El antropometrista pasa la cinta entre los muslos y la desliza hacia arriba para ubicarla en el plano correcto. El fragmento y el estuche de la cinta se colocan en la mano derecha, mientras que el antropometrista ajusta la cinta con la mano izquierda. El antropometrista retoma el control de la cinta con la mano izquierda, empleando la técnica de manos cruzadas, asegurándose que la cinta está colocada en el plano perpendicular y se ajusta para asegurar que no resbale ni se endente en la piel (Fig. 2).



Fig. 2 Muslo Medio. Manual ISAK

### PANTORRILLA MAXIMO

El paciente asume una posición de pie con los brazos colgados al lado del cuerpo. Los pies del paciente deben estar levemente separados y la masa del cuerpo distribuida en ambos pies.

El perímetro se toma en el punto máximo del gastrocnemio de la pantorrilla donde está marcado el sitio del pliegue cutáneo del gastrocnemio. Normalmente el paciente está de pie sobre el cajón de medición. La posición elevada facilita que el antropometrista pueda alinear sus ojos con la cinta. El antropometrista pasa la cinta alrededor del gastrocnemio y lo coloca en el plano correcto. El fragmento y el estuche de la cinta se colocan en la mano derecha, mientras el antropometrista ajusta la cinta con la mano izquierda en la mano anatómica correcta. El antropometrista retoma el control del fragmento de la cinta con la mano izquierda, empleando la técnica de manos cruzadas, asegurándose que la cinta está colocada en el plano perpendicular a la pierna. La cinta se reajusta para asegurar que no resbale ni se endente en la piel (Fig. 3).



Fig. 3 Pantorrilla Máximo. Manual ISAK

Los atletas fueron sometidos a un entrenamiento específico de fútbol dentro del periodo de agosto de 2010 a junio de 2011; este programa fue establecido por el preparador físico de cada equipo y bajo supervisión de Director Técnico responsable de la categoría. El programa, en términos generales, consistió de un entrenamiento sistematizado adoptando microciclos con duración de seis días y un séptimo correspondiente a la competencia semanal, siendo que en

algunos microciclos iniciales y en otros a final de temporada fueron realizadas 2 sesiones de entrenamiento diario con duración de 60 a 90 minutos por sesión. Durante este macrociclo (10 meses) fueron contemplados aspectos técnicos, tácticos, pero especialmente los aspectos físicos. El entrenamiento físico destacó desarrollo y perfeccionamiento de la capacidad aeróbica (resistencia sistémica) y resistencia muscular localizada. Para el perfeccionamiento de la primera, fueron realizadas series de carreras intercaladas y continuas y trabajo en forma de circuito involucrando pelota, mientras que para desarrollar el aspecto neuromuscular se realizaron sesiones semanales de trabajo con pesos, objetivando la resistencia muscular.

Para la realización de las medidas antropométricas se utilizó la uniformidad ISAK según protocolos ya citados (27). La masa corporal total fue medida con el uso de una báscula Tanita®, con resolución de 100 gramos; mientras que para la medición de la estatura se utilizó un estadímetro Rosscraft®, con una escala de resolución de 1mm. Para la medición de pliegues cutáneos, circunferencias y perímetros corporales se utilizó, respectivamente: un Plicómetro Slim Guide®, con resolución de 0,1mm; un flexómetro (cinta antropométrica) Rosscraft®, antropómetro corto Rosscraft® y un banco antropométrico.

Refiriéndose a la evaluación de la composición corporal, se estimó la densidad corporal (DC) por la ecuación desarrollada por Jackson & Pollock (1978), validado para futbolistas, utilizando 7 pliegues cutáneos: pectoral, axilar medio, tríceps, subescapular, abdominal, suprailíaco anterior y muslo medio. El procedimiento para su cálculo fue el siguiente:

Densidad 1= Suma de los siete pliegues.

Densidad 2= (Dens1) (0.00043499)

Densidad 3= (Dens1) (Dens1) (0.00000055)

Densidad 4= (Edad) (0.00028826)

Densidad = (1.112) – (Dens2) + (Dens3) – (Dens4)

El valor obtenido en densidad se sustituyó en la fórmula de Siri descrita en 1961:

$$\% \text{ Grasa} = (457/\text{densidad}) - 414.2$$

El peso de la masa grasa en kilogramos se obtuvo de una regla de tres a partir de los datos previos.

El peso muscular o masa muscular total, fue estimado por el Servicio de Nutrición del club a partir de la relación dada entre la masa muscular total con el área muscular del brazo (AMB), obteniendo una estimación de la masa muscular total a partir de este parámetro:

$$\text{Masa Muscular}_{\text{kg}} = (\text{Estatura}_{\text{cm}}) * (0.0125 + (0.0034 * \text{Área muscular de Brazo}_{\text{cm}^2}))$$

Esta fórmula no se aplica en personas cuyo peso sobrepase un 25% el peso teórico (valor casi siempre menor del encontrado en deportista, lo que la desacredita para su uso médico deportivo) y tampoco en personas ancianas, en cuya composición corporal se observan cambios con respecto a los sujetos de menor edad.

Sin embargo, para fines de especificidad de población y edad en las ecuaciones utilizadas en el presente trabajo, se aplicaron los datos obtenidos de las mediciones antropométricas a la ecuación desarrollada por Poortmans (2005) para el cálculo de la masa muscular total, partiendo de la siguiente fórmula:

$$\text{MM (kg)} = \text{Talla} [(0.0064 \times \text{CAG}^2) + (0,0032 \times \text{CTG}^2) + (0.0015 \times \text{CCG}^2)] + (2,56 \times \text{sexo}) + (0.136 \times \text{edad})$$

Este cálculo se aplicó, como en los anteriormente descritos, tanto con datos de la medición inicial (agosto 2010) como con datos de la medición final (junio 2011).

Las variables demográficas con las que se trabajaron son: individuos todos del sexo masculino, con edades entre los 12 y los 23 años, todos adscritos a Divisiones Profesionales del Club de Fútbol Pachuca, misma condición que, por los métodos de selección utilizados en la institución, origina una amplia variedad de lugares de origen de los futbolistas evaluados.

Como se describió anteriormente, las variables dependientes que se analizaron como parte del trabajo fueron el Índice de Masa corporal (IMC), el porcentaje de grasa corporal (%G) y el total de masa muscular (MMT); todos ellos obtenidos previa aplicación de fórmulas validadas y cuyos datos fueron obtenidos de las mediciones antropométricas que se llevaron a cabo a cada una de las categorías profesionales. Como variable independiente, se contó únicamente con el entrenamiento deportivo de características mixtas con respecto a la capacidad metabólica entrenada (aeróbico-anaeróbico-explosivo). Con respecto al tamaño de la muestra estudiada, la base de datos proporcionada por el Club de Fútbol Pachuca, una vez aplicados criterios de depuración y organización de datos, se integró por mediciones antropométricas de un total de 122 jugadores profesionales de fútbol. Estas mediciones incluyen datos sobre la posición de juego, edad, talla, IMC, la medición de un total de nueve pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, bíceps, pectoral, cresta iliaca, supraespinal, abdominal, muslo frontal y pantorrilla), de siete circunferencias (brazo relajado, brazo flexionado, antebrazo, cintura, cadera, muslo y pantorrilla), de dos perímetros (humeral y femoral), del porcentaje y peso tanto de masa grasa como de masa muscular por los métodos de cálculo antes descritos, entre otros, que no fueron ocupados para los fines del presente estudio.

Con respecto a los criterios de selección para la muestra, en la base de datos final se incluyó a todos aquellos futbolistas del sexo masculino que estuvieran adscritos a alguna de las divisiones profesionales del Club de Fútbol Pachuca. Además de todos aquellos que contaran con la revisión médica previa que avalara la posibilidad de realizar actividad física sin restricciones.

No se incluyeron dentro del universo de estudio a sujetos con enfermedades crónico-degenerativas ya diagnosticadas y/o metabólicas que pudieran modificar el rendimiento físico o energético del participante, tales como:

- I. Hipertensión arterial sistémica.
- II. Diabetes mellitus tipo I, tipo II o resistencia a la insulina.
- III. Asma bronquial o asma inducido por el ejercicio, no controlados.
- IV. Endocrinopatías (hipertiroidismo o hipotiroidismo).

- V. Crisis convulsivas no controladas.
- VI. Enfermedades autoinmunes.
- VII. Otras patologías que determinen modificaciones agudas en rendimiento físico o metabolismo energético del participante.

Además de sujetos con cardiopatías valvulares, trastornos de la conducción o miocardiopatías; con diagnóstico previo o al ECG. Sujetos con trastornos motrices, ortopédicos u osteomusculares que impidan la práctica de ejercicio físico y por supuesto a aquellos que estén sujetos a algún tratamiento para el control de peso por medio de dietas, toma de fármacos, suplementos alimenticios naturales o vitamínicos, entre otros.

Se excluyó definitivamente del universo de estudio a todo aquel sujeto que presentara efectos adversos durante el desarrollo del estudio y que pongan en peligro la seguridad física y/o psicológica del mismo, tales como lesiones musculares, ligamentosas, tendinosas, fracturas o fisuras óseas, luxaciones, entre otros. Además de aquellos que no cumplieran estrictamente con las indicaciones para la realización de las actividades y/o procedimientos programados, tales como entrenamientos o mediciones antropométricas. Para este último punto sobre la asistencia, también se excluyó a todo aquel sujeto que no hubiera cumplido con el mínimo del 90% del total de entrenamientos, condición que se registra por parte del cuerpo técnico, en función de cubrir un número determinado de asistencias y que tras su incumplimiento, el jugador es retirado de la categoría. Con ello se asegura, para fines de validez de este proyecto, un mínimo de tiempo o de sesiones de entrenamiento de la misma magnitud para todos los sujetos de nuestra muestra.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron ya previamente validados por el Servicio de Nutrición de Club, dado que funcionan como instrumentos de recolección de datos para todas las categorías que lo conforman, desde aquellas infantiles hasta las divisiones profesionales y el primero equipo.

Con respecto al análisis estadístico, una vez depurados y organizados los datos de los registros, se calcularon medidas estadísticas descriptivas de tendencia central tales como: promedio o media aritmética y mediana; y

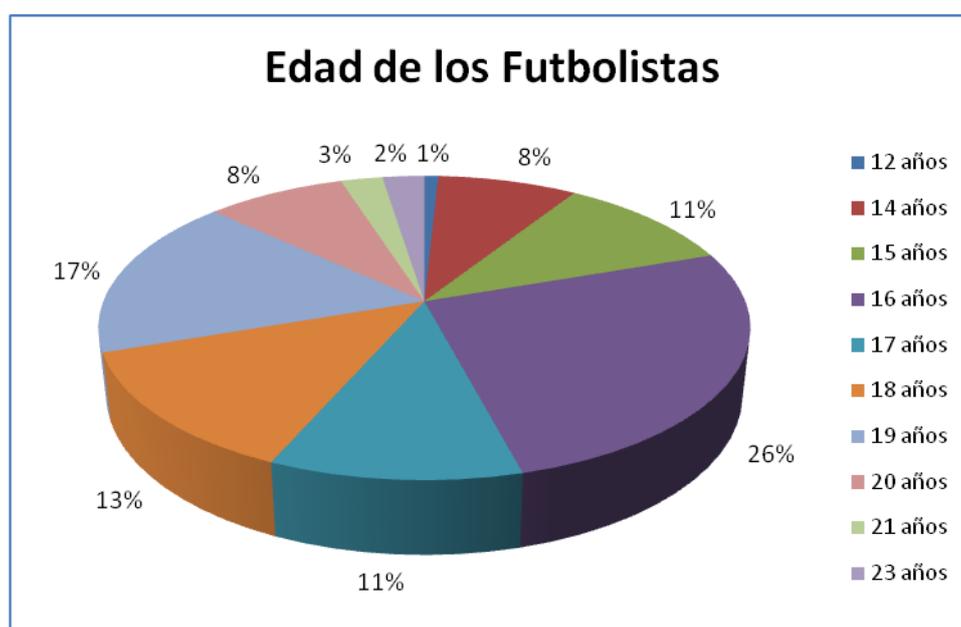
medidas de dispersión como varianza y la desviación estándar de las variables cuantitativas ya descritas anteriormente; todo esto aplicado a ambas evaluaciones, a una distribución organizada por grupos de edad (tomando como referencia los registros de la primera evaluación) y una más por grupos de posición de juego; por medio del paquete Microsoft Excel de Microsoft Office 2007®. En cuanto a la prueba de hipótesis, para el análisis de comparación de medias de cada variable y por cada grupo anteriormente descrito, se utilizó la prueba T de Student de tipo pareado y de una sola cola para muestras independientes, indicando significancia estadística con  $P < 0.05$ ; junto con ésta, se calculó también el coeficiente de correlación lineal de Pearson ( $r$ ) para determinar la relación lineal entre ambas evaluaciones. Estas pruebas se aplicaron posteriormente también a la base de datos con referencia a las edades de los futbolistas y a cada posición de juego que demanda la disciplina (delanteros, mediocampistas, defensas y porteros), con la finalidad de cuantificar particular y más específicamente en estos grupos la magnitud del efecto del entrenamiento.

Acerca de la gestión de recursos, se concertó una cita con los Directores de los Servicios Médicos del Club de Fútbol Pachuca y del Alto Rendimiento Tuzo respectivamente, para llevar a cabo una presentación formal del protocolo de este trabajo y poder manifestar los propósitos académicos y prácticos del mismo con la intención de poder gestionar la oportunidad de contar con los datos de las mediciones antropométricas como universo de trabajo a analizar.

Los recursos financieros corrieron por parte del Residente en Medicina del Deporte que formula este proyecto, valorando durante el transcurso del mismo la necesidad de nuevas gestiones de tipo material, humano o financiero.

## RESULTADOS

Del total de los 122 futbolistas seleccionados de la base de datos para el análisis del presente trabajo, se obtuvo que el rango de edades de los mismos abarcó de los 12 a los 23 años, con un promedio de 17.5 años cumplidos; de estos, el mayor porcentaje se ubicó dentro de los 16 años con el 26% del total de la población estudiada. Todos, del sexo masculino.



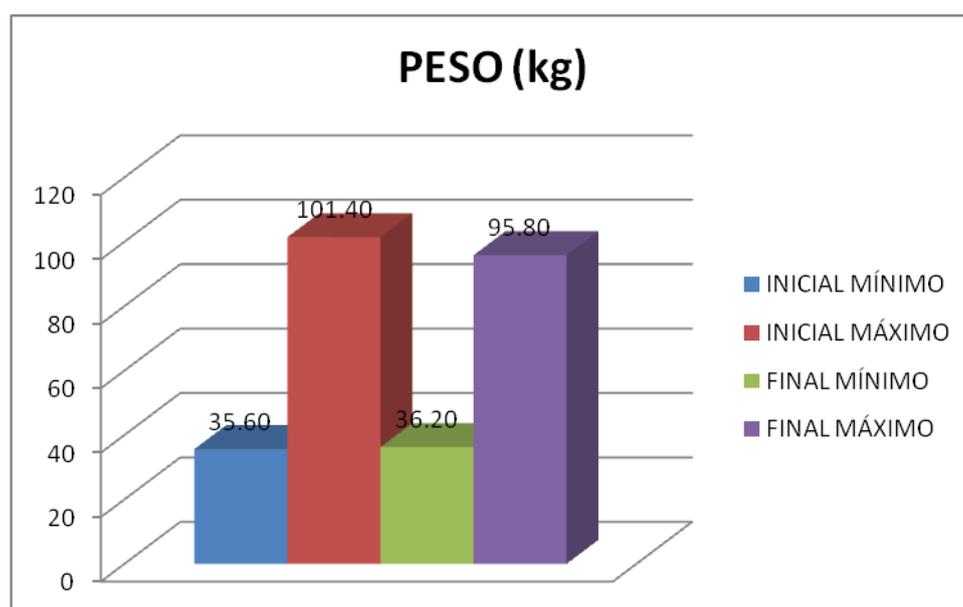
De manera general, con respecto a la constitución antropométrica encontramos los siguientes resultados, obtenidos de la primera evaluación registrada (agosto 2010): el peso mínimo registrado fue de 35.6 kg, el máximo fue de 101.4 kg, con una media y desviación estándar de  $65.1 \pm 10.1$  kg. La talla mínima registrada fue de 1.47 m y la máxima de 1.92 m, con una media y desviación estándar de  $1.72 \pm 0.06$  m. Se registró un IMC mínimo de  $15.85 \text{ kg/m}^2$ , con un máximo de  $34.36 \text{ kg/m}^2$  y, una media y desviación estándar de  $21.97 \pm 2.86 \text{ kg/m}^2$ .

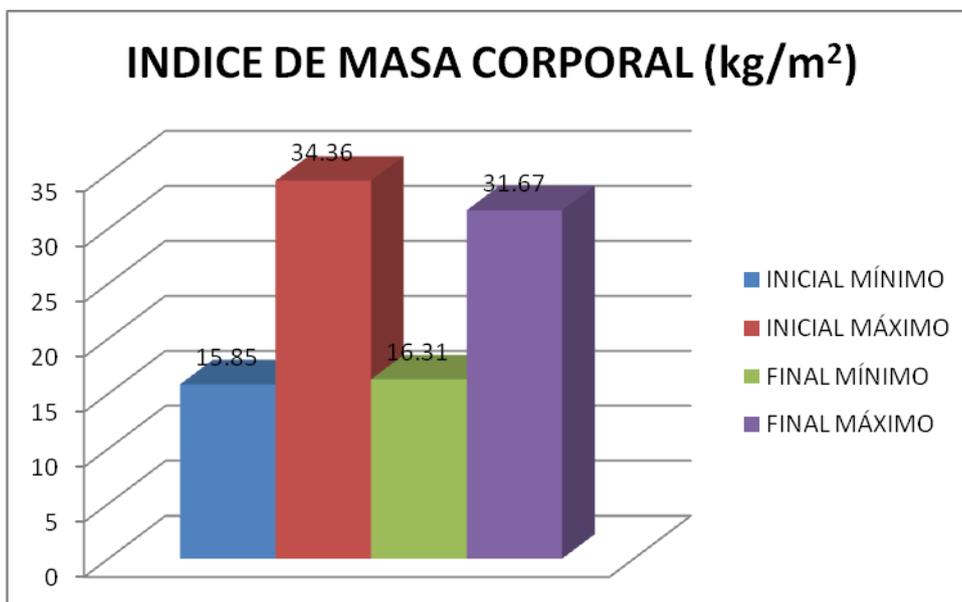
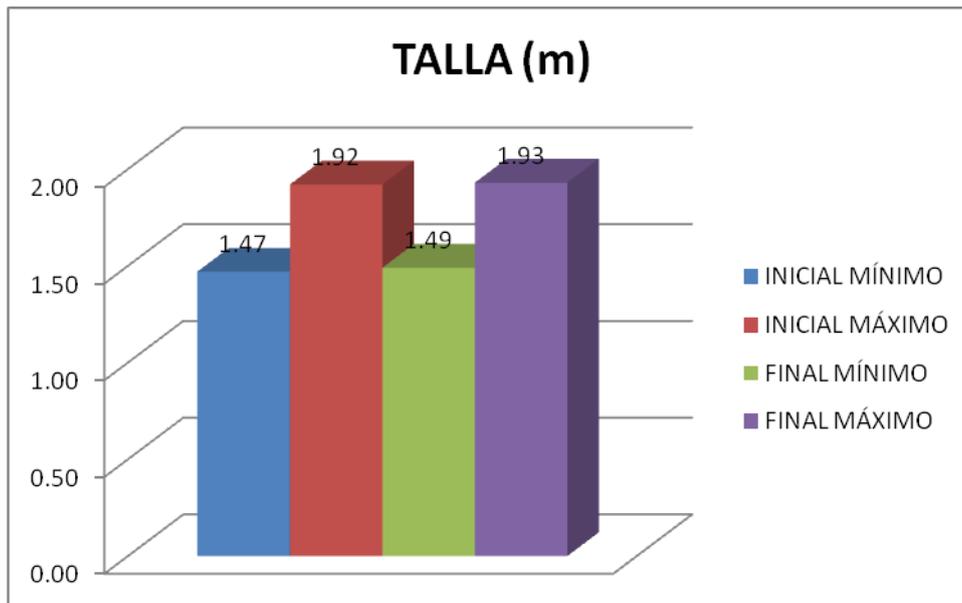
De la segunda evaluación, realizada en junio de 2011, encontramos que: el peso mínimo registrado fue de 36.2 kg, el máximo fue de 95.8 kg, con una media y desviación estándar de  $66.5 \pm 9.39$  kg. La talla mínima registrada fue de 1.49 m, la máxima de 1.93 m, con una media y desviación estándar de

1.72±0.06 m. Y se registró un IMC mínimo de 16.31 kg/m<sup>2</sup>, un máximo de 31.67 kg/m<sup>2</sup> y, una media y desviación estándar de 22.34±2.57 kg/m<sup>2</sup>.

CONSTANTES ANTROPOMÉTRICAS - PRIMERA EVALUACIÓN			
AGOSTO 2010			
VARIABLE	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA ± DS
Peso	35.60	101.40	65.13 ± 10.16
Talla	1.47	1.92	1.72 ± 0.06
IMC	15.85	34.36	21.97 ± 2.86

CONSTANTES ANTROPOMÉTRICAS - SEGUNDA EVALUACIÓN			
JUNIO 2011			
VARIABLE	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA ± DS
Peso	36.20	95.80	66.50 ± 9.39
Talla	1.49	1.93	1.72 ± 0.06
IMC	16.31	31.67	22.34 ± 2.57



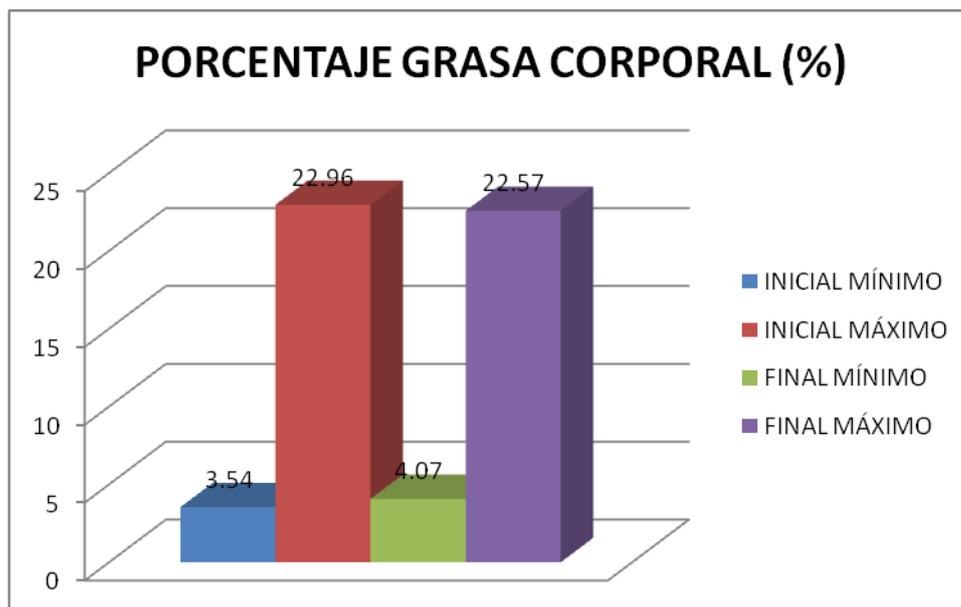


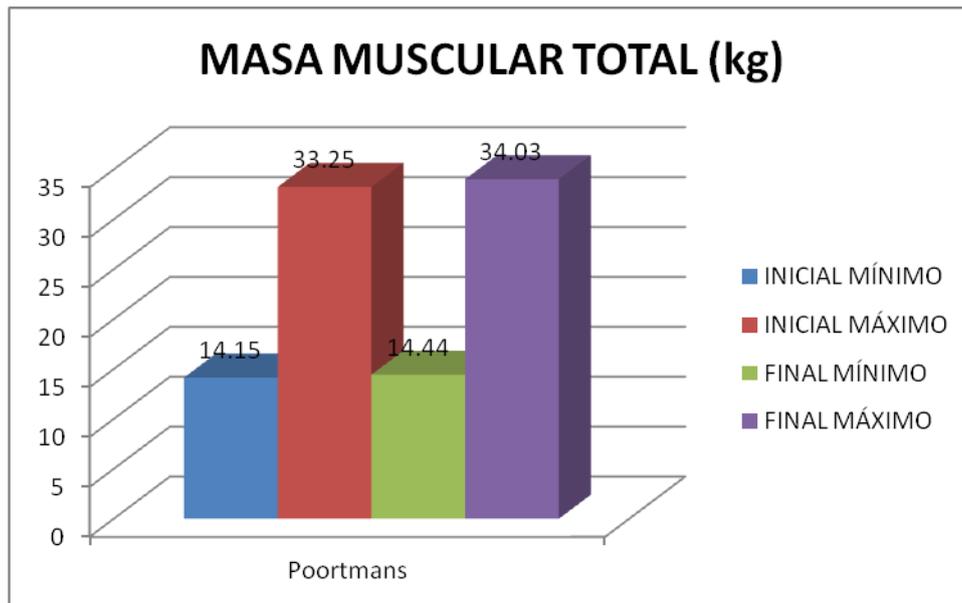
Sobre la composición corporal se encontró, dentro de la primera evaluación, que el porcentaje de masa grasa mínimo fue de 3.54%, el registro máximo fue de 22.96%, con una media y desviación estándar de  $9.73 \pm 4.42\%$ . Y que la masa muscular total, calculada por la fórmula de Poortmans, arrojó un mínimo de 14.15 kg, un máximo de 33.25 kg y una media con desviación estándar de  $23.22 \pm 3.27$  kg.

En la segunda evaluación obtuvimos un porcentaje de masa grasa mínimo de 4.07%, el registro máximo fue de 22.57%, con una media y desviación estándar de  $10.18 \pm 3.97\%$ . Y que la masa muscular total, calculada igualmente por la

fórmula de Poortmans, nos arrojó un mínimo de 14.44 kg, un máximo de 34.03 kg y una media con desviación estándar de  $23.49 \pm 3.16$  kg.

CAMBIOS EN COMPOSICIÓN CORPORAL		
VARIABLE	1a EVALUACIÓN AGOSTO 2010	2a EVALUACIÓN JUNIO 2011
	MEDIA $\pm$ DS	MEDIA $\pm$ DS
Grasa %	$9.73 \pm 4.42$	$10.18 \pm 3.97$
Poortmans	$23.22 \pm 3.27$	$23.49 \pm 3.16$





Igualmente durante la primera evaluación, se registró una mediana para el peso de 63.40 kg, para la talla de 1.72 m, para el IMC de 21.59 kg/m<sup>2</sup>, para el porcentaje de grasa corporal de 8.76% y para el total de masa muscular de 22.55 kg. Y una varianza de 103.29 kg para el peso, de 0.00355 m para la talla, de 8.20 kg/m<sup>2</sup> para el IMC, de 19.55% para la grasa corporal y de 10.68 kg para el total de masa muscular.

Ya en la segunda evaluación se obtuvo una mediana para el peso de 65.05 kg, para la talla de 1.73 m, para el IMC de 21.92 kg/m<sup>2</sup>, para la grasa corporal de 9.98% y para el total de masa muscular de 23.24 kg. Como resultado del cálculo de las varianzas se tuvo de 88.08 kg para el peso, de 0.00342 m para la talla, de 6.63 kg/m<sup>2</sup> para el IMC, de 15.77% para la grasa corporal y de 10.01 kg para la masa muscular total por Poortmans.

CONSTANTES ANTROPOMÉTRICAS - PRIMERA EVALUACIÓN		
AGOSTO 2010		
VARIABLE	MEDIANA	VARIANZA
Peso	63.40	103.29
Talla	1.72	3.55 <sup>-3</sup>
IMC	21.59	8.20

CONSTANTES ANTROPOMÉTRICAS - SEGUNDA EVALUACIÓN		
JUNIO 2011		
VARIABLE	MEDIANA	VARIANZA
Peso	65.05	88.08
Talla	1.73	3.42 <sup>-3</sup>
IMC	21.92	6.63

COMPOSICIÓN CORPORAL - PRIMERA EVALUACIÓN		
AGOSTO 2010		
VARIABLE	MEDIANA	VARIANZA
Grasa %	8.76	19.55
Poortmans	22.55	10.68

COMPOSICIÓN CORPORAL - SEGUNDA EVALUACIÓN		
JUNIO 2011		
VARIABLE	MEDIANA	VARIANZA
Grasa %	9.98	15.77
Poortmans	23.24	10.01

Como resultado de la correlación estadística y del coeficiente de correlación lineal de las variables entre la evaluación inicial y la evaluación final, obtuvimos los siguientes resultados: una diferencia estadísticamente significativa con lo que respecta a todas las variables de la constitución antropométrica de peso ( $1.5364^{-7}$ ,  $p < 0.05$ ), talla ( $1.1860^{-5}$ ,  $p < 0.05$ ) e IMC ( $1.1057^{-5}$ ,  $p < 0.05$ ,  $r = 0.9449$ ); lo mismo que en las variables de composición corporal del porcentaje de grasa (0.0208,  $p < 0.05$ ,  $r = 0.8421$ ) y del total de la masa muscular calculada por la fórmula de Poortmans (0.0466,  $p < 0.05$ ,  $r = 0.8445$ ).

ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS	
VARIABLE	p/r
Peso	$p < 0.05$
Talla	$p < 0.05$
IMC	$p < 0.05/r = 0.9449$
Grasa %	$p < 0.05/r = 0.8421$
Poortmans	$p < 0.05/r = 0.8445$

Así, podemos destacar en términos generales y tomando como referencia los datos de los promedios resultantes que, con lo que respecta a las constantes antropométricas (peso, talla e IMC), todas muestran cambios; dos de ellas (peso e IMC) con clara tendencia al incremento con un 2.10% y 1.68% respectivamente, y que estadísticamente se comprobó como significativo. Se obtuvo además una correlación positiva entre ambas evaluaciones en las variables de IMC, porcentaje de grasa y masa muscular total, evidenciando una relación lineal significativa entre éstas.

Particularmente, con lo que se refiere al porcentaje de grasa corporal, y contrario a lo que pudiéramos deducir a partir de un entrenamiento controlado, se registró un incremento de 4.62%, siendo curiosamente la variable estudiada de mayor incremento, en comparación con las constantes antropométricas y el total de masa muscular, que registró un incremento de solo un 1.16% con respecto a la evaluación inicial, ambas estadísticamente significativas.

Del análisis realizado por cada una de las edades registradas de los futbolistas en la primera evaluación, podemos mencionar particularmente que solo se contó con un sujeto de 12 años de edad y que no se contó con sujetos dentro de los 13 y 22 años. Del resto de la muestra se pudieron conformar nueve grupos de estudio correspondientes a cada una de las edades restantes, distribuyéndose respectivamente de la siguiente manera:

DISTRIBUCIÓN POR EDADES	
EDAD	CANTIDAD DE SUJETOS
12 años	1
14 años	10
15 años	13
16 años	32
17 años	13
18 años	16
19 años	21
20 años	10
21 años	3
23 años	3
TOTAL	122

Aplicando después a estos grupos de edad el cálculo de las medidas estadísticas descriptivas de tendencia central, de dispersión y el análisis estadístico de comparación de medias con respecto al porcentaje de grasa corporal, se encontraron los siguientes resultados: en el grupo de 14 años de edad la media y desviación estándar de la primera evaluación fue de  $8.26 \pm 3.77\%$ , y en la segunda evaluación de  $8.72 \pm 3.54\%$ , sin que esta diferencia fuera estadísticamente significativa ( $0.2689$ ,  $p < 0.05$ ); en el grupo de

15 años la primera evaluación arrojó una media y desviación estándar de  $6.88 \pm 2.87\%$ , en la segunda evaluación de  $7.21 \pm 3.02\%$ , sin resultar significativo a la prueba estadística ( $0.2345$ ,  $p < 0.05$ ); en el grupo de los 16 años, se registró  $8.46 \pm 2.79\%$  en la primera evaluación y  $9.34 \pm 3.08$  en la segunda, siendo estadísticamente significativa esta diferencia con  $0.0009$ ,  $p < 0.05$  a la prueba; de los sujetos de 17 años, se obtuvo de  $9.51 \pm 4.01\%$  en la primera evaluación, de  $10.52 \pm 3.23$  en la segunda y una prueba de  $0.0955$ ,  $p < 0.05$  para no ser una diferencia significativa; en el grupo de 18 años la primera evaluación arrojó  $13.11 \pm 5.69\%$ , la segunda evaluación  $12.75 \pm 4.78\%$ , sin ser una diferencia estadísticamente significativa ( $0.3223$ ,  $p < 0.05$ ); a los 19 años se obtuvieron medias y desviación estándar de  $10.18 \pm 3.87\%$  en la primera evaluación y de  $10.80 \pm 3.42\%$  en la segunda, sin significancia estadística ( $0.1327$ ,  $p < 0.05$ ); en el grupo de 20 años los resultados fueron de  $12.84 \pm 6.20\%$  para la primera evaluación, de  $11.56 \pm 4.51\%$  para la segunda y de  $0.1374$ ,  $p < 0.05$  para la prueba estadística, negando significancia; para los 21 años se registraron números de  $9.60 \pm 5.62\%$  de media y desviación estándar en la primera evaluación, de  $9.42 \pm 5.92\%$  para la segunda y sin haber significancia estadística a la prueba ( $0.3934$ ,  $p < 0.05$ ); y finalmente, en el grupo de 23 años se obtuvieron datos de  $10.97 \pm 4.40\%$  para la primera evaluación, de  $14.56 \pm 6.00\%$  para la segunda y una significancia estadística comprobada a la prueba con un  $0.0338$ ,  $p < 0.05$ .

CAMBIOS EN % GRASA POR GRUPO DE EDAD			
EDAD	1a EVALUACIÓN AGOSTO 2010 MEDIA ± DS	2a EVALUACIÓN JUNIO 2011 MEDIA ± DS	P<0.05
14 años	8.26 ± 3.77	8.72 ± 3.54	0.2689
15 años	6.88 ± 2.87	7.21 ± 3.02	0.2345
16 años	8.46 ± 2.79	9.34 ± 3.08	0.0009
17 años	9.51 ± 4.01	10.52 ± 3.23	0.0955
18 años	13.11 ± 5.69	12.75 ± 4.78	0.3223
19 años	10.18 ± 3.87	10.80 ± 3.42	0.1327
20 años	12.84 ± 6.20	11.56 ± 4.51	0.1374
21 años	9.60 ± 5.62	9.42 ± 5.92	0.3934
23 años	10.97 ± 4.40	14.56 ± 6.00	0.0338

Hablando del análisis al respecto de la masa muscular total por fórmula de Poortmans, se encontró que: en el grupo de 14 años de edad la media y desviación estándar de la primera evaluación fue de  $20.30 \pm 2.75$  kg, y en la segunda evaluación de  $21.02 \pm 2.51$  kg, siendo que esta diferencia fue estadísticamente significativa ( $0.0099$ ,  $p < 0.05$ ); en el grupo de 15 años la primera evaluación arrojó una media y desviación estándar de  $21.10 \pm 2.35$  kg, en la segunda evaluación de  $21.40 \pm 1.74$ , sin resultar significativo a la prueba estadística ( $0.2318$ ,  $p < 0.05$ ); en el grupo de los 16 años, se registró  $22.31 \pm 2.15$  kg en la primera evaluación y  $22.32 \pm 2.41$  kg en la segunda, no siendo estadísticamente significativa esta diferencia con  $0.4773$ ,  $p < 0.05$  a la prueba; de los sujetos de 17 años, se obtuvo de  $23.24 \pm 2.20$  kg en la primera evaluación, de  $24.24 \pm 2.46$  kg en la segunda y una prueba de  $0.0027$ ,  $p < 0.05$  para demostrarse una diferencia significativa; en el grupo de 18 años la primera evaluación arrojó  $25.59 \pm 3.66$  kg, la segunda evaluación  $25.03 \pm 3.31$  kg, sin ser una diferencia estadísticamente significativa ( $0.2476$ ,  $p < 0.05$ ); a los 19 años se obtuvieron medias y desviación estándar de  $24.36 \pm 2.63$  kg en la primera evaluación y de  $24.66 \pm 2.63$  kg en la segunda, sin significancia estadística ( $0.1585$ ,  $p < 0.05$ ); en el grupo de 20 años los resultados fueron de  $26.33 \pm 3.16$

kg para la primera evaluación, de  $26.97 \pm 2.80$  kg para la segunda y de 0.0957,  $p < 0.05$  para la prueba estadística, negando significancia; para los 21 años se registraron números de  $22.04 \pm 0.94$  kg de media y desviación estándar en la primera evaluación, de  $22.73 \pm 0.61$  kg para la segunda y sin haber significancia estadística a la prueba (0.2567,  $p < 0.05$ ); y finalmente, en el grupo de 23 años se obtuvieron datos de  $24.88 \pm 4.79$  kg para la primera evaluación, de  $25.80 \pm 4.23$  kg para la segunda y una prueba estadística de 0.1374,  $p < 0.05$  para negar significancia.

CAMBIOS EN POORTMANS POR GRUPO DE EDAD			
EDAD	1a EVALUACIÓN AGOSTO 2010 MEDIA $\pm$ DS	2a EVALUACIÓN JUNIO 2011 MEDIA $\pm$ DS	P<0.05
14 años	$20.30 \pm 2.75$	$21.02 \pm 2.51$	0.0099
15 años	$21.10 \pm 2.35$	$21.40 \pm 1.74$	0.2318
16 años	$22.31 \pm 2.15$	$22.32 \pm 2.41$	0.4773
17 años	$23.24 \pm 2.20$	$24.24 \pm 2.46$	0.0027
18 años	$25.59 \pm 3.66$	$25.03 \pm 3.31$	0.2476
19 años	$24.36 \pm 2.63$	$24.66 \pm 2.63$	0.1585
20 años	$26.33 \pm 3.16$	$26.97 \pm 2.80$	0.0957
21 años	$22.04 \pm 0.94$	$22.73 \pm 0.61$	0.2567
23 años	$24.88 \pm 4.79$	$25.80 \pm 4.23$	0.1374

Posteriormente, al análisis estadístico de comparación de medias de todas las variables estudiadas encontramos los siguientes resultados, destacando que las diferencias más significativas se encontraron en las edades de 15 y 16 años (en 3 y 4 variables respectivamente), y que los grupos de edad de 18, 20 y 21 años no reportaron diferencia estadísticamente significativa en ninguna de las variables.

ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS POR EDAD (P<0.05)					
EDAD	PESO	TALLA	IMC	GRASA %	POORTMANS
14 años	0.0139	0.0955	0.0201	0.2689	0.0099
15 años	0.0035	0.0011	0.0448	0.2345	0.2318
16 años	1.8083-5	0.0225	5.3554-5	0.0009	0.4773
17 años	0.0044	0.3182	0.0046	0.0955	0.0027
18 años	0.2990	0.0551	0.2081	0.3223	0.2476
19 años	0.0044	0.5000	0.0041	0.1327	0.1585
20 años	0.2963	0.1086	0.2788	0.1374	0.0957
21 años	0.1865	0.2113	0.3072	0.3934	0.2567
23 años	0.2326	0.2113	0.3630	0.0338	0.1374

Así, podemos puntualizar que 6 de los 9 grupos formados reportaron un aumento en el porcentaje de grasa corporal, con un mínimo de 4.7%, un máximo de 32.7% y un promedio de incremento de 11.65%. Lo grupos restantes (de 18, 20 y 21 años) fueron los únicos en registrar disminución de la grasa corporal con un mínimo de 1.8%, un máximo de 9.9% y una media de 4.8%. De todos estos datos, los únicos estadísticamente significativos fueron los de un incremento de 10.4% en el grupo de 16 años (0.0009,  $p<0.05$ ) y un incremento del 32.7% (el máximo registrado) en el grupo de los 23 años de edad (0.0338,  $p<0.05$ ).

CAMBIOS EN COMPOSICIÓN CORPORAL POR GRUPO DE EDAD		
EDAD	% GRASA	POORTMANS
14 años	Incrementó 5.5%	Incrementó 3.5%
15 años	Incrementó 4.7%	Incrementó 1.4%
16 años	Incrementó 10.4%	Incrementó 0.04%
17 años	Incrementó 10.6%	Incrementó 4.3%
18 años	Disminuyó 2.7%	Disminuyó 2.2%
19 años	Incrementó 6%	Incrementó 1.2%
20 años	Disminuyó 9.9%	Incrementó 2.4%
21 años	Disminuyó 1.8%	Incrementó 3.1%
23 años	Incrementó 32.7%	Incrementó 3.7%

Y por lo que respecta al total de masa muscular, el grupo de 18 años fue el único en reportar una disminución con 2.2%, el resto de los grupos resultaron con incrementos que van del 0.04% al 4.3% con una media del porcentaje de aumento de un 2.45%. De estos, los únicos con diferencia estadísticamente significativa fueron el del incremento en 3.5% en el grupo de 14 años (0.0099,  $p < 0.05$ ) y el de 4.3% (el máximo registrado) en el grupo de 17 años de edad (0.0027,  $p < 0.05$ ).

Cabe pues señalar, que de la misma forma que en el análisis general del estudio, también por grupo de edad fue mayor el incremento promedio de la grasa corporal que el de la masa muscular total, atendiendo presuntivamente a las mismas causas.

En el análisis realizado por posición de juego se encontró que, con lo que respecta a la primera evaluación, la media y desviación estándar por cada variable fue de  $65.32 \pm 11.93$  kg para el peso, de  $1.72 \pm 0.07$  m para la talla, de  $21.97 \pm 3.41$  kg/m<sup>2</sup> para el IMC, de  $9.31 \pm 5.30\%$  para el porcentaje de grasa corporal y de  $23.43 \pm 4.00$  kg para el total de masa muscular para el grupo de los delanteros; de  $60.81 \pm 7.63$  kg de peso, de  $1.69 \pm 0.05$  m de talla, de  $21.13 \pm 2.27$  kg/m<sup>2</sup> de IMC, de  $8.89 \pm 3.40\%$  de grasa corporal y de  $22.39 \pm 3.25$  kg de masa muscular total para los mediocampistas; de  $66.53 \pm 7.48$  kg de peso, de  $1.72 \pm 0.06$  m de talla, de  $22.30 \pm 2.42$  kg/m<sup>2</sup> de IMC y de  $23.51 \pm 2.26$  kg de

masa muscular total para defensas; y de  $74.69 \pm 11.77$  kg de peso, de  $1.75 \pm 0.04$  m de talla, de  $24.33 \pm 4.18$  kg/m<sup>2</sup> de IMC, de  $13.07 \pm 5.40\%$  de grasa corporal y de  $25.68 \pm 3.61$  kg de masa muscular total para los porteros.

Con lo que respecta a la evaluación final, se encontraron los siguientes resultados de medias y desviaciones estándar: en el grupo de delanteros,  $67.17 \pm 11.22$  kg de peso,  $1.72 \pm 0.06$  m de talla,  $22.54 \pm 3.10$  kg/m<sup>2</sup> de IMC,  $9.98 \pm 5.01\%$  de porcentaje de grasa corporal y  $24.21 \pm 4.00$  kg de masa muscular total por la fórmula de Poortmans; en los mediocampistas,  $62.51 \pm 7.13$  kg de peso,  $1.69 \pm 0.05$  m de talla,  $21.63 \pm 2.09$  kg/m<sup>2</sup> de IMC,  $9.60 \pm 3.82\%$  de grasa corporal y  $22.25 \pm 2.69$  kg de masa muscular total; para los defensas,  $68.22 \pm 7.24$  kg de peso,  $1.73 \pm 0.06$  m de talla,  $22.80 \pm 2.36$  kg/m<sup>2</sup> de IMC,  $10.51 \pm 2.99\%$  de grasa corporal y  $23.92 \pm 2.32$  kg de masa muscular total; y para los porteros,  $75.43 \pm 10.36$  kg de peso,  $1.75 \pm 0.04$  m de talla,  $24.49 \pm 3.50$  kg/m<sup>2</sup> de IMC,  $12.51 \pm 3.60\%$  de grasa corporal y  $26.03 \pm 3.40$  kg de masa muscular total.

RESULTADOS POR POSICIÓN DE JUEGO - DELANTEROS			
VARIABLE	MEDIA ± DS INICIAL	MEDIA ± DS FINAL	P<0.05
Peso	$65.32 \pm 11.93$	$67.17 \pm 11.22$	0.0013
Talla	$1.72 \pm 0.07$	$1.72 \pm 0.06$	0.0549
IMC	$21.97 \pm 3.41$	$22.54 \pm 3.10$	0.0027
Grasa %	$9.31 \pm 5.30$	$9.98 \pm 5.01$	0.0634
Poortmans	$23.43 \pm 4.00$	$24.21 \pm 4.00$	0.0131

RESULTADOS POR POSICIÓN DE JUEGO - MEDIOS			
VARIABLE	MEDIA ± DS INICIAL	MEDIA ± DS FINAL	P<0.05
Peso	60.81 ± 7.63	62.51 ± 7.13	4.8835 <sup>-8</sup>
Talla	1.69 ± 0.05	1.69 ± 0.05	2.6998 <sup>-3</sup>
IMC	21.13 ± 2.27	21.63 ± 2.09	4.7214 <sup>-8</sup>
Grasa %	8.89 ± 3.40	9.60 ± 3.82	4.0194 <sup>-5</sup>
Poortmans	22.39 ± 3.25	22.25 ± 2.69	4.3143 <sup>-1</sup>

De la correlación estadística (T de Student) entre los datos de la primera y la segunda evaluación, analizándola por cada posición de juego, obtuvimos que: del grupo de los delanteros, tres de las variables mostraron una diferencia estadísticamente significativa (peso= 0.0013, IMC= 0.0027 y masa muscular total= 0.0131,  $p<0.05$ ); con excepción de la talla que se mantuvo en los mismos valores (0.0549,  $p<0.05$ ) y del porcentaje de grasa corporal (0.0634,  $p<0.05$ ). De igual forma en los mediocampistas, se mostró diferencia estadísticamente significativa en la mayoría de las variables (peso= 4.8835<sup>-8</sup>, talla= 2.6998<sup>-3</sup>, IMC= 4.7214<sup>-8</sup> y porcentaje de grasa corporal= 4.0194<sup>-5</sup>,  $p<0.05$ ), excepto en la masa muscular total donde resultó de 4.3143<sup>-1</sup>,  $p<0.05$ . Nuevamente encontramos la misma tendencia de resultados dentro del grupo de lo defensas (peso= 3.7123<sup>-8</sup>, talla= 2.1311<sup>-2</sup>, IMC= 4.0799<sup>-7</sup> y porcentaje de grasa corporal= 7.5301<sup>-5</sup>,  $p<0.05$ ), con excepción también de la masa muscular total que se mostró de 2.5353<sup>-1</sup>,  $p<0.05$ . Y fue el grupo de los porteros el que no mostró diferencia estadísticamente significativa en ninguna de las variables estudiadas, resultando la prueba estadística de 2.4122<sup>-1</sup> ( $p<0.05$ ) para el peso, de 1.5344<sup>-1</sup> ( $p<0.05$ ) para la talla, de 3.2966<sup>-1</sup> ( $p<0.05$ ) para el IMC, de 2.1208<sup>-1</sup> ( $p<0.05$ ) para el porcentaje de grasa corporal y de 4.1791<sup>-1</sup> ( $p<0.05$ ) para el total de la masa muscular calculada por Poortmans.

RESULTADOS POR POSICIÓN DE JUEGO - DEFENSAS			
VARIABLE	MEDIA ± DS INICIAL	MEDIA ± DS FINAL	P<0.05
Peso	66.53 ± 7.48	68.22 ± 7.24	3.7123 <sup>-8</sup>
Talla	1.72 ± 0.06	1.73 ± 0.06	2.1311 <sup>-2</sup>
IMC	22.30 ± 2.42	22.80 ± 2.36	4.0799 <sup>-7</sup>
Grasa %	9.91 ± 3.11	10.51 ± 2.99	7.5301 <sup>-5</sup>
Poortmans	23.51 ± 2.26	23.92 ± 2.32	2.5353 <sup>-1</sup>

RESULTADOS POR POSICIÓN DE JUEGO - PORTEROS			
VARIABLE	MEDIA ± DS INICIAL	MEDIA ± DS FINAL	P<0.05
Peso	74.69 ± 11.77	75.43 ± 10.36	2.4122 <sup>-1</sup>
Talla	1.75 ± 0.04	1.75 ± 0.04	1.5344 <sup>-1</sup>
IMC	24.33 ± 4.18	24.49 ± 3.50	3.2966 <sup>-1</sup>
Grasa %	13.07 ± 5.40	12.51 ± 3.60	2.1208 <sup>-1</sup>
Poortmans	25.68 ± 3.61	26.03 ± 3.40	4.1791 <sup>-1</sup>

Destacando que, los delanteros mostraron incrementos estadísticamente significativos en las constantes antropométricas de peso con un 2.83% y de IMC con 2.59%; la talla no registró incremento, por el contrario, se mantuvo igual. Y en la composición corporal, se mostró un incremento estadísticamente significativo de 3.32% en la masa muscular total; no así en el porcentaje de grasa corporal que, aunque registró un incremento de 7.19%, esta diferencia no resultó ser estadísticamente significativa.

En los mediocampistas, se registraron incrementos estadísticamente significativos en el peso con 2.79%, en el IMC con 2.36% y en el porcentaje de grasa corporal con 7.98%, siendo ésta última la variable de mayor incremento en el estudio; la talla igualmente no registró cambio alguno y se mantuvo en los

mismos valores. La masa muscular total reportó, por el contrario, una disminución de 0.62%, sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa.

El grupo de defensas registró un incremento estadísticamente significativo en el peso con 2.54%, en la talla con 0.58%, en el IMC con 2.24% y en el porcentaje de grasa corporal con 6.05%; con lo que respecta a la masa muscular total, ésta reportó un incremento de 1.74%, pero que no fue estadísticamente significativo.

Y en el caso muy particular del grupo de los porteros, aunque todas las variables mostraron incrementos, ninguna de las variables antropométricas o de composición corporal registró diferencia estadísticamente significativa; la talla al igual que en los delanteros y mediocampistas se mostró sin cambios, y el porcentaje de grasa corporal se mostró con una disminución de 4.28%.

## DISCUSIÓN

Tomando en cuenta la información utilizada para llevar a cabo el presente trabajo, podemos comentar que se partió de una serie de datos antropométricos que corresponden, desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo, a las características descritas para nuestro universo de estudio. Los datos, en conjunto, nos dan clara idea de pertenecer a un grupo de sujetos conformados corporalmente de manera armónica y que en su gran mayoría poseen características antropométricas adecuadas para el rango de edad del mismo.

No fue la finalidad del trabajo analizar el somatotipo de los sujetos, sin embargo, veríamos que en la base de datos utilizada, más del 90% de los futbolistas cae, como lo reporta gran parte de la literatura, dentro de una mesomorfia balanceada. Todos estos aspectos demuestran que la población estudiada pertenece a sujetos que de manera regular se encuentran físicamente activos, por lo menos, desde el punto de vista antropométrico.

Cabe destacar que en la talla, los cambios fueron evidentes al analizar los registros iniciales y finales de las evaluaciones, sin embargo, no se refleja así en la comparación que hicieramos de las medias, las cuales permanecen aparentemente sin cambio alguno de una evaluación a otra. Esto último podemos atribuirlo, en parte a que, con motivo de las constantes evaluaciones a las que se someten a estos sujetos, se tienda a dar por hecho que no habrá cambio de una medición a otra, provocando la mala costumbre de repetir datos como éste por default.

Desde el punto de vista de las variables de la composición corporal (porcentaje de grasa corporal y masa muscular total calculada por la fórmula de Poortmans), ambas muestran, en general, una tendencia hacia el incremento a la comparación de ambas evaluaciones, diferencia que fue comprobada también como estadísticamente significativa.

La forma en que se abordó el hecho de encontrar un fuerte incremento en el porcentaje de grasa corporal de manera general, fue por medio de la consideración particular de que nuestro universo de estudio, mayormente conformado por edades adolescentes, se encontró altamente influenciado por las características netamente naturales de esta etapa de maduración, donde

aspectos hormonales y fisiológicos determinan un alto grado de variabilidad física y, por ende, de la composición corporal.

De algunos estudios sobre el tema (Malina R y Bouchard C, 1991; Lohman) (30), se retomó el estudio realizado por Almagiá R (1997), donde determinó la composición corporal de individuos de ambos sexos y de diferentes edades a fin de construir normas que pudieran aplicarse como antecedentes válidos de la variabilidad en la composición corporal de este tipo de población. De este estudio, Almagiá encuentra que los coeficientes de variabilidad observados en cada grupo etario para tres componentes corporales estudiados (masa grasa, masa ósea y masa muscular) oscilan entre 7 y 26%, encontrando los menores y más estables en la masa ósea y, por el contrario, los mayores (>20%) en la masa grasa y los más inestables en la masa muscular (32) (Anexo No. 7).

DIFERENCIAS EN MEDIAS DE % GRASA POR GRUPO DE EDAD				
EADADES	2a EVALUACIÓN JUNIO 2011		SEGÚN ALMAGIA (1997)	
	MEDIA ± DS	DIFERENCIAS	MEDIA ± DS	DIFERENCIAS
De 14 años	8.72%	1.51 menos	17.18%	0.5 más
De 15 años	7.21%	2.13 más	17.68%	0.11 menos
De 16 años	9.34%	1.18 más	17.57%	0.01 más
De 17 años	10.52%	2.23 más	17.58%	1.31 más
De 18 años	12.75%	1.95 menos	18.89%	0.05 más
De 19 años	10.80%	0.76 más	18.94%	0.79 más
De 20 años	11.56%	2.14 menos	19.73%	6.5 más
De 21 años	9.42%	5.14 más	26.23%	6.5 más
23 años	14.56%		32.73%	
PROMEDIO		2.29%		2.24%

Es de la tabla de este estudio antes referida, y que resume los datos obtenidos por Almagiá, de donde se analizó el promedio de las diferencias existentes entre uno y otro grupo de edad, observando una mínima diferencia entre los promedios derivados de este proyecto y de las del autor (2.29% para este

estudio contra 2.24% del estudio de Almagiá), y pudiendo de esa forma evidenciar una clara y fuerte influencia del proceso de crecimiento inherente al ser humano sobre las variables de composición corporal que estudiamos.

De tal forma que podríamos comentar, con respecto a nuestros resultados, un aumento “normal” en el porcentaje de grasa corporal de acuerdo a la fase etaria de la mayor proporción de conformación del universo estudiado frente a un cambio significativo en el total de la masa muscular del mismo.

No se descarta además una influencia externa importante para los resultados obtenidos, derivada de la falta de control en la ingesta calórica de los sujetos de estudio. Dado que no es un factor que se pudiera haber controlado durante el periodo de tiempo en que se realizaron los registros de ambas mediciones corporales, la dieta al libre albedrío puede fungir también como causa importante del aumento en el porcentaje de grasa corporal de los futbolistas; misma condición que se vería ejemplificada a través de la idiosincrasia mexicana de que las madres tiendan a sobrealimentar a los hijos que practican alguna actividad deportiva, en justificación a la necesidad de nutrientes para llevarla a cabo.

Por lo que se refiere al análisis por posición de juego y en el caso muy particular del grupo de los porteros, aunque todas las variables mostraron incrementos, ninguna de las variables antropométricas o de composición corporal registró diferencia estadísticamente significativa. Estos últimos resultados obtenidos pueden deberse a que este grupo de sujetos no llevan a cabo el mismo tipo de entrenamiento que el resto del equipo, dadas las características físicas y técnicas tan particulares de su posición de juego, generando irregularidad estadística en la magnitud de los cambios encontrados.

Podemos observar pues, que la tendencia general dentro de nuestro estudio, con respecto a las constantes antropométricas y a la composición corporal, independientemente de la edad y posición de juego, es hacia el incremento en sus valores.

## CONCLUSIONES

Nuestro país es una de las muchas sedes de afición al fútbol, causa por la que un gran número de jóvenes invierten tiempo, esfuerzo y dedicación en su mayor preparación física, y constituyendo, como grupo de atletas en formación, un campo lleno de información útil para el conocimiento y el estudio científico detallado; además de ser fuente del ámbito de la medicina del deporte para el planteamiento de problemas radicalmente distintos a los de la medicina clínica. No hay duda hoy en día de que el tamaño del cuerpo, sus proporciones y su composición son factores importantes en la performance física y la aptitud física, y que la antropometría es herramienta útil para la medición y descripción de este “status” morfológico en el atleta.

Tras un periodo de entrenamiento controlado y aplicado a un total de 122 futbolistas de categorías profesionales del Club de Fútbol Pachuca, por un periodo de 10 meses (de agosto de 2010 a junio de 2011), y bajo la guía de los registros de dos evaluaciones antropométricas realizadas a los mismos, encontramos que parámetros antropométricos como el peso y el Índice de Masa Corporal, y variables de la composición corporal como el porcentaje de grasa corporal y la masa muscular corporal total (calculada por la fórmula desarrollada por Poortmans para el grupo de edad referido) mostraron de manera general un incremento en distintas magnitudes y que en orden ascendente podemos describir como del 1.16% para la masa muscular total, del 1.68% para IMC, del 2.10% para el peso y del 4.62% para el porcentaje de grasa corporal, todos con la característica de ser estadísticamente significativos y, en el caso de la composición corporal, evidenciando una correlación lineal positiva ( $r < 1$ ). La talla, como parámetro antropométrico, no generó cambios significativos en el análisis de este estudio.

La misma tendencia hacia el incremento de los parámetros antropométricos y de la composición corporal se observó al analizar las características morfológicas por grupo etario y por cada posición de juego que demanda la disciplina (delanteros, mediocampistas, defensas y porteros), encontrando particularmente que la grasa corporal aumentó significativamente en los grupos de 16 y 23 años de edad; que la masa muscular total se incrementó significativamente en los grupos de 14 y 17 años, representando éste último

además, su valor máximo; que la única posición de juego en la que se registró incremento de la talla fue en los defensas; que el mayor porcentaje de incremento para una de las variables estudiadas fue en el porcentaje de la grasa corporal de los mediocampistas con un 7.98%; que los únicos registros de disminución en los parámetros estudiados fueron en la masa muscular total de mediocampistas y en el porcentaje de grasa corporal de porteros, sin embargo, ninguno de los dos datos resultó estadísticamente significativo a la aplicación de la prueba de confiabilidad; y que de la misma forma, ninguna de las variables estudiadas en el grupo de los porteros mostró significancia estadística.

De esta forma, se contribuye por medio de este trabajo con una alternativa viable de tratamiento para el control de peso y el sedentarismo de niños y adolescentes, que aquejan con gran impacto en la actualidad a nuestro país.

Y también, deja pendiente la realización de estudios con estructuras metodológicas similares que puedan llegar a comparar a través de un grupo control (sedentarios) los efectos de la actividad deportiva sobre la composición corporal; corroborar la idea predicha de que un sedentario incrementa mayormente su grasa corporal frente al músculo, o de que en los atletas la tendencia es en un sentido contrario; o bien, diferenciar si los cambios resultantes de un proceso de formación deportiva en poblaciones de edad similar son producidos por el proceso de maduración propio de los sujetos o por efecto del entrenamiento programado.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Canda Moreno A. Métodos de Estudio de Composición Corporal en Deportistas. Editorial Ministerio de Educación. Madrid, España, 1996. ISBN: 9788479490430.
2. "Historia". Sitio Oficial del Club de Fútbol Pachuca. Consultado el 2 e febrero de 2009.
3. Padilla J, Taylor A, Yuhasz M y cols. Características antropométricas de atletas mexicanos. Revista Médica del Hospital General de México; 67(1): 11-21. 2004.
4. Rodrigues Dos Santos J. Estudio comparativo, fisiológico, antropométrico e motor entre futbolistas de diferente nivel competitivo. Revista Paulista de Educação Física, São Paulo. 1999; 13(2):146-59.
5. Wilmore JH, Costill DL. Training for sport and activity. Boston 1987.
6. Rico-Sanz J. Body composition and nutritional assessment in soccer. International Journal of Sport & Nutrition. 8: 113-123. 1998.
7. Reilly T. Aspectos Fisiológicos del Fútbol. Actualización en Ciencias del Deporte. Vol. 4, No. 13, 1997.
8. Costa I, Pellenc R. Comparación antropométrica en futbolistas de diferente nivel. G-SE. 06/10/2006. g-se.com/a/658.
9. Vaeyens R, Malina RM, Janssens M y cols. A multidisciplinary selection model for youth soccer: the Ghent Youth Soccer Project. Br J Sports Med 2006; 40:928–934. doi: 10.1136/bjism.2006.029652.
10. Alvarez R. Salud Pública y Medicina Preventiva. Editorial El Manual Moderno. México, 1999.
11. Olaiz-Fernández G, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T y cols. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2006.
12. Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. Resultados por entidad federativa, Hidalgo. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública-Secretaría de Salud, 2007.
13. Kelishadi R. Childhood Overweight, Obesity and The Metabolic Syndrome in Developing Countries. Epidemiologic Reviews. Vol.29, 2007; 62-76. DOI 10.1093/epirev/mxm003.

14. Parajón M. La evaluación antropométrica. G-SE 22/11/2002. g-se.com/a/21.
15. Piñera F, Gama JA y Lara E. Deporte, Evaluación Morfofuncional. Distribuidora y Editora Mexicana. México, 2009. ISBN: 9789686252293.
16. McArdle W, Katch F, Katch V. Fundamentos de Fisiología del Ejercicio. 2ª Ed. Editorial McGraw Hill. Madrid, España. 2004.
17. Poortmans J, Boisseau N, Moraine JJ. Estimation of Total Body Skeletal Muscle Mass in Children and Adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. February, 2005. Vol. 37, Issue 2, pp 316-322.
18. Bennet SJ, Young D, Bennet GC. Quadriceps assessment in professional soccer players. *Br J Sports Med* 2005; 39:182–184.
19. Sutton L, Scott M, Wallace J y cols. Body composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status, and ethnicity. *Journal of Sports Sciences*. Volume 27, Issue 10, 2009. Pages 1019-1026 DOI: 10.1080/02640410903030305.
20. Reinke S, Karhausen T, Doehner W y cols. The Influence of Recovery and Training Phases on Body Composition, Peripheral Vascular Function and Immune System of Professional Soccer Players. 2009 PLoS ONE 4(3): e4910. doi:10.1371/journal.pone.0004910.
21. Mazza O, Zubeldía C, Gustavo D. Masa Muscular y su Relación con las Capacidades Funcionales en Futbolistas de 16 – 17 años pertenecientes a Racing Club. *PubliCE Standard*. 09/09/2005. Pid: 517.
22. Krebs N, Himes J, Jacobson D. Assessment of Child and Adolescent Overweight and Obesity. *Pediatrics* 2007; 120; s193-s228. DOI:10.1542/peds.2007-2329D.
23. Sun Guo S, Wu W, Chumlea W y cols. Predicting overweight and obesity in adulthood from body mass index values in childhood and adolescence. *Am J Clin Nutr* 2002; 76:653–8. Printed in USA. © 2002 American Society for Clinical Nutrition.
24. Billat V. Fisiología y metodología del entrenamiento, de la teoría a la práctica. Editorial Paidotribo. Barcelona, España. 2002. ISBN: 8480196270.
25. Mazza J. Aspectos fisiológicos y metodología de preparación física en fútbol. Biosystem. Servicio Educativo.

26. Casáis L, Crespo JJ, Domínguez E. Relación entre parámetros antropométricos y manifestaciones de fuerza y velocidad en futbolistas en edades de formación. Departamento de Didácticas Especiales, Facultad de Ciencias de la Educación de Pontevedra, Universidad de Vigo, España.
27. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A and Carter L. International standards for anthropometric assessment. ISAK: Potchefstroom, South Africa. 2006.
28. Booth, ML. Assessment of Physical Activity: An International Perspective. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71 (2): s114-20. 2000. [www.ipaq.ki.se](http://www.ipaq.ki.se).
29. Reilly T. What Research Tells the Coach about Soccer. A. A. H. P. E.R.D., Washington. 1979.
30. Reilly T, Thomas V. Estimated energy expenditures professional association footballers. *Ergonomics* 22:541 548.50. 1979.
31. Malina R, Bouchard C. Growth. Maturation and Physical Activity. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois, U.S.A., 1991.
32. Almagiá AA, Gurovich A, Ivanovic D y cols. Estudio y Análisis Morfológico Etario del Dimorfismo Sexual A Través de la Composición Corporal. *Rev. Chil. Anat.* Vol. 15 No. 2. Chile, 1997. ISSN: 07169868.
33. Antivero E, Vargas C. Consumo de oxígeno directo en jugadores del fútbol profesional argentino. Facultad de Actividad Física y Deporte, Universidad de Flores Sede Comahue, Cipolletti, Rep. Argentina.
34. Toro Salinas A. Análisis fisiológico del esfuerzo físico según el puesto del jugador del fútbol. PID: 78. PubliCE Standard. Grupo Sobre Entrenamiento.
35. Ballesteros R. Traumatología y Medicina Deportiva, Tomo 3, Medicina del Deporte. Ed. Paraninfo Thomson Learning. Madrid, España. 2002. ISBN: 8497320484.
36. Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Antropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sport Sci* 2000; 18:669-83.
37. Reilly T. Perfil fisiológico del jugador de fútbol. *Proceedings V Simposio Internacional Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte*. Cap. 3 pp. 402-416. Edit. Biosystem.

38. Bangsbo J, Norrwgaard L, Thorsoe F. Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal Sport Science*, 16:110-116. 1991.
39. Bangsbo J. Metabolism in soccer. Abstract from de European Congress on Football Medicine, Stockholm, 1992.
40. Martin AD, Spent LF, Drinkwater DT and Clarys JP. Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 729-733. 1990.
41. Kenji F, Dal Pupo J, Correa S. Evaluación de la composición corporal y de la flexibilidad en futbolistas profesionales en diferentes etapas del ciclo de entrenamiento. *Archivos de Medicina del Deporte*. Volumen XXVI. Número 129. 2009. Págs. 7-13.
42. Jackson A, Pollock M. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40(3):497-504. Nov. 1978.
43. León S, Lara E, Camarena J. *El Proceso de Investigación Clínica*. Distribuidora y Editora Mexicana. México, 2003.
44. International Committee of Medical Journal Editors. Uniform Requirement for Manuscript Submitted to Biomedical Journal. *N Engl J Med* 1997; 336: 309-315.
45. Siri W. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. En: Henschel & Brozek, eds. *Technique for Measuring Body Composition* National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, 1961.
46. Malina R. Antropometría. *Proceedings V Simposio Internacional Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte*. Cap. 1 pp. 101-114. 1997. Edit. Biosystem.
47. Wilmore J, Costill D. *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ª edición. Ed. Paidotribo. ISBN: 8480197498.

## ANEXOS

### Anexo No. 1

Porcentaje de tejido graso de futbolistas en diferentes estudios de distintos autores y bajo diferentes métodos para su determinación.

<b>Autores</b>	<b>Equipos</b>	<b>% Graso</b>	<b>Método</b>
Sokip. Copa América (1995)*	Argentina	10,5	-
	Ecuador	10,9	
	Uruguay	10,5	
	Paraguay	10,1	
	Colombia	9,4	
	Bolivia	11,2	
Rodríguez dos Santos J. (1999)	Portugal	11,4 ±2,6	Siri
Ostojic S. (2000)	Serbia	10,8 ±2,1	Jackson & Pollock
Ostojic S. (2003)	Yugoslavia	10,9 ±2,4	Jackson & Pollock
Edwards A. et al. (2003)	Inglaterra	11,8 ±2,4	Impedancia bioeléctrica
Alburquerque F, et al. (2005)	España	8,1 ±0,97	Carter
Campeiz J. & de Oliveira R. (2006)	Brasil	10,7 ±1,4	Faulkner

*Porcentaje graso de futbolistas. (\*en Ramos N. & Zubeldía G., 2003).*

### Anexo No. 2

Resultados del estudio del somatotipo de futbolistas profesionales de diferentes nacionalidades, por su autor.

<b>Autores</b>	<b>Equipos</b>	<b>Somatotipo Heath &amp; Carter</b>
Chovanova & Zrubak (1972)*	Checoslovaquia	2,5 - 4,6 - 2,5
Cochrane & Pyke (1976)*	Australia	3 - 5 - 3
Stepnicka (1977)*	Checoslovaquia	3 - 5,1 - 2,5
Ramadan & Byrd (1987)*	Kuwait	2,1 - 4,5 - 2,1
Apor (1988)*	Hungría	2,1 - 5,1 - 2,3
Arcodia (2002)	Haití	1,61 - 4,62 - 2,76
Lentini et al. (2004)	Argentina	2,3 - 4,8 - 2,2
Padilla Perez et al (2004)	México	2,5 - 4,5 - 3,2

*Somatotipo de futbolistas. (\*en Reilly T., 1997).*

## CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA

Estamos interesados en saber acerca de la clase de actividad física que la gente hace como parte de su vida diaria. Las preguntas se referirán acerca del tiempo que usted utilizó siendo físicamente activo(a) en los **últimos 7 días**. Por favor responda cada pregunta aún si usted no se considera una persona activa. Por favor piense en aquellas actividades que usted hace como parte del trabajo, en el jardín y en la casa, para ir de un sitio a otro, y en su tiempo libre de descanso, ejercicio o deporte.

Piense acerca de todas aquellas actividades **vigorosas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Actividades **vigorosas** son las que requieren un esfuerzo físico fuerte y le hacen respirar mucho más fuerte que lo normal. Piense *solamente* en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

1. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días realizó usted actividades físicas **vigorosas** como levantar objetos pesados, excavar, aeróbicos, o pedalear rápido en bicicleta?

\_\_\_\_\_ **días por semana**

Ninguna actividad física vigorosa



**Pase a la pregunta 3**

2. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le tomó realizar actividades físicas **vigorosas** en uno de esos días que las realizó?

\_\_\_\_\_ **horas por día**

\_\_\_\_\_ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

Piense acerca de todas aquellas actividades **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado y le hace respirar algo más fuerte que lo normal. Piense *solamente* en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

3. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **moderadas** tal como cargar objetos livianos, pedalear en bicicleta a paso regular, o jugar dobles de tenis? No incluya caminatas.

\_\_\_\_\_ **días por semana**

Ninguna actividad física moderada



**Pase a la pregunta 5**

4. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **moderadas**?

\_\_\_\_\_ horas por día

\_\_\_\_\_ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

Piense acerca del tiempo que usted dedicó a caminar en los **últimos 7 días**. Esto incluye trabajo en la casa, caminatas para ir de un sitio a otro, o cualquier otra caminata que usted hizo únicamente por recreación, deporte, ejercicio, o placer.

5. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días caminó usted por al menos 10 minutos continuos?

\_\_\_\_\_ días por semana

No caminó

→  
**Pase a la pregunta 7**

6. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **caminando**?

\_\_\_\_\_ horas por día

\_\_\_\_\_ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

La última pregunta se refiere al tiempo que usted permaneció **sentado(a)** en la semana en los **últimos 7 días**. Incluya el tiempo sentado(a) en el trabajo, la casa, estudiando, y en su tiempo libre. Esto puede incluir tiempo sentado(a) en un escritorio, visitando amigos(as), leyendo o permanecer sentado(a) o acostado(a) mirando televisión.

7. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuánto tiempo permaneció **sentado(a)** en un **día en la semana**?

\_\_\_\_\_ horas por día

\_\_\_\_\_ minutos por día

No sabe/No está seguro(a)

**Este es el final del cuestionario, gracias por su participación.**

Anexo No. 4

Distribución porcentual de actividad física en adolescentes mexicanos según la ENSANUT 2006.

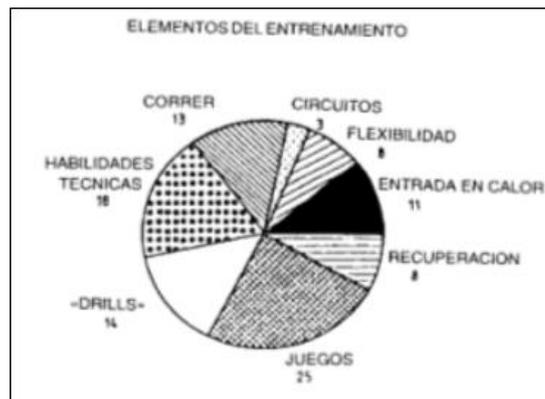
■ Cuadro 7.1

Distribución porcentual de actividad física en adolescentes.  
México, ENSANUT 2006

Clasificación de actividad física	Muestra número	Expansión		
		Número (miles)	%	IC95%
Inactivo	10 388	9 185	40.4	(39.2,41.5)
Moderadamente activo	5 978	5 551	24.4	(23.6,25.2)
Activos	8 555	8 008	35.2	(34.1,36.4)
Total	24 921	22 744	100.0	

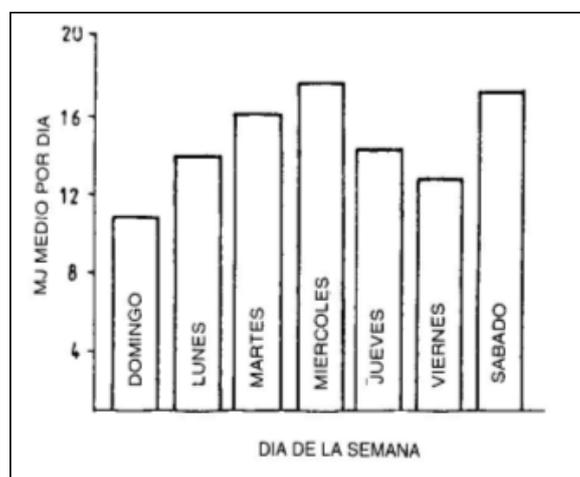
Anexo No.5

Distribución del tiempo de entrenamiento para equipos de la Liga Inglesa. Los valores son en porcentaje del tiempo total de entrenamiento. (Reilly T. *What Research Tells the Coach about Soccer*. A. A. H. P. E.R.D., Washington. 1979)



## Anexo No. 6

Gasto calórico diario (en MJ/día) de jugadores profesionales de fútbol, de acuerdo a los días de la semana (Reilly T., V.Thomas. *Estimated energy expenditures professional association footballers*. Ergonomics 22:541 548.50. 1979)



## ANEXO No. 7

Valores promedio del porcentaje de grasa corporal en hombres, según el grupo etario.

**Tabla II: Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación, para los componentes de la composición corporal, en los hombres de la muestra, según edad.**

Edad (años)	n	Componentes de la composición								
		Masa grasa			Masa Osea			Masa Muscular		
		Promedio %	SD	C.V.%	Promedio %	SD	C.V.%	Promedio %	SD	C.V.%
6	12	13,21	2,67	20,19	19,33	2,46	12,71	43,46	4,12	9,49
7	32	13,48	2,46	18,24	19,44	2,45	12,63	43,07	3,93	9,12
8	30	14,1	2,87	20,37	19,95	1,96	8,85	41,57	3,87	9,31
9	34	14,57	3,08	21,12	20,03	1,91	9,52	41,41	3,81	9,21
10	30	15,37	2,44	15,89	20,11	1,9	9,42	40,51	3,2	7,9
11	32	16,06	2,4	14,95	20,25	1,65	8,16	39,69	2,19	5,52
12	32	16,93	3,59	21,22	20,42	1,76	8,59	41,86	8,15	19,46
13	25	16,93	3,59	21,22	20,34	1,77	8,7	41,95	8,12	19,35
14	8	17,18	3,39	19,75	20,52	1,73	8,41	41,52	8,13	19,59
15	19	17,68	3,57	20,17	20,41	1,77	8,68	41,13	8,32	20,23
16	95	17,57	3,6	10,49	20,77	1,72	8,3	40,87	8,38	20,52
17	113	17,58	3,59	20,42	20,49	1,79	8,75	41,14	8,41	20,43
18	54	18,89	4,57	24,2	19,88	1,7	8,53	40,45	8,95	22,12
19	16	18,94	4,5	23,74	19,96	1,73	8,65	40,31	8,92	22,13
20-23	4	19,73	5,29	26,8	19,8	1,73	8,76	39,69	9,49	23,91