

# El trabajo de fuerza en el desarrollo de la potencia en futbolistas de las divisiones menores de un equipo profesional de fútbol

ÉDGAR ALBERTO MÉNDEZ GALVIS<sup>1</sup>, JORGE JAIME MÁRQUEZ ARABIA<sup>2</sup>,  
CARLOS ADOLFO CASTRO CASTRO<sup>3</sup>

## RESUMEN

**L**os niveles elevados de fuerza, teóricamente, se relacionan con mejoría en las manifestaciones de la potencia muscular inmediata, que es una variable determinante del rendimiento en el fútbol moderno.

**OBJETIVO:** determinar en futbolistas si el entrenamiento de fuerza en un porcentaje alto (85%) de una repetición máxima (1-RM), buscando el aumento en la fuerza máxima (FM), es más eficaz para mejorar la potencia muscular inmediata que un entrenamiento similar pero al 75% de 1-RM.

**METODOLOGÍA:** sesenta futbolistas de las divisiones inferiores del Deportivo Independiente Medellín fueron divididos aleatoriamente en 2 grupos de 30 jugadores cada uno y se diseñaron los siguientes trabajos de fuerza: el grupo experimental realizó un entrenamiento bilateral e individual de fuerza para los extensores y flexores de la rodilla, consistente en 3 series de 5 repeticiones al 85% de 1-RM, con 5 minutos de descanso entre una y otra serie, 2 veces por semana durante 12 semanas. El grupo control hizo un entrenamiento de fuerza

.....  
<sup>1</sup> Médico deportólogo, Deportivo Independiente Medellín Edgardoc14@hotmail.com

<sup>2</sup> Médico deportólogo, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia Jaimejorge33@yahoo.com

<sup>3</sup> Médico especialista en Medicina Deportiva, Centauros Villavicencio, Corporación Deportiva. Carlosypaula2802@yahoo.com

Recibido: abril 10 de 2007

Aceptado: abril 27 de 2007

para los mismos músculos, consistente en 3 series de 8 repeticiones al 75% de 1-RM, con 5 minutos de descanso entre una y otra serie, 2 veces por semana durante 12 semanas. Al comienzo del estudio y a las 6 y 12 semanas se hicieron mediciones de fuerza máxima (1-RM) de los extensores y flexores de las rodillas y de la potencia muscular inmediata - velocidad en 20 metros, Squat Jump (SJ) y Countermovement Jump (CMJ).

**RESULTADOS:** aunque los 60 jugadores completaron el entrenamiento de fuerza, sólo se analizaron los datos de 29 del grupo experimental y 27 del grupo control; de los 4 restantes, 2 salieron del equipo y 2 sufrieron lesiones no relacionadas con el entrenamiento. No hubo diferencias significativas entre los dos grupos, en ninguna de las variables ni en ninguna de las 3 mediciones. En la mayoría de las variables - fuerza de los extensores de la rodilla derecha, fuerza de los extensores de la rodilla izquierda, fuerza de los flexores de la rodilla derecha, fuerza de los flexores de la rodilla izquierda, Squat Jump y Countermovement Jump - hubo incrementos estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) en cada grupo tanto a las 6 semanas como entre las 6 y las 12 semanas: se exceptuó la velocidad en 20 metros que sólo presentó aumento significativo a las 6 semanas. Para ambos grupos, las correlaciones ( $r$  de Pearson) de la fuerza máxima (FM) de los extensores de la rodilla derecha con el SJ y el CMJ fueron de moderadas a fuertes y estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) tanto al inicio del estudio como a las 6 y a las 12 semanas de entrenamiento de FM; la correlación con la velocidad en 20 metros se halló sólo al inicio del trabajo.

**CONCLUSIÓN:** el trabajo de FM en intensidades al 75 y 85% de 1-RM produce mejorías significativas en la potencia muscular inmediata.

## PALABRAS CLAVE

POTENCIA MUSCULAR INMEDIATA  
RENDIMIENTO EN FUBOLISTAS  
TRABAJO DE FUERZA EN FUTBOLISTAS

## SUMMARY

### STRENGTH TRAINING IN THE DEVELOPMENT OF POWER IN SOCCER PLAYERS OF THE INFERIOR DIVISIONS OF DEPORTIVO INDEPENDIENTE MEDELLIN (DIM), IN COLOMBIA

Theoretically, high levels of strength correlate with improvement in manifestations of immediate muscular power, which is a decisive variable of performance in modern soccer. **Purpose:** to determine in soccer players if strength training at a high percentage (85%) of 1-RM, looking for increase in maximum strength, is more effective in improving immediate muscular power than a similar training but at 75% of 1-RM. **Methodology:** 60 soccer players belonging to the inferior divisions of DIM were randomly assigned to either one of two groups of 30 players each, and performed the following strength training protocols: the experimental group carried out an individual bilateral force training for knee extensors and flexors that consisted of 3 series of 5 repetitions each, at 85% of 1-RM, with 5 minutes of rest between series, twice a week during 12 weeks. The control group trained the same muscular groups, 3 series of 8 repetitions each, at 75% of 1-RM, also with 5 minutes of rest between series, twice a week during 12 weeks. At the onset, and at 6 and 12 weeks measurements were made of maximum strength (1-RM) of knee extensors and flexors and of immediate muscular power: speed in 20 m, Squat

Jump and Countermovement Jump. **Results:** although the 60 players completed the training, data were analyzed for only 29 in the experimental group and 27 in the control one; of the remaining 4 participants, 2 left the team and 2 suffered injuries unrelated with the training. No significant differences were found between the two groups, in any of the variables, in any of the 3 measurements. Most of the variables -strength of the right knee extensors, strength of the left knee extensors, strength of the right knee flexors, strength of the left knee flexors, Squat Jump, Countermovement Jump - had statistically significant increases ( $p < 0.05$ ) in each group both at 6 weeks and between weeks 6 and 12, the only exception being the speed in 20 m that presented significant increase only at six weeks. For both groups, the  $r$  Pearson's correlation between maximum strength of right knee extensors, SJ and CMJ ranged from moderate to high and were statistically significant ( $p < 0.05$ ) at the beginning of the study as well as at 6 and 12 weeks of the maximum strength training; correlation with the speed in 20 m was found only at the beginning of the work. **Conclusions:** maximum strength training at intensities of 75 and 85% of 1-M produces significant improvement in immediate muscular power.

## KEY WORDS

IMMEDIATE MUSCULAR POWER  
PERFORMANCE IN SOCCER PLAYERS  
STRENGTH TRAINING IN SOCCER PLAYERS

## INTRODUCCIÓN

Los teóricos del entrenamiento actual aseguran que la fuerza es la capacidad física más importante

debido a que influye en las otras capacidades y define el rendimiento en el deporte moderno enmarcado en el concepto de potencia muscular.<sup>1</sup> En términos generales la fuerza muscular se define como una contracción que vence una resistencia; la fuerza y la velocidad son los factores determinantes de la potencia.<sup>2</sup> En el fútbol moderno la potencia, es decir, la realización de acciones a la máxima velocidad y con el máximo posible de fuerza es lo que determina y garantiza los resultados (golpear el balón, carreras de 10-20 metros a la máxima intensidad de la velocidad, saltos, etc.).<sup>1,3</sup> Esto ha hecho que el entrenamiento en el fútbol se haya orientado desde el punto de vista físico a mejorar la potencia muscular de los jugadores.<sup>1</sup>

Tradicionalmente, en algunos equipos de fútbol se trabaja un entrenamiento de fuerza que no supera intensidades mayores del 60% de una repetición máxima (1- RM) porque los preparadores físicos creen que el trabajo de fuerza en porcentajes mayores del 75% va a disminuir la potencia (velocidad) de los jugadores. Este es uno de los paradigmas deportivos basados en supuestos o en experiencias individuales o grupales que ocupan en la escala investigativa los lugares de más baja confiabilidad y validez. Además de que esta creencia no se ha comprobado, algunos teóricos consideran que al mejorar la FM se incrementará la potencia porque esta última depende de aquélla.<sup>1,4</sup> Por lo tanto, es necesario realizar estudios en los que se evalúe la efectividad de un entrenamiento de fuerza para el mejoramiento de la potencia que emplee porcentajes mayores de ella que los habituales, lo cual implicaría desarrollar la FM. Algunos estudios sobre el tema no van dirigidos específicamente al incremento de la potencia secundario al mejoramiento de la fuerza, y algunos de los que lo hacen muestran controversia o utilizan porcentajes menores del 70% de 1-RM.<sup>5-12</sup>

Por lo tanto, el propósito del estudio fue determinar si el entrenamiento de fuerza en un porcentaje alto (85%) de 1-RM, buscando el aumento en la FM, es más eficaz para mejorar la potencia muscular inmediata que el entrenamiento al 75% de 1-RM en futbolistas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sujetos

Sesenta jugadores de las divisiones inferiores del DIM cuyas edades fluctuaban entre 14 y 20 años cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: 1) pertenecer a cualquiera de estas categorías: Primera A, Sub 21, sub 16, sub 15 y sub 14; 2) ser mayores de 13 años; 3) estadio Tanner de maduración sexual mayor de 3; 4) no pertenecer a ningún seleccionado (para evitar la posibilidad de retiro durante el estudio); 5) no tener lesiones. Se los dividió aleatoriamente en dos subgrupos de 30 individuos cada uno: experimental y control.

### Mediciones

Se hicieron las siguientes mediciones previas al trabajo de fuerza, a las 6 semanas (12 sesiones) y a las 12 semanas (24 sesiones):

### Peso y porcentaje de grasa

El peso se midió a las 7:00 a. m. en el camerino del DIM en la ciudad de Medellín. El deportista debía estar en las siguientes condiciones: en ayunas, con la vejiga vacía, vestido sólo con la pantaloneta de entrenamiento y sin accesorios (pulsera, cadena, etc.). Se utilizó una báscula Detecto® -2491 con capacidad de pesar desde 10 g hasta 140 kg, con precisión de 10 g, calibrada cada 6 meses. Se registró el promedio de tres mediciones, verificando que antes de cada medición la báscula estuviera graduada en cero.

La medición de los pliegues subcutáneos - subescapular, tricípital, suprailíaco medio y abdominal - con el adipómetro (Slim Guide® - 0 a 80 mm - precisión 1 mm) calibrado, se llevó a cabo a las 8:00 a. m. en el camerino del DIM. El porcentaje de grasa se determinó con la fórmula de Faulkner, o sea,  $\sum \text{pliegues} \times 0.153 + 5.783$ .

### Fuerza máxima

Fue medida a las 9:00 a. m. en el Gimnasio Laureles de Medellín, con el deportista sentado, en ropa de entrenamiento y zapatos tenis, en la máquina multifuncional, utilizando los aparatos específicos marca Forma® para los siguientes grupos musculares: 1) extensores y flexores de la rodilla, en cada caso de una polea. Se diseñó el siguiente protocolo para evaluar la FM de cada grupo muscular: el jugador debía hacer un calentamiento liviano de 5 a 10 repeticiones a 40-60% del máximo esfuerzo percibido. Después de un minuto de recuperación con un estiramiento leve, realizaba 3 a 5 repeticiones al 60-80% del máximo esfuerzo percibido. El sujeto debía estar cerca a la 1-RM en el paso anterior. Se adicionaba una pequeña cantidad de peso y se intentaba una RM. Si el levantamiento era exitoso, se permitía un período de reposo de 3 a 5 minutos. La meta era lograr la 1-RM en 3 a 5 esfuerzos máximos. El proceso de aumentar gradualmente el peso para lograr la 1-RM real podía mejorarse mediante sesiones previas que permitieran una aproximación anterior a la 1-RM. Se debía tener una comunicación clara con el jugador para facilitar la medición de 1-RM. Este proceso continuaba hasta que ocurriera un intento fallido. EL valor de 1-RM se reportaba como el peso del último levantamiento realizado exitosamente con una técnica adecuada, o si el intento de una segunda repetición no era posible, o se realizaba con una técnica inadecuada.

## Potencia muscular inmediata

La medición se realizó 48 horas después de un test de fuerza entre las 9:00 y las 11:00 a. m. en los camerinos del DIM para el squat jump (SJ) y el countermovement jump (CMJ) y en una cancha de fútbol de grama siempre y cuando no existieran condiciones ambientales adversas como lluvia o terreno inadecuado para la velocidad en 20 metros. Todas las pruebas de potencia estaban precedidas de calentamiento de 10 minutos y estiramiento de los principales grupos musculares de los miembros inferiores.

## Velocidad de 20 m en campo

El deportista, con ropa deportiva y en el terreno habitual de entrenamiento previamente delimitado, salía a voluntad desde el reposo - en posición de carrera -, aceleraba a su máxima capacidad y recorría 20 m. Dos observadores independientes medían el tiempo con cronómetros tanto en el punto de reposo (salida), y otros dos a los 20 m; el tiempo utilizado se reportaba en segundos. Se hacían tres pruebas y se registraba el mejor tiempo.

## Salto vertical en plataforma

Fue evaluado entre las 8:00 y las 10:00 a. m. con la plataforma de salto Axon Jump -2003® de la siguiente manera:

### Protocolo Squat Jump

El jugador debía estar con las rodillas flexionadas (90°) con una separación de los pies a la anchura de los hombros (posición cómoda y estable) y las manos en las caderas. Debía mantener esta posición como mínimo por 5 segundos (para disminuir la energía elástica); debía luego extender las piernas (fase concéntrica) de la forma más explosiva posible para tratar de alcanzar la máxima altura en el salto. Además, debía tratar de que no

se produjeran contramovimientos con el tronco o con las piernas (fase excéntrica) para evitar cualquier posible movimiento de impulso diferente de la extensión de las piernas (reclutamiento inicial de fibras, sincronización y componente contráctil). Si el investigador detectaba contramovimientos anulaba el salto. Se registraba el mejor de tres intentos.

### Protocolo Countermovement Jump

Desde una posición erguida y con las manos en las caderas el jugador saltaba hacia arriba por medio de un ciclo de estiramiento-acortamiento, es decir, hacía una flexión, seguida lo más rápidamente posible de una extensión de las piernas. La flexión de las rodillas debía llegar hasta un ángulo de 90°, evitando flexionar el tronco con el fin de eliminar cualquier influencia positiva para el salto que no proviniera de las extremidades inferiores. Si el investigador detectaba alguna modificación a este protocolo anulaba el salto. Se registraba el mejor de tres intentos.

## Procedimientos

Después de firmar el consentimiento informado y de obtener la aprobación del Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia, se dividió la muestra en dos grupos de 30 jugadores cada uno, que fueron asignados al entrenamiento de fuerza para los extensores y flexores de la rodilla, los extensores de la cadera y los extensores del tobillo, según los protocolos que se presentan en las tablas N° 1 y 2.

El entrenamiento de fuerza se inició después de un período de 3 semanas con cargas moderadas, durante el cual se les enseñó a los participantes la técnica adecuada para efectuar cada movimiento muscular en la respectiva máquina. A las 6 semanas de entrenamiento se hizo una nueva evaluación de la 1-RM para medir la variación en la FM y calcular

la nueva carga que se iba a utilizar entre las semanas 7 y 12 del entrenamiento.

Al preparador físico encargado de cada categoría se le entregaba un formulario que contenía el peso que debía movilizar cada jugador, con cada grupo muscular, durante su entrenamiento de fuerza.

Ni el jugador ni el preparador físico tenían conocimiento del grupo de trabajo al que pertenecían. Cada una de las sesiones de entrenamiento estuvo monitorizada por uno de los dos investigadores principales, quienes desconocían el grupo de trabajo al que pertenecían los jugadores.

**Tabla N° 1**  
**PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO PARA EL GRUPO EXPERIMENTAL**

Frecuencia: 2 veces por semana (separadas por 3 días)	Intensidad: 85% de la fuerza máxima
Volumen: 3 series de 5 repeticiones cada una.	Descanso mínimo: 5 minutos entre una y otra serie.
Duración del entrenamiento: 12 semanas	

**Tabla N° 2**  
**PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO PARA EL GRUPO CONTROL**

Frecuencia: 2 veces por semana (separadas por 3 días)	Intensidad: 75% de la fuerza máxima
Volumen: 3 series de 8 repeticiones cada una.	Descanso mínimo: 5 minutos entre una y otra serie.
Duración del entrenamiento: 12 semanas	

### **Análisis estadístico**

La muestra de 30 individuos por grupo se calculó considerando una diferencia de 0,1 segundos entre las medias del tiempo para 20 metros, una desviación estándar de 0,095 segundos para ambos grupos y un poder (fuerza estadística) del 98%. La mencionada diferencia de 0,1 segundos implica que un jugador aventaja a otro en 67 cm en 20 metros.

Se utilizó la prueba de Kolmogorov - Smirnov para establecer si la distribución de las variables continuas era normal.

En la línea de base, a las 6 y a las 12 semanas de iniciada la intervención, y con el fin de determinar si existían diferencias entre uno y otro grupo, se utilizaron las pruebas t de Student para variables paramétricas y U-Mann Whitney para las no paramétricas.

Para analizar las diferencias entre los momentos de evaluación para variables continuas paramétricas y no paramétricas, para cada grupo de intervención, se utilizaron la prueba t de Student para muestras pareadas y el test de Wilcoxon para las no pareadas.

Se utilizó el coeficiente de Pearson para establecer si existía correlación entre la FM por una parte y, por otra, la velocidad, el SJ y el CMJ, en cada grupo, en los tres momentos de evaluación.

Se consideró como significativo un valor de  $p < 0.05$ .

Para analizar los datos se utilizó el programa SPSS versión 10.0.

## RESULTADOS

Los 60 jugadores completaron el entrenamiento de fuerza pero sólo se analizaron los datos de 56: 29 en el grupo experimental y 27 en el grupo control; 2 salieron del equipo y 2 sufrieron lesiones no relacionadas con el entrenamiento de fuerza (Figura N° 1). La aleatorización fue exitosa como lo muestra el que no hubo diferencias significativas entre los grupos intervenidos en la descripción inicial (Tabla N° 3).

Ni en las variables ni en las tres mediciones hubo diferencias significativas entre los dos grupos. La mayoría de las variables - fuerza de los extensores de

**Tabla N° 3**  
**CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS INICIALES**

Variable	Grupo experimental 85%		Grupo control 75%	
	Media (SD)		Media (SD)	
Edad (años)	17,2	(2,1)	17,1	(2,2)
Peso (kg)	62,69	(6,03)	60,52	(6,40)
Talla (m)	1,75	(8,2)	1,74	(8,4)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	21,0	(1,6)	21,2	(1,7)
% grasa (Faulkner)	12,0	(0,5)	11,8	(0,6)
Fuerza de los extensores de la rodilla derecha (kg)	64,14	(19,18)	58,15	(14,15)
Fuerza de los extensores de la rodilla izquierda (kg)	62,76	(18,88)	59,26	(13,85)
Fuerza de los flexores de la rodilla derecha (kg)	35,52	(12,13)	32,59	(7,64)
Fuerza de los flexores de la rodilla izquierda (kg)	34,83	(12,43)	31,11	(8,47)
Velocidad 20 metros (m/s)	6,48	(0,32)	6,44	(0,33)
SJ (cm)	45,37	(4,27)	43,78	(6,56)
CMJ (cm)	50,21	(4,20)	49,13	(7,05)

la rodilla derecha (FERD), fuerza de los extensores de la rodilla izquierda (FERI), fuerza de los flexores de la rodilla derecha (FFRD), fuerza de los flexores de la rodilla izquierda (FFRI), Squat Jump, Countermovement Jump - tuvieron incrementos

estadísticamente significativos en cada grupo a las 6 semanas y entre las 6 y las 12 semanas, excepto la velocidad en 20 metros que sólo aumentó significativamente a las 6 semanas (Tabla N° 4).

**Tabla N° 4**  
**DESCRIPCIÓN ANALÍTICA DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES**

Variable	Grupo		Inicio		6 semanas		12 semanas	
	85%	75%	85%	75%	85%	75%	85%	75%
FERD (kg)	64,14 (19,18)	58,15 (14,15)	75,52 (18,82)*	75,19 (20,45)*	87,24 (17,91) £	85,19 (18,89) £		
FERI (kg)	62,76 (18,88)	59,26 (13,85)	75,17 (17,45)*	74,81 (19,88)*	86,21 (18,98) £	83,70 (18,43) £		
FFRD (kg)	35,52 (12,13)	32,59 (7,64)	42,76 (9,60)*	40,37 (10,55)*	46,90 (11,68) ¥	45,19 (9,75) ¥		
FFRI (kg)	34,83 (12,43)	31,11 (8,47)	41,38 (10,93)*	37,78 (10,50)*	46,21 (12,08) ¥	42,96 (11,71) ¥		
Vel 20 m (m/s)	6,48 (0,32)	6,44 (0,33)	6,67 (0,32)*	6,69 (0,38)*	6,72 (0,31)	6,69 (0,38)		
SJ (cm)	45,37 (4,27)	43,78 (6,56)	46,51 (4,27)*	44,43 (6,9) π	47,30 (4,17) £	45,00 (7,06) £		
CMJ (cm)	50,21 (4,20)	49,13 (7,05)	51,23 (4,17)*	50,28 (7,27) π	51,91 (4,05) £	51,01 (7,21) £		

\* p < 0.001 Entre el inicio y las 6 semanas en cada grupo.

p < 0.05 Entre el inicio y las 6 semanas en cada grupo.

£ p < 0.001 Entre las 6 semanas y las 12 semanas en cada grupo.

¥ p < 0.05 Entre las 6 semanas y las 12 semanas en cada grupo.

No diferencias significativas entre los grupos.

Para ambos grupos, las correlaciones (r de Pearson) entre la FM de los extensores de la rodilla derecha (FERD), el SJ y el CMJ fueron de moderadas a fuertes y estadísticamente significativas al comienzo del estudio (r = 0.382; p < 0.05); (r = 0.458; p < 0.001), a las 6 semanas (r = 0.383; p < 0.05); (r = 0.424; p < 0.05) y a las 12 semanas de entrenamiento de FM (r = 0.379; p < 0.05); (r = 0.366; p < 0.05); la correlación con la velocidad de 20 metros sólo se dio al inicio del trabajo (r = 0.338; p < 0.05).

## DISCUSIÓN

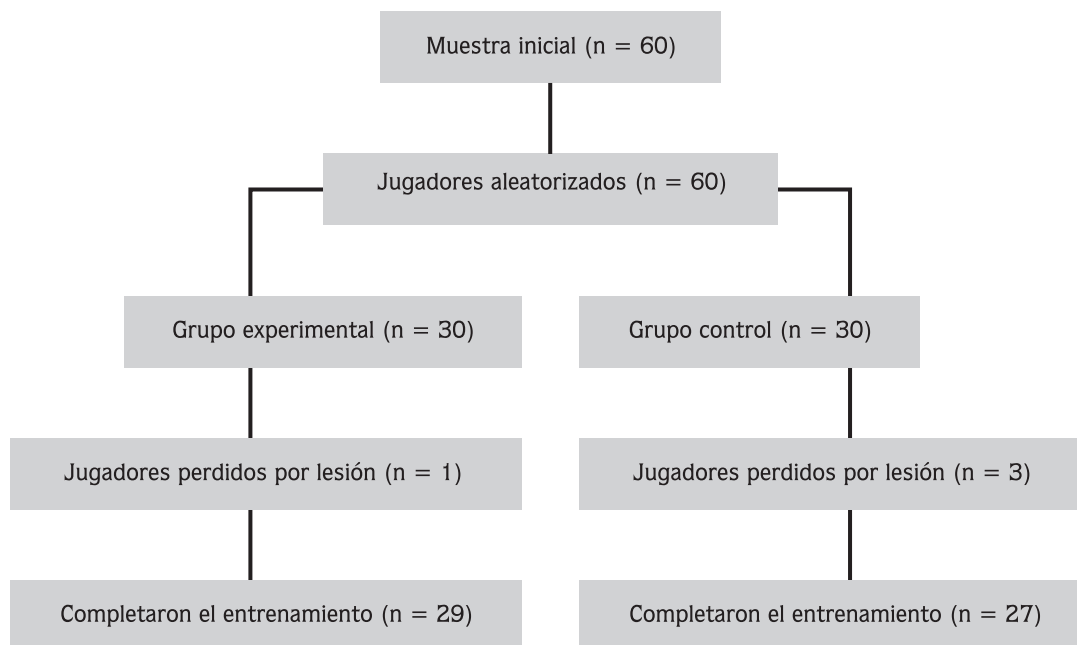
### Fuerza máxima

En el fútbol, la fuerza y la potencia son tan importantes como la resistencia; incluso para

algunos investigadores la potencia es la determinante del rendimiento en el fútbol moderno.<sup>1</sup> La FM se refiere a la mayor tensión que puede producir el sistema neuromuscular durante una contracción voluntaria máxima (test isométricos) o una repetición máxima (test isotónicos).<sup>3</sup> La potencia es la capacidad para realizar un trabajo en el menor



**Figura N° 1  
FLUJOGRAMA**



tiempo posible; también se la puede expresar como "fuerza x velocidad" y se refiere a la capacidad del sistema neuromuscular para producir el máximo impulso en un período de tiempo dado.<sup>3,13</sup>

Según algunos artículos,<sup>14-23</sup> se supone que un nivel más alto y bien entrenado de FM y de potencia resulta en mejores saltos, velocidad y distancia del remate, barridas, sprints, cambios de ritmo y demás acciones del fútbol que se deben ejecutar con mucha fuerza y alta velocidad. Además, algunos estudios han reportado que la fuerza de los flexores de la rodilla - que en nuestro estudio presentó mejorías estadísticamente significativas - es extremadamente importante para los futbolistas debido a la estabilización articular durante varias acciones, principalmente las excéntricas; los extensores de la rodilla juegan un papel primordial durante el salto y el chute del balón.<sup>24-26</sup> También se han relacionado los altos valores de fuerza y

potencia con una menor incidencia de lesiones deportivas en general y en los futbolistas en particular; en éstos se ha encontrado una disminución aproximada del 50% de las lesiones cuando se introduce adecuadamente un entrenamiento de fuerza; este beneficio se explica, en parte, por el incremento del área de sección transversal muscular y de la fuerza y movilidad de los tendones y ligamentos.<sup>3,14-17,19,27-33</sup>

Se eligió el trabajo experimental del 85% de la 1-RM con base en metaanálisis recientes (177 estudios con 1.803 efectos en ganancia de fuerza) los cuales muestran que en sujetos entrenados las mayores ganancias de FM se logran con trabajos de 4-8 series por grupo muscular al 80-85% de la 1-RM, 2 días por semana.<sup>34-36</sup> Se debe tener en cuenta que teóricamente los jugadores del DIM realizaban trabajos adecuados para el desarrollo de esta capacidad - no bien documentados en años

anteriores - y que este tipo de trabajo debería brindar los mayores beneficios. Debido a que el porcentaje de la 1-RM del grupo control (75%) era muy cercano al del grupo experimental, las diferencias en la mejoría de la FM no son significativas. Además, en personas no entrenadas o en aficionados al entrenamiento de fuerza los principales beneficios, según revisiones recientes, aparecen desde trabajos con 4 series por grupo muscular al 60-80% de 1-RM, 2-3 días por semana.<sup>34-37</sup>

Otro hecho importante es que para la Sociedad Americana de Fisiología del Ejercicio (2004) la evidencia es insuficiente para definir el mejor método de entrenamiento de la fuerza para obtener beneficios en FM y potencia muscular; la misma controversia se encuentra en otros artículos.<sup>15,37-45</sup> También sobresale en este estudio que el desarrollo de la potencia fue monitorizado lo que teóricamente permite obtener mejores resultados. Algunos de los artículos que reportan estos beneficios muestran más adherencia al trabajo y mayores ganancias cuando hay supervisión que en su ausencia.<sup>46</sup>

Actualmente no existe un protocolo estandarizado de evaluación de la fuerza en futbolistas lo que dificulta comparar nuestros resultados con los de otros estudios.<sup>3,13,14,48,49</sup> Los test isocinéticos comúnmente usados no reflejan los movimientos hechos durante un partido de fútbol. Utilizando pesos libres los test posiblemente reflejarían con mayor exactitud la FM funcional del futbolista, aunque faltan estudios al respecto para hacer estas recomendaciones.<sup>3,13,14,48,50</sup> Otro aspecto es que para evaluar la fuerza en futbolistas éstos deben estar familiarizados con los movimientos musculares que forman parte de su entrenamiento, hecho documentado en los estudios, los cuales reportan que sus incrementos dependen de la similitud entre el entrenamiento y el test utilizado.<sup>14,48,49</sup>

Nuestro estudio tuvo una fase inicial durante la cual se enseñó la técnica correcta de ejecución del

movimiento de cada grupo muscular para aumentar la validez del test de 1-RM y disminuir los errores durante el entrenamiento.

En los dos grupos de entrenamiento fueron estadísticamente significativas todas las variaciones en la FM valoradas por el test de 1-RM cuando se comparó el incremento a las 6 y a las 12 semanas de entrenamiento. Además, hubo un aumento significativo entre las 6 y las 12 semanas. El aumento de la fuerza fue similar - sin diferencia significativa - en los dos grupos. Lo anterior se debería tener en cuenta para diseñar entrenamientos periodizados variando la carga durante la temporada con la posibilidad de empezar con intensidades en el límite inferior que muestra beneficios (en este estudio 75%), disminuyendo el estrés al que se somete el sistema musculoesquelético especialmente en las primeras etapas de la adolescencia.

Algunos estudios que evalúan el aumento de la fuerza en los extensores de la rodilla, expresado como el porcentaje de mejoría de 1-RM, reportan incrementos entre 50 y 60% para trabajos realizados con 2 a 5 series, en intensidades entre 60 y 95% de 1-RM, y duración total del entrenamiento entre 8 y 16 semanas, con los otros componentes de la prescripción del ejercicio no descritos en algunos artículos.<sup>50-52</sup> El aumento de 1-RM en nuestro estudio fue en promedio 40%. Las mejoras en la FM no han sido constantes en la literatura (4 a 70%) según se desprende de una extensa revisión del tema; se reporta mayor aumento en sujetos no entrenados y variación en la respuesta dependiendo de las características del entrenamiento.<sup>2</sup>

Se eligieron los extensores de la rodilla para hacer las comparaciones debido a que, según Bosco,<sup>2</sup> "la expresión de la fuerza explosiva (Squat Jump, SJ), Countermovement Jump, CMJ) coincide con la máxima potencia muscular desarrollada por los extensores de las piernas". SJ y CMJ corresponden

a la máxima expresión de potencia muscular". Además, sólo se reportan las correlaciones de las variables dependientes con la FM de los extensores de la rodilla derecha debido a que no hubo diferencia significativa entre el peso movilizado por cada pierna.

En algunos textos y artículos se sugiere considerar el uso de escalas alométricas o dimensionales cuando se evalúan mediciones de fuerza, con base en la teoría de que dos individuos geométrica y cuantitativamente idénticos deberían tener todas las dimensiones lineales (L) idénticas: la longitud de los brazos, las piernas y los músculos individuales tendría una relación L:1, el área de sección transversal tendría L<sup>2</sup>:1 y el volumen L<sup>3</sup>:1. Dado que la fuerza muscular es directamente proporcional al área transversal muscular y que el peso varía directamente con el volumen, las medidas de dicha fuerza variarían en proporción con el peso (P) elevado a la potencia 0,67 (P<sup>0,67</sup>): fuerza en kg/P<sup>0,67</sup>. Otros investigadores aconsejan expresar la FM como fuerza relativa y hacer las correlaciones de salto y velocidad con estos datos. Los estudios que han aplicado cualquiera de las dos metodologías han hallado infraestimaciones, supraestimaciones e imprecisiones; por este motivo, reportamos los valores de FM absoluta en nuestro trabajo (peso movilizado en kg).<sup>3,13,14,48,53,54</sup>

## Velocidad en 20 metros

Al analizar la velocidad se debe tener en cuenta qué manifestación de ella se describe. En las carreras de sprint vale la pena destacar que en los primeros 0-9,4 metros ocurre la máxima aceleración (inicial) y después, hasta los 27,42 metros, ocurre la aceleración media; para desarrollar estas aceleraciones se requiere un nivel óptimo de fuerza muscular.<sup>55</sup> Se debe tener en cuenta que se evalúa la potencia anaeróbica aláctica inmediata.<sup>1</sup>

Una investigación relativamente reciente en jugadores de fútbol élite de Brasil<sup>14</sup> reportó que 96%

de los sprints realizados durante un partido de fútbol tienen distancias inferiores a 30 metros y que 49% son menores de 10 metros; estos datos son similares a los de otros trabajos.<sup>3</sup> En el nuestro medimos los sprints en 20 metros lo cual es acertado por la similitud entre el test usado y las características del deporte, aspecto que aumenta la especificidad de esta prueba de campo para futbolistas.

Los tiempos de los futbolistas en los sprints de 20 metros varían según el instrumento de medición y, en algunos artículos, según la categoría aunque al respecto existe controversia debido a que en algunas ligas los jugadores de las divisiones inferiores son más veloces.<sup>3,13,14,48</sup> Lo anterior dificulta hacer comparaciones de velocidad (aceleración) y definir cuál es la población más rápida. En la literatura encontrada se reportan tiempos que varían entre 3,03 ± 0,09 hasta 3,15 ± 0,12 segundos. En nuestra investigación los tiempos fueron en promedio, al comienzo del entrenamiento, de 3,08 ± 0,14 segundos - velocidad 6,48 ± 0,32 m/s- y disminuyeron a 2,97 ± 0,12 segundos - velocidad 6,72 ± 0,31 m/s- a las 12 semanas de entrenamiento de FM, lo que en la práctica se traduce en que un jugador aventaja al contrario en 74 cm lo que significaría ganarle la posesión del balón o anticiparse en una jugada rápida; este hecho es determinante debido a que si los jugadores del equipo que lleve a cabo el entrenamiento propuesto en nuestra investigación son más potentes que sus contrincantes obtendrán mejores resultados durante la competencia deportiva al tener la posibilidad de definir jugadas cruciales, aumentar la tenencia del balón, recuperarlo en una jugada ofensiva del rival y tener mejor desempeño en distancias inferiores a 30 metros que son las de la mayoría de los sprints en un partido de fútbol.

Sorpresivamente, se encuentran pocos datos publicados de los cambios en el sprint de 20 metros después del entrenamiento de fuerza. En un

estudio reciente de 38 jugadores amateur y profesionales de la primera división de fútbol del Salamanca Español, la mejoría en el SJ, el CMJ y la velocidad en 20 m después de un entrenamiento de 8 semanas (no especifica las características del trabajo de fuerza, la velocidad ni del entrenamiento aeróbico) fue de 3,9% ( $33,6 \pm 0,5$  a  $34,9 \pm 0,7$  cm,  $p < 0,05$ ), 5,4% ( $36,9 \pm 0,7$  a  $38,9 \pm 0,9$  cm,  $p < 0,001$ ) y 4,2% ( $6,99 \pm 0,06$  a  $7,29 \pm 0,04$  m/s,  $p < 0,001$ ), respectivamente.<sup>56</sup>

Un trabajo hecho por Hoff y Helgerud<sup>48</sup> en 8 futbolistas que entrenaron 4 series, al 85% de 1-RM, 3 veces por semana por 8 semanas, mostró que la RM de media sentadilla aumentó de 161 a 215 kg y que los tiempos en 10 y 40 metros mejoraron de 1,91 a 1,81 segundos y de 5,68 a 5,65 segundos, respectivamente.

En nuestra investigación la velocidad presentó un aumento estadísticamente significativo a las seis semanas del entrenamiento de fuerza y tuvo incrementos no significativos en las seis semanas siguientes. Además, la FM de los extensores de la rodilla se correlacionó estadísticamente con la velocidad en 20 metros en la medición inicial pero no hubo correlación significativa a las 6 y 12 semanas. Lo anterior se podría explicar por el hecho de que la velocidad (sprint de 20 metros en este trabajo) no depende solamente de la FM sino también de otros factores como la técnica de carrera, la viscosidad muscular, la temperatura corporal, la motivación y el tiempo de reacción (el cual se trata de eliminar con el protocolo de nuestro trabajo). Se debe tener en cuenta que las investigaciones muestran que de los dos componentes de la potencia muscular, la velocidad tiene un componente genético máximo del 90% y que la posibilidad de entrenarla es de alrededor del 20%, lo que explicaría en parte las mejorías poco significativas documentadas en algunos estudios y la estabilización de su aumento, como la encontrada en nuestra investigación.<sup>57-59</sup> También debe mencionarse que algunos estudios han mostrado más correlación de la FM de media sentadilla con los

tiempos en el sprint de 10 metros;<sup>14,48</sup> esta medición se relaciona más con la aceleración y la tasa de desarrollo de la fuerza muscular, que no medimos en nuestro estudio debido a la carencia de fotoceldas y a la necesidad de usar máquinas isocinéticas. Otro aspecto para destacar es que la FM pudiera ser más importante en las fases iniciales del desarrollo de la velocidad pero a medida que avanza el entrenamiento de fuerza se debe combinar con métodos para la mejoría o el mantenimiento de la velocidad en sprints como son, el trabajo de pliometría y los ejercicios explosivos. Un estudio en ciclistas reporta que la adición de entrenamiento explosivo al trabajo de fuerza de alta intensidad aumenta el rendimiento en los sprints.<sup>60</sup> En el mismo sentido, una investigación reciente en futbolistas reportó que el ejercicio de fuerza combinado con el entrenamiento de velocidad en la misma sesión logra más beneficios en la mejoría de la potencia que el trabajo de fuerza aislado (SJ, CMJ, tiempo en 30 metros).<sup>61</sup>

La relación positiva entre el rendimiento de la FM y la potencia está documentada en algunos estudios<sup>15,62</sup> por los resultados de pruebas de salto y sprints de 30 metros.

En otros deportes existe controversia en cuanto a la correlación entre la 1-RM y el rendimiento derivado de la misma (velocidad en 20 a 30 metros o salto vertical); se han encontrado valores de  $r$  que varían entre 0,11 y 0,7.<sup>63-66</sup>

Un estudio reciente<sup>48</sup> reportó en futbolistas del equipo Roseborg FC de Noruega, campeón de liga 11 veces consecutivas, la fuerte correlación de la 1-RM de media sentadilla (rodilla a 90°) con el tiempo en el sprint de 10 m ( $r = 0,94$ ;  $p < 0,001$ ) y de 30 metros ( $r = 0,71$ ;  $p < 0,01$ ) y con la altura del salto ( $r = 0,78$ ;  $p < 0,02$ ). Del mismo modo, el rendimiento en el salto vertical se correlaciona fuertemente con el tiempo en sprints de 10 y 30 metros. De este trabajo se destaca el hecho de que los jugadores que tuvieron mayores aumentos en los sprints y en el salto realizaban un entrenamiento

con pocas repeticiones y altas cargas - 5 repeticiones 2 veces por semana durante 8 semanas - similar al de nuestro trabajo.

Es importante mencionar que en nuestra investigación un posible sesgo de medición se deriva de la utilización del cronómetro para determinar los tiempos en 20 metros en el campo de fútbol, factor que favorece el desarrollo de sesgos debido a que es operador dependiente. Para reducir este sesgo se sugiere la utilización de un sistema de fotoceldas u otro sistema electrónico sofisticado que registre con mayor precisión los tiempos de carrera, propuesta que requiere mayor inversión y aumentaría los costos de la investigación, motivo por el cual no se utilizó en este estudio.

Squat Jump, Countermovement Jump

Bosco<sup>2</sup> dice que "la expresión de la fuerza explosiva (Squat Jump, SJ) y del Countermovement Jump (CMJ) coincide con la máxima potencia muscular desarrollada por los extensores de las piernas. SJ y CMJ corresponden a la máxima expresión de potencia muscular". Además, los principales grupos musculares que participan en la capacidad de salto medida con el test de CMJ son los extensores de la rodilla, la cadera y el tobillo, los cuales contribuyen con porcentajes aproximados de 49, 28 y 23, respectivamente.<sup>66,67</sup> Análisis biomecánicos recientes muestran que la fuerza de los miembros inferiores es el principal factor determinante del rendimiento en el salto vertical (SJ, CMJ), y que la técnica desempeña un papel menor.<sup>68</sup>

Con base en lo anterior, son válidas las determinaciones y comparaciones utilizando los extensores de la rodilla, el SJ y el CMJ.<sup>69</sup>

En nuestro trabajo, el entrenamiento de FM influyó positivamente en la mejoría de los dos test de salto: se encontraron incrementos significativos a las 6 semanas y entre las 6 y 12 semanas; además, hubo

correlación estadísticamente significativa entre la FM de los extensores de la rodilla y el desempeño en el SJ y el CMJ en las tres evaluaciones. Los valores de salto de nuestro estudio son similares a los reportados en algunas series, aunque puede haber diferencias por el instrumento de medición utilizado, que en ocasiones no se registra en las investigaciones.<sup>2,3,13,38,48</sup> Lo anterior es una base para implementar trabajos de FM similares a los de nuestro estudio con el fin de obtener beneficios en la potencia muscular de los miembros inferiores, que es un factor de rendimiento muy importante en los jugadores del fútbol moderno.

Otro aspecto relevante es que una investigación reciente<sup>70</sup> informa que los jugadores más rápidos, en las distancias entre los 5 y 30 metros, son capaces de saltar a mayor altura en el SJ y el CMJ, con diferencias estadísticamente significativas, lo que da mayor importancia a la medición de estas pruebas en el fútbol.

Se debe tener en cuenta que existen otros métodos para mejorar el salto vertical, como la pliometría; esta última se pudiera combinar durante el macrociclo, según algunos autores, con el trabajo de FM porque con ambos métodos se han reportado resultados similares en la altura del salto, pero teniendo en cuenta la gran importancia de la FM del futbolista y que en algunos trabajos muestra mayor beneficio en el salto y en el desarrollo de la potencia funcional de los miembros inferiores.<sup>66,71-73</sup>

Para terminar, según algunos investigadores,<sup>1,58</sup> la FM, la fuerza explosiva (potencia) y la velocidad constituyen una "unidad dinámica", es decir, se determinan e influyen permanentemente. Un buen nivel de desarrollo de la FM dinámica es condición primaria o de base para poder alcanzar alta capacidad de fuerza explosiva, cualidad que tiene una gran influencia en la velocidad gestual contra resistencia y en la velocidad frecuencial; hay que tener en cuenta, además, que las dos

condiciones tienen un grado elevado de entrenabilidad y que con un aumento apreciable y progresivo de las mismas se podrían incrementar las posibilidades de velocidad de los futbolistas, tanto de los que están bien dotados genéticamente como de los que, por el contrario, no lo están.

Es bueno señalar que los datos obtenidos en esta investigación deben interpretarse a la luz de la población estudiada. Para poderlos extrapolar a otros deportistas y disciplinas deportivas se requiere mayor investigación. Así mismo, para obtener resultados similares a los de este trabajo es importante utilizar el mismo protocolo de entrenamiento. Resultados con otro tipo de entrenamiento no necesariamente serán similares

## CONCLUSIÓN

El trabajo de FM en intensidades del 75 y 85% de 1-RM produce mejorías significativas en la potencia muscular inmediata.

## AGRADECIMIENTOS

A la Corporación Deportiva Deportivo Independiente Medellín y al Gimnasio Laureles, Medellín, Colombia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cometti G. La Preparación Física en el Fútbol. Barcelona: Paidotribo; 2002.
2. Bosco C. La Fuerza Muscular: Aspectos Metodológicos. Barcelona: Inde publicaciones; 2000
3. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med* 2005; 35: 501-536.
4. Cappa D. Entrenamiento de la Potencia Muscular. Mendoza: Dupligraf; 2000.
5. Wyse JP, Mercer TH, Gleeson NP. Time-of-day dependence of isokinetic leg strength and associated interday variability. *Br J Sports Med* 1994; 28: 167-170.
6. Kramer JF, Balsor BE. Lower extremity preference and knee extensor torques in intercollegiate soccer players. *Can J Sport Sci* 1990; 15: 180-184.
7. Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Effects of different strength training regimes on moment and power generation during dynamic knee extensions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994; 69: 382-386.
8. Amiridis IG, Cometti G, Morlon B, Martin L, Martin A. Effects of the type of recovery training on the concentric strength of the knee extensors. *J Sports Sci* 1997; 15: 175-180.
9. Rochcongar P, Morvan R, Jan J, Dassonville J, Beillot J. Isokinetic investigation of knee extensors and knee flexors in young French soccer players. *Int J Sports Med* 1988; 9: 448-450.
10. Casajus JA. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2001; 41: 463-469.
11. Capranica L, Cama G, Fanton F, Tessitore A, Figura F. Force and power of preferred and non-preferred leg in young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 1992; 32: 358-363.
12. Siegler J, Gaskill S, Ruby B. Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *J Strength Cond Res* 2003; 17: 379-387.
13. Hoff J, Helgerud J. Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med* 2004; 34: 165-180.
14. Wisløff U, Helgerud J, Hoff J. Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 462-467.
15. Schmidtbleicher D. Training for power event. In: Komi P, editor. *Strength and power in sport*. London: Blackwell, 1992;p. 381-395.

16. Rahnama N, Reilly T, Lees A, Graham-Smith P. Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *J Sports Sci* 2003; 21: 933-942.
17. Florida G, Reilly T. The physiological demands of Gaelic football. *Br J Sports Med* 1995; 29: 41-45.
18. Saliba L, Hrysomallis C. Isokinetic strength related to jumping but not kicking performance of Australian footballers. *J Sci Med Sport* 2001; 4: 336-347.
19. Casajus JA. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2001; 41: 463-469.
20. Manolopoulos E, Papadopoulos C, Salonikidis K, Katartzi E, Poluha S. Strength training effects on physical conditioning and instep kick kinematics in young amateur soccer players during preseason. *Percept Mot Skills* 2004; 99:701-710.
21. Manolopoulos E, Papadopoulos C, Kellis E. Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. *Scand J Med Sci Sports* 2006; 16: 102-110.
22. Masuda K, Kikuhara N, Demura S, Katsuta S, Yamanaka K. Relationship between muscle strength in various isokinetic movements and kick performance among soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2005; 45: 44-52.
23. Stone MH, Collins D, Plisk S, Hatty G, Stone ME. Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training. *Strength Cond J* 2000; 22: 65-76.
24. Fried T, Lloyd GJ. An overview of common soccer injuries: Management and prevention. *Sports Med* 1992; 14: 269-275.
25. Hagood S, Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, D'Ambrosia R. The effect of joint velocity on the contribution of the antagonist musculature to knee stiffness and laxity. *Am J Sports Med* 1990; 18: 182-187.
26. Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med* 2001; 22: 45-51.
27. Le Gall F, Carling C, Reilly T, Vandewalle H, Church J, Rochcongar P. Incidence of injuries in elite French youth soccer players: A 10-season study. *Am J Sports Med* 2006; 34: 928-938.
28. Giza E, Micheli LJ. Soccer injuries. *Med Sport Sci* 2005; 49: 140-169.
29. Junge A, Dvorak J. Soccer injuries: a review on incidence and prevention. *Sports Med* 2004; 34: 929-938.
30. Wong P, Hong Y. Soccer injury in the lower extremities. *Br J Sports Med* 2005; 39: 473-482.
31. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 278-285.
32. Olsen L, Scanlan A, MacKay M, Babul S, Reid D, Clark M, et al. Strategies for prevention of soccer related injuries: a systematic review. *Br J Sports Med* 2004; 38: 89-94.
33. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports* 2003; 13: 244-250.
34. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 456-464.
35. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *J Strength Cond Res* 2004; 18: 377-382.
36. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 950-958.
37. McBride JM, Triplett-McBride T, Davie A, Newton RU. The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res* 2002; 16: 75-82.
38. Carpinelli R N, A critical analysis of the ACSM position stand on resistance training: Insufficient evidence to support recommended training protocols. *J Exercise Physiol on line* 2004; 7: 1-60. Disponible en: [www.asep.org/files/OttoV4.pdf](http://www.asep.org/files/OttoV4.pdf) (Consultado en junio 13 de 2007)
39. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in

- resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 364-380.
40. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 674-688.
  41. Siegel JA, Gilders RM, Staron RS, Hagerman FC. Human muscle power output during upper- and lower-body exercises. *J Strength Cond Res* 2002; 16: 173-178.
  42. Baker D. A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *J Strength Cond Res* 2001; 15: 198-209.
  43. Miller TA, White ED, Kinley KA, Congleton JJ, Clark MJ. The effects of training history, player position, and body composition on exercise performance in collegiate football players. *J Strength Cond Res* 2002; 16: 44-49.
  44. Baker D, Nance S, Moore M. The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *J Strength Cond Res* 2001; 15: 92-97.
  45. Munn J, Herbert RD, Hancock MJ, Gandevia SC. Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37: 1622-1626.
  46. Mazzetti SA, Kraemer WJ, Volek JS, Duncan ND, Ratamess NA, Gomez AL, et al. The influence of direct supervision of resistance training on strength performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 1175-1184.
  47. Coutts AJ, Murphy AJ, Dascombe BJ. Effect of direct supervision of a strength coach on measures of muscular strength and power in young rugby league players. *J Strength Cond Res* 2004; 18: 316-323.
  48. Wisloff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med* 2004; 38: 285-288.
  49. Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 1925-1931.
  50. Green H, Goreham C, Ouyang J, Ball-Burnett M, Ranney D. Regulation of fiber size, oxidative potential, and capillarization in human muscle by resistance exercise. *Am J Physiol* 1999; 276: R591-596.
  51. Hakkinen K, Pakarinen A, Kyrolainen H, Cheng S, Kim DH, Komi PV. Neuromuscular adaptations and serum hormones in females during prolonged power training. *Int J Sports Med* 1990; 11: 91-98.
  52. Jacobson B. A comparison of two progressive weight training techniques on knee extensor strength. *Athl Training* 1986; 21: 315-318
  53. Vanderburgh PM. A simple index to adjust maximal strength measures by body mass. *J Exercise Physiol on line* 1999; 2: 7-12. Disponible en: <http://faculty.css.edu/tboone2/asep/vanderb.pdf> (consultado en junio 13 de 2007)
  54. Åstrand PO, Rodahl K. *Textbook of Work Physiology*. New York: McGraw-Hill; 1986.
  55. Hunter JP, Marshall RN, McNair PJ. Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *J Appl Biomechanics* 2005; 21: 31-43.
  56. García J, Villa J, Morante J, Moreno C. Influencia del entrenamiento de pretemporada en la fuerza explosiva y la velocidad de un equipo profesional y otro amateur de un mismo club de fútbol. *Apunts* 2001; 63: 46-52.
  57. Cometti G. *Entrenamiento de la Velocidad*. 2ª ed. Barcelona: Paidotribo; 2002.
  58. Pator F. Errores conceptuales frecuentes, con respecto al entrenamiento de la fuerza y sus relaciones con la velocidad, en el ámbito del fútbol de alto rendimiento. *Efdeportes*. Revista digital. 2004; 70. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd70/fuerza.htm> (Consultada junio 13 de 2007)
  59. Cortegaza L. Capacidades y cualidades motoras. *Efdeportes*. Revista digital. 2003; 62. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd62/capac.htm> Consultada en junio 13 de 2007)
  60. Paton CD, Hopkins WG. Combining explosive and high-resistance training improves performance in competitive cyclists. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 826-830.
  61. Kotzamanidis C, Chatzopoulos D, Michailidis C, Papaioakovou G, Patikas D. The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 369-375.
  62. Dowson MN, Nevill ME, Lakomy HK, Nevill AM, Hazeldine RJ. Modelling the relationship between



- isokinetic muscle strength and sprint running performance. *J Sports Sci.* 1998;16(3):257-265.
63. Young WB, Bilby GE. The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscle power, and hypertrophy development. *J Strength Cond Res* 1993; 172-178.
64. Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983; 50: 273-282.
65. Australian Sports Commission. *Physiological Tests for Elite Athletes.* Human Kinetics. Sidney: 2000.
66. García JM. *La fuerza: Fundamentación, valoración y entrenamiento.* Barcelona: Gymnos; 1999.
67. Hubley CL, Wells RP. A work-energy approach to determine individual joint contributions to vertical jump performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983; 50: 247-254.
68. Vanezis A, Lees A. A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. *Ergonomics* 2005; 48: 1594-1603.
69. Little T, Williams AG. Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 2006; 20: 203-207.
70. Cronin JB, Hansen KT. Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 349-357.
71. Tricoli V, Lamas L, Carnevale R, Ugrinowitsch C. Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 433-437.
72. Gauffin H, Ekstrand J, Arnesson L, Tropp H. Vertical jump performance in soccer players: a comparative study of two training programs. *J Hum Movement Studies* 1989; 16: 159-176.
73. Moore EW, Hickey MS, Reiser RF. Comparison of two twelve week off-season combined training programs on entry level collegiate soccer players' performance. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 791-798.

