

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL FÚTBOLISTA

TEST DE CAMPO

ESTEBAN GOROSTIAGA

1. Introducción.

Hasta hace poco tiempo, existían muy pocos trabajos científicos publicados sobre fútbol. Este hecho sorprendente si lo comparamos con los estudios realizados en otros deportes, puede ser debido a que durante muchos años el entrenamiento del futbolista se ha basado más en intuiciones y emociones que en criterios analizados, experimentados y verificados^{1,2}. Sin embargo, en los últimos años se han publicado en la literatura científica, internacional numerosos trabajos sobre fútbol¹. El objetivo de esta presentación es realizar una síntesis de algunos aspectos relacionados con el estudio científico del fútbol: sus características fisiológicas, la evaluación de las cualidades físicas en el terreno de entrenamiento y, por último, el entrenamiento de la fuerza.

2. Características de un partido de fútbol.

El estudio descriptivo de un partido de fútbol se suele abordar de dos modos: midiendo variables mecánicas (distancias recorridas, velocidades empleadas, cambios de ritmo) y midiendo variables biológicas (frecuencia cardiaca concentración de lactato sanguíneo, utilización de substratos energéticos, etc.). Este doble análisis de la energía mecánica restituida al exterior y del costo energético interno de la actividad, permite obtener una información valiosa a la hora de analizar posteriormente las cualidades físicas que debería poseer un futbolista y de diseñar un programa de entrenamiento adecuado.

2.1. Características físicas de un partido de fútbol.

Existe un gran número de trabajos en la literatura que han estudiado las características físicas de un partido de fútbol. Los resultados de estos trabajos parecen indicar que la distancia media recorrida en un partido de fútbol por los jugadores de Primera División ha aumentado de los 3-5 Km que se recorrían en los años 60^{3,4} a los 10-12 Km que se recorren desde los años 70-80^{1,3,5-8}. Los estudios realizados hasta comienzos de los años 90 no indican que exista un aumento en la distancia recorrida^{9,10}. Sin embargo, es probable que con las nuevas normas que se aplican desde el Campeonato del Mundo de 1998 (aumento del tiempo de descuento), la distancia media recorrida en un partido de fútbol aumente. Por ejemplo, Gómez López¹¹ ha encontrado que el tiempo real medio de juego durante los Campeonatos del Mundo de Fútbol de 1998 (58 minutos) fue significativamente superior al de la Liga Española de aquel año (46 minutos).

Se ha encontrado diferencia en la distancia recorrida durante un partido de fútbol en función de la posición ocupada en el campo, del tiempo de partido y

del estilo de juego. Así, los medios recorren entre 0.5 y 1 Km más por partido que los defensas y los delanteros^{1,5}. Además, en la segunda parte se recorre una distancia 5% menor que en la primera. Por último, es muy probable que en el fútbol británico^{5,6} se recorra una distancia 5% a 10% inferior que en países como Suecia¹, Alemania^{1,7}, Dinamarca⁹, Australia⁸ o Japón¹⁰.

En lo que respecta al tipo de actividad e intensidad desarrolladas durante el partido, los resultados de distintos estudios parecen indicar que los jugadores de Primera División están parados o caminando entre el 55% y el 60% del tiempo total de partido (49 a 54 minutos)^{9,10,12}. Además, corren a ritmo moderado (velocidad inferior a 15 Km/h) durante el 35-40% del tiempo (31 a 35 minutos)^{9,10,12}, corren a velocidad casi máxima (15-25 Km/h), durante un 3-6% (3-5 minutos) del tiempo y, por último, corren a máxima velocidad (mayor de 25 Km/h) durante un 0.4-2% (22 a 170 segundos) del tiempo total de partido^{9,10,12}. Conviene señalar que el 50% de los esfuerzos realizados a máxima velocidad se hacen sobre distancias inferiores a 12 metros, que un 20% se hacen sobre distancias comprendidas entre 12 y 20 metros, un 15% sobre distancias comprendidas entre 20 y 30 metros y tan solo un 15% de los esfuerzos realizados a máxima velocidad se hacen sobre distancias superiores a 30 m⁷. El número de aceleraciones que se hacen por partido, saliendo de parado o corriendo, suele ser de unas 130¹³ y el número de cambios de ritmo durante un partido suele ser cercanos a 1000¹⁴. Los jugadores de Primera División se distinguen de los de categorías inferiores en que: 1) emplean un porcentaje mayor del tiempo total de partido corriendo a máxima velocidad, y 2) su velocidad máxima es mayor^{1,6}.

2.2. Características fisiológicas de un partido de fútbol.

2.2.1. Participación del metabolismo aeróbico.

El método más utilizado para estimar el costo energético durante el partido de fútbol es el relacionado con la medida de la evolución de la frecuencia cardiaca. La frecuencia cardiaca media durante un partido se suele situar en valores cercanos a 165-170, presentando ligeras variaciones durante el partido que oscilan entre 160 y 185-190^{1,15,16}, y corresponden a una intensidad relativa media del 85% de la frecuencia cardiaca máxima individual^{1,16,17}. A partir de estos valores de frecuencia cardiaca, se puede estimar que la intensidad media de un partido corresponde al 75-80% del consumo máximo de oxígeno individual^{1,16}. Esto indicaría que la sollicitación del metabolismo aeróbico durante un partido de fútbol es elevada y que, cuantitativamente, los procesos aeróbicos son predominantes sobre los procesos anaeróbicos en una proporción probable de 9 a 1¹⁸.

2.2.2. Participación del metabolismo anaeróbico láctico.

La participación del metabolismo anaeróbico láctico durante un partido de fútbol se suele estimar de modo indirecto estudiando la evolución de la concentración sanguínea de lactato. Los resultados de los distintos trabajos realizados indican que la concentración media de

lactato en sangre total durante un partido de fútbol es de alrededor de 3 a 5 mmol/l^{9,17,19}, aunque las variaciones individuales pueden oscilar entre 2 y 12 mmol/l^{1,19}. En general, los valores medios observados al final de la primera parte del partido son ligeramente superiores (1 mmol/l) a los observados en la segunda⁹.

Los valores de lactato sanguíneo observados parecen confirmar que la intensidad relativa media de un partido de fútbol oscila entre el 70 y el 80% del consumo máximo de oxígeno¹, y que la participación del metabolismo anaeróbico es muy inferior cuantitativamente a la de los procesos aeróbicos. Esto permite suponer que la capacidad para tolerar grandes cantidades de ácido láctico no es un factor limitante del rendimiento durante un partido de fútbol.

2.2.3. Participación del metabolismo anaeróbico aláctico.

El metabolismo anaeróbico aláctico participa de modo predominante en la producción de energía en acciones realizadas a gran intensidad y de muy pequeña duración (inferior a 5 segundos)²⁰. La capacidad para producir la máxima cantidad de energía por unidad de tiempo de esta fuente de producción de energía está muy relacionada con la capacidad para generar fuerza muscular. Aunque, como se ha visto anteriormente, el tiempo durante el cual se producen acciones a la máxima velocidad de ejecución durante un partido de fútbol es muy pequeño (de 20 a 170 segundos), estas acciones realizadas a máxima velocidad son decisivas (anticiparse, saltar, regatear, rematar de cabeza, tirar, etc.). Para aumentar la velocidad de ejecución de estas acciones, es importante mejorar la fuerza explosiva (tiros, sprint), la fuerza isométrica máxima (tacles) y la fuerza excéntrica (caída de salto). Por lo tanto, se puede concluir señalando que la participación del metabolismo anaeróbico aláctico durante un partido de fútbol no es importante cuantitativamente, pero sí lo es cualitativamente, porque participa en las acciones decisivas del partido¹⁴

2.2.4. Utilización de sustratos energéticos durante el partido de fútbol.

Se sabe que durante los ejercicios continuos de intensidad media comprendida entre el 70 y el 80% del consumo máximo de oxígeno y de una duración de 90 minutos, uno de los factores limitantes de dicho ejercicio está relacionado con el agotamiento de las reservas musculares de glucógeno^{21,22}. Diferentes autores han estudiado la evolución de la concentración de las reservas musculares de glucógeno durante un partido de fútbol para ver si en un ejercicio intermitente realizado a esa intensidad media del 70-80% del consumo máximo de oxígeno, también se acompaña de una utilización significativa del glucógeno muscular^{23,26}. Estos autores han encontrado que ya al finalizar la primera parte, se observa una disminución muy importante de las reservas musculares de glucógeno. Además, en varios jugadores las reservas musculares de glucógeno están casi agotadas al finalizar la primera parte. Al finalizar el

partido todos los futbolistas presentan un agotamiento prácticamente completo de las reservas musculares de glucógeno. Por último, alguno de los estudios reveló que los jugadores que tenían una menor concentración de glucógeno antes de empezar el partido, recorrían una menor distancia total durante el partido. Además, el tiempo de carrera a máxima velocidad fue un 75% menor en los jugadores con bajos valores iniciales de glucógeno muscular.

Algunos investigadores se han interesado en estudiar la recuperación de las reservas musculares de glucógeno en los días posteriores al partido. Los resultados de dichos estudios indican que cuando los futbolistas ingieren una dieta normal de los países industrializados (45-50% de hidratos de carbono), las reservas musculares de glucógeno a las 24 horas de acabar el partido son todavía un 30-40% inferiores a los valores encontrados antes del inicio del partido²⁴ Además, las reservas musculares de glucógeno todavía no se recuperan completamente a las 48 horas de haber terminado el partido.

El conjunto de estos resultados permite concluir que el glucógeno muscular es un sustrato que tiene una importancia clave en un partido de fútbol debido a que se utiliza de modo predominante y se puede llegar a agotar precozmente. Además, si tenemos en cuenta que: 1) sus reservas en el organismo son muy pequeñas, 2) durante un partido se suelen agotar esas reservas, 3) el agotamiento de dichas reservas se acompaña de una disminución notable del ritmo de juego, 4) la recuperación completa de estas reservas puede alargarse más de 48 horas, y 5) diferentes estudios han encontrado que la ingestión de una dieta que contenga como mínimo un 60% de hidratos de carbono y la ingestión de agua con hidratos de carbono durante el calentamiento (unos 70g en 400 ml de agua) y en el descanso (140g en 800 ml de agua) se acompaña de una mejora de las prestaciones físicas {2765}^{27,28,29} (número y duración de carreras a máxima velocidad, mayor distancia recorrida) y de las prestaciones técnicas³⁰ durante el partido de fútbol y, especialmente, durante la última media hora de partido, se puede concluir que se deberá prestar especial interés en elaborar cuidadosamente estrategias desde el punto de vista de la nutrición y del control y la distribución de las cargas de trabajo y recuperación para conseguir que los jugadores: 1) presenten antes del partido reservas de glucógeno elevadas en el músculo y en el hígado, 2) presenten un agotamiento retardado de las reservas musculares durante el partido, y 3) recuperen dichas reservas rápidamente.

3. Tests de campo en fútbol.

Los tests de campo en fútbol son mediciones que se realizan en el terreno de juego o de entrenamiento mientras el futbolista realiza unas acciones específicas de su deporte³¹. Los tests de campo en fútbol presentan muchas ventajas, entre las que se pueden destacar las siguientes³²: 1) permiten acortar la separación existente entre los conocimientos del laboratorio y las necesidades del deportista y de su entrenador, 2) el deportista acepta mucho mejor realizar los tests en su entorno, 3) el deportista y el entrenador no tienen la impresión de estar perdiendo el tiempo dedicado al

entrenamiento porque en los tests de campo el sujeto se ejercita realizando la actividad propia de su deporte, y 4) permite que se pueda evaluar en 2-3 horas a todo el equipo. Sin embargo, los tests de campo también tienen inconvenientes porque sus resultados no son tan repetibles como los tests de laboratorio porque las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, viento, tipo de suelo, altura y humedad de la hierba, etc.) no se pueden controlar y porque, generalmente, el material que se utiliza cuando se realizan los tests de campo es menos preciso que el que se utiliza en el laboratorio³¹. Por lo tanto, parece aconsejable realizar tests de campo en el futbolista, siempre que se controlen lo más posible las variaciones ambientales.

Cuando se trataban en el apartado 2.2 las características fisiológicas de un partido de fútbol, se señalaba que la sollicitación del metabolismo aeróbico durante un partido de fútbol es elevada, que la capacidad para tolerar grandes cantidades de ácido láctico no es un factor limitante del rendimiento durante un partido de fútbol y que la participación del metabolismo anaeróbico aláctico durante un partido de fútbol es muy importante cuantitativamente porque participa en las acciones decisivas del partido. Por consiguiente, los tests de campo en fútbol deberán estar orientados a medir las variables más representativas de los tipos de metabolismo que participan de modo predominante en el fútbol; es decir: el metabolismo aeróbico (resistencia aeróbica), y el metabolismo anaeróbico aláctico (reflejado por la fuerza explosiva de los miembros inferiores y por la velocidad en trayectos muy cortos). En los siguientes párrafos se sugerirán algunos tests de campo recomendados para medir la resistencia aeróbica, la fuerza explosiva y la velocidad. Además, se mostrarán algunos valores característicos de futbolistas de alto nivel. La elección de los tests está basada en experiencias personales y en respetar el principio de que todos los tests deben realizarse en 2-3 horas durante una sesión de entrenamiento. El orden de descripción de los tests sigue el orden lógico en que deberían realizarse durante la sesión de evaluación.

3.1. Evaluación de la fuerza explosiva del miembro inferior.

El test de campo más utilizado para evaluar la fuerza explosiva del miembro inferior es el test de salto vertical con contramovimiento previo, realizado manteniendo las manos sujetas a la cintura (CM J). En general, los valores medios de CMJ de los futbolistas de primera división suelen estar comprendidos entre 41 y 44 cm³³. Los futbolistas de nivel superior suelen presentar valores de CMJ superiores a los de nivel inferior. Sin embargo, los equipos Promesas de los equipos superiores suelen presentar valores similares o incluso superiores a los del primer equipo profesional. Es aconsejable que el CMJ se realice en un local cubierto y sobre el mismo tipo de suelo.

3.2. Evaluación de la velocidad.

En el apartado 2.1 se señalaba que el 50% de los esfuerzos realizados a máxima velocidad se hacen sobre distancias inferiores a 12 metros, que un 20% se hacen sobre distancias comprendidas entre 12 y 20 metros y un 15% sobre distancias comprendidas entre 20 y 30 metros. Por lo tanto, parece lógico evaluar la velocidad del futbolista sobre distancias inferiores a los 30 metros. La evaluación de la velocidad de carrera es muy importante porque es la cualidad física que suele distinguir a los jugadores de alto nivel de los de nivel más bajo. Por ejemplo, Coen y col.³⁴ señalan que los jugadores de la selección alemana de

fútbol tardan de media $0.95 + 0.03$ s en recorrer 5 metros saliendo de parado, mientras que los jugadores de la primera división alemana emplean de media $0.97 + 0.04$ s, y los de nivel regional emplean $1.00 + 0.03$ s. Los tiempos medios empleados en recorrer 30 metros por estos jugadores son 3.96 ± 0.09 s (Selección Alemana), 4.04 ± 0.09 s (Alemania Primera División) y 4.15 ± 0.07 (Alemania Regional). El tiempo medio que emplean en recorrer 15 metros saliendo parado los futbolistas de Primera División está cercano a 2.28-2.32 segundos. En general, los defensas centrales y los extremos son más rápidos que los centrocampistas. Es muy aconsejable que el test de velocidad se realice en un local cubierto, sobre el mismo tipo de suelo y utilizando células fotoeléctricas. De lo contrario, los resultados de dicho test son muy poco repetibles y difíciles de interpretar.

3.3. Evaluación de la resistencia aeróbica.

La resistencia aeróbica se suele evaluar mediante la determinación del consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) y/o del umbral anaeróbico individual. El consumo máximo de oxígeno mide las posibilidades máximas de transferencia de oxígeno desde el aire ambiente hasta la célula muscular³⁵. El umbral anaeróbico corresponde a una intensidad submáxima de ejercicio (con relación a la que se alcanza VO_{2max}) a partir de la cual se observa un aumento exponencial de la concentración de lactato sanguíneo³⁶.

El test de campo más recomendado para estimar el consumo máximo de oxígeno a varios deportistas a la vez sin utilizar material sofisticado, es el test de pista de la Universidad de Montreal, también denominado Test de Léger-Boucher³⁷, Se trata de un test de esfuerzo de intensidad progresiva efectuado en una pista de atletismo, aunque también se puede efectuar en un rectángulo de un terreno de fútbol de 100 x 50 m. Se suele comenzar andando a una velocidad de 6 Km/h durante 2 minutos y posteriormente se aumenta la velocidad unos 1.3 Km/h cada 2 minutos, hasta provocar el agotamiento del sujeto. El ritmo correspondiente a cada velocidad se controla mediante señales acústicas emitidas por una cinta de sonido y un reproductor convenientemente calibrados, o con un silbato. El VO_{2max} se estima a partir de la ecuación:

$$VO_{2max} = 14,49 + (2,143 V) + (0,0324 V^2)$$

Donde " VO_{2max} " viene expresado en ml/Kgxmin, y "V" es la velocidad, en Km/h, correspondiente al último estadio de velocidad que el sujeto ha podido completar 2 minutos. Este test es uno de los tests de predicción de VO_{2max} más válidos de los encontrados en la literatura³⁸. Existe un gran número de estudios que han medido el VO_{2max} a futbolistas de distintos niveles. Reilly³⁹ en una revisión reciente señala que los valores medios de VO_{2max} de los futbolistas de elite oscilan entre 56 y 69 ml/Kg x min. En general, los porteros y defensas centrales presentan valores inferiores a los medios y delanteros⁴⁰.

Otro test de campo muy utilizado para evaluar la resistencia aeróbica y para prescribir posteriormente el entrenamiento de resistencia es la

determinación del umbral anaeróbico. Para ello se hace realizar al futbolista series a velocidad constante de una duración comprendida entre 4 y 10 minutos, comenzando la primera serie a una velocidad de, por ejemplo, 12 Km/h y aumentando 1 Km/h cada serie. Entre serie y serie se suelen dejar de 1 a 3 minutos de descanso. Durante el ejercicio se mide y registra la frecuencia cardiaca y entre serie y serie se extrae una gota de sangre del lóbulo de la oreja o del pulpejo del dedo para analizar su concentración sanguínea de lactato. Existen diferentes modos de denominar y de determinar el umbral anaeróbico. Posiblemente los modos más utilizados son: La velocidad correspondiente a una concentración sanguínea de lactato de 4 mmol/l (también llamada OBLA), y la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico individual (también denominada IAT). Los resultados de diferentes estudios parecen indicar que los valores medios de OBLA oscilaban en los años 70 entre 13 y 14.4 Km/h en los equipos alemanes de Primera División y eran de 14.9 Km/h en los seleccionados alemanes de 1978⁴¹. Los estudios realizados en los años 80 en los jugadores de Primera División parecen encontrar un aumento de la velocidad correspondiente a 4 mmol/l, presentando valores cercanos a 15 Km/h^{42,43}. Los valores de IAT suelen ser algo inferiores a los valores de OBLA, cercanos a 13 Km/h³⁴. En general, los centrocampistas y carrileros presentan valores de IAT (13-14Km/h) superiores a los de los defensas centrales o los delanteros muy explosivos (11.5-12.5Km/h). De todos modos, es muy difícil comparar valores de OBLA y de IAT de diferentes estudios y laboratorios, porque dichos valores varían en función del protocolo utilizado, del tipo de suelo en el que se corre, del lugar de donde se extrae la sangre y del tipo de análisis y de analizador utilizado⁴⁴. Por lo tanto, conviene ser cautos al interpretar y comparar estos valores.

4. Entrenamiento de fuerza en fútbol.

En el apartado 2.2.3 se señalaba que las acciones que se realizan a máxima velocidad durante un partido (anticiparse, saltar, regatear, rematar de cabeza, tirar, etc.) duran muy poco tiempo pero son acciones decisivas. Esta capacidad de realizar acciones a gran velocidad es la cualidad física que más diferencia a un jugador de gran nivel de un jugador de menor nivel³⁴. Para aumentar la velocidad de ejecución de estas acciones y, especialmente, para evitar que dicha velocidad disminuya con la edad, es importante entrenar la fuerza del futbolista.

El entrenamiento de fuerza que suelen llevar a cabo tradicionalmente los futbolistas suele consistir en realizar con una periodicidad semanal no superior a 2 sesiones, ejercicios con autocargas, a velocidad máxima o submáxima y de corta duración. Este entrenamiento, cuyos ejercicios suelen consistir en general en realizar distintos tipos de saltos, carreras y gestos técnicos^{33,45}, se suele acompañar de ligeros aumentos iniciales de la velocidad de desplazamiento, salto vertical y golpeo de balón, aunque si se repite este tipo de entrenamiento, se observa una meseta e incluso un deterioro progresivo de la velocidad⁴⁶. Por ello, no es raro observar que a lo largo de una temporada y de una vida deportiva, los futbolistas presentan un deterioro progresivo de su fuerza y de su velocidad⁴⁷. Esto se traduce en el campo en que, por ejemplo, el futbolista que era capaz a los 20-22 años de desbordar por velocidad, ya no lo puede hacer a los 26-28 años.

Una de las razones más probables que pueden explicar la ineficacia de los programas tradicionales de fuerza del futbolista es que el estímulo que supone entrenar con autocargas es insuficiente y muy inferior al que se obtiene entrenando con cargas más elevadas (pesas). Sin embargo, los efectos del entrenamiento con pesas en la fuerza y velocidad del futbolista son bastante controvertidos^{48,49}. Ello se debe a que existen diferentes tipos de entrenamiento con pesas, alguno de los cuales pueden tener efectos negativos en otras cualidades físicas importantes para el futbolista e, incluso, pueden ser negativos para la mejora del tipo de fuerza y velocidad que requiere el futbolista. En los últimos años nos hemos interesado en estudiar los efectos de diferentes tipos de entrenamiento de pesas (fuerza-resistencia, fuerza máxima y fuerza explosiva), en las cualidades físicas de jugadores de deportes de equipo. En los siguientes párrafos se analizará alguno de estos trabajos.

En un primer trabajo⁵⁰, jugadores de balonmano cadetes de alto nivel regional que se entrenaban 4 sesiones semanales de entrenamiento y que jugaban un partido semanal, fueron sometidos a 2 sesiones semanales suplementarias de entrenamiento de fuerza-resistencia, con máquinas de musculación (prensa de piernas, flexión de piernas, pectoral, hombro, mariposa), durante 8 semanas. La intensidad de las cargas estuvo comprendida entre el 40% y el 60% de una repetición máxima (1RM), la velocidad de ejecución de los ejercicios fue lenta, y realizaron en cada ejercicio 3 series de 10 repeticiones con un descanso de 30 segundos entre serie y serie. Tras 8 semanas de entrenamiento, no se observó mejora alguna en la fuerza explosiva de las piernas, ni en la velocidad de lanzamiento de un penalti. Además, la resistencia aeróbica empeoró durante ese mismo período. Estos resultados sugieren que el entrenamiento de fuerza-resistencia, realizado con cargas ligeras, levantadas a ritmo lento, no se acompañan de una mejora de la fuerza explosiva y puede tener efectos negativos en la resistencia aeróbica.

En un segundo trabajo⁵¹, jugadores de balonmano cadetes de alto nivel regional que se entrenaban 4 sesiones semanales de entrenamiento y que jugaban un partido semanal, fueron sometidos a 2 sesiones semanales suplementarias de entrenamiento de fuerza máxima, con máquinas de musculación (prensa de piernas, flexión de piernas, media sentadilla, pectoral, mariposa), durante 6 semanas. La intensidad de las cargas estuvo comprendida entre el 80% y el 90% de una repetición máxima (1RM), la velocidad de ejecución de los ejercicios fue rápida, y realizaron en cada ejercicio 2 series de 3-6 repeticiones con un descanso de 90 segundos entre serie y serie. Tras 6 semanas de entrenamiento, se observó un aumento significativo de la fuerza máxima de piernas y de brazos, aunque no se observó mejora alguna en la fuerza explosiva de las piernas. Además, la resistencia aeróbica empeoró durante ese mismo período. Estos resultados sugieren que el entrenamiento de fuerza máxima, realizado con cargas intensas levantadas a ritmo vivo, se acompaña de un aumento de la fuerza máxima pero no mejora la fuerza explosiva y puede tener efectos negativos sobre la resistencia.

En un trabajo más reciente, 19 jugadores de fútbol del Osasuna Juvenil, de edades comprendidas entre los 16 y los 19 años, que se entrenaban 4 sesiones semanales de entrenamiento y que jugaban un partido semanal, fueron sometidos a 1-2 sesiones semanales de entrenamiento de fuerza explosiva, con barras de halterofilia (sentadilla, cargada de fuerza) y con autocargas (saltos a plinto y carrera) durante 11 semanas. La intensidad de las cargas con barras de halterofilia estuvo comprendida entre el 40% y el 65% del peso corporal, la velocidad de ejecución de los ejercicios fue la máxima

posible, y realizaron en cada ejercicio 2-3 series de 2-8 repeticiones con un descanso de 2-3 minutos entre serie y serie. Tras 11 semanas de entrenamiento, se observó un aumento significativo de la fuerza explosiva de las piernas (salto vertical) y no se observó una disminución de la resistencia aeróbica. Además, durante las 4 primeras semanas de entrenamiento, coincidiendo con la mayor frecuencia de entrenamiento de fuerza (2/semana), se observó una mejora significativa de la velocidad de carrera en 5 metros. Estos resultados sugieren que el entrenamiento de fuerza explosiva, realizado con cargas ligeras, a la máxima velocidad y con pocas repeticiones, se acompaña de una mejora de dos cualidades físicas muy importantes para el futbolista, la fuerza explosiva y la velocidad de carrera, y no tiene efectos negativos sobre la resistencia.

El conjunto de los estudios realizados nos permite sugerir que el entrenamiento de fuerza explosiva es positivo para mejorar la fuerza y la velocidad del futbolista y para poder evitar la pérdida progresiva de estas cualidades físicas a partir de los 24-25 años. Estos resultados han sido confirmados a lo largo de los años en el seguimiento de diferentes deportes (balonmano, hockey hierba femenino, fútbol) de equipos que tenían que competir una vez por semana. Se tendrán que realizar más estudios para poder conocer cuál es el entrenamiento de fuerza más adecuado para aquellos deportistas de deportes de equipo que compiten 2 veces por semana durante 11 meses, con muy poco tiempo de recuperación entre competiciones y que presentan un elevado riesgo de deterioro progresivo y rápido de su velocidad y de su fuerza explosiva, con la consiguiente disminución de su rendimiento.

5. Bibliografía.

1. Ekblom, B. Applied Physiology of soccer. *Sports Medicine* 3, 50-60 (1986).
2. Reilly, T., Lees, A., Davids, K. & Murphy, W.J. *Science and Football*. F.N.Spon (ed.), pp. 29-30 (1988).
3. Apor, P. *Science and Football*. F.N.Spon (ed.), pp. 95-107 (1988).
4. Knowles, J.E. & Brooke, J.D. A movement analysis of player behaviour in soccer match performance. 1974. 8th Conference British Society of Sports Psychology. Ref Type: Conference Proceeding
5. Reilly, T. & Thomas, V. Motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of human movement studies* 2(2), June 1976, -97 (1987).
6. Whitehead, N. *Conditioning for sport*. EP Publishing, East Ardsley (1975).
7. Winckler, W. *Fubbal analysiert: Hamburger sugegen intermailand (I)*. *Fubbaltraining* 9-10, 22-25 (1985).
8. Withers, R.T., Maricic, Z., Wasilewski, S. & Kelly, L. Match analyses of Australian professional soccer players. *J. Human Mov. Studies* 8, 159-176 (1982).
9. Bangsbo, J., Norregaard, L. & Thorso, F. Activity profile of competition soccer. *Can. J. Spt. Sci.* 16, 110-116 (1991).
10. Ohashi, J., Togari, H., Isokawa, M. & Suzuki, S. Measuring movement speeds and distances covered during soccer match-play. In, Reilly (1988).
11. Gómez López, M. Relaciones temporales y frecuencia de las acciones en el desarrollo de un partido de fútbol: análisis comparativo Francia 98 y Liga Española 98-99. *Revista de Entrenamiento Deportivo* 14, 23-29 (2000).
12. Yamanaka, K. et al. *Science and Football*. E.F.Spon (ed.), pp. 334-340 (In, Reilly, 1988).

13. Smodlaka,V.N. Cardiovascular aspects of soccer. *Phys. Sports Med.* 6, 66-70 (1978).
14. Bangsbo,J. Fitness training in football. A scientific approach. HA,T.Y.Bagsvaerd, (1994).
15. Douge,B. The common threads between the games. F.N.Spon, (1988).
16. Van Gool,D., Van Gerven,D. & Boutmans,J. Science in Football. E.F.Spon (ed.), pp. 51-59 (1988).
17. Rohde,H.C. & Espersen,T. Science in Football. E.F.Spon (ed.), pp. 68-75 (1988).
18. Ohashi,J., Isokawa,M. & Nagahama,H. Science in Football II. E.F.Spon (ed.), pp. 124-128 (1993).
19. Gerisch,G., Rutemoller,E. & Weber,K. Science and Football. E.F.Spon (ed.), pp. 60-67 (1988).
20. Gaitanos,G.C., Williams,C., Boobis,L.H. & Brooks,S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 75, 712-719 (1993).
21. Bergstrom,J., Hermansen,L., Hultman,E. & Saltin,B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol. Scand.* 71, 140-150 (1967).
22. Hermansen,L., Hultman,E. & Saltin,B. Muscle glycogen during prolonged severe exercise. *Acta Physiol. Scand.* 71, 120-139 (1967).
23. Kolhydratomsattning under en fotbollsmatch. 1969. Department of Physiology III, Karolinska Institute, Stockholm. Ref Type: Thesis/Dissertation.
24. Jacobs,I., Westlin,N., Rasmusson,M. & Houghton,B. Muscle glycogen and diet in elite players. *Eur. J. Appl. Physiol* 48, 297- 302 (1982).
25. Leatt,P.B. & Jacobs,I. Effect of glucose polymer ingestion on glycogen depletion during a soccer math. *Can. J. Spt. Sci.* 14, 112-116 (1989).
26. Saltin,B. Metabolic fundamentals in exercise. *Med. Sci. Sports* 5, 146 (1973).
27. Kirkendall,D.T., Foster,C., Dean,J.A., Grogan,J. & Thompson,N.N. Science and Football. E.F.Spon (ed.), pp. 33-41 (1988).
28. Foster,C.L., Thompson,N.N., Dean,J. & Kirkendall,D.T. Carbohydrate supplementation and performance in soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18, S12 (1986).
29. Northcott,S., Kenward,M., Purnell,K. & McMorris,T. Effect of carbohydrate solution on motor skill proficiency during simulated soccer performance. *The Aplied Research in Coaching and Athletic Journal (ARCAA)* 14, 105-118 (1999).
30. Larson-Meyer,D.E. et al. The effect of creatine supplementation on muscle strength and body composition during off-season training in female soccer players. *J. Strength and Cond. Res.* 14, 434-442 (2000).
31. Mac Dougall,J.D., Wenger,H.A. & Green,H.J. Physiological testing of the high-performance athlete. *Human Kinetics, Champaign. Illinois* (1991).
32. Daniels,J.T. & Foster,C. Physiological assessment of human fitness. Maud,P.J. & Foster,C. (eds.), pp. 245-255 (*Human Kinetics, Champaign,1995*).
33. Bosco,C. Aspectos fisiológicos de la preparación del futbolista. *Barcelona* (1991).
34. Coen,B., Urhausen,A., Coen,G. & Kindermann,W. Der fubball-score: bewertung der körperlichen fitness. *Deutsche-Zeitschrifi- fuer-Sportmedizin-(Cologne)*; 49, 187-192 (1998).
35. Shephard,R.J. Test of maximum oxygen uptake. *Sports Medicine* 1, 99-124 (1984).

36. Walsh, M.L. & Banister, E.W. Possible mechanisms of the anaerobic threshold. A review. *Sports Medicine* 5, 269-302 (1988).
37. Léger, L.A. & Boucher, R. An indirect continuous running multistage field test: The Université de Montréal Track Test. *Can. J* 5, 77-84 (1980).
38. Léger, L.A. & Lambert, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂max. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49, 1-12 (1982).
39. Reilly, T. Soccer. Oxford: Blackwell (ed.), pp. 31-42 (1994).
40. Bangsbo, J. The physiological profile of soccer players. *Sports Exerc. and Injury* 4, 144-150 (1998).
41. Hollmann, W. et al. La capacité maximale de performance et d'endurance des joueurs de football internationaux de l'Allemagne Fédérale. *Leistungssport* 12, -216 (1982).
42. Causarano, A., Bela, E., Bonifazi, M., Martelli, B. & Carli, G. Physiological and metabolic evaluation of professional soccer players. *J. Sports Sci.* 10, 154 (1992).
43. VanFraechem, J.H.P. & Tomas, M. Maximal aerobic power and ventilatory threshold of a top-level soccer team. *J. Sports Sci.* 10, 149-156 (1992).
44. Heck, H. et al. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 6, 117-130 (1985).
45. Gauffin, H., Ekstrand, J., Amesson, L. & Tropp, H. Vertical jump performance in soccer players. A comparative study of two training programmes. *J. Human Mov. Studies* 16, 215-224 (1989).
46. González Badillo J.J. & Gorostiaga, E.M. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Paidotribo. Barcelona (1995).
47. Medelli, J., Jullien, H. & Freville, M. Contrôle médicale de l'entraînement dans la pratique du football. *Cinésiologie* 27, 305-312 (1988).
48. Aagaard, P., Trolle, M., Simonsen, E.B., Klausen, K. & Bangsbo, J. High speed knee extension capacity of soccer players after different kinds of strength training. *J. Sports Sci.* 10, 172 (1992).
49. De Proft, E., Cabri, J., Dufour, W. & Clarys, J.P. Science and Football. E.F.Spon (ed.), pp. 108-113 (1988).
50. Iturrealde, P. Efecto del entrenamiento de fuerza en jugadores de balonmano adolescentes. 1-211. 1996. Universidad de Zaragoza, Facultad de Medicina. Ref Type: Thesis/Dissertation
51. Gorostiaga, E.M., Izquierdo, M., Iturrealde, P., Ruesta, M. & Ibañez, J. Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur. J. Appl. Physiol* 80, 485-493 (1999).