



Simposio Virtual de Ciencias Aplicadas al Fútbol- Una Breve Revisión de la Literatura Científica

Lic. Gustavo D. Metral

INTRODUCCION

La trascendencia social del Fútbol es innegable, actualmente más de 265 millones de futbolistas se encuentran registrados en la FIFA y 208 países forman parte de esta asociación, si comparamos esta cifra con el número de países miembros de las Naciones Unidas que llega a 191, dimensionaremos la trascendencia mundial de este deporte, en el que la final de la Copa del Mundo del año 2002 fue vista por más de 1,3 billones de personas.

El nivel de atracción que genera este deporte en la afición unido al creciente interés de los medios de comunicación y a intereses económicos, comerciales y hasta políticos han maximizado las presiones que reciben los profesionales del fútbol para la obtención de logros deportivos. Los calendarios de competencias actuales exigen a los equipos a competir con elevada frecuencia atentando con la capacidad de recuperación de los futbolistas. La interacción de estos hechos, han ido minimizado los márgenes de error a la hora de programar, ejecutar y controlar las cargas de entrenamiento que reciben los futbolistas. En este escenario, el basamento científico no sólo se presenta como una herramienta clave, sino también como una herramienta ineludible a la hora de mejorar la eficacia de la preparación física, incrementar el rendimiento deportivo y disminuir el riesgo de lesión asociado con la práctica del fútbol. En el presente manuscrito se presentará una breve revisión de la literatura científica en las áreas de: motion analysis y demandas fisiológicas del juego, evaluación, entrenamiento, y monitorización de la carga de la carga interna de entrenamiento del futbolista; con el objeto de realizar un pequeño aporte a la unión entre la ciencia y la práctica en el fútbol.

MOTION ANALYSIS Y DEMANDAS FISIOLÓGICAS DEL FUTBOL

Las demandas fisiológicas del fútbol están determinadas por las intensidades a la cual son realizadas las diferentes actividades durante un partido (Reilly 2003), en este escenario el motion analysis se focaliza en analizar el movimiento de los deportistas durante la competencia, como forma de cuantificar su tasa de trabajo e interpretar sus consecuencias fisiológicas (Carling et al. 2005; citado por Antivero 2007). La intensidad del ejercicio durante un partido competitivo de fútbol puede ser indicada de manera global por la distancia total recorrida. Esta representa una medición global de la tasa de trabajo, la cual puede ser dividida en diferentes acciones para un jugador durante el partido (Reilly 2003). Las clasificaciones de las acciones o actividades pueden realizarse en base a: intensidad, duración o distancia, y frecuencia. La actividad también puede ser yuxtapuesta en base al tiempo para estimar cocientes trabajo/pausa. Estos cocientes pueden posteriormente ser utilizados en estudios diseñados para analizar las demandas fisiológicas del juego (Sirotic A, Coutts A, 2007). Una mejor comprensión de las demandas fisiológicas y de los factores que afectan la tasa de esfuerzo durante los partidos es clave para mejorar la programación de cargas de entrenamiento en el fútbol.

FACTORES QUE AFECTAN LA TASA DE ESFUERZO DURANTE LOS PARTIDOS

Tasa de Esfuerzo en Función de la Posición en el Campo de Juego

La carga fisiológica que recibe el futbolista en un partido puede ser estudiada en función de su rol posicional. El análisis del perfil de la actividad, distancia recorrida, intensidad, sistemas de energía y músculos involucrados por cada puesto de juego es

necesaria para desarrollar protocolos de entrenamiento específicos, esto es especialmente importante en futbolistas de mayor nivel competitivo, ya que en ellos la forma más importante del entrenamiento es la que imita el uso de energía y la biomecánica durante los partidos de fútbol (DiSalvo et al, 2007).

En un estudio sin precedentes en la literatura DiSalvo et al (2007) analizaron 20 partidos de la Primera División de España y 10 partidos de la Champions League, usando un sistema de 8 cámaras sincronizadas (Amisco Pro®, version 1.0.2, Nice, France) colocadas en el estadio Bernabeu. Es importante notar que la riqueza de este trabajo radica tanto en la cantidad y la calidad de los jugadores evaluados como en la metodología de recolección de los datos. En este trabajo se analizaron un total de 300 jugadores de elite europeos, entre los que seguramente se encontraban los mejores jugadores del mundo para cada puesto. Los futbolistas fueron clasificados en los siguientes grupos: defensores centrales (n=63); defensores laterales (n =60), mediocampistas centrales (n= 67), mediocampistas laterales (n = 58) y delanteros (n =52). La figura 1 muestra la disposición en el campo de juego para cada uno de los puestos mencionados. El análisis de los partidos se realizó distinguiendo las siguientes categorías en función de las velocidades de desplazamiento: 0-11 km/h (parado, caminando, trotando); 11,1 km/h-14 km/h (carrera de baja intensidad); 14,1-19 km/h (carrera de moderada intensidad); 19,1 km/h-23 km/h (carrera de alta intensidad); >23 km/h (sprint).

La distancia total recorrida durante un partido, independientemente del puesto de juego fue de 11393 ± 1016 m. Este dato concuerda con Rampinini et al (2007) quienes hallaron una distancia total recorrida durante un partido de 10962 ± 769 m en jugadores de elite europeos, no obstante difieren de trabajos previos reportados en la literatura por Reilly y Thomas (1976), Ohashi (1988) y Drust (1995), quienes reportaron distancias promedio recorridas de 8700, 9800 y 10100 metros, respectivamente. DiSalvo et al (2007), plantearon que es posible que la demanda física de los jugadores de todas las posiciones se haya ido incrementando durante las últimas décadas.

El promedio de la distancia total cubierta durante un partido para cada puesto es mostrada en la tabla 1. Los mediocampistas centrales y laterales cubrieron una distancia significativamente mayor ($p<0,0001$) que los defensores, y que los delanteros. Estos datos coinciden

con los reportes de Ekblom (1986), Bangsbo et al (1991) Drust et al (1995), y Antivero et al (2003), en jugadores suecos, daneses, ingleses y argentinos, respectivamente. Según Reilly (2003) la mayor distancia recorrida por los mediocampistas se puede atribuir a que los mediocampistas tienen más flexibilidad táctica que otras posiciones, ya que sirven como conexión entre los delanteros y los defensores del equipo, por tanto sus obligaciones incluyen no sólo apoyar a los atacantes en la búsqueda de goles, sino también asistir a los zagueros en sus deberes defensivos. Tales requerimientos necesitan que se recorra una mayor distancia total durante el juego, ya que la carrera necesita ser sostenida continuamente en el tiempo. Además, los mediocampistas también están caracterizados por tener mayores niveles de capacidad aeróbica que otras posiciones, lo que los hace, por lo tanto, menos susceptibles a la reducción en la tasa de esfuerzo asociada con la fatiga. Por otro lado, la distancia recorrida por los defensores centrales en el estudio de DiSalvo et al (2007) fue significativamente menor ($p<0,0001$) a la del resto de los grupos, mientras que la distancia recorrida por los defensores laterales fue similar a la distancia recorrida por los delanteros.

La Tabla 2 muestra la distancia recorrida a diferentes intensidades para cada posición de juego reportada por DiSalvo et al (2007). La distancia recorrida por los defensores centrales fue significativamente menor ($p<0,0001$) comparada con la distancia recorrida por los jugadores de todos los puestos para todas las velocidades de carrera que superan los 11 km/h. La única excepción fue la distancia recorrida en sprint (>23 km/h) en la que no hubo diferencias entre los defensores centrales y los mediocampistas centrales.

Por otro lado, si comparamos a los mediocampistas laterales con los centrales, éstos últimos recorrieron más distancia a intensidades de carrera baja y moderada (es decir entre 11,1-19 km/h), mientras que los mediocampistas laterales invirtieron más tiempo y recorrieron más distancia en carreras de alta intensidad (entre 19,1 y 23 km/h) y en sprint (>23 km/h) en comparación a los mediocampistas centrales. Este último dato demuestra un perfil de juego más anaeróbico para los mediocampistas laterales respecto a los centrales, quienes junto a los defensores centrales fueron los que recorrieron menor distancia ($p<0,0001$) en velocidad de sprint en comparación al resto de los grupos. Continuando con la velocidad de sprint, no se encontraron diferencias significativas en la distancia

recorrida en esta intensidad entre los defensores laterales, mediocampistas laterales y delanteros.

En síntesis podría plantearse a partir de estos datos los siguientes puntos de análisis:

- Es aparente que la distancia recorrida durante los partidos se viene incrementando durante las últimas décadas para los jugadores de todos los puestos
- Los mediocampistas son los jugadores que más distancia recorren durante el juego, siendo la actividad de los mediocampistas laterales más

intensa que la actividad de los mediocampistas centrales.

- Los defensores centrales son los que presentan la menor tasa de esfuerzo para todas las velocidades de carrera superiores a los 11 km/h.
- No existen diferencias significativas en la distancia recorrida en velocidad de sprint entre mediocampistas laterales, defensores laterales y delanteros.

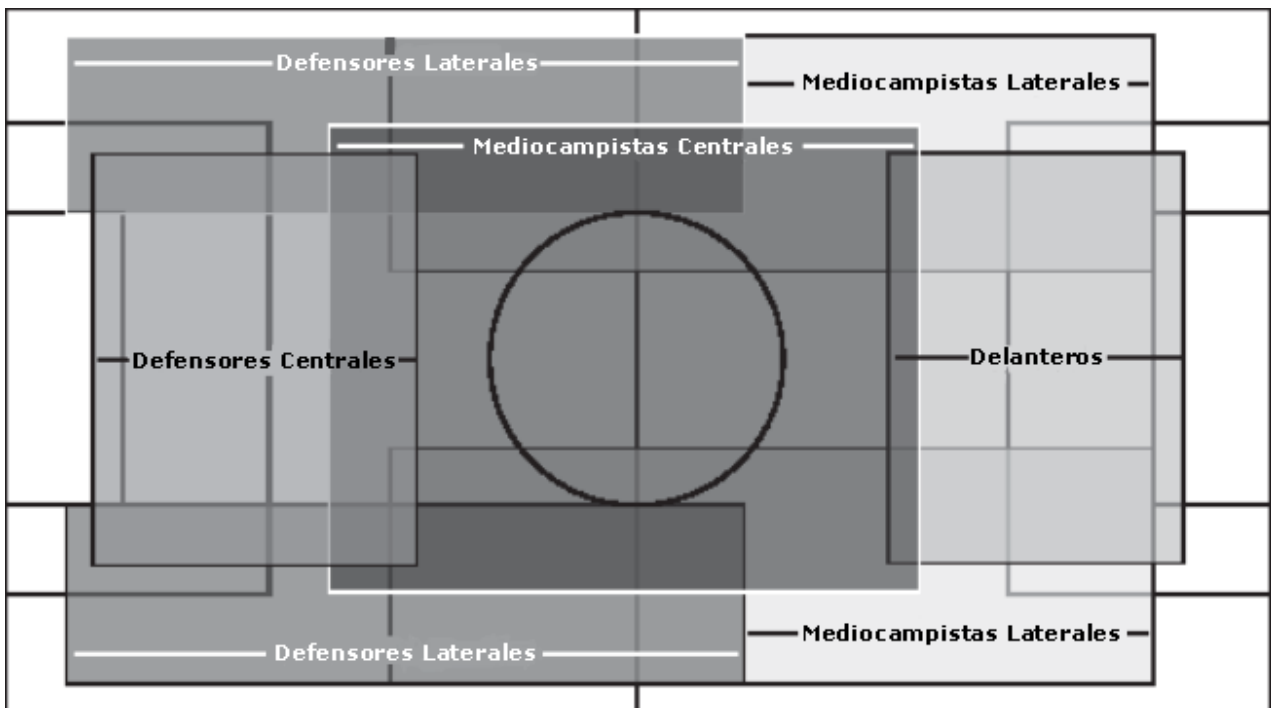


Figura 1. Asignación técnico táctica de los roles posicionales basada en el match analysis.

Posición de Juego	Promedio de Distancia Recorrida
Independiente de la posición	11393 ± 1016 m
Defensores Centrales (DC)	10267 ± 893 m ⁺
Defensores Laterales (DL)	11410 ± 708 m [#]
Mediocampistas Centrales (MC)	12027 ± 625 m [*]
Mediocampistas Laterales (ML)	11990 ± 776 m [*]
Delanteros (D)	11254 ± 894 m [#]

Tabla 1. Diferencias en la distancia recorrida durante un partido completo en función del puesto de juego. Los datos son presentados como medias ± DS. ^{*}Significativamente diferente a la distancia recorrida de DC, DL, D; ⁺ distancia recorrida significativamente menor que todos los grupos, [#] significativamente diferente de DC, MC, ML

Posición de Juego	Distancia Recorrida a diferentes Intensidades				
	0-11 km/h	11,1-14 km/h	14,1-19 km/h	19,1-23 km/h	>23 km/h
Defensores Centrales (DC)	7080 ± 420m	1380 ± 232m*	1257 ± 244 m*	397 ± 114 m*	215 ± 100m*
Defensores Laterales (DL)	7012 ± 377m	1590 ± 257m ⁺	1730 ± 262m ⁺	652 ± 179m ⁺	402 ± 165m [†]
Mediocampistas Centrales (MC)	7061 ± 272m	1965 ± 288m [#]	2116 ± 369m [†]	627 ± 184m ⁺	248 ± 116 m*
Mediocampistas Laterales (ML)	6960 ± 601m	1743 ± 309 m ^o	1987 ± 412m [†]	738 ± 174m [#]	446 ± 161m [†]
Delanteros (D)	6958 ± 438m	1562 ± 295m ⁺	1683 ± 413m ⁺	621 ± 161m ⁺	404 ± 140m [†]

Tabla 2. Medición de las diferencias posicionales en la distancia recorrida a diferentes velocidades. 11,1-19 km/h: *significativamente menor que cualquier otro subgrupo, + significativamente diferente de DC, MC,ML; # significativamente mayor que cualquier otro subgrupo, ° significativamente diferente de DC, DL, MC, D; † significativamente diferente de DC, DL, D. 19,1-23 km/h: *significativamente menor a todos los subgrupos; + significativamente diferente a DC y ML, # Significativamente mayor que cualquier otro subgrupo. >23 km/h: *significativamente menor que cualquier otro subgrupo, † significativamente diferente de DC, MC

Estilo de Juego

Drust comparó la distancia total recorrida en un partido entre jugadores sudamericanos y jugadores de la Liga Premier Inglesa en el año 1995. Los jugadores de la Liga Inglesa recorrieron una distancia significativamente mayor ($p < 0.05$) que los jugadores Sudamericanos. Éstos últimos recorrieron una distancia promedio total de 8638 ± 1158 metros, mientras que los jugadores de la Liga Inglesa recorrieron 10104 ± 703 metros en los 90 minutos de juego. La diferencia promedio llegó a 1466 metros recorridos durante un partido. Esto significa que el Juego en la Liga Premier Inglesa coloca a los jugadores bajo un mayor stress fisiológico que el juego que desarrollan las Selecciones Sudamericanas. Según Drust '95 la diferencia en la distancia recorrida se debe a diferencias tácticas entre los dos niveles de juego. El énfasis táctico en el fútbol Sudamericano, está puesto en la conservación de la pelota, realizando varias sucesiones de pases cortos lo que exige una alta habilidad técnica y velocidad mental, esto demuestra si se quiere, el enfoque cultural que posee el continente Sudamericano por el juego. Con la tenencia de la pelota se espera, o mejor dicho se busca generar situaciones oportunas para ejecutar un pase preciso que genere una situación de gol. Este estilo táctico disminuye la necesidad de los jugadores de realizar movimientos innecesarios y, por lo tanto, se reduce la distancia recorrida durante un juego. Por otro lado, el Fútbol Sudamericano tiende también a ser mas conservador en cuánto al posicionamiento y función de cada uno de los jugadores quienes tienden a ser verdaderos especialistas en determinadas funciones tácticas dentro del plantel. Esta condición va a generar demandas fisiológicas bastantes específicas según la posición y función de los jugadores en el campo de juego.

Por contrapartida, en el Fútbol Total que desarrolló la selección de Holanda en el 70 y que actualmente

realizan algunos equipos Europeos los jugadores intercambiaban continuamente las posiciones de juego (Reilly 2003). Esto nivela la tasa de esfuerzo entre jugadores de diferentes posiciones y demanda de ellos una mayor versatilidad tanto técnica como física para afrontar esta forma de juego. Otro estilo de juego reportado por Thomas Reilly (2003) es el denominado estilo directo. El estilo de juego, se caracteriza por la rápida transferencia de la pelota desde la defensa al ataque para crear oportunidades sorpresivas de convertir goles. Se utilizan muchos pases largos más que secuencias de pases cortos como sucede en el fútbol Sudamericano, se trata de aprovechar los errores de los oponentes para lo cual todos los jugadores están presionando continuamente a sus rivales con el objeto de obtener la posesión del balón y atacar rápidamente para sorprender a la defensa rival. Los mediocampistas se turnan continuamente para apoyar a los atacantes en la ofensiva. Este estilo de juego incrementa la demanda fisiológica por encima del estilo Sudamericano.

En conclusión, los diferentes estilos de juego desarrollados por un equipo, van a generar patrones de respuestas fisiológicas diferentes para los jugadores sometidos a cada uno de los diversos sistemas.

Nivel de Competencia

Bangsbo 1992 reportó que jugadores de Primera División de la Liga Danesa en comparación con jugadores de Segunda División del mismo país no mostraban diferencias significativas en la distancia total recorrida durante un partido, la diferencia entre ambas muestras radicaba en que los jugadores de Primera División corrían a alta velocidad con más frecuencia en lugar de realizar una actividad de mayor duración. De todos modos Bangsbo alertó que la comparación entre jugadores de Primera y Segunda división tiene que ser hecha con cautela, ya que los jugadores observados en ambos grupos no tienen por

que ser tomados como representativos de todos los jugadores de su división. No obstante, esta información concuerda con los datos aportados más tarde por Magni Mohr et al 2003, quienes compararon el rendimiento durante partidos de fútbol entre 18 jugadores europeos de elite y 24 futbolistas profesionales daneses de un menor nivel competitivo. Los investigadores reportaron que los jugadores de mayor nivel competitivo recorrieron por partido una distancia un 28% mayor a alta intensidad (2430 ± 140 vs 1900 ± 120 m; $p < 0,05$), y una distancia en sprint un 58% mayor (650 ± 60 vs 410 ± 30 m; $p < 0,05$), que los jugadores de menor nivel competitivo. Es importante notar que la distancia total recorrida fue solo un 5% mayor en los jugadores de elite en relación a los jugadores daneses. Estos resultados demuestran que la principal diferencia en la tasa de esfuerzo entre jugadores de elevado y moderado nivel competitivo, se debe más a la distancia recorrida a alta intensidad durante un partido que a la distancia total que se recorre en un partido. Por tanto, la variable que mejor explica las diferencias en el rendimiento físico entre futbolistas de distintos niveles competitivos es la distancia recorrida a alta intensidad. Es por ello que esta variable se ha seleccionado como la más importante a la hora de analizar la tasa de esfuerzo de los jugadores durante un partido competitivo.

Fatiga

Otro factor que incide en la tasa de esfuerzo que puede desarrollar un futbolista durante un partido es el estado de fatiga. Desde un punto de vista objetivo la fatiga puede medirse en función de la disminución de la tasa de esfuerzo a medida que el juego transcurre. Van Gool

(1988) y Drust et al (1995), reportaron una menor distancia recorrida en el segundo tiempo comparado con el primero del 6 y del 5%, respectivamente. Bangsbo et al (1991) también reportaron una disminución en la distancia recorrida del 5% durante el segundo tiempo de un partido, no obstante al analizar estos datos en periodos seccionados de 5 minutos, Bangsbo y colegas demostraron que la mayor disminución en la distancia recorrida sucedió en los primeros y en los últimos 15 minutos del segundo tiempo (Figura 2). De acuerdo con estos datos Mohr M et al (2003) comunicaron que la cantidad de ejercicio de alta intensidad realizado durante los últimos 15 minutos del partido estuvieron reducidas en un rango del 35-45% ($p < 0,005$) en comparación con el resto del juego en futbolistas de diferente nivel competitivo como y de diferentes puestos en el campo de juego. Además, Mohr et al (2003) reportaron que durante los 5 minutos posteriores al ejercicio de más alta intensidad ejecutado durante un partido, la tasa de esfuerzo estuvo disminuida en comparación con la tasa de esfuerzo promedio de todo el partido. En función de estos datos, Mohr, Krustup y Bangsbo (2005), propusieron que durante un partido existen tres ocasiones concretas en las cuales se puede manifestar la fatiga: a) durante los primeros 15 minutos de la segunda etapa, b) después del ejercicio ejecutado a alta intensidad en cualquier momento del partido, y c) durante los últimos 15 minutos de la segunda etapa. A continuación, y siguiendo a los autores mencionados, se presentará una breve discusión acerca de los posibles factores fisiológicos responsables de la producción de fatiga en el fútbol para cada una de las etapas mencionadas.

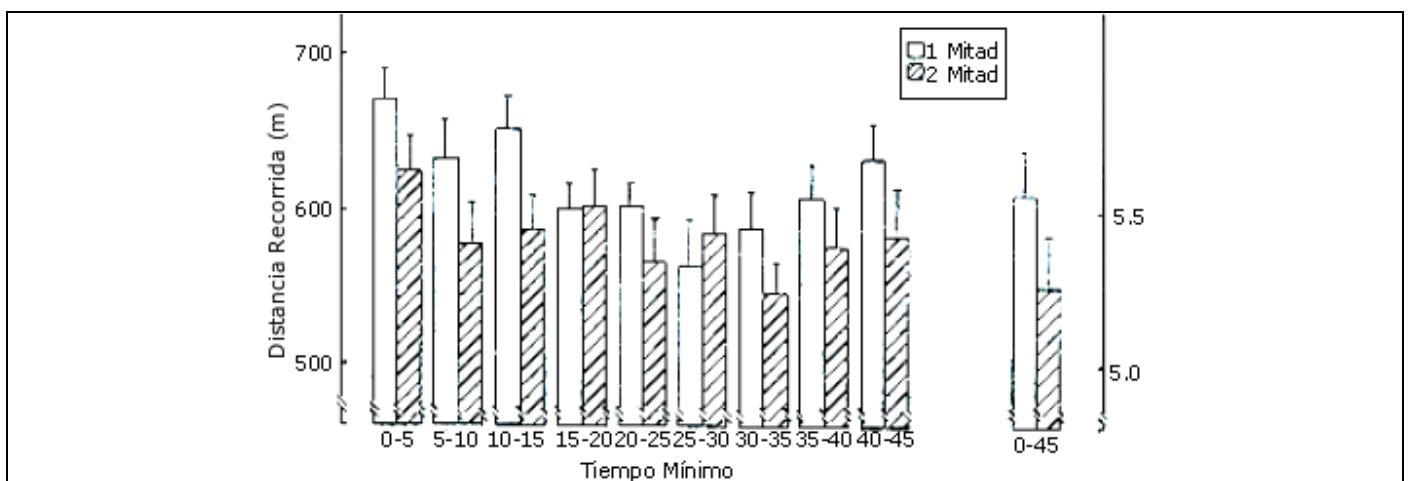


Figura 2. Distancia cubierta durante 9 períodos subsecuentes del primer (barras lisas) y segundo (barras rayadas) tiempo de los partidos de la Liga Danesa de Fútbol Masculino. Datos presentados como promedios \pm Desvíos Estándar.

Fatiga durante los primeros 15 minutos del primer tiempo.

La mayor tasa de esfuerzo reportada en los primeros 15 minutos de la primera etapa respecto al mismo período de tiempo de la segunda etapa podría ser explicada por una mayor motivación de los sujetos al inicio del partido y por el efecto previo de la actividad pre-competitiva sobre la temperatura corporal que podría incrementar el rendimiento al inicio del primer tiempo. Es por ello que Bangsbo '94 recomienda cambiar el modelo del período de descanso durante los entretiempos de los partidos ya que los jugadores podrían beneficiarse de la ejercitación realizada a baja intensidad. Esto permitiría mantener elevada la temperatura corporal al inicio del segundo tiempo evitando de esta manera una posible caída del rendimiento. Un trabajo publicado por Mohr, M. en Junio del 2004 analizó los efectos de un "recalentamiento" realizado durante el entretiempo de un partido sobre la temperatura muscular y el rendimiento en la carrera de sprint al inicio de la segunda etapa del partido. En el estudio se evaluaron a 16 sujetos, 8 pertenecían al Grupo Experimental que realizaron ejercicios de baja intensidad en el entretiempo con el objeto de mantener elevada la temperatura muscular, mientras que los 8 jugadores restantes (Grupo Control) se recuperaban en forma pasiva. En el Grupo Experimental (Exp) la temperatura muscular se mantuvo mientras que en el Grupo Control (Con) cayó en 2,1°C previo al inicio del segundo tiempo. El rendimiento en las carreras de velocidad al inicio del segundo tiempo se redujo de forma significativa en el grupo Con ($p < 0.05$), pero permaneció sin cambios en el grupo Exp. Además, la caída en la temperatura corporal estuvo correlacionada con la disminución en el rendimiento ($r = 0,60$, $P < 0.05$, $n = 16$). Este estudio demostró que en el fútbol la caída en la temperatura muscular durante el entre-tiempo está asociada con la disminución del rendimiento en las carreras de más alta velocidad al inicio del segundo tiempo, mientras que el rendimiento en los sprints, es mantenido cuando se realizan ejercicios de baja intensidad durante el entretiempo, ya que éstos preservan la temperatura corporal.

Fatiga ocasionada luego del ejercicio de alta intensidad

Se ha propuesto que la fatiga luego del ejercicio de alta intensidad puede ser promovida por el incremento en la concentración de lactato, la disminución en el pH

(Sahlin K, 1992), la disminución en la concentración de fosfocreatina (Casey et al 1996), o el incremento en la concentración de potasio intersticial (Mohr et al 2004, Nielsen et al 2004). Para analizar si alguno de estos factores interviene en la fatiga luego del ejercicio de alta intensidad, Krstrup et al (2006) analizaron las respuestas metabólicas de 31 jugadores Daneses en partidos amistosos de fútbol. Durante los encuentros fueron tomadas muestras de sangre de manera frecuente y también se tomaron biopsias musculares antes y después del partido e inmediatamente después del ejercicio de alta intensidad. Los autores reportaron que la disminución del rendimiento no estuvo relacionado con el lactato muscular, pH muscular, o la concentración de fosfocreatina. No obstante, se encontró una concentración de potasio plasmático de 5 mMol, con valores individuales que superan los 5,5 mMol, el cual es un valor un poco menor al observado después de un ejercicio máximo incremental hasta la fatiga (Nielsen et al, 2004). Por ello, es posible que la acumulación de potasio intersticial se relacione con la fatiga temporaria luego del ejercicio intenso durante un partido, no obstante los autores propusieron que las causas de la fatiga luego de acciones de alta intensidad en el fútbol son multifactoriales, y por tanto hacen falta más estudios para comprender esta problemática con mayor grado de precisión.

Fatiga hacia el final del juego

Se ha reportado que la deshidratación cuando los partidos son desarrollados en climas cálidos y húmedos, y que la disminución de en la concentración de glucógeno podrían ser factores los factores fisiológicos que incidan en el desarrollo de fatiga hacia el final del partido (Reilly, 1997; Saltin 1973; Mohr et al, 2003). Bangsbo et al (1992a) describieron que una concentración de glucógeno muscular menor a (~200 mmol/kg de músculo húmedo) es suficiente para disminuir la tasa glucolítica y causar fatiga muscular. Saltin (1973) observó que las reservas de glucógeno muscular estaban vaciadas ya en el primer tiempo en un grupo de futbolistas que comenzaron el partido con baja concentración de glucógeno muscular (~200 mmol/kg de músculo húmedo). En el mismo estudio algunos jugadores comenzaron el partido con niveles normales de glucógeno (~400 mmol/kg de músculo húmedo), y los valores permanecieron elevados al finalizar la primera etapa, pero fueron menores a ~50 mmol/kg de músculo húmedo al finalizar el partido, lo cual es señal de un vaciamiento casi completo de glucógeno muscular durante un partido. Bangsbo et al

(1992a) observaron concentraciones de ~200 mmol/kg de músculo húmedo al finalizar un partido, lo cual indica que no siempre se vacían los depósitos musculares de glucógeno luego de un juego. Krstrup et al (2006) observaron una concentración de glucógeno disminuida al final de un partido que varió entre 150-350 mmol/kg de músculo húmedo. Los datos aportados por Krstrup y colegas (2006) demostraron que las reservas de glucógeno muscular no fueron totalmente vaciadas durante un partido, no obstante al analizar las fibras musculares individualmente se encontró que aproximadamente la mitad de las fibras

musculares estaban vaciadas o casi vaciadas de glucógeno (Figura 3). Por tanto, es posible que ese vaciamiento de glucógeno en casi la mitad de las fibras musculares no permita a los jugadores poder realizar esfuerzos de alta intensidad hacia el final de los partidos, tal como lo han reportado Mohr et al (2003).

En conclusión, podríamos decir que la fatiga ocurre en el fútbol durante diferentes fases del juego, y es aparente que mecanismos distintos operen en las diferentes etapas mencionadas para ocasionar la disminución del rendimiento.

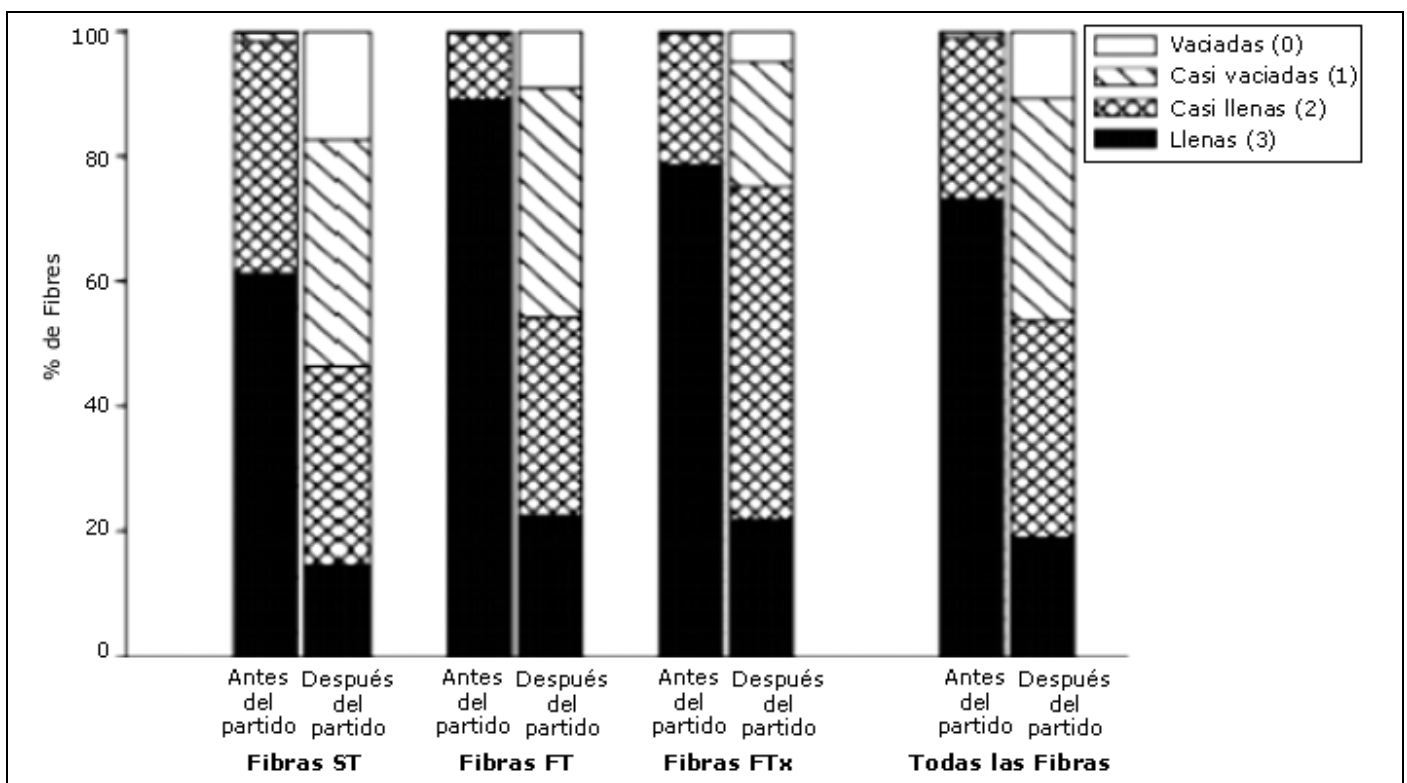


Figura 3. Concentración relativa de glucógeno en fibras ST, FTa y FTx, y en todas las fibras antes e inmediatamente después de un partido de fútbol. Tomado de Krstrup et al (2006).

NIVEL COMPETITIVO DEL EQUIPO RIVAL

Rampinini et al 2007, analizaron si la tasa de esfuerzo de un equipo varía en función del nivel competitivo del equipo rival. Los autores reportaron que la tasa de esfuerzo se vio modificada según el nivel del oponente, ya que tanto la distancia total recorrida durante un partido como la distancia recorrida a alta intensidad estuvieron significativamente incrementadas cuando el equipo evaluado enfrentó a los mejores rivales del torneo (Tabla 3). Según lo que demuestran estos datos aún no publicados en la literatura, el nivel competitivo

del oponente puede modificar la tasa de esfuerzo de un equipo, incrementándola cuando el nivel del equipo rival es elevado y disminuyéndola cuando el nivel del oponente es más bajo. Este es un dato muy útil para los cuerpos técnicos que permite ganar en especificidad a la hora de determinar las cargas de entrenamientos durante la semana previo a los partidos en función del nivel del oponente, como así también a la hora de seleccionar las estrategias de recuperación adecuadas después de los partidos.

	Distancia total recorrida	Distancia Recorrida a alta intensidad
Versus los Mejores Equipos	11097±778	2770±528
Versus los peores Equipos	10827±760*	2630±536*

Tabla 3. *, $P < 0,05$; significativamente menor respecto del mejor grupo.

Como hemos podido analizar, la carga fisiológica que recibe un jugador en función de la tasa de esfuerzo realizada durante los partidos, se ve influenciada por: el rol posicional del jugador, el estilo de juego que adoptará el equipo, el nivel del torneo en el cual esté jugando el equipo, la fatiga, y el nivel competitivo del equipo rival. Es importante que el preparador físico tenga en cuenta todas estas variables a la hora de determinar las cargas de entrenamiento para sus jugadores de una manera más específica, y por tanto con menor margen de error.

EVALUACION DEL RENDIMIENTO FISICO DEL FUBOLISTA

La evaluación del rendimiento físico constituye un proceso de importancia crucial para el desarrollo de cualquier programa de entrenamiento físico. Se listan a continuación algunos aportes de la evaluación al proceso del entrenamiento deportivo en el fútbol:

- Identificar los puntos débiles y fuertes de un futbolista, una vez que se ha seleccionado y ejecutado una batería de tests apropiados y válidos para medir las capacidades que limitan el rendimiento en el fútbol, se puede obtener un perfil del nivel de rendimiento de cada jugador en función de su puesto y edad, y “ajustar” las cargas de entrenamiento según las necesidades identificadas. Este hecho permitirá establecer prioridades en las capacidades a desarrollar y ser eficientes en el uso del tiempo.
- Monitorizar el progreso, mediante la repetición de las evaluaciones a intervalos regulares, los entrenadores pueden obtener una guía acerca de la efectividad del programa de entrenamiento diseñado, y realizar cambios en el mismo si es que el rendimiento ha disminuido. Esto es de vital importancia en el fútbol ya que los períodos competitivos son largos, y por tanto el continuo control del estado de rendimiento de los futbolistas es clave para evitar pequeñas pero importantes

pérdidas del rendimiento físico a lo largo de la competencia que lleven al deterioro de la performance del equipo y a un riesgo incrementado de lesiones en los futbolistas.

- Incentivar al futbolista, después de la evaluación los entrenadores al informar al jugador su estado de rendimiento físico actual deben comunicarle cuales son las áreas de rendimiento en las que debe mejorar, esta situación puede ser positiva para que el futbolista se motive a seguir mejorando su rendimiento, ya que conoce de manera concreta cuales son los objetivos de rendimiento establecidos, a través de los cuales su juego se verá beneficiado.
- Predecir el potencial de rendimiento, en función de los resultados obtenidos mediante la evaluación de un jugador o de un plantel, y considerando el tiempo disponible para entrenar y mejorar las capacidades físicas se podrá predecir el nivel de rendimiento físico futuro que manifestarán los jugadores durante la competencia. Esta información también puede ser útil a la hora de seleccionar un estilo de juego exitoso a desarrollar por el equipo, acorde a las posibilidades de rendimiento físico de los jugadores que conforman el plantel.
- Ayudar a la toma de decisión acerca del puesto de juego de un futbolista, mediante la evaluación del rendimiento físico y teniendo en cuenta las demandas físicas y técnicas que requieren los diferentes puestos puede seleccionarse la posición de un jugador en el campo de juego con un menor margen de error maximizando el aporte del futbolista al éxito colectivo del plantel.

En este escenario, el objeto de la presente sección del manuscrito es el de proveer información relacionada con la validez, confiabilidad y precisión de tests específicos para la medición del rendimiento físico del futbolista; se hará principal hincapié en los tests de campo de fácil disponibilidad, implementación y accesibilidad para los entrenadores. También se proveerán valores de referencia de rendimiento en tests de campo de futbolistas de diferentes niveles y puestos de juego, se analizarán los cambios del perfil fisiológico que sufren los jugadores durante toda una temporada, y se analizarán que variables del rendimiento físico (por ejemplo velocidad, agilidad, resistencia, etc.) son las que determinan el nivel competitivo de un futbolista.

EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE RESISTENCIA

Se ha demostrado que el nivel de acondicionamiento aeróbico en los futbolistas es importante para el rendimiento. Algunos estudios han demostrado una relación entre la capacidad aeróbica y el posicionamiento final en la tabla de posiciones de un equipo (Apor, 1988), el nivel de rendimiento del equipo (Wisloff et al, 1998) y la distancia recorrida durante un partido (Smaros, 1980). Helgerud et al (2001), demostraron que el entrenamiento aeróbico puede incrementar algunas características del rendimiento durante los partidos de fútbol como la distancia total cubierta, la distancia recorrida a alta intensidad, el número de sprints y el número de contactos de un jugador con el balón.

Si bien la utilización de tests directos de laboratorio para la valoración del rendimiento aeróbico usualmente proveen una mayor validez y confiabilidad, comparadas con las evaluaciones de campo, su uso muchas veces puede ser problemático para algunos entrenadores y preparadores físicos, simplemente debido al costo o la imposibilidad de acceder a las instalaciones de un laboratorio (Castagna et al, 2006). Por estas razones se han diseñado una serie de evaluaciones de campo para medir la capacidad de resistencia del futbolista. A continuación será presentada una revisión acerca de la confiabilidad, validez y respuestas fisiológicas a varios tests propuestos para valorar la capacidad de resistencia del futbolista.

Test Yo-Yo de Recuperación Intermitente Nivel I

La mayoría de los tests generados para la valoración del acondicionamiento aeróbico son continuos. Sin embargo, en el fútbol el ejercicio realizado es intermitente, y el rendimiento durante un partido se ha asociado a la capacidad de los jugadores de repetir ejercicios a una elevada tasa de esfuerzo (Bangsbo 1994, Ekblom 1986, Mohr y Bangsbo 2001). Por ello, pareciera lógico evaluar la capacidad de los futbolistas de recuperarse del ejercicio intermitente realizado a alta intensidad. Basados en este hecho, se desarrolló el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1 (Bangsbo 1994), el cual consiste en ejecutar series de ejercicio repetido realizado a velocidades progresivamente crecientes, separadas por 10 (diez) segundos de recuperación activa hasta el agotamiento del sujeto.

Krustrup et al 2003, evaluaron la confiabilidad de este test en un grupo de 17 sujetos físicamente activos. Las medias de los sujetos fueron: edad: 28 (rango: 25-36) años, altura: 182 (rango: 172-191) cm, masa corporal: 78,2 (68,4-91,2)kg, consumo de oxígeno: 50,2 (rango:42,1-60) ml/kg/min. Los sujetos realizaron el test bajo las mismas condiciones en dos oportunidades diferentes dentro de una misma semana. En la primera ocasión los sujetos recorrieron en promedio 1867 ± 72 metros, y en la segunda oportunidad completaron 1860 ± 89 metros. La variación intra-individual de los sujetos en este test fue en promedio 13 ± 24 metros, con un coeficiente de variación de 4,9% (Figura 4).

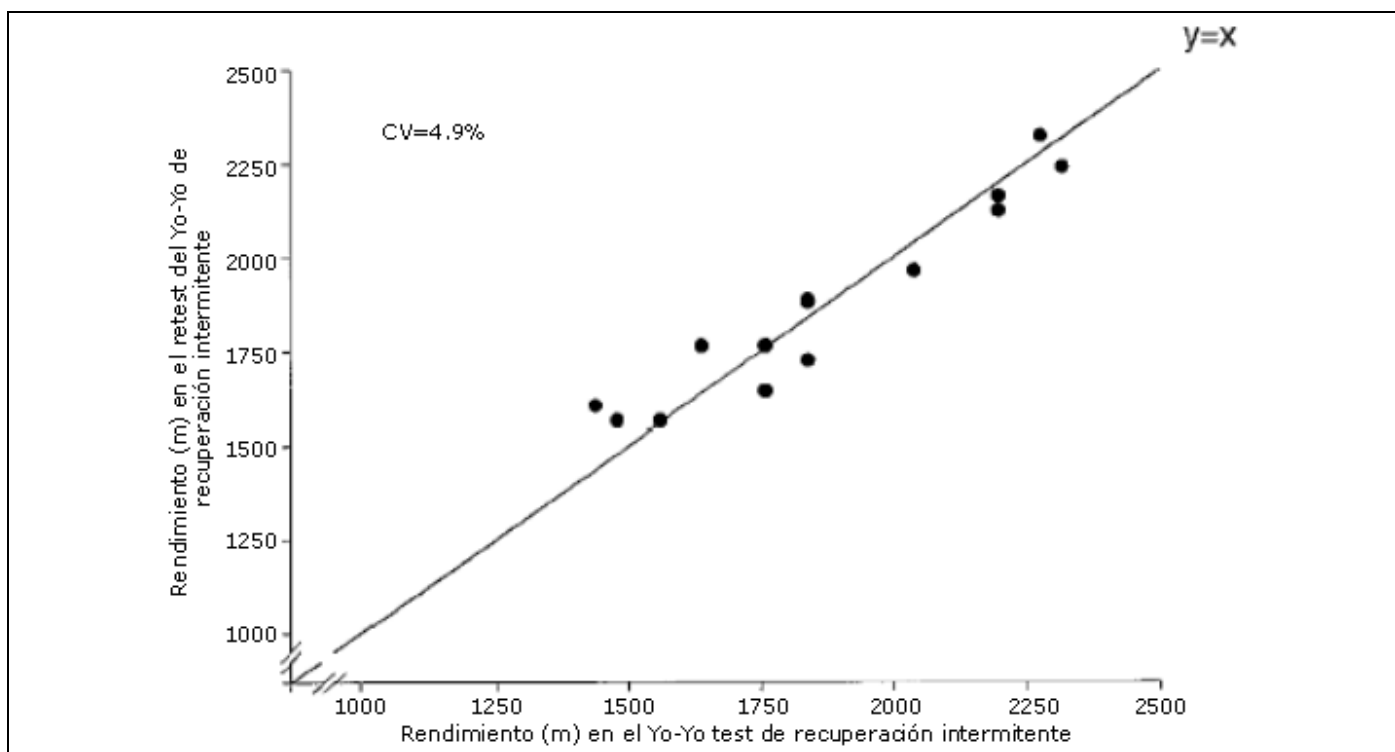


Figura 4. Reproducibilidad test-retest del Test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1. El coeficiente de correlación de 0,98 ($n=13$, $P<0,05$). La línea es la identidad de ($x=y$).

En el mismo trabajo los investigadores reportaron que la FC alcanzada hacia el final del test representó el $99\pm 1\%$ de la FC máxima evaluada durante un test realizado en tapiz rodante hasta el agotamiento, mientras que la estimación del consumo de oxígeno durante el test, realizada a partir de la relación individual entre la FC y el VO_2 máx obtenidos durante un test incremental, llegó al 92 (rango 88-99) % del VO_2 máx durante la parte final del test. A partir de estos datos puede afirmarse que el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1 promueve una elevada estimulación del sistema aerobio en sujetos físicamente activos. Los autores también reportaron una elevada correlación entre la distancia total recorrida a alta intensidad durante un partido (distancia recorrida a velocidades superiores a los 15 km/h), y la cantidad de metros recorridos durante el test en futbolistas noruegos de elite (Figura 5).

A partir de los datos brindados puede plantearse que el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1 posee

una elevada reproducibilidad, y promueve una alta exigencia sobre el sistema aerobio de liberación de energía en sujetos físicamente activos (con un VO_2 máx promedio: 50,2 ml/kg/min). Además, la cantidad de metros recorridos durante el test esta altamente relacionada con el rendimiento durante un partido de fútbol en futbolistas de elite. Por tanto, además de su elevada reproducibilidad, este test se presenta como una herramienta útil a la hora de poder predecir el rendimiento físico del futbolista durante la competencia.

Castagna et al (2006b), si bien no encontraron una correlación significativa entre el nivel de VO_2 máx y el rendimiento en el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1, si hallaron una relación significativa del test mencionado con la velocidad de carrera producida en el umbral ventilatorio y con velocidad de carrera a la cual se produjo el VO_2 máx.

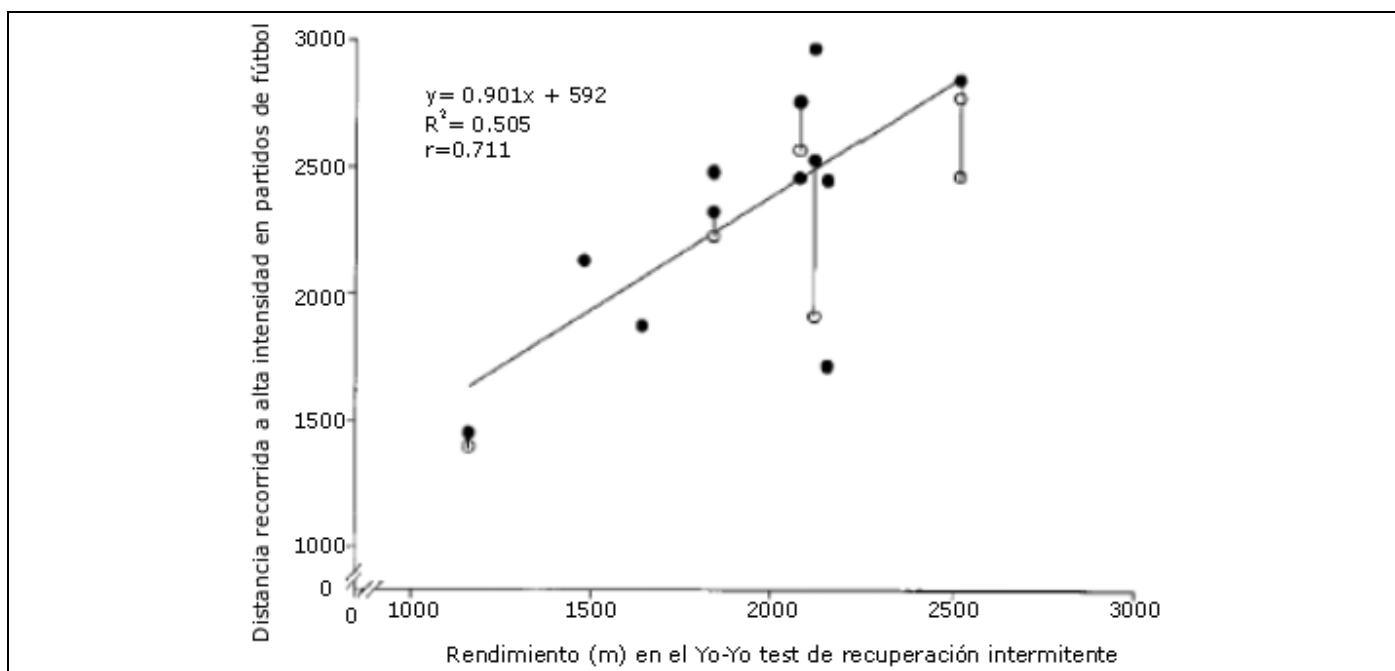


Figura 5. Relación interindividual entre el test Yo-Yo recuperación intermitente y la cantidad de metros recorridos a alta intensidad (más de 15 km/h) durante partidos de fútbol. Los símbolos conectados representan los valores de la distancia recorrida a alta intensidad para el mismo jugador durante otros juegos

Test Yo-Yo de Recuperación Intermitente Nivel II

Krustup et al 2006, propusieron que el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1 consiste principalmente en la ejecución de series repetidas de esfuerzo aeróbico de alta intensidad, por tanto este test no es óptimo para la valoración del rendimiento en el ejercicio de alta intensidad con una gran tasa de liberación de energía anaeróbica y aeróbica. Para poder valorar esta característica Bangsbo 1994, propuso el test Yo-Yo de recuperación intermitente

nivel 2, el cual en lugar de presentar una duración total de entre 10-20 minutos como la versión del nivel 1, posee una duración menor que varía entre 2-10 minutos de ejercicio. Los autores mencionados, evaluaron la confiabilidad de este test en un grupo de 29 sujetos, 16 fueron sujetos normalmente entrenados, mientras que 13 eran futbolistas de elite. Los autores no hallaron diferencias significativas entre los dos tests realizados en la misma semana (688 ± 46 y 677 ± 47 m, $P > 0,05$). El coeficiente de variación fue de 9,2% y es presentado en la Figura 6.

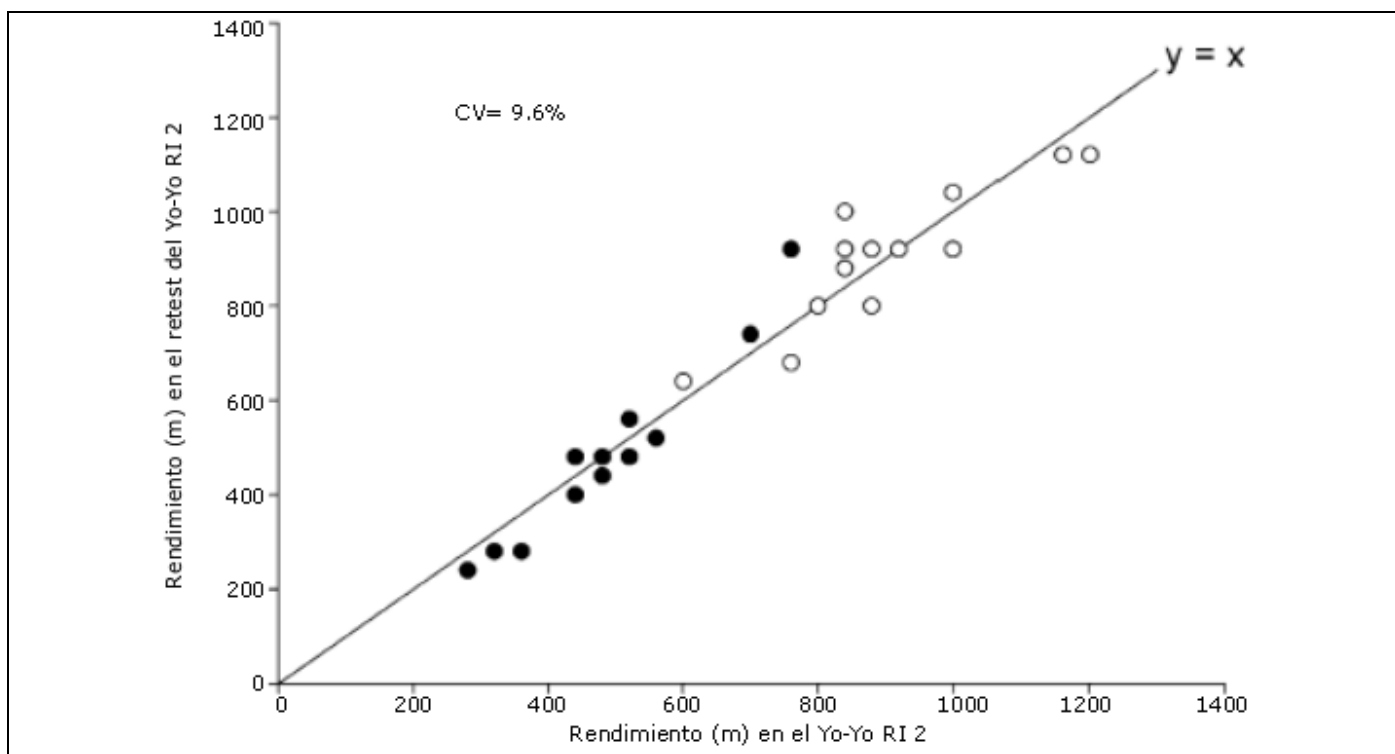


Figura 6. Reproducibilidad Test-retest del Test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2 ($n= 29$). Los círculos blancos representan a los futbolistas de elite y los círculos negros representan a los sujetos normalmente entrenados. La línea representa la identificación ($x = y$).

La Tabla 4 muestra una comparación de las respuestas fisiológicas entre el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1 y 2 en sujetos adultos. El pico de FC durante el test Yo-Yo RI2 fue el mismo que el pico de FC durante un test incremental en cinta ergómetro en el cual los participantes alcanzaron su máximo consumo de oxígeno. Una respuesta similar fue encontrada para esta variable cuando se evaluó el test Yo-Yo RI 1 (Krustrup et al, 2003). La diferencia crucial entre los dos tests fue la estimulación del sistema anaeróbico. En el test Yo-Yo RI2 el nivel de fosfocreatina al final del test fue menor y la tasa de utilización de fosfocreatina en la última fase del test fue significativamente mayor comparada con el test Yo-Yo RI 1 (Tabla 4). Además, la concentración de lactato al final del test fue mayor en el Yo-Yo RI 2 que en el Yo-Yo RI 1; y la tasa de acumulación de lactato en la última fase del test fue cinco veces mayor. De acuerdo con esto, la disminución del pH muscular fue menor en el punto de fatiga durante el test Yo-Yo RI 1. En general, la tasa de producción de energía anaeróbica y específicamente, la tasa de producción de lactato al

final del test Yo-Yo RI 2 fueron mayores que en el Yo-Yo RI 1. El mayor promedio en la utilización de glucógeno muscular durante el Yo-Yo RI 2 comparado al nivel I (10 ± 3 vs $6,3 \pm$ mmol/kg músculo húmedo/minuto) sugiere que la tasa de glucólisis fue más pronunciada durante el Yo-Yo RI 2. Por ello Krustrup et al (2006) plantearon que mientras el test Yo-Yo RI 1 se concentra en la capacidad de realizar trabajo aeróbico repetido de alta intensidad, el test Yo-Yo RI 2 examina la capacidad de realizar ejercicio intenso intermitente con un gran componente anaeróbico en combinación con una significativa contribución de energía aeróbica.

	Test Yo-Yo RI 1 (n =13)	Test Yo-Yo RI 2 (n =13)
Características de los Sujetos		
Edad (años)	28 (25-36)	25 (22-30)
Altura (m)	1,82 (1,72-1,91)	1,82 (1,70-1,93)
Masa Corporal (kg)	78,2 (68,4-91,2)	77,9 (64,5-92,0)
VO ₂ máx (ml/kg/min)	50,5 (42,1-60,8)	52,9 (43,2-57,2)
Rendimiento Test Incremental hasta la fatiga (min)	4,86 (3,89-6,01)	4,54 (3,45-6,07)
Duración del Test	14,7±0,8	4,3±0,3
Pico de FC (latidos por minuto)	99±1	100±1
Pico FC (%Pico FC en Test Incremental)	187±2	193±3
Lactato sanguíneo en la fatiga (mmol/L)	10,1±0,1	11,5±05
Lactato sanguíneo después de 15 minutos de recuperación	10,9±0,1	13,6±0,5*
Pico de concentración de K ⁺ plasmático (mmol/L)	7,0±0,2	6,4±0,2*
Concentración de PCr en la fatiga (mmol/kg/músculo húmedo)	40,3±4,9	29,4±4,7
pH muscular en el punto de fatiga	6,98±0,04	6,80±0,04*
Temperatura muscular en la fatiga (°C)	40,6±0,2	39,4±0,1*
TASA DE ACUMULACIÓN DE LACTATO (mmol/kg/min)		
Todo el Test	3±1	16±5*
Última parte del Test	6±2	28±8*
TASA DE ACUMULACIÓN DE Pcr (Mmol/Kg/Min)		
Todo el Test	3±0,1	13±2*
Última Parte	0±0,3	14±4*

Tabla 4. Los valores están representados como medias ± DS (n =13), excepto para los datos relacionados a la última parte del test (Yo-Yo RI 1, n =6; Yo-Yo RI 2, n =11). *Diferencia significativa entre tests Yo-Yo RI 1 y Yo-Yo RI. Datos tomados a partir de Krustup et al, 2006.

Valores de rendimiento de referencia para los tests Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1 y 2 en función de la posición de juego

Krustup et al (2003) dividieron a un grupo de 37 jugadores profesionales en cuatro categorías de acuerdo a su posición en el campo de juego, los fullbacks (n=7) tuvieron el mayor rendimiento en el test Yo-Yo de recuperación intermitente I con un promedio de 2241 ± 25 m (rango de: 1929-2680 m). Este valor fue un 17% mayor a los defensores centrales

(1919 ± 47 (rango: 1160-2280) m, n =9) y 14% mayor que los atacantes (1966 ± 30 [rango: 1480-2320] m, n= 8). Los mediocampistas (n=13) cubrieron 2173 ± 23 (rango: 1840-2560), valor que fue un 13 % mayor que los defensores centrales. Estos datos coinciden con los reportes acerca que los fullbacks y mediocampistas cubren una mayor distancia a alta intensidad (más de 15 km/h) durante los partidos que los defensores centrales. Los datos son resumidos en la Figura 7.

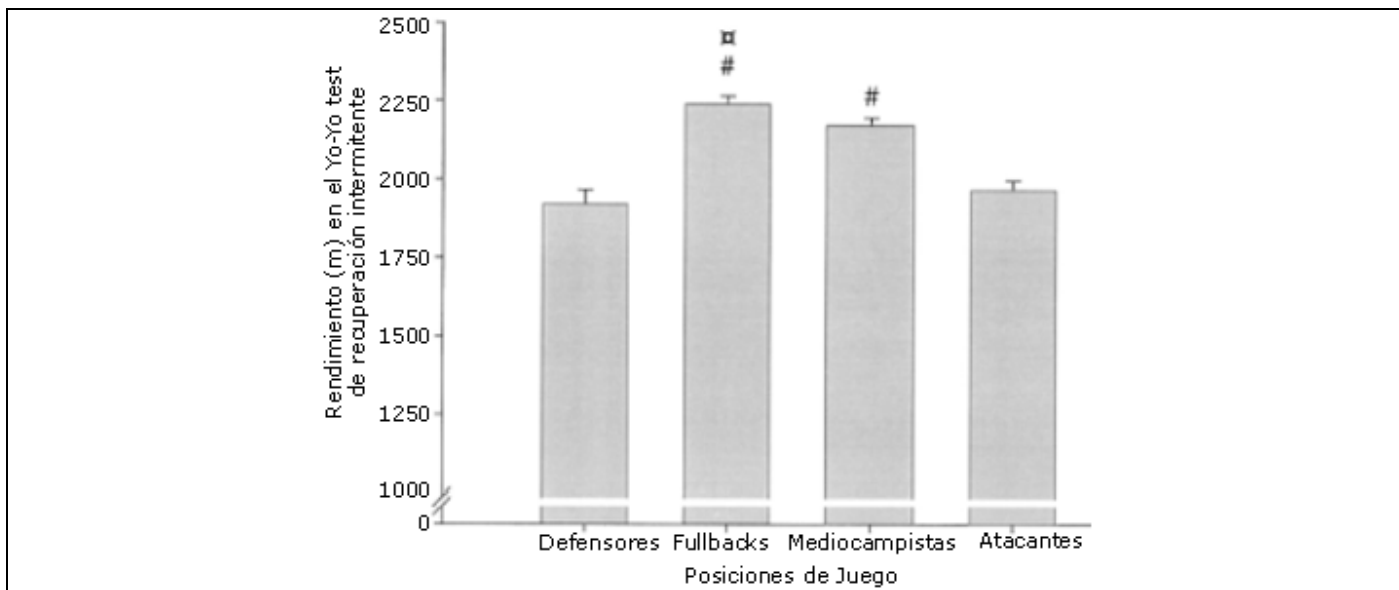


Figura 7. Rendimiento en el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1 en relación a diferentes posiciones de juego. § Denota diferencia significativa respecto de los atacantes. # Denota diferencia significativa respecto a los defensores.

La Figura 8 muestra el rendimiento durante el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2 en jugadores de diferentes puestos. Como puede verse, el hecho de que los defensores centrales tuvieran un rendimiento tan bueno como los fullbacks y mediocampistas fue contrario a lo reportado en términos de VO₂máx (Bangsbo 1994) y en términos al rendimiento en el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1 (Figura 7).

Esta observación indica que el test Yo-Yo de RI2, con su mayor tasa de liberación de energía anaeróbica, fue mejor que cualquier otra medición en el hecho de reflejar el trabajo de los defensores centrales en un partido de fútbol. Por ello Krustup et al (2006) propusieron que el test Yo-Yo RI2 examina un área del rendimiento en el ejercicio intermitente que no ha sido estudiada anteriormente.

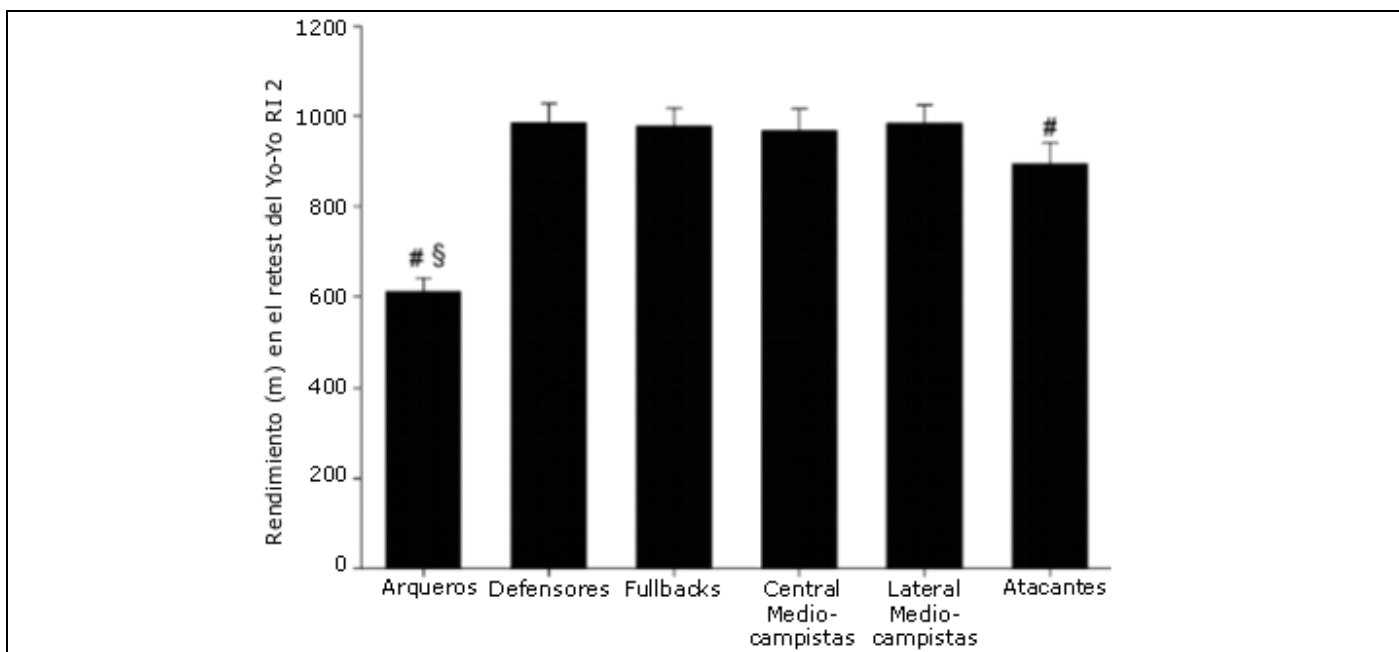


Figura 8. Rendimiento en el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2 en futbolistas de elite que juegan en diferentes posiciones, es decir, arqueros (n= 6), defensores centrales (n =21), fullbacks (n= 20), mediocampistas centrales (n =22), mediocampistas laterales (n= 26), y atacantes (n =24). Los valores son presentados como medias \pm DS. # Significativamente diferente de los defensores centrales, fullbacks, y mediocampistas, § significativamente diferente de los atacantes.

Tests Submáximos Indirectos para la Valoración del Rendimiento Aeróbico

Debido a que los tests máximos requieren una alta motivación de los sujetos, ésta pueda influenciar los resultados de las evaluaciones, y los futbolistas no siempre están motivados para realizar este tipo de tests especialmente durante el período competitivo o cerca de partidos importantes (Impellizzeri et al, 2006). Debido a este motivo se han propuesto una serie de tests indirectos submáximos para valorar el rendimiento aeróbico que son descriptos a continuación.

Test de Mognoni

Impellizzeri et al 2006, analizaron la validez del test de Mognoni mediante a) la relación entre los cambios en la concentración de lactato durante un test graduado en el laboratorio y el test de Mognoni, y b) la relación entre los cambios en los umbrales lácticos inducidos por el entrenamiento y la concentración de lactato en el test Mognoni durante los períodos precompetitivo y competitivo. Brevemente, el test submáximo de Mognoni consiste en realizar una carrera submáxima en una pista de 400 mts. Los futbolistas deben correr durante 6 minutos a una velocidad constante de 13,5 km/h. La velocidad de carrera es controlada mediante una señal sonora, cuando la señal sonora es emitida los futbolistas deben estar cerca de los conos que se encuentran ubicados a una distancia de 50 metros. Al final de los 6 minutos se toman muestras de sangre para analizar la concentración de lactato.

a- Relación de la Concentración de Lactato entre el Test de Mognoni y los Tests de Umbrales Lácticos.

Dieciséis futbolistas (edad: 17, 5 años; masa corporal: 70,5 kg; altura 179 cm; y VO₂máx: 57 ml/kg/min) tomaron parte de esta parte del estudio. Los futbolistas fueron testeados antes y después de 8 semanas de entrenamiento, en el test de Mognoni y en el laboratorio mediante un test incremental propuesto por Helgerud et al (2001). En este test se valoró el VO₂máx, OBLA (concentración fija de 4 mmol/L de lactato) y Tlac (concentración de lactato de 1,5 mmol/L por encima del valor de reposo).

Los autores reportaron correlaciones significativas entre los umbrales lácticos y la concentración de lactato durante el test de Mognoni en la primer y segunda evaluación (Tabla 5). También se reportaron

correlaciones significativas en los cambios de velocidad en las zonas de los umbrales y la concentración de lactato posterior al test de Mognoni. La elevada correlación entre la concentración de lactato en el test de Mognoni y los tests de umbrales lácticos indican que la concentración de lactato al final del test de Mognoni es un indicador válido que refleja la intensidad del ejercicio en la zona del umbral láctico. (Tabla 6).

	Velocidad en OBLA	VO ₂ en OBLA	Velocidad en LT	VO ₂ en LT
[Lac ⁻] Test Mognoni 1	0,62*	0,68**	0,64**	0,68**
[Lac ⁻] Test Mognoni 2	0,74**	0,84***	0,76**	0,83***

Tabla 5. Correlaciones (*r*) entre los umbrales lácticos tomados en el laboratorio y la concentración de lactato en el Test de Mognoni. * *P*<0.05 , ** *P*<0.01 , ****P*<0.001. Tomado de Impellizzeri et al, 2006.

	% de cambio [Lac ⁻] Test Mognoni
% de cambio Velocidad en OBLA	0.54 *
% de cambio Velocidad en LT	0.60 *

Tabla 6. Correlaciones (*r*) entre los cambios inducidos en los umbrales lácticos y la concentración de lactato en el test de Mognoni. * *P*<0.05

b- Variaciones durante una temporada de entrenamiento

Los cambios en la concentración de lactato luego del test de Mognoni fueron determinadas en 21 futbolistas profesionales (edad: 26,3 años, masa corporal: 77 kg, altura: 181 cm). Los futbolistas fueron evaluados en cuatro ocasiones: Julio (antes del periodo de entrenamiento precompetitivo), Septiembre (al inicio de la temporada), Diciembre y Marzo (durante la temporada). También se valoró la FC al finalizar el test. Durante la temporada las concentraciones de lactato fueron significativamente más bajas que los valores previos a la temporada (Figura 9).

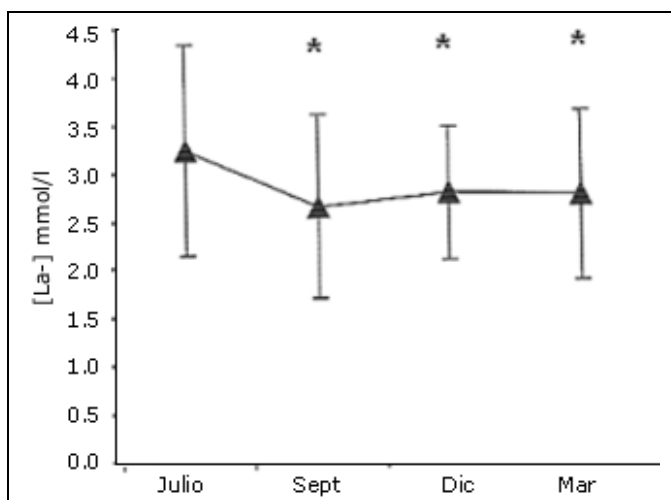


Figura 9. Cambios en la concentración de lactato al finalizar el test de Mognoni. * $p < 0.05$, significativamente diferente a julio.

Las concentración de lactato cayó un 20% durante el inicio de la temporada en comparación al inicio del período precompetitivo. Durante la temporada no se encontraron cambios en la concentración de lactato promedio del equipo. Esta es una respuesta típica a varias mediciones fisiológicas que se realizan durante la temporada competitiva (Krustrup et al, 2003). También la FC fue significativamente menor durante la temporada comparada a los valores previos a la pretemporada, sugiriendo esto que la FC puede ser útil además de la concentración de lactato para monitorear los cambios en el acondicionamiento aeróbico. Esto está de acuerdo con Krustrup et al 2003 quienes sugirieron, en su versión submáxima del Yo-Yo test de recuperación intermitente nivel 1 la valoración de la FC al 6to minuto, ya que se encontró que esta medición fue menor durante la temporada en comparación a los valores previos al inicio de la temporada.

Versión Submáxima del Yo-Yo Recovery Test nivel I

Krustrup et al 2003, han propuesto una versión submáxima del test Yo-Yo de recuperación intermitente usando la frecuencia cardiaca y la valoración de lactato como marcadores del estado de acondicionamiento aeróbico. Concretamente esta propuesta consta en finalizar el test al sexto minuto de ejecución, cuantificando la frecuencia cardiaca y la concentración de lactato. Las disminuciones en estas dos variables han demostrado ser lo suficientemente sensibles como para detectar cambios positivos en el estado de acondicionamiento aeróbico de los futbolistas.

Debido a la sensibilidad, validez y a la naturaleza submáxima de los test presentados, éstos se presentan como una herramienta de alta aplicabilidad en el campo sobre todo a la hora de controlar el estado de acondicionamiento aeróbico del futbolista durante el período competitivo, ya que son de fácil implementación y no causan estrés en los jugadores.

EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE REALIZAR SPRINTS REPETIDOS

En el fútbol la capacidad de realizar ejercicios repetidos de alta intensidad parece ser un requisito más específico para el rendimiento de los jugadores que la capacidad de producir un solo esfuerzo de alta intensidad de corta o moderada duración. Varios estudios mostraron que la concentración de lactato sanguíneo durante un partido usualmente varía entre 6-10 mmol/L, excepcionalmente llegando a valores de 16 mmol/L (Bangsbo, 1994). Estos hallazgos sugieren que los ejercicios de alta intensidad durante un partido están sostenidos por una elevada liberación de energía anaeróbica y que éstos usualmente se realizan en condiciones de una recuperación incompleta. Por tanto, la capacidad de producir ejercicio repetido de alta intensidad con breves períodos de recuperación es un importante factor que condiciona el rendimiento físico de los futbolistas. En la presente sección del manuscrito analizaremos algunos tests propuestos para valorar la capacidad de realizar ejercicio de sprint repetidos en futbolistas.

Test Anaeróbico de Carrera Intermitente

El test consiste en realizar 10 sprints de 20 metros con un pausa de 20 segundos entre cada sprint. La dirección de la carrera debe alternarse para cada sprint, es decir que la posición final de un sprint se debe transformar en la posición inicial del próximo. Rudolf et al (2006), analizaron la confiabilidad y validez de este test en un estudio en el que participaron 29 futbolistas juveniles de elite del club Czech, quienes realizaron el test dos veces bajo las mismas condiciones dentro de la misma semana. Durante ambos tests se monitoreo la FC cada 5 segundos y se tomaron muestras de sangre capilar a los 2, 4, y 6 minutos después de haber finalizado el test. Se reportó mediante el análisis de varianza a dos vías que el tiempo promedio de los 10 sprints no fue significativamente diferente entre ambas evaluaciones. La Tabla 7 muestra un resumen de los resultados más

importantes del test anaeróbico de carrera intermitente, mientras que la Tabla 8 muestra algunos valores de confiabilidad sobre variables seleccionadas.

	Test		Re-Test	
	Media	DS	Media	DS
T (s)	33,7	1,2	33,6	1,2
VM (ms)	5,94	0,22	5,95	0,20
V1+2 (m/s)	6,04	0,20	6,11	0,23
V9+10 (m/s)	5,87	0,24	5,88	0,22
FI (%)	3,1	1,6	4,0	2,0
PBLa (mmol/L)	9,91	1,60	9,52	2,05
Bla2 (mmol/L)	9,86	1,71	9,45	1,97
Bla4 (mmol/L)	8,75	1,53	8,22	1,58
Bla6 (mmol/L)	7,72	1,59	7,17	1,53
HRE (lat/min)	181	7,5	179	6,8

Tabla 7. Abreviaturas: DS desvío estándar, Ts: tiempo total, VM: velocidad media, V1+2: velocidad media de carrera en los primeros dos sprints, V9+10: velocidad media de carrera en los dos últimos sprints, FI: índice de fatiga, PBLa: pico de concentración de lactato sanguíneo, Bla2, Bla4, Bla6: concentración de lactato a 2, 4 y 6 minutos de finalizada la décima serie de sprint, HRE: frecuencia cardiaca al final del 10^{mo} sprint.

	V1+2 (m/s)	VM (M/S)	V9+10 (m/s)	FI	Bla2	FC
R	0,83*	0,87*	0,79*	0,15	0,29	0,79*
CV	2,13	1,29	1,58	52,08	14,96	1,72

Tabla 8. Valores de confiabilidad del test anaeróbico de carrera intermitente. V1+2: velocidad media de carrera en los primeros dos sprints, V9+10: velocidad media de carrera en los dos últimos sprints, FI: índice de fatiga. Bla2: concentración de lactato a los 2 minutos de finalizado el test. FC: frecuencia cardiaca. *p<0,001.

Como puede verse en la Tabla 8 el índice de fatiga no mostró una confiabilidad aceptable. Por otro lado el pico de concentración de lactato en sangre se produjo a los dos minutos después de haber finalizado el test en 27 de los 29 futbolistas durante el primer test, y en 26 de los 29 futbolistas después de finalizar el segundo test (9,86±1,71 y 9,45±1,97 mmol/L, respectivamente). Para este valor, al igual que para el índice de fatiga, la correlación test re-test no fue significativa. La variación individual en el lactato sanguíneo puede estar influenciada por la motivación. Sin embargo, de acuerdo a el rendimiento en ambos tests pareciera ser que la baja confiabilidad en la concentración de lactato no estuvo influenciada por el nivel motivacional de los sujetos. De acuerdo con la revisión realizada por Vandewalle et al (1987), en las series de ejercicio máximo continuo, se encontró una buena confiabilidad en la concentración de lactato pos esfuerzo con un rango de r= 0,87 a r= 0,98, pero el coeficiente de variación tuvo un rango de 11 a 21%. Nummela et al

(1996ab) encontró una menor confiabilidad test re-test en un modelo de ejercicio anaeróbico intermitente (r= 0,60). Los autores sugirieron que los indicadores de confiabilidad en el presente estudio (r= 0,29, y CV= 14,96%) pueden sugerir una menor reproducibilidad de las mediciones de lactato sanguíneo en ejercicios anaeróbicos de tipo intermitente. Por otro lado, se encontró una buena confiabilidad en este trabajo para la frecuencia cardiaca cuando se compararon los resultados del test-retest (Tabla 8). Por tanto, los autores sugirieron usar esta variable para la medición de la carga fisiológica durante el ejercicio intermitente de alta intensidad, ya que las correlaciones en la concentración de lactato test-retes fueron bajas y por tanto no reproducibles.

El objeto del test anaeróbico de carrera intermitente es evaluar la capacidad de repetir sprints máximos con un nivel moderadamente alto de acidosis, el cual estuvo indicado por la concentración de lactato sanguíneo. La validez del test se centra en que el pico de concentración de lactato sanguíneo fue superior a los 9 mmol/L, para ambos tests, mientras que se ha establecido que las concentraciones de lactato sanguíneo durante los partidos de fútbol usualmente oscilan de 6 a 10, y de manera extrema llegan a 16 mmol/L (Bangsbo, 1994).

Srint Test

Wragg et al (2000), analizaron la confiabilidad del sprint test propuesto por Jens Bangsbo (1994). Este test consiste en la ejecución de 7 carreras a máxima intensidad, con pausas de 25 segundos en un circuito de 34 m. El recorrido comienza con una aceleración inicial de 10 metros, desde la posición de partida alta, seguida de tres cambios de dirección (zig-zag) y una aceleración final (Figura 10). Posteriormente, el sujeto vuelve a la posición de partida trotando a muy baja intensidad. El coeficiente de variación intra-sujetos a lo largo de evaluaciones reportado por Wragg et al (2000) fue de 1,8%, concluyendo los autores que este test específico para evaluar la capacidad de repetir sprints en futbolistas posee una alta confiabilidad. Jens Bangsbo (1994), reportó que generalmente se obtienen valores de entre 9-14 mmol de lactato por litro de sangre a la finalización del test. Las Figuras 14 y 15 muestran tiempos de referencia para futbolistas de diferentes niveles competitivos durante la ejecución de este test.

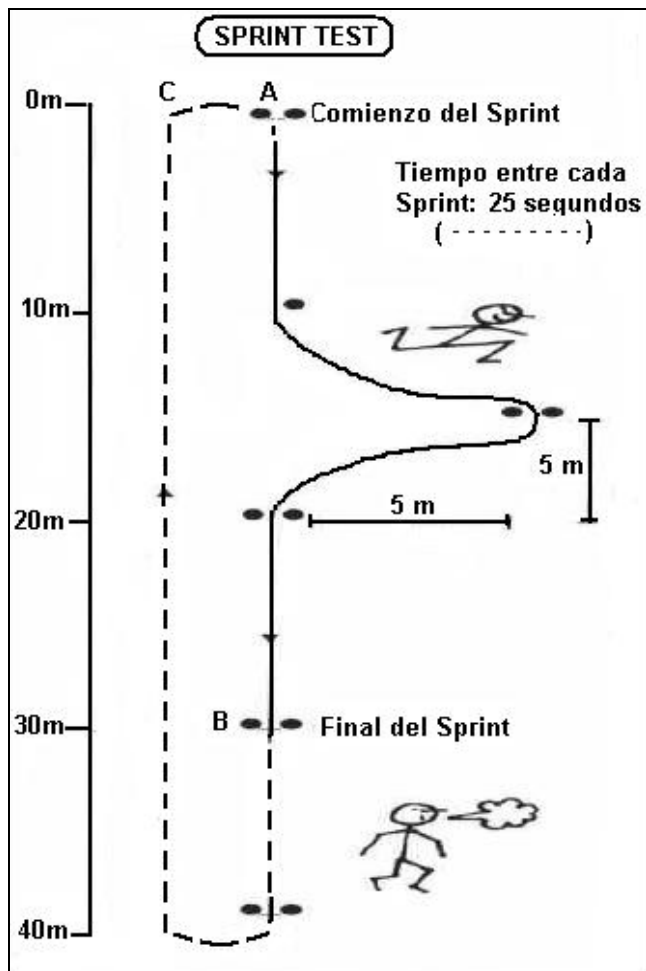


Figura 10. Representación gráfica del Sprint Test propuesto por Jens Bangsbo.

EVALUACION DE LA FUERZA Y LA POTENCIA MUSCULAR

La fuerza máxima es la más alta tensión que puede ser realizada por el sistema neuromuscular durante una contracción voluntaria (1RM), mientras que la potencia es el producto de la fuerza y la velocidad y refiere a la capacidad del sistema neuromuscular de producir el máximo de fuerza posible en un período de tiempo dado. La fuerza máxima es una capacidad básica que influencia el rendimiento de la potencia, un incremento en la fuerza máxima se relaciona generalmente con una mejora de la fuerza relativa (o sea, fuerza máxima/masa corporal) (Wisloff et al, 1998). La relación entre la fuerza máxima y la potencia se manifiesta entre los tests de saltos así como en el resultado del test de sprint de 30 m (Schmidtbleicher, D, 1992). Bangsbo (1994) propuso que incrementando la fuerza de los grupos musculares específicos se puede

eleva la velocidad en los movimientos críticos para el fútbol como los cambios de dirección y de ritmo y la capacidad de sprint. Los altos niveles de fuerza máxima tanto en las extremidades superiores e inferiores pueden prevenir las lesiones en el fútbol mediante el aumento del área cross-seccional de los músculos y la mayor movilidad y fuerza de los tendones y ligamentos (Reilly T, 1994ab). Es por ello que es importante la evaluación de la fuerza muscular dentro de un programa integral de evaluación del rendimiento físico en los futbolistas.

Diferentes estudios han utilizado varios métodos para la evaluación de la fuerza de los futbolistas, la mayoría de ellos han usado equipamiento isocinético (Wilsoff et al, 1998). Según Wilsoff et al (1998), las evaluaciones isocinéticas utilizadas corrientemente para valorar la fuerza y potencia en los jugadores de fútbol no reflejan el patrón de movimiento ni las características funcionales de la fuerza durante un partido, proponiendo que los tests que emplean pesos libres reflejan la fuerza funcional de un jugador de fútbol con mayor precisión. Además, las barras y pesos libres están comúnmente disponibles para la mayoría de los equipos y proveen la posibilidad de desarrollar un buen programa ya sea de entrenamiento como de evaluación funcional de la fuerza en futbolistas.

Wisloff et al 1998, reportaron un nivel de fuerza máxima en el ejercicio de media sentadilla (flexión de rodilla hasta 90°) de $150 \pm 17,2$ kg en 29 futbolistas de primera división de la liga Noruega de fútbol. Este valor de fuerza absoluta representó una fuerza relativa de 1,9 kg movilizados por kg de masa corporal. La altura del salto vertical de esta muestra fue de $54,9 \pm 5,3$ cm, lo cual se encuentra entre los valores tradicionalmente medidos para saltos verticales en futbolistas, los cuales varían entre 50 y 60 cm (Gauffin, H et al, 1989; Green, S. 1990). No obstante, según la opinión de estos autores los futbolistas de elite deberían superar los 60 cm en la altura del salto vertical. Es importante notar que este grupo de investigación encontró una correlación positiva entre el nivel de fuerza máxima en el ejercicio de media sentadilla y la altura del salto vertical ($r = 0.61$, $P < 0.01$). Mientras que los valores de fuerza máxima promedio para el tren superior medidos mediante el ejercicio de press de banco plano fue de $79,9 \pm 13,6$ kg, valor que representó una fuerza relativa de 1 kg movilizado por cada kilogramo de masa corporal (Tabla 9).

No se hallaron diferencias significativas en la fuerza máxima absoluta y relativa para los ejercicios de press de banco plano y media sentadilla entre jugadores de diferentes puestos en el campo de juego. No obstante, la altura del salto vertical fue significativamente superior en los defensores y delanteros comparados con los mediocampistas (Tabla 9). La mayor capacidad de

salto en los defensores y delanteros coinciden con las demandas físicas que impone el juego en los jugadores de los puestos mencionados. Reilly (1976) documentó que los delanteros son los que mas veces saltan en un partido llegando a 20 saltos, mientras que los defensores y mediocampistas saltan 18 y 13 veces, respectivamente.

Posición	Altura (cm)	Masa Coporal (kg)	VO ₂ máx		1MR Sentadilla		Salto vertical (cm)	1 MR Press de Banco	
			Lt/min	ml/kg/min	(kg)	(Kg/peso corp.)		(kg)	(Kg/peso corp.)
Defensores	182,2±4,5	81,3±6,3**	5,0±0,5	61,5±3,3	153,6±27,7	1,9±0,4	55,1±6,5**	83,5±18,1	1,0±0,1
Mediocampistas	179,6±4,2	72,3±7,4	4,8±0,5	66,4±5,7*	130,8±18,6	1,80,2	50,5±4,4	74,6±16,4	1,0±0,2
Atacantes	179,3±5,3	75,6±6,5	4,8±0,8	63,5±3,5	147,5±38	2,0±0,3	57,6±5,1**	79,8±10,7	1,1±0,2

Tabla 9. ** Significativamente mayor que los mediocampistas ($p < 0,05$). *Significativamente mayor que los defensores ($p < 0,05$).

VARIACIONES EN EL PERFIL FISIOLÓGICO DE LOS FUTBOLISTAS DURANTE UNA TEMPORADA

Es importante notar que mientras los atletas de varios deportes pueden llegar a su pico de rendimiento en el período específico de tiempo en el que se produce la competencia, los jugadores de fútbol necesitan estar a su máximo o cerca de su máximo rendimiento a lo largo de toda una temporada competitiva. Por tanto es muy importante conocer como puede variar el rendimiento físico de los futbolistas a lo largo de toda una temporada para estar alertas y prevenir la disminución de ciertas capacidades físicas que deterioren el rendimiento e incrementen el riesgo de sufrir lesiones. Si bien la literatura publicada acerca de los cambios en las características fisiológicas de los futbolistas a lo largo de toda una temporada competitiva es escasa en la presente sección se presentará una breve revisión respecto de este tema.

Aziz A et al (2006), evaluaron 41 futbolistas profesionales pertenecientes a 12 clubes de la Liga de Fútbol de Singapur, la cual tiene una duración de nueve meses, extendiéndose desde Enero a Octubre. En ese período los equipos participantes jugaron entre 36 y 39 partidos. Los jugadores fueron evaluados en cuatro ocasiones: a) inicio de Enero al regreso de vacaciones (OFF), 2) a fines de Febrero, después de la finalización

de la pretemporada (PRE), 3) en Junio, es decir a la mitad del período competitivo (MID) y, 4) en Octubre cerca del final de la temporada (END).

Los futbolistas fueron evaluados en: talla, masa corporal, porcentaje de grasa corporal, consumo de oxígeno, velocidad y salto. El porcentaje de grasa corporal fue medido mediante un analizador de impedancia bioeléctrica. El consumo de oxígeno fue estimado de manera indirecta mediante el multi stage shuttle run test. La velocidad se valoró mediante el uso de fotocélulas, en una distancia de 20 metros. Cada jugador realizó tres sprints y se tomó la mejor velocidad para la distancia de 20 metros y para un parcial de 5 metros. El salto vertical se valoró mediante el test de Sageant, en el que los sujetos parten de la posición de pie con rodillas extendidas, realizan un contramovimiento con las dos piernas y realizan un impulso con los brazos. Este test fue desarrollado en una manta de contacto. Los resultados de las evaluaciones para los diferentes períodos de la temporada son presentados como media ± DS en la Tabla 10.

VARIABLE	OFF	PRE	MID	END
Masa Corporal (kg)	70,6 ± 10,3	69,7 ± 10,1	69,4 ± 9,8	69,7 ± 10,1
Masa Grasa (%)	11,0 ± 2,7	10,6 ± 2,3	10,3 ± 2,3	10,4 ± 2,3
Tiempo de sprint para recorrer 5 mts	1,04 ± 0,06*	1,03 ± 0,06	1,02 ± 0,07	1,00 ± 0,05
Tiempo de sprint para recorrer 20 mts	3,04 ± 0,16*	3,01 ± 0,1	3,00 ± 0,11	2,95 ± 0,09
Salto vertical (cm)	55 ± 5 **	59 ± 5	62 ± 6***	62 ± 6
VO ₂ máx Estimado (ml/kg/min)	52,7 ± 3,4**	55,7 ± 3,1	55,5 ± 3,0	56,0 ± 3,0

Tabla 10. Características Físicas y rendimiento de 41 jugadores de la liga profesional de fútbol de Singapur, al regreso de vacaciones (OFF), después de la finalización de la pretemporada (PRE), a la mitad del período competitivo (MID) y, en Octubre, cerca del final de la temporada (END). *Diferencias significativas entre OFF y los otros tres períodos, $p < 0,01$; **Diferencia significativa entre OFF y END, $p < 0,001$; ***Diferencia significativa entre PRE y MID, $p < 0,01$

Como puede verse en la Tabla 10, aunque existió una tendencia en la disminución de la masa corporal y del porcentaje de masa adiposa a medida que la preparación progresó, las diferencias no fueron significativas. Por otro lado, Ostojic et al (2003) sí reportaron una disminución significativa de la masa adiposa a medida que la temporada avanzaba en un grupo de 30 futbolistas Yugoslavos de elite. Es aparente que durante el receso la mayoría de los futbolistas incrementan su contenido de grasa y su masa corporal, presumiblemente debido a una reducción de la actividad aeróbica y a los cambios en la nutrición y en el comportamiento. Por tanto parece racional aconsejar a los futbolistas de élite a mantener su perfil de actividad relativamente alto, especialmente durante el receso con el objeto de mantenerse físicamente aptos y para prevenir el incremento de la adiposidad corporal.

Con relación a la velocidad, Ostojic et al (2003) hallaron una disminución en los tiempos de sprint de 50 metros desde el período precompetitivo hacia el final de la temporada. (Tabla 11) La principal disminución en los tiempos de sprint en este estudio estuvo correlacionada con una reducción en los porcentajes de grasa corporal ($r=0,98$, $p < 0,05$), es decir que a medida que el contenido de grasa corporal disminuyó durante la temporada, los jugadores se volvieron más rápidos. En concordancia con estos

datos, Aziz et al (2006) también reportaron una correlación significativa entre la grasa corporal y los tiempos de sprints de 5 m ($r = 0,35$, $p < 0,05$) y 20 m ($r=0,43$, $p < 0,01$), en los períodos de PRE y MID. La causa de esta relación puede basarse en que el exceso de tejido adiposo actúa como una carga indeseable en actividades como el fútbol, en la cual el peso corporal debe ser levantado repetidamente en contra de la gravedad (Morris et al 1996, Ostojic et al 2001). A partir de estos datos podríamos decir que existe una tendencia de los jugadores a incrementar su porcentaje de masa adiposa durante los períodos de transición y que con el comienzo del entrenamiento los niveles de grasa corporal comienzan progresivamente a disminuirse. Es factible también que la disminución de la masa adiposa pueda afectar positivamente a la velocidad de sprint, no obstante no hay que tomar esta asociación como una relación causa-efecto, ya que son muchas las variables que pueden afectar el incremento de la velocidad de carrera de los futbolistas, como por ejemplo una disminución de las cargas aeróbicas y un mayor énfasis puesto sobre el desarrollo de la velocidad hacia la parte final de los períodos pre-competitivos y competitivos. De todos modos las mediciones repetidas del rendimiento de sprint y la estimación del porcentaje de grasa corporal por medio de métodos simples se presentan como una herramienta útil para proveer información respecto al rendimiento del futbolista.

VARIABLES	PRE I	SS	MS	ES	PRE II
Masa Corporal	77,8±6,3	78,0±6,1	76,8±6,1 ^{1,2}	74,8±6,0 ^{1,2}	77,2±7,6
Contenido de grasa (%)	11,5±2,1	10,2±2,9 ^{5,6}	10,2±2,9 ^{5,6}	9,6±2,5 ^{1,2,3,4}	12,6±3,3
Tiempo de 50 m de sprint (seg)	7,5±0,6 ⁹	7,2±0,5 ^{5,6}	7,1±0,5 ^{1,2,4}	7,1±0,5 ^{1,2,4}	7,6±0,5

Tabla 11. Masa corporal, contenido corporal de grasa, masa libre de grasa, y tiempos de sprint de 50 m durante el estudio ($n=30$). PRE I, primer período de acondicionamiento; SS, inicio de la temporada; MS, mitad de temporada; ES, fin de temporada; PRE II, segundo período de acondicionamiento; FEM, masa libre de grasa. ¹Diferencias estadísticamente significativas a una $p < 0,05$ para ES vs. PRE I; ²Diferencias estadísticamente significativas a una $p < 0,05$ para ES vs. SS; ³Diferencias estadísticamente significativas a una $p < 0,05$ para ES vs. MS; ⁴Diferencias estadísticamente significativas a una $p < 0,05$ para ES vs. PRE II; ⁵Diferencias estadísticamente significativas a una $p < 0,05$ para MS vs. PRE I; ⁶Diferencias estadísticamente significativas a una $p < 0,05$ para MS vs. PRE II; ⁷Diferencias estadísticamente significativas a una $p < 0,05$ para SS vs. PRE I; ⁸Diferencias estadísticamente significativas a una $p < 0,05$ para SS vs. PRE II y ⁹Diferencias estadísticamente significativas a una $p < 0,05$ para PRE I vs. PRE II.

El incremento significativo del 5,7% en el VO_2 máx estimado del período OFF hasta la fase PRE reportado por Aziz et al (2006) (Tabla 10) es bastante elevado debido a un nivel relativamente bajo de acondicionamiento aeróbico y/o a la concentración de cargas de tipo aeróbico al inicio de la pretemporada. El mantenimiento del acondicionamiento aeróbico por el resto de la temporada coincide con otros estudios (Heller et al, 1992, Casajus 2001, Dunbar 2002, Impellizzeri et al 2006).

En concordancia con lo anteriormente mencionado, Krustup et al (2003) reportaron que el rendimiento en el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 1 en 10 futbolistas de elite fue de 1796 ± 59 m antes del período preparatorio, y fue un $25 \pm 6\%$ mejor al inicio de la temporada competitiva (211 ± 70 m). Al final del período competitivo, la distancia media cubierta si bien fue menor, ésta no fue significativamente alterada (2103 ± 68 m) (Figura 11). El mismo grupo de investigación reportó que en un grupo de 15 futbolistas de Primera División, el rendimiento en el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2 fue de 928 ± 21 y 1033 ± 45 m en la mitad y al final de la fase de preparatoria de 8 semanas, que representaron el 27 ± 4 y $42 \pm 8\%$ más ($p < 0,05$) que al inicio del período preparatorio (Figura 12). Durante la mitad del período competitivo la distancia recorrida en el test fue de 964 ± 39 m, la cual si bien fue menor no fue significativamente diferente a la distancia recorrida al inicio del período competitivo. En este trabajo los autores reportaron que solo cuatro de los quince jugadores incrementaron el rendimiento en este test, mientras que nueve disminuyeron la distancia recorrida entre 40 y 400 m. Los autores propusieron que el hecho de que el 60% de los futbolistas hayan disminuido el rendimiento en el test Yo-Yo RI2 podría sugerir que los futbolistas no hayan estado realizando suficiente entrenamiento aeróbico durante el período competitivo. En concordancia con esto Mohr et al (2002), reportaron que los jugadores reducen significativamente su nivel de acondicionamiento aeróbico hacia el final del período competitivo.

Con respecto al salto vertical Aziz et al 2006, reportaron un incremento significativo en la altura del salto del período OFF al período PRE, y del período PRE al período MID (Tabla 10). Debido a estos cambios los autores propusieron que los cambios en el salto vertical durante la temporada podrían ser un indicador sensible del estado de entrenamiento de los jugadores.

En función de los datos presentados podríamos concluir que:

- El contenido de grasa corporal tiende a disminuir en los jugadores desde el período precompetitivo hacia el período competitivo.
- La velocidad de sprint se incrementa hacia el final del período pre-competitivo y mantiene esta tendencia durante el período competitivo.
- La capacidad de resistencia se incrementa rápidamente durante el período precompetitivo hasta el inicio de la competencia. Posteriormente existen dos tendencias, la resistencia puede mantenerse o disminuirse debido a una carencia en los volúmenes de entrenamiento de la resistencia durante el período competitivo. Es por ello muy importante monitorear los cambios en la resistencia durante el período competitivo debido a la importancia de esta capacidad para el rendimiento. Para hacerlo pueden implementarse los tests submáximos sugeridos anteriormente.
- La potencia medida a través del salto vertical mejora desde el período pre-competitivo hacia el período competitivo

Este autor no ha encontrado datos acerca de la variación de la capacidad de realizar sprints repetidos a lo largo de una temporada.

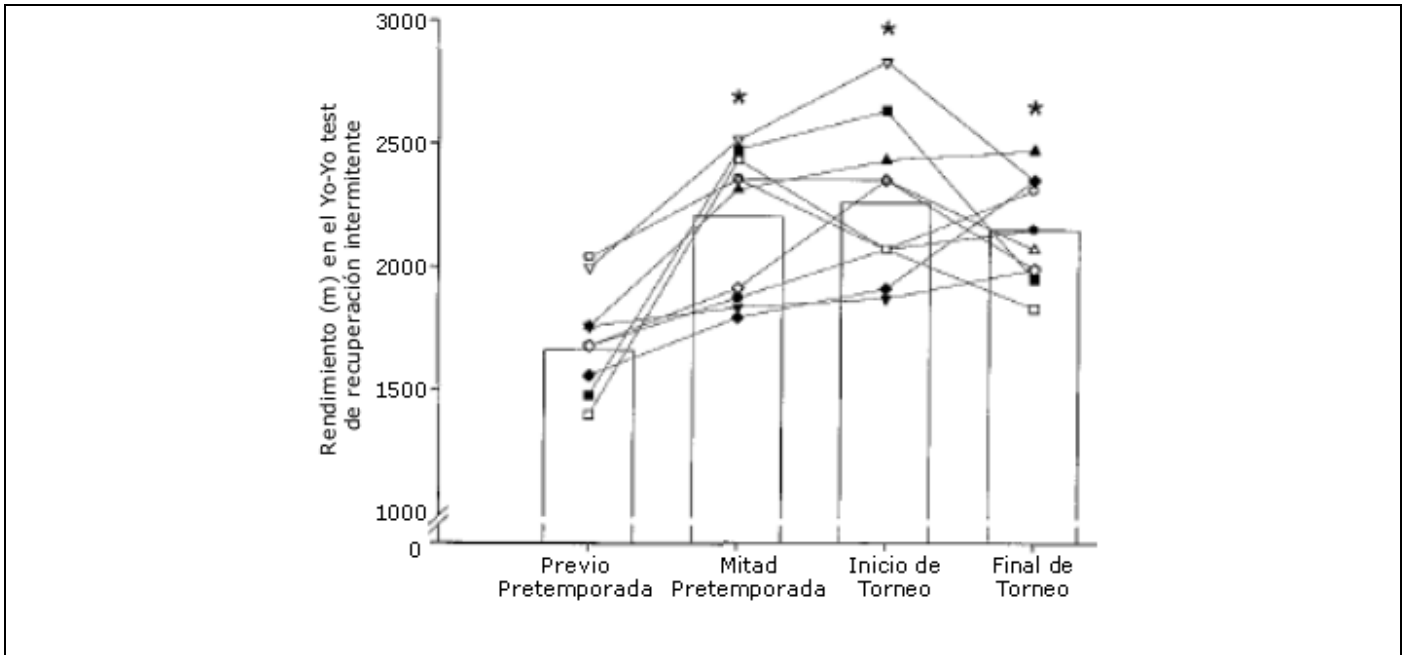


Figura 11. Cambios del rendimiento en el test Yo-Yo de recuperación intermitente durante diferentes períodos de la temporada. *Denota diferencias significativas respecto al período pre-competitivo.

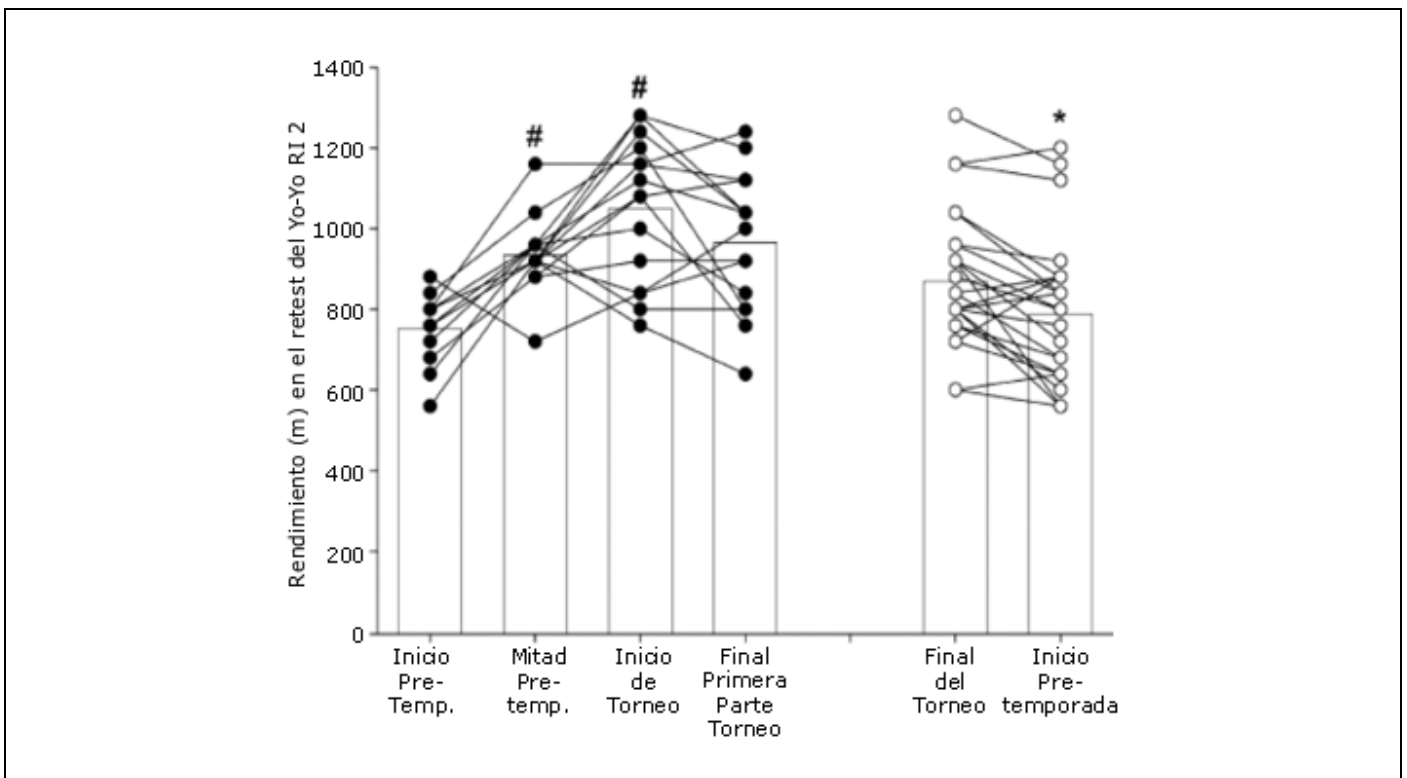


Figura 12. Rendimiento en el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2 en futbolistas de elite durante diferentes períodos. Se presentan los valores medios e individuales. *Significativamente diferente del final de la temporada; # significativamente diferente del inicio de la preparación.

VARIACIONES EN EL RENDIMIENTO FÍSICO EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE COMPETITIVO DE LOS FUTBOLISTAS

Un importante tópico de investigación que todavía no se ha desarrollado de manera suficiente en el área de evaluación, se relaciona al análisis de la variación del rendimiento físico en futbolistas de diferentes niveles de competitivos. Sampaio y Maçãs (2006) propusieron que esta información puede ser muy importante para delinear el perfil fisiológico, la identificación de talentos y la selección de jugadores. Adicionalmente, puede guiar a los entrenadores de manera más efectiva a los largo del programa de entrenamiento desarrollado durante la temporada y también puede proveer una ayuda a los preparadores físicos para entender las diferencias de rendimiento entre diferentes jugadores.

Para analizar si existen diferencias en la capacidad de resistencia en futbolistas de diferentes niveles competitivos Krustup et al 2006, analizaron el rendimiento durante el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2 en jugadores de nivel internacional, en jugadores de primera y segunda

división, y en jugadores de elite sub-19. Recordemos que el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2 cuantifica la capacidad del futbolista para repetir esfuerzos intermitentes de alta intensidad con un gran componente anaeróbico. En este test los futbolistas de elite cubrieron una distancia un 37% mayor en el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2 en comparación a jugadores de segunda división (1059 ± 35 vs 771 ± 26 m). Es importante notar que solo 2 de 35 futbolistas de elite corrieron menos de 760 m, mientras que este fue el caso para ocho jugadores de primera División. Como puede verse en la Figura 13 a medida que desciende el nivel competitivo de los jugadores también disminuyen el rendimiento en el test. Estos resultados son lógicos según lo expresado por este grupo de investigación, ya que el fútbol a un alto nivel es caracterizado por la ejecución de una gran cantidad de ejercicios a una elevada tasa de esfuerzo. Por tanto el rendimiento durante el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2 es lo suficientemente sensible como para detectar cambios en la capacidad de rendimiento entre futbolistas de diferentes niveles competitivos.

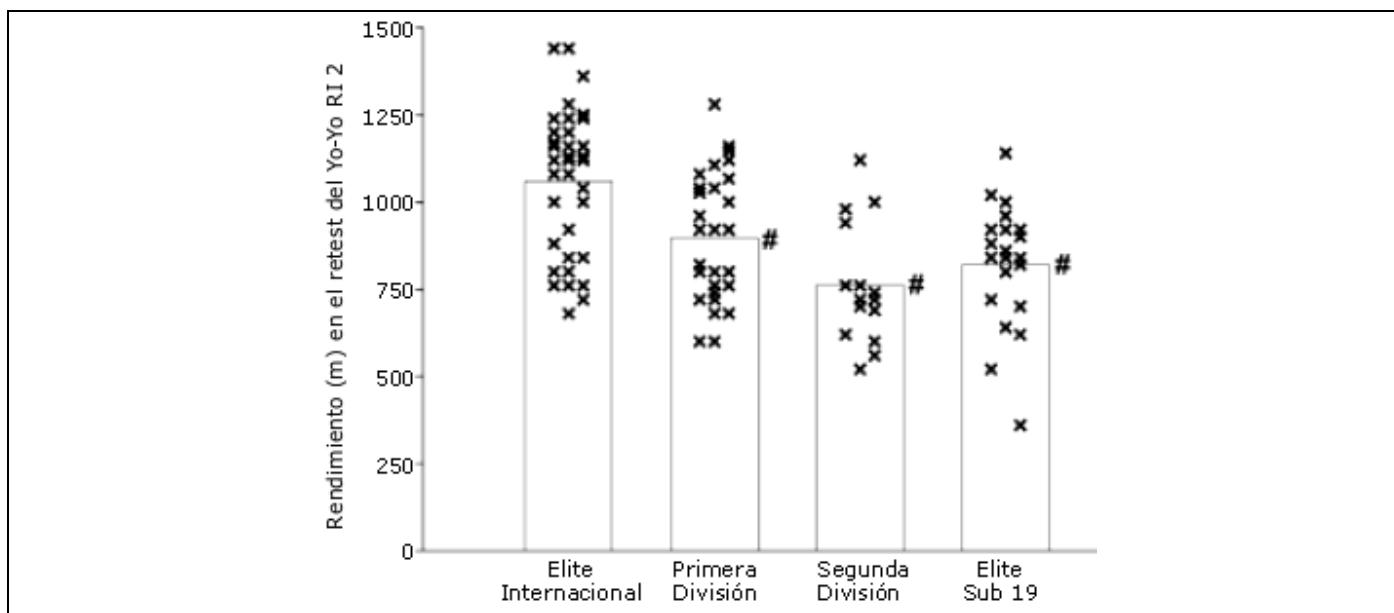


Figura 13. Rendimiento en el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel 2 para jugadores profesionales de diferentes niveles competitivos, es decir, futbolistas de elite internacional ($n = 35$), jugadores de primera división ($n = 36$), jugadores de segunda división ($n = 15$), y jugadores de elite juveniles ($n = 21$). Son presentados los valores medios e individuales. #Significativamente diferente a los jugadores de nivel de elite internacional.

Por otra parte, Sampaio J y Maçãs V. (2006) compararon el rendimiento logrado durante el sprint test por jugadores de diferentes niveles competitivos. La característica de la muestra evaluada es presentada en la Tabla 12. Recordemos brevemente que el sprint

test consiste en la ejecución de 7 sprints de 32, 4 mts separados por una pausa de recuperación de 25 segundos a lo largo de un circuito que es presentado en la Figura 10.

Grupo	Nivel de Competición	Edad (años)	Masa Corporal (kg)	Altura (m)	Sesiones de entrenamiento por semana
G1 (n=19)	1 ^{ra} División Nacional	26 ± 3	72,7±5,5	1,77±5,6	7
G2 (n=17)	2 ^{da} División Nacional	24 ± 2	70,4 ± 6,1	1,76±4,4	7
G3 (n=30)	1 ^{ra} División Regional	29 ± 5	76,5 ± 8,2	1,73±4,3	3
G4 (n=24)	Sub 16 años		60,7 ± 4,4	1,70±3,9	5
G5 (n=32)	Sub 14 años		55,1±5,3	1,66±5,9	4
G6 (n=24)	Sub 12 años		46,8±5,7	1,50±6,0	3

Tabla 12. Los valores son presentados como media ± DS.

La Figura 14 muestra las medias de los siete sprints para cada grupo, mientras que la Figura 15 muestra los tiempos promedios para los siete sprints en todos los grupos. Como puede verse en ambas figuras existe una

clara interacción entre el nivel competitivo y la capacidad de rendimiento durante el ejercicio de sprints repetido.

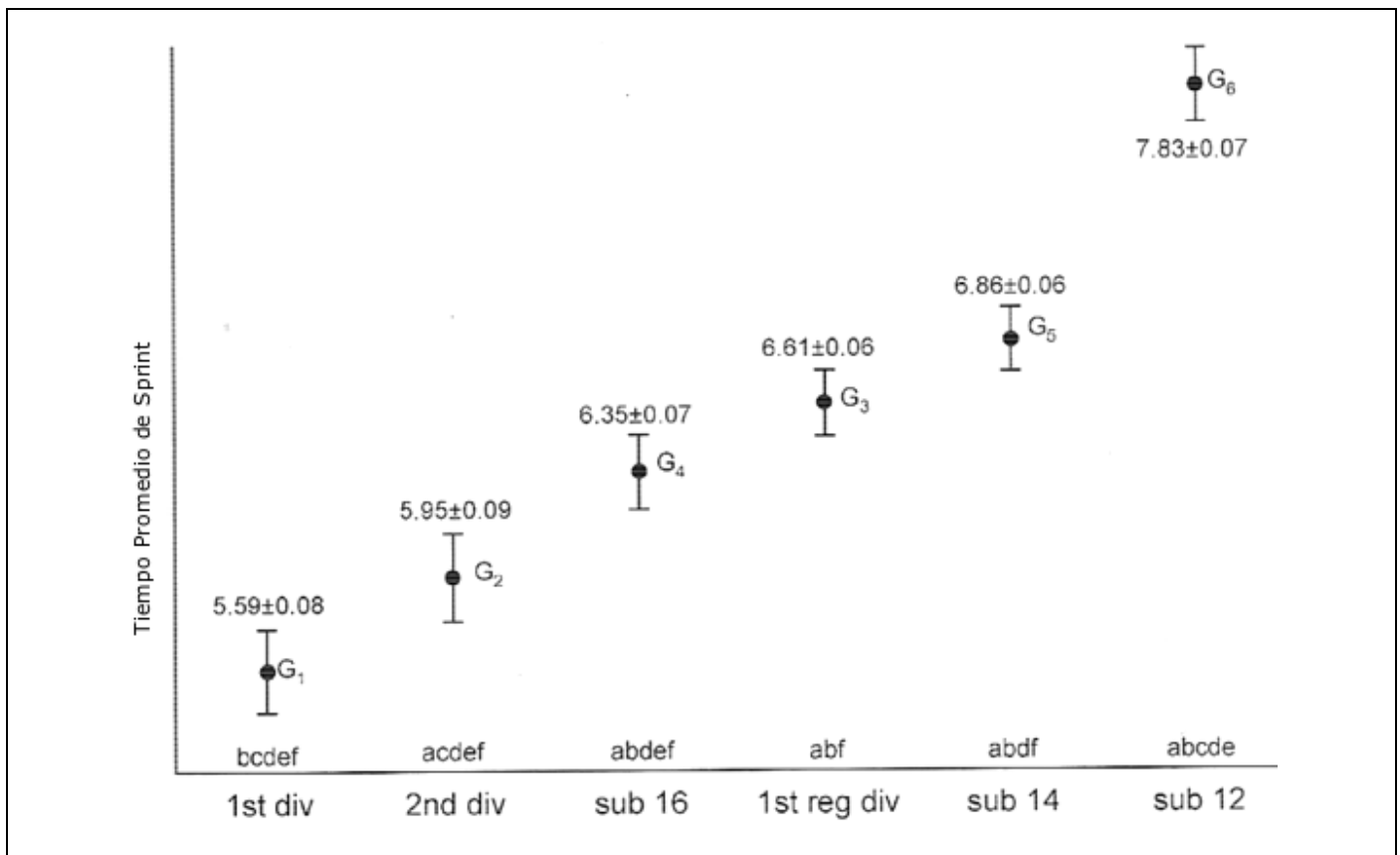


Figura 14. Promedio del tiempo de sprint en los diferentes niveles de competición. A: significativamente diferente a G1; b: significativamente diferente a G2, c: significativamente diferente a G3, d: significativamente diferente a G4, e: significativamente diferente a G5, f: significativamente diferente a G6.

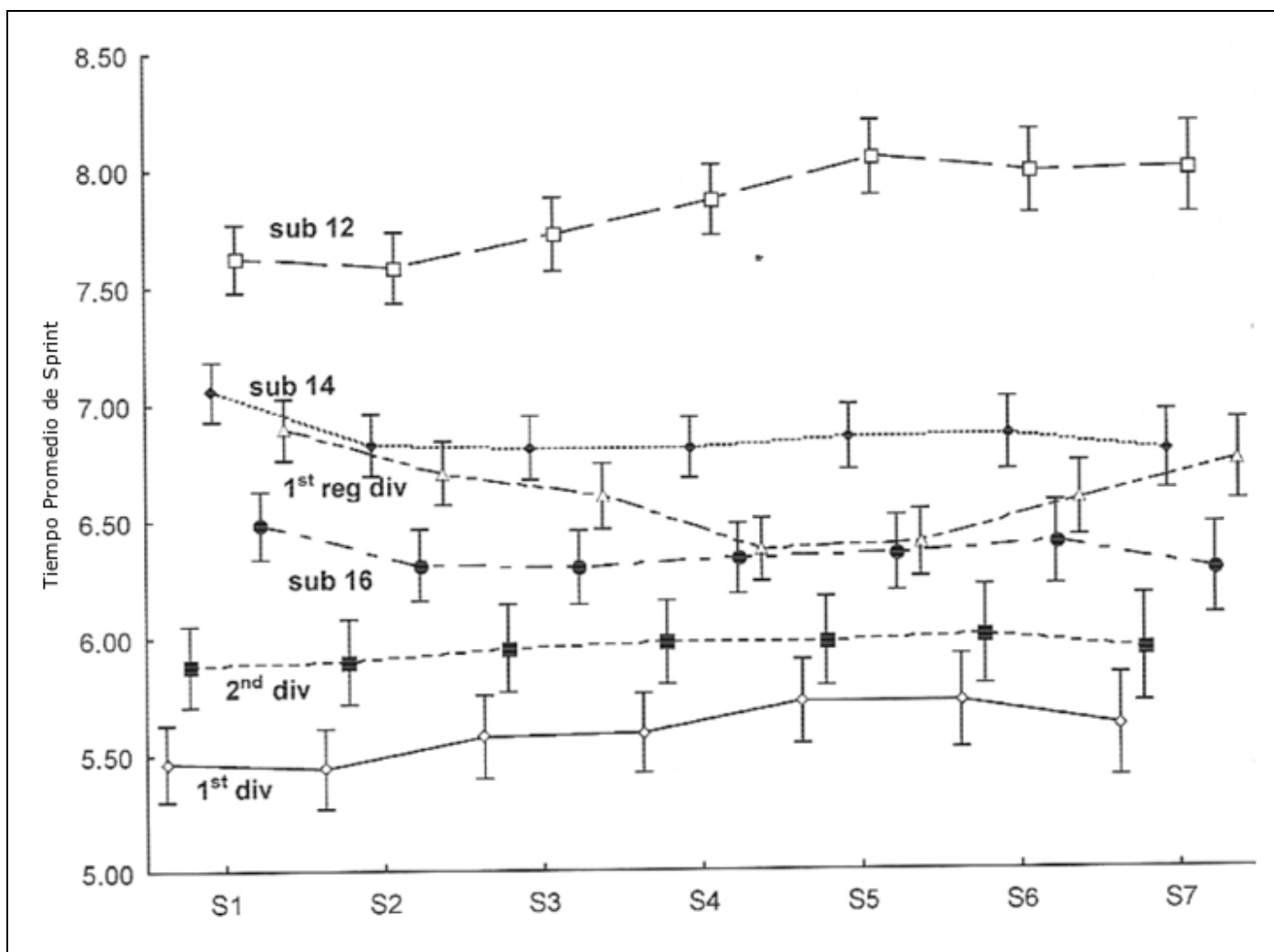


Figura 15. Promedio del tiempo de cada sprint en los diferentes grupos.

Coincidiendo con estos datos Power et al (2006), reportaron una diferencia significativa entre 42 jugadores del primer equipo y 18 jugadores reservas de la Premier League en el rendimiento durante un test de sprint repetidos que consistió en realizar 8 sprints de 40 m (incluyendo dos cambios de dirección) con intervalos de 20 segundos (Dunbar and Woledge, 1995). Es importante notar que no se reportaron diferencias significativas en el tiempo de sprint para recorrer 10 y 20 m lineales, ni en la altura del salto vertical (Tabla 13). El mayor rendimiento de los jugadores del primer equipo en el test de sprint repetidos en comparación a los jugadores reservas parece deberse a un mejor acondicionamiento específico, ya que la velocidad básica lineal de los dos

equipos es similar. Los hallazgos reportados demuestran que la velocidad lineal en 10 y 20 mts y el salto vertical no son variables del rendimiento físico capaces de discriminar el nivel de los jugadores evaluados en esta muestra. No obstante, se presentaron diferencias significativas en los dos tests que presentaron cambios de dirección. En el test de Illinois de carrera de agilidad y en el test de sprint repetido evaluados en este estudio (Dunbar and Woledge, 1995) se requieren rápidas aceleraciones y desaceleraciones. Según los autores de este trabajo, el factor de desaceleración es usualmente subestimado en los programas acondicionamiento físico de los jugadores de fútbol.

Nivel de Juego	10 m	20 m	Salto vertical	Agilidad	Sprint Repetidos
Primer Equipo (n= 42)	1,74 ±0,07	3,01±01	60,9±6,8	14,60±0,39*	8,17±0,19*
Reservas (n= 18)	1,73±0,06	2,98±0,09	59,9±4,5	14,99±0,45	8,27±0,18

Tabla 13. Medias ± DS en el perfil de rendimiento físico en función del nivel de juego de los futbolistas. *Significativamente diferente de las reservas (P<0,05).

Continuando con el análisis de las variables de rendimiento físico que puedan explicar el nivel competitivo de los jugadores, se presenta la Tabla 14 la cual muestra los resultados de un trabajo realizado por Dunbar y Treasure (2006) en el que se analizó el perfil del rendimiento físico en 89 futbolistas de la premier league, 68 de los cuales pertenecían al primer equipo, mientras que 28 pertenecían al equipo reserva. Al igual que en el trabajo de Power et al (2006), el salto vertical y la velocidad lineal en 10 y 20 m no fueron capaces de discriminar el nivel competitivo de los jugadores de la muestra evaluada. Aunque hubo una tendencia hacia un mayor rendimiento en el test de carrera de agilidad de Illinois para los jugadores del primer equipo, al igual que en el trabajo de Power et al (2006), la diferencia no alcanzó significancia estadística en este trabajo. Por otro lado los jugadores del primer equipo presentaron un mejor rendimiento en el test de sprint repetidos (Dunbar and Woledge, 1995) y un mejor estado de acondicionamiento aeróbico indicado por la velocidad de carrera a la cual se alcanza una concentración de

lactato de 2 mmol/L. La información provista por este trabajo es coincidente con los datos aportados por Krustup et al 2006, Sampaio J y Maçãs V. 2006, y Power et al 2006.

Si bien ésta es un área de investigación poco desarrollada dentro de las ciencias aplicadas al fútbol, a la luz de la evidencia presentada podríamos establecer que las variables de rendimiento físico que influyen el nivel competitivo de los futbolistas, se relacionan con la agilidad con especial hincapié en la capacidad de cambiar de dirección frenar y arrancar; con la capacidad de repetir sprints evitando la fatiga, lo que implica recuperarse del ejercicio intenso en cortos intervalos de tiempo; y por el grado de acondicionamiento aeróbico. Por tanto, una mayor atención hacia el desarrollo de estas capacidades podría repercutir favorablemente en el rendimiento físico de los futbolistas. No obstante, hacen falta más trabajos para arribar a conclusiones definitivas con respecto a este tema.

Nivel de Juego	10 m	20 m	Salto Vertical	Agilidad	Sprints Repetido	V-2 mmol/l (km/h)
Primer equipo	1,73±0,08	2,98±0,20	57,37±7,9	14,62±0,39	8,22±0,19*	14,82±1,1**
Reservas	1,71±0,06	2,97±0,09	54,74±7,2	176±0,43	8,31±018	13,87±0,83

Tabla 14. Media ± DS del perfil de rendimiento físico de los futbolistas en función del nivel de juego; *p<0,05; **p<0,01. Tomado de Dunbar y Treasure (2006).

ENTRENAMIENTO FISICO EN EL FUTBOLISTA

El objetivo de la preparación física en fútbol es permitirle al jugador cumplir con las demandas físicas del deporte, y asegurarle que pueda utilizar sus habilidades técnicas a lo largo del partido (Bangsbo 1994b).

ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA

La resistencia aeróbica es dependiente de los siguientes factores: a) del máximo consumo de oxígeno (VO₂máx), b) del umbral anaeróbico, y c) de la eficiencia mecánica (Pate R y Kriska A, 1984). El VO₂máx es definido como el máximo consumo de

oxígeno que puede ser alcanzado durante un ejercicio dinámico realizado con una gran masa muscular (Wagner P, 1996). El umbral anaeróbico es definido como la máxima intensidad de ejercicio, frecuencia cardiaca, o consumo de oxígeno durante una actividad dinámica que involucra una gran masa muscular, en la que la producción y remoción de lactato es casi la misma (Helgerud et al, 1990). Si bien Reilly (1994c) ha propuesto que la intensidad de ejercicio que mantiene un futbolista durante un partido es cercana al umbral anaeróbico, los jugadores no realizan ejercicio durante largos períodos de tiempo en la zona del umbral, pero si por encima del umbral (acumulando lactato) o por debajo del umbral (removiendo lactato) (Helgerud et al, 2001). El umbral anaeróbico también puede cambiar sin que suceden cambios en el VO₂máx, y un mayor umbral láctico significa en teoría que un jugador puede

mantener una intensidad promedio más elevada en una actividad sin una elevada acumulación de lactato. La eficiencia mecánica es definida como el costo de oxígeno a una intensidad de ejercicio submáximo, y una diferencia tan alta como del 20% en la eficiencia mecánica se ha encontrado en deportistas entrenados en resistencia con un mismo nivel de VO₂máx (Helgerud et al, 1990). De manera muy interesante Hoff, J. y B. Almåsbaek 1995, demostraron que el rendimiento aeróbico puede incrementarse mejorando la eficiencia mecánica con un régimen de entrenamiento de la fuerza, sin afectar el máximo consumo de oxígeno ni el umbral anaeróbico. Este hecho nos demuestra las importantes interrelaciones que existen entre las diferentes capacidades motoras a la hora de potenciarse para incrementar el rendimiento. Para Bangsbo (1994b) el entrenamiento aeróbico tiene el potencial de mejorar la capacidad de un jugador para mantener una elevada tasa de esfuerzo a lo largo de todo un partido, y también podría minimizar la disminución del rendimiento técnico y los lapsos de pérdida de concentración inducidos por la fatiga hacia el final de los juegos. En este escenario, una correcta programación de las cargas aeróbicas de entrenamiento es vital para mejorar el acondicionamiento físico de los futbolistas.

Helgerud et al 2001, realizaron un estudio con 19 futbolistas juveniles de elite (edad: 18,1±0,8 años; altura: 181,3±5,6 cm; masa corporal: 72,2±11,1 kg) de los equipos Nardo y Strindheim de la Liga Noruega de fútbol. Los sujetos fueron divididos en dos grupos, grupo experimental (n= 10) y grupo control (n= 9). El grupo experimental realizó un entrenamiento aeróbico intervalado, que consistió en 4 series x 4 minutos a una frecuencia cardiaca de entre 90-95% de la frecuencia cardiaca máxima, con 3 minutos de pausa activa en la que los jugadores corrían a una intensidad entre el 50-60% frecuencia cardiaca máxima. El entrenamiento se llevó a cabo dos veces por semana durante un período de 8 semanas. Mientras que el grupo experimental realizaba el entrenamiento intervalado, los sujetos que pertenecían al grupo control realizaban entrenamiento técnico como drilles de cabezazo, práctica de tiros

libres, y ejercicios relacionados con la recepción y conducción del balón. No hubo diferencias significativas en el VO₂máx previo al período experimental entre los sujetos del grupo control y experimental. Sin embargo, luego de las 8 semanas de entrenamiento el grupo experimental incrementó significativamente el máximo consumo de oxígeno de 58.1±4.5 mL/kg/min a 64.3±3.9 mL/kg/min que representó un 10,8% (p<0.01); el umbral de lactato de 47.8±5.3 mL/kg/min a 55.4±4.1 mL/kg/min, es decir un 16% (p<0.01); y la economía de carrera también se incrementó en un 6.7% (p<0.05). El grupo control no mostró cambios en ninguno de los parámetros mencionados (Tabla 15). Es importante notar que las mejoras del VO₂máx, del umbral láctico y de la economía de carrera, logradas por el grupo experimental se relacionaron con un incremento del rendimiento de los jugadores durante los partidos, ya que la distancia total cubierta durante un partido aumento en un 20% (p<0,01), el numero de sprints se incrementó en un 100% (p<0,01), la cantidad de veces que un jugador tuvo contacto con el balón aumento en un 24% (p<0,05), y el tiempo invertido a alta intensidad demostrado a partir de la FC durante el partido (Figura 16).

	Grupo Experimental		Grupo Control	
	Antes	Después	Antes	Después
VO₂máx				
L/min	4,25±1,9	4,59±1,4	4,06±0,95	4,11±0,9
ml/kg/min	58,1±4,5	64,3±3,9	58,4	59,5
Umbral Láctico				
L/min	3,5±0,4	3,96±0,3	3,5±0,4	3,46
ml/kg/mi	47,8±5,3	55,4±4,1	49,5±3,3	50,0
%VO ₂ máx	82,4±3,1	86,3±2,1	86,2±3,7	84,2
%FC máxima	87,4±2,3	87,6±2,4	89,2±3,1	88,7
Km/h	11,1±0,7	13,5	11,7±0,4	11,5
Eficiencia Mecánica				
ml·kg ^{-0,75} ·min ⁻¹	0,75	0,70	0,75	0,74

Tabla 15. *p<0.05. Tomada a partir de Helgerud et al, 2001.

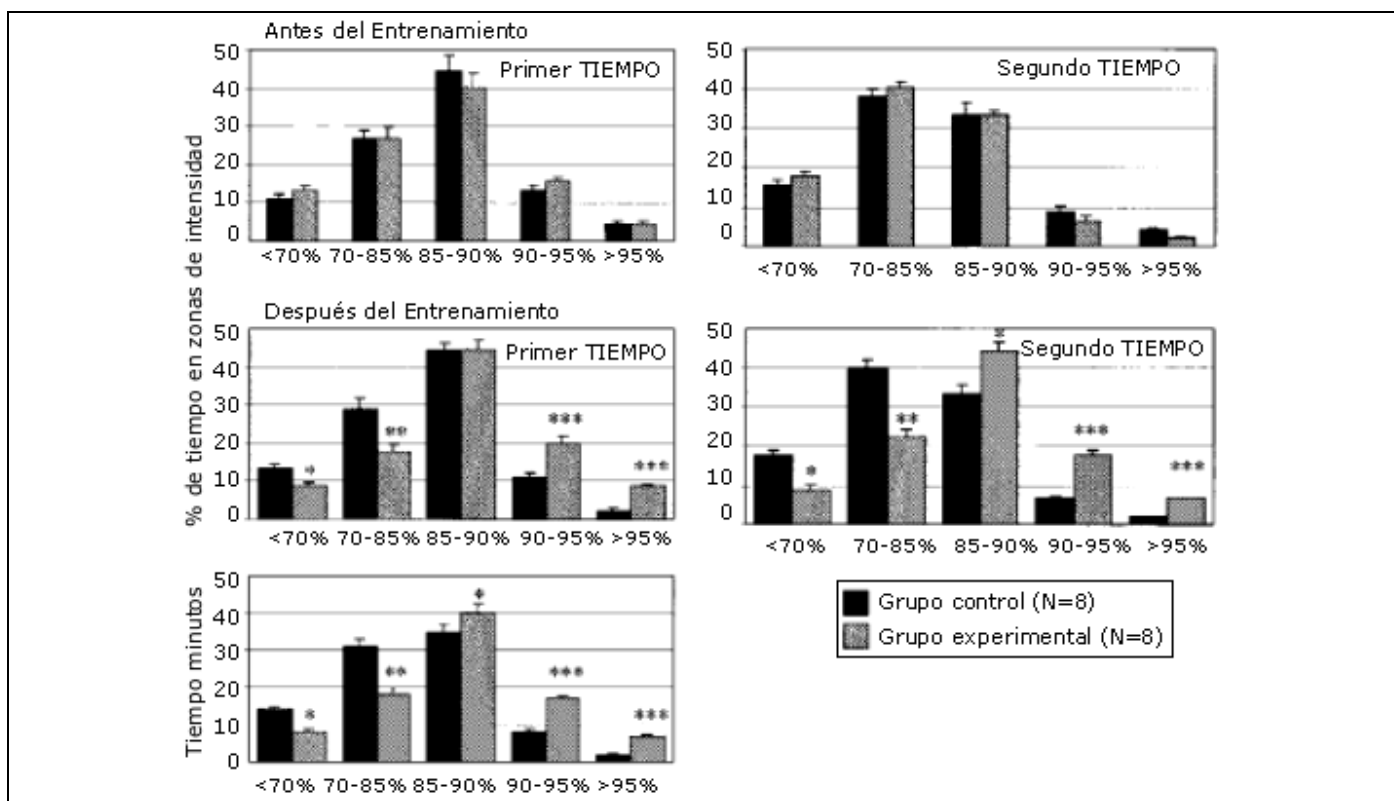


Figura 16. Los paneles superiores muestran el tiempo invertido en las diferentes zonas de intensidad en el primer y Segundo tiempo. Las intensidades son expresadas en relación a la frecuencia cardíaca máxima. Los paneles medios muestran el valor correspondiente después de las 8 semanas de entrenamiento para los grupos experimental y control. El panel inferior muestra el tiempo invertido en diferentes intensidades durante el partido luego del período de entrenamiento. Los valores se muestran como medias \pm DS. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$, diferencias significativas con el grupo entrenamiento. Tomado de Helgerud et al, 2001.

Es importante notar que previo a esta investigación solo se había descrito una relación entre el acondicionamiento aeróbico y el rendimiento en el fútbol en estudios de carácter transversal. Por tanto los estudios previos habían demostrado que los equipos con mayor VO_2 máx promedio tuvieron más éxito en el posicionamiento final de un torneo (Apor 1988, Tabla 16), o que los jugadores con mayor VO_2 máx recorrían mas distancia durante un partido (Smaros, 1980). No obstante, ningún estudio previo había establecido si la mejora del acondicionamiento aeróbico lograda por el entrenamiento en un breve período de tiempo (en este caso 8 semanas), puede ser suficiente como para trasladarse a mejoras tangibles del rendimiento del jugador durante partidos competitivos de fútbol, como lo hicieron Helgerud et al, 2001. Por otro lado, este estudio demostró que el entrenamiento intervalado entre el 90-95% de la FC máxima durante 4 series de 4 minutos con 3 minutos de pausa activa fue eficaz para el incremento del VO_2 máx en futbolistas con un buen acondicionamiento aeróbico (VO_2 máx previo a la intervención = $58,1 \pm 4,5$ ml/kg/min). Hoff et al (2002), propusieron que este método de entrenamiento podría

ser eficaz para elevar el consumo de oxígeno de futbolistas con valores de VO_2 máx de entre 55 y 65 ml/kg/min. Para optimizar las cargas de entrenamiento en futbolistas con mayor nivel VO_2 máx podrían necesitarse intervalos de trabajo más largos, o sumar un mayor número de series de ejercicio; mientras que lo contrario sería lo óptimo para futbolistas con valores de consumo máximo de oxígeno inferiores a 55 ml/kg/min. Wisloff et al 1998, reportaron que el entrenamiento intervalado, con una intensidad superior al 90% de la FC máxima, incrementa principalmente el gasto cardiaco, el cual es el principal limitante del máximo consumo de oxígeno. Estos datos presentados coinciden con la propuesta realizada por Bangasbo (1994b) para el entrenamiento aeróbico de alta intensidad en el futbolista.

Posición Final en el Campeonato	Máximo Consumo de Oxígeno
1 ^o	66,6 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹
2 ^o	64,3 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹
3 ^o	63,3 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹
5 ^o	58,1 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹

Tabla 16. Relación entre el VO₂máx relativo promedio de un equipo y su posición final en el Campeonato Húngaro de Fútbol. Tomado de Apor '88.

Un tópico de corriente debate entre los preparadores físicos en el fútbol es si el entrenamiento físico con pelota, al cual se lo reconoce como más motivante para el jugador, puede ser lo suficientemente intenso como para promover las adaptaciones fisiológicas necesarias para incrementar el rendimiento durante los partidos. Según la opinión de Bangsbo J (1994b), una gran parte de la preparación física en el fútbol debería realizarse con la pelota, debido a que esta situación presenta varias ventajas. En primer lugar, se entrenan los grupos musculares específicos utilizados en este deporte. En segundo término, los jugadores desarrollan las habilidades técnicas y tácticas en condiciones similares al juego. En tercer lugar, esta forma de entrenamiento brinda una mayor motivación para los jugadores, en comparación el entrenamiento sin pelota. Sin embargo, Bangsbo (1994b) también propuso que cuando se entrena con la pelota, los jugadores podrían no trabajar de manera suficientemente intensa, ya que varios factores, como las limitaciones tácticas, pueden disminuir la intensidad del ejercicio. En concordancia con esto, Helgerud J et al (2001) y Hoff y Almåsbaek (1995) propusieron que es poco probable que el hecho de jugar al fútbol *per se* provea una suficiente intensidad de ejercicio como para incrementar el VO₂máx de manera importante. Otro problema que surge a la hora de plantear ejercicios o de partidos reducidos para el desarrollo de la resistencia aeróbica es la cuantificación de la carga de entrenamiento; variable que se encuentra totalmente resuelta en el entrenamiento genérico (es decir, sin pelota) de la resistencia. Para controlar la intensidad del ejercicio durante el entrenamiento genérico intervalado se ha utilizado la monitorización de la FC, esta metodología se basa en que la FC aumenta de forma “casi lineal” con el consumo de oxígeno y con la carga de trabajo (Costill y Willmore 2003 y Åstrand y Rhordal 1993). En un mismo sujeto, sin que cambie su estado de entrenamiento la variación día a día de la FC a una captación de oxígeno determinada es menor de 5 latidos·min⁻¹(Åstrand y Rhordal 1993). Por tanto, obteniendo la relación individual entre FC y VO₂ en un sujeto en el laboratorio se puede conocer para cada

valor de FC el Consumo de Oxígeno correspondiente. De esta manera las FC de cada jugador pueden ser transformadas a VO₂. Con esta metodología, midiendo la FC durante los partidos o ejercicios técnicos puede conocerse con bastante exactitud el consumo de oxígeno durante los juegos. En este tipo de actividades, sin embargo, factores como la concentración en los compañeros y adversarios y el control de la pelota, sumado a la ansiedad causada por las situaciones de juego pueden resultar en una elevación de la FC por encima de lo que refleja la propia carga de trabajo (Herd 1991, Blix et al, 1974). Además, la naturaleza del juego es intermitente lo cual implica que el jugador esta permanentemente variando su tasa de esfuerzo, mientras que la relación FC-VO₂ obtenida en el laboratorio se establece en base a un test continuo e incremental, en el que el aumento de la carga se realiza a intervalos regulares. Con el objeto de analizar si la relación FC-VO₂ obtenida durante el ejercicio continuo incremental se mantenía en el ejercicio intermitente con variación frecuente de la intensidad de ejercicio, Bangsbo (1994d) evaluó esta relación durante las condiciones de ejercicio mencionadas. El ejercicio intermitente consistió en alternar una velocidad de carrera alta con otra baja, de 15 y 10 segundos respectivamente. Se encontró la misma relación entre VO₂ y FC sobre un gran rango de tasas de trabajo (Figura 17). Por tanto se propuso que la relación obtenida entre FC y VO₂ durante el ejercicio continuo incremental puede transferirse con escaso margen de error al ejercicio de tipo intermitente y de esta manera estimarse el consumo de oxígeno durante actividades específicas del fútbol a partir de la FC con una buena confiabilidad. Otro aporte importante a este tópico lo realizaron Hoff et al 2002, quienes después de establecer la relación FC-VO₂ en el laboratorio durante un test continuo incremental en futbolistas profesionales, analizaron esta misma relación en dos situaciones de entrenamiento diferente que fueron diseñadas para entrenar a una elevada FC. La primer situación consistió en un drill con dominio del balón (ejercicio técnico de conducción, Figura 19), y la segunda situación en un juego reducido 5 vs 5 (incluyendo a los arqueros, Figura 20). Para ambas situaciones de entrenamiento con pelota se cuantificó la FC y el consumo directo de oxígeno mediante un analizador portátil. Como puede verse en la Figura 18 la relación entre el consumo de oxígeno y la FC en el drill técnico y en el partido reducido no fueron significativamente diferentes a la relación encontrada en el laboratorio.

Con el uso de la relación FC-VO₂ se puede analizar las demandas metabólicas y el costo de energía de ejercicios deportivos específicos o de competencias. Los hallazgos reportados sostienen al uso de la FC en el entrenamiento aeróbico del fútbol como un indicador para controlar la intensidad de la carga de entrenamiento durante la ejecución de drilles técnicos y de partidos reducidos (Rampinini et al 2006).

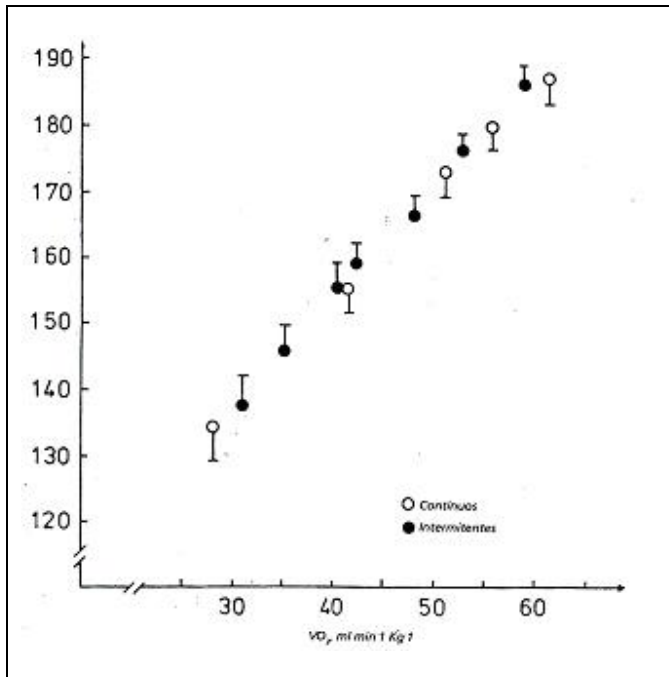


Figura 17. Relación entre consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca durante test intermitente (círculos negros) y continuo (círculos blancos). Datos presentados como promedio \pm SEM

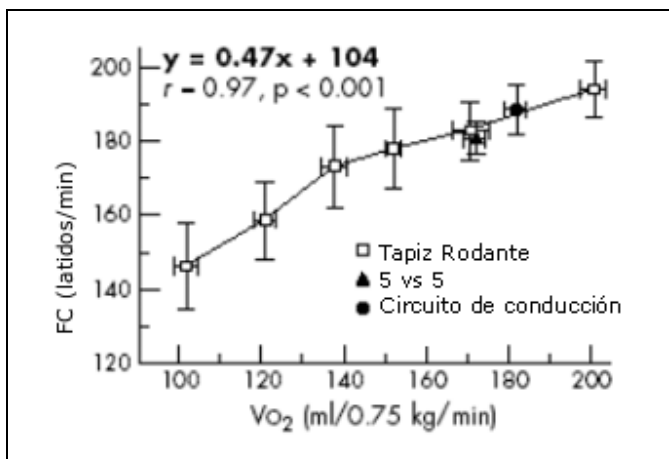


Figura 18. Correlación entre el VO₂ y FC a diferentes velocidades submáximas durante la evaluación en cinta ergométrica y durante el juego 5 vs 5 y el ejercicio de conducción del balón.

Otro punto importante a establecer, partiendo desde la base que la FC es un indicador válido de la carga de ejercicio, sería si las actividades técnicas y tácticas pueden ser lo suficientemente intensas como para promover un estímulo de entrenamiento importante para lograr las adaptaciones aeróbicas requeridas para la mejora del rendimiento en el fútbol. Para analizar esa posibilidad Hoff et al 2002, diseñaron un drill o circuito de entrenamiento de conducción del balón que es mostrado en la Figura 19. Después de 30 minutos de una entrada en calor progresiva los sujetos comenzaron a entrenar en el circuito con control directo del consumo de oxígeno. El ejercicio consistió en conducir el balón realizando salalom a través de los conos y levantar la pelota por sobre las vallas de 30 cm de altura. Entre los puntos A y B del circuito los jugadores corrían hacia atrás mientras controlaban el balón, para posteriormente comenzar otra ronda de ejercicio en el circuito. Se les pidió a los sujetos que incrementen la intensidad de la carrera gradualmente hasta un nivel que requiera entre el 90-95% de la FC máx que fue alcanzado después del primer minuto de la serie de 4 minutos, y mantenido de ahí en adelante. De esta manera los sujetos realizaron 2 series de 4 minutos de ejercicio con una pausa de 3 minutos en la que corrían al 70% de la FC máxima.

La Figura 20 muestra la cancha en la que se realizó un partido reducido de fútbol 5 vs 5 contando a los arqueros, durante el partido se analizaron la FC y el consumo directo de oxígeno. Estudios pilotos de este grupo de investigación indicaron que sería necesario usar períodos de 4 minutos de juego para obtener en los últimos 3 minutos una FC de entre 90-95% de la máxima. Los sujetos realizaron dos períodos de 4 minutos de juego separados por 3 minutos de pausa activa. Los estudios pilotos mostraron que el aliento activo y constante de los entrenadores es necesario para elevar la tasa de esfuerzo de los sujetos para llegar a una intensidad elevada de ejercicio.

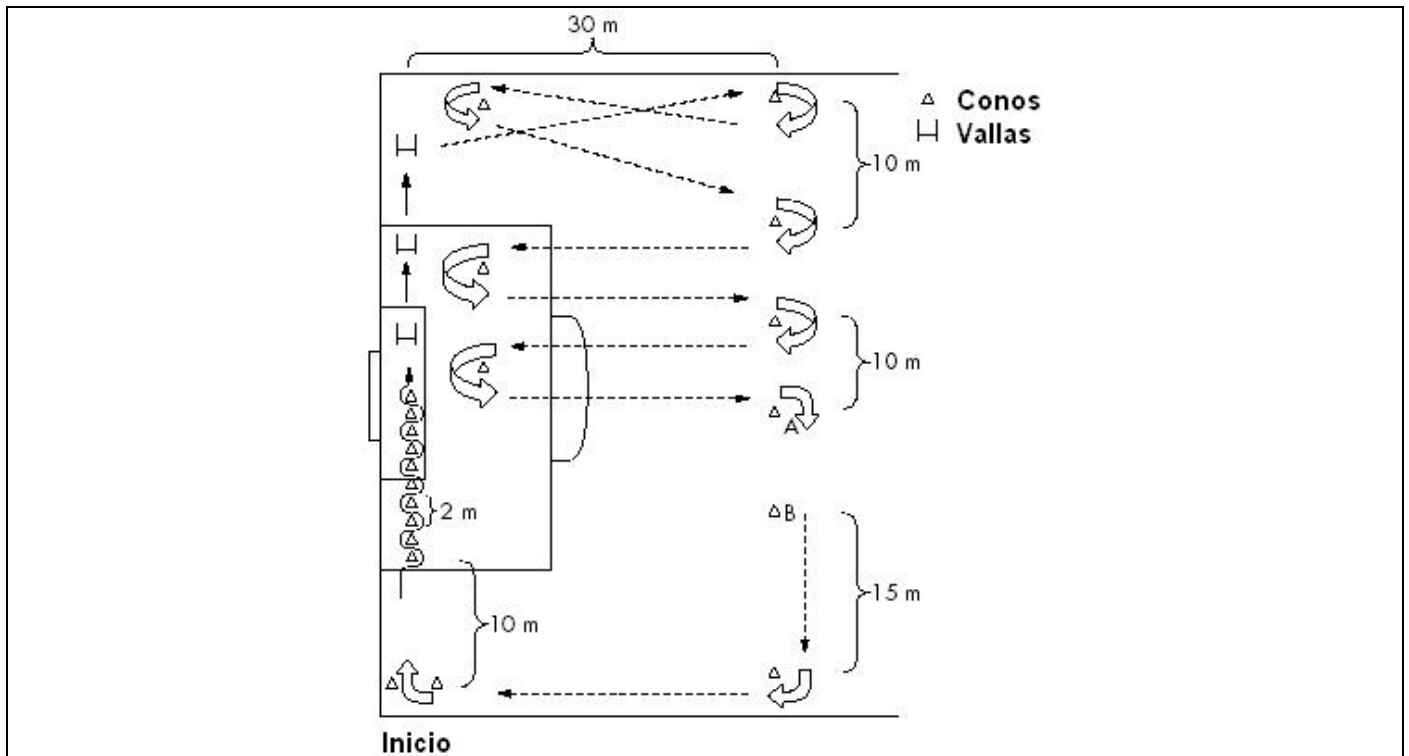


Figura 19. Circuito específico para la conducción del balón. El balón es conducido en la dirección que marcan las flechas, corriendo hacia atrás entre los puntos A y B.

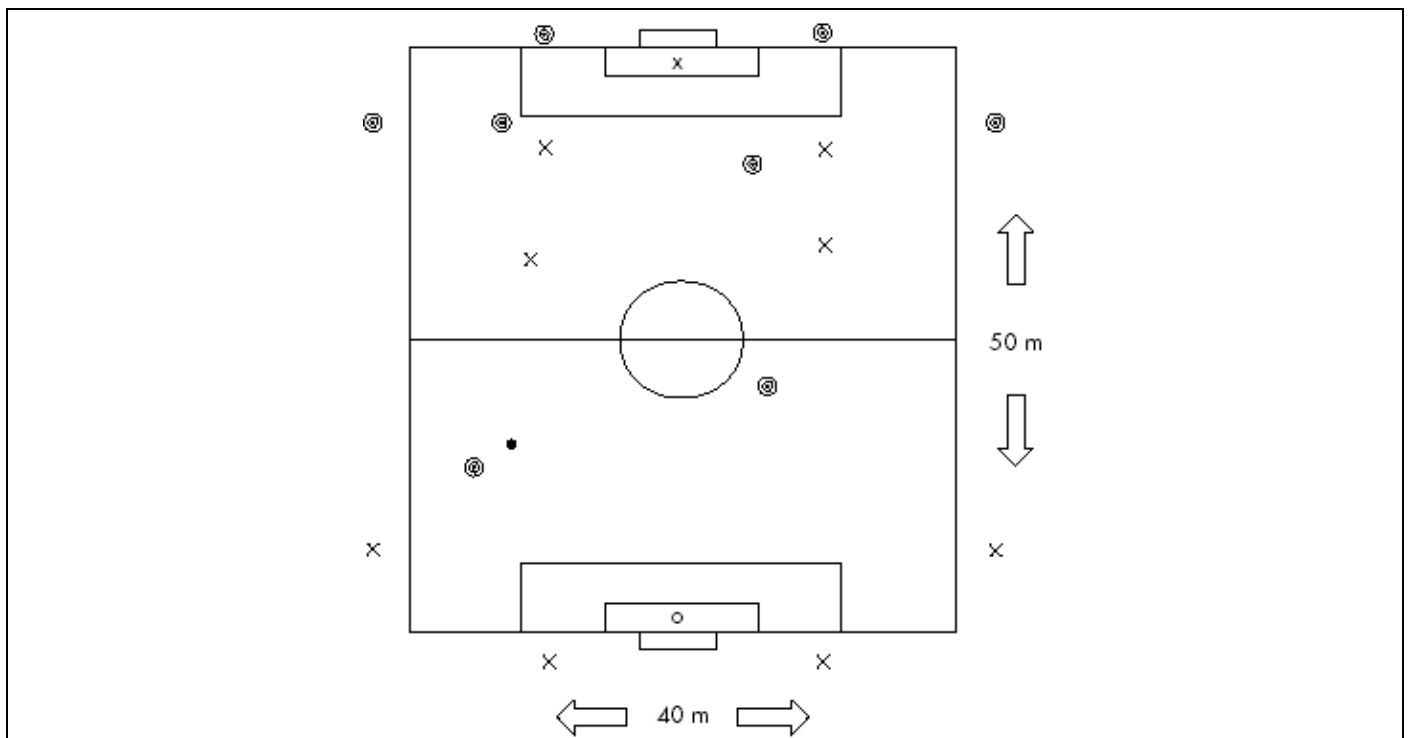


Figura 20. Representación del partido 5 vs 5. Se colocaron varias pelotas en el interior de los arcos para agilizar rápidamente el juego cuando el balón salía por algunas de las bandas. Se colocaron jugadores adicionales sobre las bandas del campo para re-introducir rápidamente el balón ayudando a agilizar el juego

Durante el partido reducido, la intensidad del ejercicio fue del 91,3% de la FC máx y el consumo de oxígeno llegó al 84,5% del máximo. Mientras que la intensidad en el circuito de conducción llegó al 93,5% de la FC máx y el consumo de oxígeno alcanzó el 91,7% del máximo, recordemos que ambas situaciones de entrenamiento con balón fueron controladas con la medición del consumo de oxígeno directo con analizadores móviles. La frecuencia cardiaca de valores entre 90-95% del máximo se alcanzaron luego de 61,5 segundos en el ejercicio de conducción del balón, y después de 62,5 en el partido reducido. La Tabla 17 muestra un resumen de las variables fisiológicas más importantes medidas en este trabajo.

Después de analizar estos datos los investigadores propusieron que los dos entrenamientos diseñados respetan el criterio del entrenamiento intervalado. Por tanto, es posible realizar ejercicios específicos de fútbol en la zona de intensidad y durante el tiempo necesario para desarrollar la resistencia aeróbica de los futbolistas. Los autores de este trabajo también señalaron que debe enfatizarse que esta posibilidad requiere una buena organización, ya que no se alcanzan altas intensidades de ejercicio cuando los jugadores no reciben estimulación por parte de los entrenadores. Otros factores deben tenerse además en cuenta para programar un entrenamiento de resistencia aeróbica específico para futbolistas. En primer término, la intensidad debe ser más alta que en los partidos normales de fútbol. Esto puede ser logrado mediante la alteración del número de jugadores y el tamaño de la cancha y reduciendo el tiempo que la pelota esta fuera del campo.

Es importante notar que en este trabajo, los jugadores con mayores niveles de VO_2 máx alcanzaron los porcentaje más bajos de VO_2 máx durante el juego reducido, por tanto es factible que estas situaciones de juego no sean lo suficientemente intensas como para lograr los requerimientos del entrenamiento intervalado en los futbolistas con un alto nivel de VO_2 máx. Por ello, éstos jugadores podrían entrenarse en un circuito de conducción del balón como el diseñado en este trabajo, o realizando el entrenamiento intervalado tradicional.

	Test Máximo de Laboratorio	Circuito de Conducción	Juego Reducido
FC (latidos/min)	198,3±7,9	185,5±6,7	181,0±4,4*
VO ₂ (litros/min)	5,22±0,68	4,74±0,53	4,42±0,61
VO ₂ (ml/kg/min)	67,8±7,6	62,2±5,0	57,3±3,9
UA (ml/kg/min)	50,9±4,0		
UA (latidos/min)	178,3±8,8		
R (VCO ₂ / VO ₂)	1,16±0,07	0,99±0,07	0,94±0,07
VE (litros/min)	174,6±20,7	138,7±21,3	132,0±15,3
FR (respiraciones/min)	55,8±6,4	49,6±2,8	48,8±7,2

Tabla 17. Comparación de variables fisiológicas entre el test máximo de laboratorio y el entrenamiento en el circuito de conducción y en el juego reducido 5 vs 5. *Significativamente diferente del valor obtenido en el circuito de conducción, $p < 0,05$. Todos los valores obtenidos en el circuito de conducción y en el juego reducido fueron significativamente diferentes de los valores obtenidos a partir del test máximo de laboratorio.

Sassi et al (2006), analizaron las respuestas agudas en 9 futbolistas profesionales de elite frente a las siguientes cargas de entrenamiento:

- 4 x 1000 m, en 250'' con una pausa de 150'' entre repeticiones
- 4 vs 4; juego de posesión de balón; 4 series x 240 s de juego con pausas de 150 s; área de juego: 30 x 30 m
- 4 vs 4; + dos arqueros, 4 series x 240 s de juego con pausas de 150 s; campo de juego: 33 x 33 m
- 8 vs 8; + dos arqueros, media cancha, toques libres
- 8 vs 8; + dos arqueros; media cancha, toques libres con pressing
- Ejercicios técnico-tácticos.

El objeto del trabajo fue el de analizar cuales son los factores que pueden incidir sobre la tasa de esfuerzo durante los partidos reducidos, y comparar las exigencias de estos entrenamientos con las producidas por el entrenamiento genérico intervalado de la resistencia aeróbica y con el entrenamiento de tipo técnico-táctico. La Tabla 18 muestra la respuesta de la FC y del lactato como marcadores fisiológicos de la carga de esfuerzo frente a los protocolos de entrenamiento mencionados.

	Entrenamiento Intervalado 4 X 1000	4 vs 4		8 vs 8		Drilles Técnico-Tácticos
		Sin arquero	Con arquero	Toques libres	Toques libres (pressing)	
FC	167±4	178±7	174±7	160±3	175±4	140±5
Lactato Sanguíneo	7,9±3,4	6,4±2,7	6,2±1,4	3,3±1,2	-	2,9±0,8

Tabla 18. Frecuencia cardiaca (media ± DS) en latidos por minuto y lactato sanguíneo en mmol/L en respuesta a diferentes regímenes de entrenamiento.

La mayor respuesta de la FC se obtuvo en la condición 4 vs 4 sin arquero en la que el promedio de la FC llegó al 91% del valor máximo. Una intensidad similar se encontró en la situación 8 vs 8 cuando se empleó el pressing, mientras que la intensidad más baja se reportó con los drilles técnico-tácticos en las que el valor promedio de la FC llegó al 72% del máximo. Es particularmente interesante notar la variabilidad en la FC en el juego 8 vs 8 con o sin pressing realizado en la cancha del mismo tamaño, también es importante notar la diferencia en la FC en el juego 4 vs 4 realizado con o sin arquero (juego de posesión del balón). Parte de la riqueza de este trabajo radica en que muestra claramente como la alteración de ciertos factores reglamentarios que controlan los juegos reducidos pueden incrementar o disminuir la exigencia física de los diferentes trabajos técnico-tácticos.

Teniendo en cuenta que los juegos reducidos promueven similares adaptaciones agudas a las provocadas por el entrenamiento aeróbico intervalado, se han realizado una serie de trabajos longitudinales que analizaron las adaptaciones fisiológicas crónicas que promueven la utilización de juegos reducidos en comparación a las adaptaciones crónicas promovidas por el entrenamiento genérico intervalado de la resistencia aeróbica. El objetivo de estos trabajos ha sido el de explorar si el uso de los juegos reducidos se presenta como una alternativa válida al entrenamiento aeróbico intervalado tradicional, analizando las adaptaciones crónicas que se producen en respuestas a ambos tipos de entrenamiento realizados separadamente.

Reilly y Craig (2006), evaluaron los efectos del entrenamiento aeróbico intervalado de tipo genérico y del entrenamiento mediante juegos reducidos intervalados sobre la potencia muscular, la agilidad, la velocidad, la técnica, y la capacidad aeróbica y anaeróbica en un grupo de 18 futbolistas profesionales

de un club de la Liga Premier con una edad de entre los 17-20 años. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a dos grupos de entrenamiento, entrenamiento aeróbico intervalado, o entrenamiento intervalado con juegos reducidos. Ambas formas de entrenamiento fueron realizadas dos veces por semana durante seis semanas pertenecientes al período competitivo. El entrenamiento mediante juegos reducidos consistió en 6 series de juego 5 vs 5 x 4 minutos, con 3 minutos de pausa en la que los futbolistas corrían entre el 50-60% de la FC máx. El entrenamiento intervalado consistió en 6 series x 4 minutos de carrera entre el 85-90% de la FC máx con pausas de 3 minutos, corriendo entre el 50-60% de la FC máx. Las sesiones fueron incorporadas en el programa semanal habitual de los jugadores.

Los sujetos fueron evaluados antes y después de las semanas de intervención en: counter movement jump (CMJ) y squat jump (SJ) para la valoración de la potencia muscular, el test T para la valoración de la agilidad, un test de conducción del balón para valorar las habilidades técnicas (Reilly y Holmes, 1983), un test de sprint para evaluar la velocidad en 10 y 30 m, un test de 30 segundos (realizados 6 veces, con pausas de 30") para evaluar la capacidad anaeróbica, y el multistage fitness test (Ramsbottom et al, 1988) para estimar el VO₂máx. Los resultados obtenidos son resumidos en la Tabla 19.

	Entrenamiento mediante Juegos Reducidos		Entrenamiento Aeróbico Intervalado	
	Previo al Entrenamiento	Después del Entrenamiento	Previo al Entrenamiento	Después del Entrenamiento
Masa Corporal (kg)	71,8±5,7	71,4±5,5	73,5±4,0	73,4±4,1
CMJ (cm)	39,2±4,2	39,6±3,4	39,2±6,0	37,8±6,6
SJ (cm)	33,6±3,3	34,7±3,2	32,2±4,2	32,1±3,9
Sprint 10 m (seg)	1,71±0,06	1,71±0,05	1,69±0,08	1,70±0,06
Sprint 30 m (seg)	4,08±0,12	4,10±0,12	4,13±0,12	4,10±0,11
Test de capacidad anaeróbica	755±13,7	760±11,5	759±20,3	763±13,6
Agilidad – Izquierda (s)	4,71±0,07	4,73±0,12	4,80±0,13	4,8±0,17
Agilidad – Derecha (s)	4,72±0,12	4,73±0,13	4,72±0,12	4,72±0,12
Test de Conducción (s)	14,6±0,05	14,1±0,6	14,4±0,9	14,2±0,8

Tabla 19. Efectos de dos formas de entrenamiento sobre la masa corporal y mediciones de rendimiento físico. Tomada de Reilly T y White (2006).

Como puede analizarse a partir de la tabla 19 ninguna variable evaluada demostró un cambio significativo a partir de ambas condiciones de entrenamiento, lo cual implica que no existió un desmejoramiento de la capacidad de rendimiento para ambos grupos. Es importante notar que el presente trabajo se realizó durante la temporada competitiva cuando los participantes podrían considerarse como bien entrenados. Como se ha mencionado anteriormente, el VO₂máx es poco sensible para detectar cambios en el nivel de acondicionamiento aeróbico, sobre todo durante la etapa competitiva, en la que es poco probable que esta valencia siga incrementándose por encima de los valores alcanzados al finalizar la pre-temporada, recordemos que los dos comportamientos más probables de esta valencia durante el período competitivo se relacionan con el mantenimiento o con su disminución. En sí, el objeto principal de la etapa competitiva respecto a las capacidades físicas sería el de evitar su declinación, para lo cual ambos regímenes de entrenamiento analizados fueron exitosos durante un período de 6 semanas. Es por ello que la conclusión final de los autores de este trabajo fue que los juegos reducidos son aceptables sustitutos del entrenamiento aeróbico intervalado para mantener y evitar la declinación del estado de acondicionamiento físico durante la temporada competitiva.

Una posibilidad extra a considerar es la implementación de los juegos reducidos como alternativa al entrenamiento aeróbico intervalado de tipo genérico durante la etapa pre-competitiva. A diferencia de la etapa competitiva, en la que el objeto sería el de mantener el nivel de rendimiento físico de los futbolistas, en la etapa competitiva el principal objetivo sería el de incrementar el estado de

acondicionamiento físico del futbolista. Es por ello que Impellizzeri et al (2006), plantearon un estudio en el que se compararon las respuestas fisiológicas al entrenamiento aeróbico de tipo intervalado y al entrenamiento mediante partidos reducidos durante las etapas pre-competitiva y competitiva. La muestra estuvo constituida por un grupo de 40 futbolistas juveniles, los cuales fueron divididos en dos grupos GTG (n =20) que realizaron entrenamiento aeróbico intervalado, y CTG (n =20) que realizó entrenamiento mediante juegos reducidos. Ambos entrenamientos consistieron en realizar 4 series de 4 minutos al 90-95% de la FC máx con 3 minutos de pausa activa, dos veces por semana. Los siguientes resultados fueron medidos antes (Pre) y después de 4 semanas del período pre-competitivo (Mid), y después de 8 semanas más de entrenamiento durante la temporada regular (Post): máximo consumo de oxígeno, umbral láctico, eficiencia mecánica en el umbral láctico, un test específico de resistencia en el fútbol (circuito de Ekblom), y algunos índices de rendimiento físico durante partidos de fútbol (distancia total recorrida, tiempo total en el que los jugadores se encuentran sin movimiento, caminando, y a velocidades de carrera bajas y altas. La carga de entrenamiento se cuantificó mediante la FC (Impellizzeri et al, 2004) y el esfuerzo percibido (Impellizzeri et al, 2004), y fueron similares en ambos grupos. Hubo mejoras significativas en el acondicionamiento aeróbico y en el rendimiento durante los partidos en ambos grupos, especialmente en respuesta a las primeras 4 semanas de entrenamiento. Si embargo, no hubo diferencias significativas entre el entrenamiento aeróbico intarvalado y el entrenamiento desarrollado mediante juegos reducidos para ninguna de las variables evaluadas incluyendo el test específico de fútbol. Los resultados de este estudio resumidos en

la Tabla 20 mostraron que tanto los partidos en espacio reducidos como el entrenamiento intervalado son

modos de entrenamiento intervalado igualmente efectivos en jugadores de fútbol juvenil.

	Pre	Mid	Post
Valores Máximos			
CTG			
VO ₂ máx (L/min)	3,883±0,306	4,143±0,378	4,163±0,387
VO ₂ máx (ml/kg/min)	55,6±3,4	59,7±4,1	60,2±3,9
FCmáx (lat/min)	197±9,5	196±10,0	194,1±7,2
STG			
VO ₂ máx (L/min)	3,960±0,383	4,200±0,417	4,203±0,437
VO ₂ máx (ml/kg/min)	57,7±4,2	61,4±4,6	61,8±4,5
FCmáx (lat/min)	194,5±7,1	192,9±8,2	192,7±8,9
Umbral Láctico			
CTG			
VO ₂ al Umbral Láctico (L/min)	3,150±0,348	3,386±0,338	3,515±0,270
VO ₂ al Umbral Láctico (ml/kg/min)	45,1±3,8	48,7±3,3	50,9±2,9
% VO ₂ máx	81,0±4,3	81,7±3,1	84,6±3,4
Velocidad al UL (km/h)	11,2±0,6	11,6±0,5	12,2±0,4
Eficiencia Mecánica al UL (ml·kg ^{-0,75} ·min ⁻¹)	0,72±0,03	0,71±0,04	0,70±0,04
STG			
VO ₂ al Umbral Láctico (L/min)	3,242±0,407	3,465±0,247	3,592±0,281
VO ₂ al Umbral Láctico (ml/kg/min)	47,3±4,9	50,7±3,2	52,4±2,8
% VO ₂ máx	81,5±4,3	82,2±3,6	84,75,1
Velocidad al UL (km/h)	11,3±0,7	11,9±0,7	12,4±0,5
Eficiencia Mecánica al UL (ml·kg ^{-0,75} ·min ⁻¹)	0,73±0,03	0,72±0,02	0,71±0,03
Test de Ekblom			
CTG			
Tiempo (s)	704±42	618±49	603±17
STG			
Tiempo (s)	723±47	629±36	609±33

Tabla 20. CTG: grupo de entrenamiento aeróbico intervalado; STG: grupo de entrenamiento con juegos reducidos

Evidencias de los Efectos Fisiológicos del Entrenamiento de la Resistencia Intermitente durante el período competitivo en Futbolistas de Elite.

Durante los últimos años un tópico de creciente interés en la programación del entrenamiento para los futbolistas ha sido la incorporación de la metodología del entrenamiento de tipo intermitente para el desarrollo de la resistencia específica de los jugadores durante un partido. No obstante, hay una carencia de datos en la literatura científica actual relacionada a la utilización de estos métodos de entrenamiento en futbolistas. En este escenario, un estudio de notable valor para la fisiología de los esfuerzos intermitentes aplicados al fútbol, fue el realizado por Grégory Dupont et al (2004). Este grupo de investigadores, trabajó con un grupo de 22 futbolistas profesionales

pertenecientes a un equipo de la Primera División de la Liga Francesa de Fútbol durante la etapa competitiva del torneo. Los jugadores tenían un VO₂máx promedio de 60 ml/kg/min, que se encuentra dentro del rango (de 58.1 a 65,5 ml·kg⁻¹·min⁻¹) reportado para futbolistas profesionales, mientras que el tiempo en el test de velocidad de 40 metros (5,56 seg) estaba dentro del rango reportado para jugadores de elite Noruegos (de 5,56 a 5,62 seg). El período del trabajo tuvo una duración total de 20 semanas, que fueron divididas en dos etapas. La primer etapa de 10 semanas comenzó en Agosto y se extendió hasta Octubre. En esta etapa de control, se jugaron 9 partidos y el equipo realizaba su entrenamiento técnico-táctico habitual. La segunda etapa (Experimental), en la que se jugaron 8 partidos, se extendió de Octubre a Diciembre y los futbolistas sumaron a su entrenamiento habitual dos estímulos de entrenamiento físico a la semana. Los jugadores fueron

evaluados en la MAS (velocidad aeróbica máxima) y en un test de sprint de 40 mts antes de la etapa control, después de la etapa control y al finalizar el período experimental. Durante el período experimental, el entrenamiento consistió en realizar entre 12-15 sprints de 40 metros con 30 segundos de recuperación pasiva. En las primeras 5 semanas de esta etapa se realizaron 12 sprints mientras que a partir de la sexta semana se comenzaron a realizar 15 sprints, sumando un volumen máximo de 600 mts de trabajo por sesión. Los días Jueves, los Futbolistas realizaron un entrenamiento de 2 series de 12-15 carreras intermitentes de 15 segundos al 120% de la MAS con 15 segundos de recuperación pasiva, las distancias recorridas durante los 15" de ejercicio variaron entre 80 y 90 metros según la MAS de cada individuo (ver Figura 21). Durante las primeras 5 semanas, el número de carreras por serie fue de 12 y se incrementó a 15 a partir de la sexta semana. El volumen máximo de este entrenamiento intermitente por sesión fue de 2700 metros.

Dos sesiones de entrenamiento por semana a través de 10 semanas permitieron a los jugadores de fútbol mejorar significativamente la MAS y disminuir el tiempo de sprint para correr 40 mts. El tiempo de carrera para recorrer los 40 metros disminuyó significativamente de 5,55 a 5,35 segundos ($p < 0.001$) y

la MAS mejoró en un 8,1% ($p < 0,05$), mientras que no fueron observados cambios durante el período de control para las variables mencionadas (Tabla 21). Además, el rendimiento del equipo de fútbol no pareció ser afectado de manera adversa por la incorporación de esta carga extra de entrenamiento en el período experimental, ya que el equipo solo ganó el 33.3% de los partidos en el período control, en comparación con el 77.8% de los partidos ganados durante el período experimental.

Durante el período competitivo, los entrenadores frecuentemente apuntan a incrementar las cualidades técnicas y tácticas, mientras que las cualidades físicas son mantenidas a través de los partidos y los ejercicios de táctica habituales. Sin embargo, durante el período competitivo, los entrenadores también podrían apuntar a mejorar la aptitud física, sin causar un síndrome de sobreentrenamiento, con el objeto de mejorar el rendimiento del equipo. En este estudio se demostró que una sesión de entrenamiento intervalado de sprint más una sesión de entrenamiento de la resistencia intermitente que entre ambas sumaron un volumen total de 3300 metros a la semana fueron suficientes para elevar la velocidad de carrera asociado con el VO_2 máx y la velocidad de sprint en jugadores de Fútbol Profesional durante la etapa competitiva.

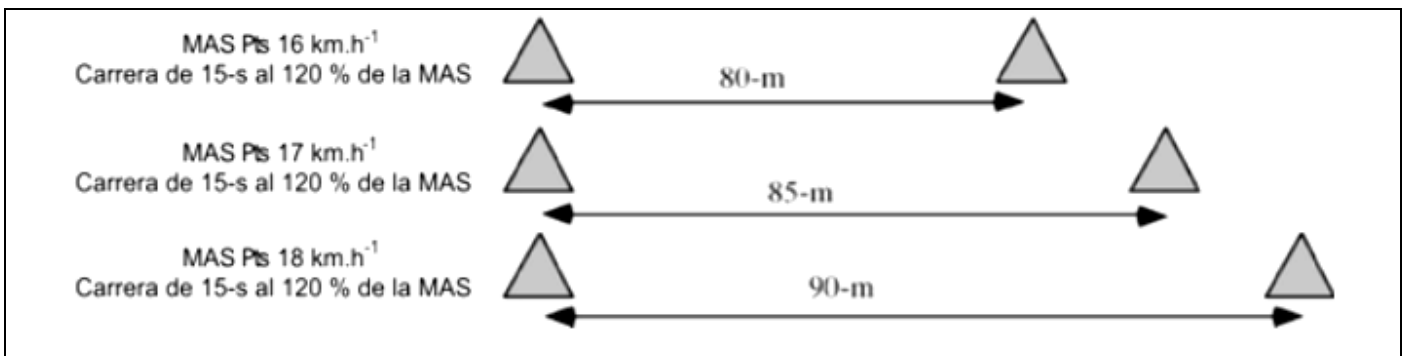


Figura 21. Pista para el ejercicio intermitente de 15 segundos al 120% de la MAS alternada con 15 segundos de recuperación pasiva. Los jugadores de fútbol debían correr entre 2 conos en 15 segundos de acuerdo a su propia MAS. Ellos debían entonces pararse cerca del cono durante 15 segundos. Al final del período de recuperación de 15 segundos, corrían nuevamente 15 segundos en la dirección opuesta y así sucesivamente.

	Antes del Período de Control	Después del período de Control	Después del período experimental
Masa Corporal (kg)	71,3±5,7	71,8±6,2	71,5±5,9
Grasa Corporal %	14,7±2,4	15,0±2,6	14,6±2,3
Sprint 40 (seg)	5,56±0,15	5,55±0,15	5,35±0,13*
MAS (km/h)	15,9±0,8	16,1±0,8	17,3±0,9*
FC máx (lat/min)	197,5±6,9	195,8±5,9	195±5,1

Tabla 21. Efectos del programa de entrenamiento sobre la masa corporal, grasa corporal, carrera de sprint (t40m), máxima velocidad de carrera (MAS) y frecuencia cardíaca máxima (HR máx.). * Significativamente diferente con respecto a los otros períodos ($p < 0.001$)

FUERZA

El objeto del entrenamiento con sobrecarga en el fútbol es el de incrementar la fuerza de un músculo a un nivel más elevado del que puede lograrse sólo con el entrenamiento del fútbol (Bangsbo, 2003). Varias actividades en el fútbol necesitan de una elevada producción de fuerza y potencia, por ejemplo, los saltos, los remates y los cambios de ritmo y dirección. La producción de potencia en esos movimientos están relacionadas a la fuerza de los músculos involucrados. Por ello, es beneficioso para el futbolista tener un mayor nivel de fuerza muscular, el cual puede lograrse mediante el entrenamiento de la fuerza muscular (Bangsbo, 2003). Otra función esencial de los músculos es la de proteger y estabilizar las articulaciones del sistema esquelético. Por este motivo, el entrenamiento de la fuerza es también importante en la prevención de lesiones así como también en la disminución en la tasa re-incidencia de lesiones ya generadas. También se ha descrito que el entrenamiento de la fuerza puede mejorar la eficiencia mecánica (Hoff, J. y B. Almåsbygg 1995), lo cual es importante para incrementar los niveles de resistencia del futbolista mediante la estrategia del ahorro energético.

El entrenamiento con sobrecarga puede incrementar la fuerza a través de dos grandes mecanismos que no son excluyentes entre sí, la hipertrofia muscular y la mejora en el reclutamiento de unidades motoras. Manipulando variables como la intensidad del ejercicio, el volumen, y las pausas, se puede hacer especial hincapié sobre algunos de estos mecanismos. Así, el entrenamiento con la utilización de entre 1-6 repeticiones y con una intensidad de entre 80-100% de 1 MR, logra principalmente adaptaciones a nivel neural con un bajo desarrollo de hipertrofia, mientras que protocolos que utilizan de 8 a 15 repeticiones con un porcentaje de carga de entre el 60-75% de 1MR se caracteriza por un desarrollo más elevado de hipertrofia del músculo

esquelético. Bogdanis et al (2007) analizaron los resultados de dos programas diferentes de entrenamiento que incluyó al ejercicio de sentadilla paralela realizado tres veces por semana durante 6 semanas en el período pre-competitivo en un grupo de 18 futbolistas. Uno de los programas fue designado para promover hipertrofia muscular (Grupo: H) y consistió en realizar: 4 series de 12 repeticiones con el 70% de 1 RM, mientras que el otro protocolo tenía por objetivo incrementar la fuerza máxima principalmente a través de mecanismos neurales y consistió en: 4 series de 5 repeticiones, con el 90% de 1 MR (Grupo:F). Antes y después de cada entrenamiento se evaluaron la fuerza máxima en el ejercicio de sentadilla paralela, la velocidad de sprint en 10 m, el salto vertical y la masa magra de la pierna. Los autores reportaron un incremento significativo en masa magra de la pierna solo en el grupo que realizó el entrenamiento de hipertrofia (Grupo: H) ($4,3\% \pm 0,8\%$), sin que se hallaran cambios en el grupo que realizó entrenamiento de la fuerza máxima (Grupo F). La fuerza máxima se incrementó significativamente en ambos grupos, sin embargo la mejora fue mayor en el grupo F (Tabla 22). Es importante notar que la mejora en la fuerza máxima promovida por el entrenamiento estuvo correlacionada con la mejora de la velocidad de sprint en 10 m ($r = 0,67$; $p < 0,01$) y el salto vertical ($r = 0,63$; $p < 0,01$). El incremento significativo de la fuerza en el grupo F junto a una ausencia de aumento en la masa magra se debió seguramente a que mejoraron los factores nerviosos. Los autores de este trabajo reportaron que cuando la ganancia de fuerza se expresa por unidad de volumen muscular, ésta fue de 3 a 5 veces superior en el grupo F comparado con el grupo H. Si bien ambos entrenamientos produjeron mejoras significativas en el rendimiento, los autores sugirieron que el entrenamiento de con altas cargas y menor número de repeticiones puede ser más útil para el fútbol ya que produjo mejores resultados que el entrenamiento con mayor número de repeticiones y menor carga.

	Media Sentadilla (kg)		Sprint 10 de Mts (s)		Salto Vertical (cm)	
	Grupo H	Grupo F	Grupo H	Grupo F	Grupo H	Grupo F
Antes	140±10	152±11	1,88±0,3	1,87±0,2	48±1,8	50±1,7
Después	154±11*	179±13*	1,86±0,3*	1,84±0,2*	50,1±1,8*	55±1,8*

*Tabla 22. * $p < 0,01$ del estado pre-entrenamiento.*

Una forma alternativa para desarrollar la potencia muscular en los futbolistas que habitualmente es utilizada por los preparadores físicos la constituye el método pliométrico. Gregson y Wrigley et (2007),

dividieron a 12 jugadores juveniles profesionales en un grupo experimental de 6 jugadores que desarrollaron entrenamiento pliometrico una vez por semana durante 10 semanas durante el período competitivo, y en un

grupo control que desarrolló el entrenamiento habitual sin ejercicios pliometricos. El objeto de este trabajo fue analizar si la introducción del entrenamiento pliometrico durante la etapa competitiva podría mejorar el rendimiento. Antes y después de las 10 semanas de entrenamiento pliometrico los sujetos fueron evaluados mediante un test de salto vertical y mediante un test de sprint en 10 m. El grupo experimental incrementó significativamente la velocidad en 10 m ($p = 0,011$), mientras que no hubo mejoras significativas en el salto vertical para este grupo. En el grupo control las variables evaluadas no sufrieron diferencias. Los hallazgos de este estudio demuestran que una sola sesión de entrenamiento pliometrico a la semana durante un período de 10 semanas en la etapa competitiva promueve mejoras significativas en la velocidad de carrera en 10 m en futbolistas juveniles. Los autores de este trabajo propusieron que una sola sesión de entrenamiento pliometrico a la semana es un estímulo efectivo para el rendimiento de los futbolistas durante el período competitivo.

Si bien existen trabajos de investigación que han demostrado que el incremento de la fuerza máxima puede traducirse positivamente en un aumento en la velocidad de carrera o en el incremento del salto vertical, la influencia del entrenamiento de la fuerza sobre la capacidad de realizar sprints repetidos con escasos períodos de pausa no ha sido testada. Por tal motivo Paspaspyrou et al (2007) analizaron los efectos de dos estímulos diferentes de entrenamiento sobre la capacidad de realizar sprints repetidos en jugadores de fútbol. Un grupo de jugadores ($n = 10$) realizó entrenamiento con el objeto de generar hipertrofia muscular (4 series de 12 repeticiones con 70% 1 MR), mientras que el otro grupo ($n = 10$) tuvo por objeto mejorar la fuerza máxima principalmente mediante mecanismos neurales (4 series de 5 repeticiones con 90% de 1 MR). Ambos entrenamientos se realizaron 3 veces a la semana durante 6 semanas. Antes y después del entrenamiento los jugadores fueron evaluados en 10 sprints de 6 segundos con 24 segundos de pausa en un cicloergometro Monark. No hubo mejoras en ninguna de las variables testadas durante la evaluación de sprints repetidos para el grupo que entrenó en hipertrofia. No obstante, en el grupo que entrenó la fuerza máxima la potencia media disminuyó un $8,9 \pm 2,8\%$ menos después del entrenamiento, siendo principalmente evidente la mejora para las 5 últimas series (Figura 21). Los investigadores plantearon que el mejor mantenimiento de la potencia a medida que los

sprints se fueron repitiendo en el grupo que entrenó la fuerza máxima se pudo haber debido a un más eficiente reclutamiento de las fibras musculares hacia la parte final del test después del entrenamiento de la fuerza máxima. Según la revisión realizada por este autor, éste es el primer trabajo de investigación en demostrar que el entrenamiento de la fuerza máxima es un estímulo efectivo para mejorar el rendimiento durante los sprints repetidos en jugadores de fútbol.

A partir de los datos presentados podemos concluir que el entrenamiento de la fuerza es útil para la mejora de la velocidad, la capacidad de salto, la mejora de la eficiencia mecánica el incremento del rendimiento durante los sprints repetidos; además de ser útil para prevenir lesiones en los jugadores de fútbol. Por tanto, es sorprendente ver como en determinadas ocasiones el entrenamiento de la fuerza es evitado o es programado con muy baja intensidad por parte de los preparadores físicos.

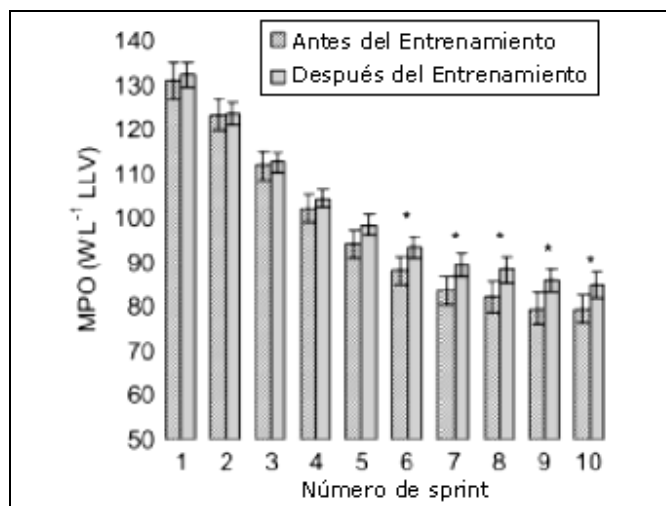


Figura 22. Producción de potencia media durante los sprints antes y después del entrenamiento para el grupo que entrenó la fuerza máxima. $*p < 0,05$.

MONITORIZACION DEL ENTRENAMIENTO

Un importante área dentro de las ciencias del ejercicio la constituye la monitorización del entrenamiento deportivo. Éste área tiene aplicaciones prácticas para controlar y mejorar la programación de las cargas de entrenamiento permitiendo la suficiente recuperación de los deportistas. Este hecho tendrá incidencia no sólo en la elevación del rendimiento sino también que será un importante factor en la prevención del

sobreentrenamiento y de las lesiones deportivas por sobre-uso. Generalmente el entrenamiento físico se describe en función de sus resultados anatómicos, fisiológicos, bioquímicos, y de adaptaciones funcionales; o a través de su proceso, esto es, mediante la carga externa de entrenamiento que se puede definir como el producto entre el volumen y la intensidad, por ejemplo 4 X 1000 corriendo al 85% de la velocidad aeróbica máxima. En el entrenamiento se puede controlar ya sea la carga externa o la carga interna (Baerbero et al, 2006). Según Viru A citado por Impellizzeri et al 2004, el estímulo que induce la adaptación es el estrés fisiológico impuesto sobre el jugador, es decir la carga interna, y no la carga externa. En la presente sección del manuscrito veremos como puede ser cuantificada la carga interna del entrenamiento.

La estrecha relación entre la FC y el consumo de oxígeno que se ha comentado previamente, hace que el monitoreo de la FC sea apropiado para la cuantificación de la intensidad del ejercicio durante las sesiones de entrenamiento. Debido a que la FC parece ser una de las formas más objetivas para cuantificar la intensidad del entrenamiento, se han desarrollado varios métodos para cuantificar la carga interna de entrenamiento basados en la FC, que se describirán a continuación.

Método de Edwards, 1993.

El método de Edwards determina la carga interna midiendo el producto entre la acumulación de tiempo de la FC (en minutos) en 5 zonas, y un coeficiente para cada zona que es mostrado a continuación:

- 50-60% de la FC máx = 1
- 60-70% de la FC máx = 2
- 70-80% de la FC máx = 3
- 80-90% de la FC máx = 4
- 90-100% de la FC máx = 5

Una vez que se han obtenido los resultados para cada zona de frecuencia cardiaca los resultados son sumados y se obtiene la intensidad de la carga de entrenamiento expresada en una unidad arbitraria.

TRIMP (training impulse) a partir de Banister, 1991

Otra forma de describir la carga interna de entrenamiento usando la FC es el descripto por Banister denominado TRIMP. En este método la

carga interna se calcula mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$TD \times FC_R \times 0,64 \times e^{1,92 \times FC_R}$$

en la que TD es la duración de la sesión de entrenamiento expresada en minutos y FC_R es determinada por la siguiente ecuación:

$$[(FC_{TS} - FC_B) / (FC_{máx} - FC_B)]$$

donde FC_{TS} es el promedio de la FC de toda la sesión y FC_B es la FC medida en reposo previo al ejercicio.

Impellizzeri et al 2004, plantearon que aparte de algunos pocos equipos de fútbol de alto nivel, el uso de un método para cuantificar la carga interna de entrenamiento basado en la FC de manera rutinaria no es siempre posible en el fútbol debido al tiempo que consume la recolección de los datos de FC de todos los jugadores en cada sesión de entrenamiento, a los conocimientos técnicos que demanda este método y a el costo de la adquisición de un gran numero de cardiofrecuenciómetros. Por tanto estos autores propusieron utilizar una forma alternativa de cuantificar la carga interna del entrenamiento propuesta inicialmente por Foster et al (1996). Este método cuantifica la carga interna de una sesión de entrenamiento multiplicando la percepción del esfuerzo de toda una sesión usando la escala CR10 (Tabla 23) por la duración total del entrenamiento en minutos. Los autores analizaron este método en 19 futbolistas de 17,6 años pertenecientes al mismo club. Los datos fueron recolectados durante las primeras 7 semanas del período competitivo. Todos los jugadores entrenaron 4 veces a la semana (Lunes, Martes, Miércoles, y Jueves) y participaron de un partido oficial los días Sábado. La mayor carga de entrenamiento aeróbica fue desarrollada los días Lunes, durante las sesiones de los días Martes los primeros 30 minutos del entrenamiento se dedicaron al entrenamiento de la velocidad en el que también se incluyeron entrenamientos pliometricos. La mayor parte del acondicionamiento físico se realizó usando partidos reducidos de fútbol.

Valor	Descripción
0	Descanso
1	Muy, muy liviano
2	Liviano
3	Moderado
4	Un poco pesado
5	Pesado
6	
7	Muy Pesado
8	
9	
10	Máximo

Tabla 23. Escala de Borg modificada por Foster et al, 1996.

La Figura 23 muestra la carga interna promedio durante las 7 semanas para los 4 días de entrenamiento. Como puede verse, el diseño del entrenamiento fue exitoso respecto a la posibilidad de permitir una completa recuperación de los futbolistas previo al partido. Por otro lado la Figura 24 muestra el patrón de variación de la carga interna durante las 7 semanas, constituidas por 27 sesiones de entrenamiento sin incluir los partidos medidas a través del método propuesto por Edwards, y el método basado en la percepción del esfuerzo. Como puede analizarse existe el mismo patrón de variación para ambas formas de cuantificar la carga interna del entrenamiento ($r = 0,71$, $p < 0,001$). Impellizzeri et al (2006) propusieron que el esfuerzo percibido puede incluir el estrés fisiológico y

psicológico de un sujeto, por tanto este método puede proveer una medición precisa de la carga interna de entrenamiento. La escala presentada en la Tabla 23 es considerada un indicador global de la intensidad del ejercicio incluyendo factores fisiológicos (consumo de oxígeno, FC, ventilación, beta endorfina, glucemia, y depleción de glucógeno) y psicológicos (Morgan W, 1994). Como consecuencia de esto la cuantificación de la carga interna mediante la percepción del esfuerzo puede ser un indicador preciso de la carga interna global del entrenamiento. Las investigaciones han mostrado que la combinación de la FC y la concentración de lactato predicen de manera más precisa la percepción del esfuerzo que cada una de estas variables tomadas independientemente (Borg et al (1995 [7]). Impellizzeri et al 2006 plantearon que estas investigaciones sugieren que la percepción del esfuerzo puede ser una medida más confiable de la intensidad del esfuerzo cuando los sistemas aeróbicos y anaeróbicos son activados, como en el caso de los esfuerzos intermitentes desarrolladas en el fútbol, ya sea durante el entrenamiento o los partidos. Además durante el sobreentrenamiento el esfuerzo percibido para una misma FC es mayor, sugiriendo esto que el esfuerzo percibido puede ser más sensible a la fatiga acumulada que la FC (Martin y Anderson, 2000). Consecuentemente el esfuerzo percibido puede ser útil para prevenir el sobreentrenamiento, y controlar la periodización de las cargas.

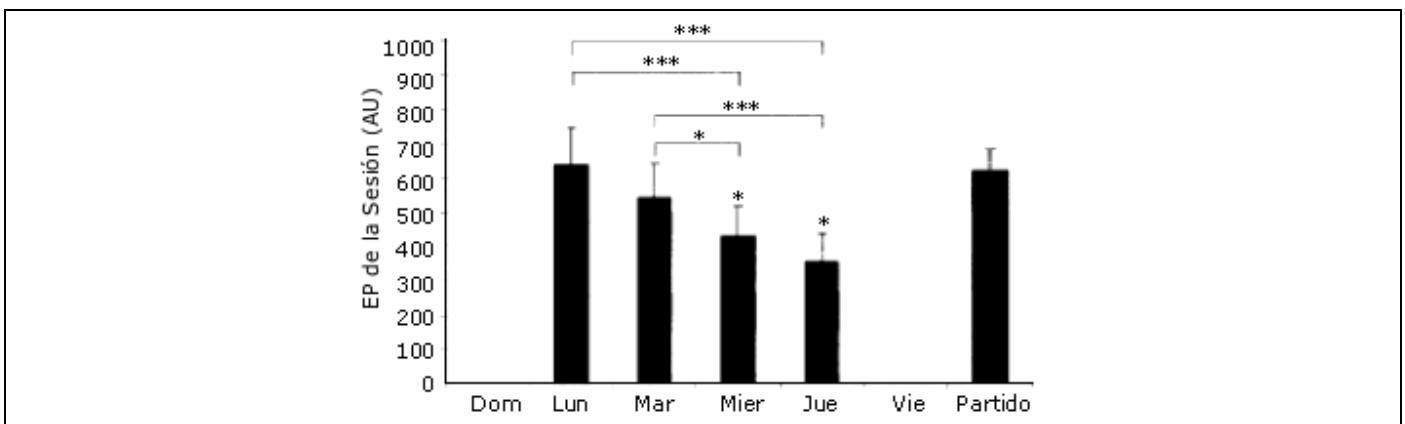


Figura 23. Promedio de unidades arbitrarias para la cuantificación de la carga interna del entrenamiento calculada a partir de 7 semanas, * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; † $p < 0,05$; ‡ $p < 0,001$: estadísticamente diferentes del día partido (sábado).

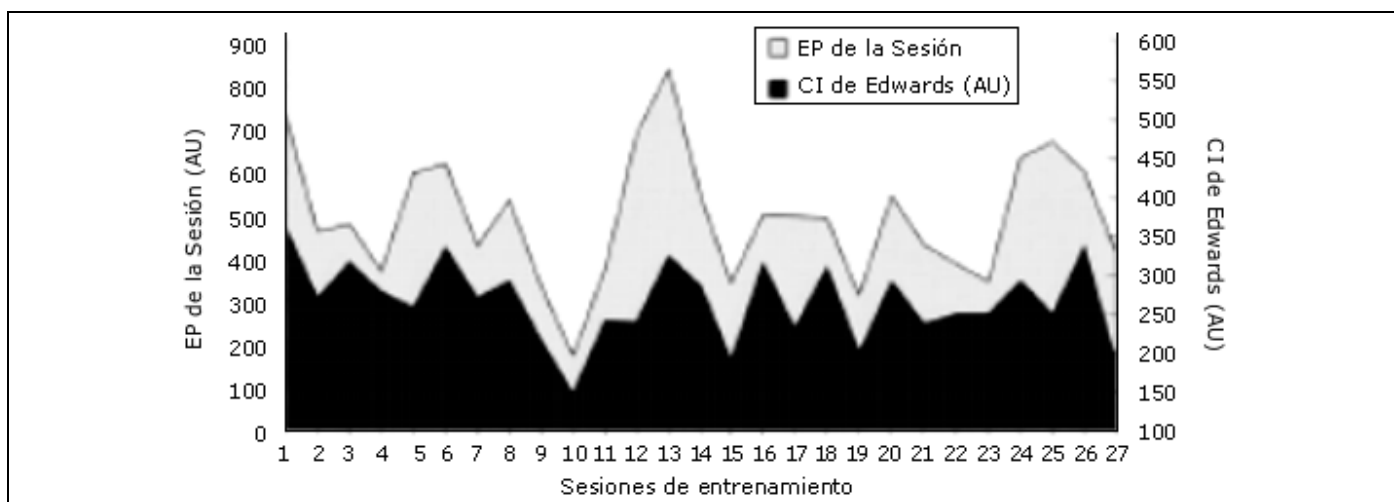


Figura 24. Patrón de la carga interna de entrenamiento cuantificado por el método de Edwards y el esfuerzo percibido, durante las 7 semanas que incluyó 27 sesiones de entrenamiento. AU: unidades arbitrarias. CI: carga interna

REFERENCIAS

- Antivero E, González Badillo J (2003). *Demanda Física en Jugadores del Fútbol Profesional Argentino. Capacidad Física y Distancia Recorrida en un Encuentro*. Tesis de Maestría, Master Universitario en Alto Rendimiento, Universidad Autónoma de Madrid, Centro Olímpico de Estudios Superiores, **Comité Olímpico Español, Madrid, España**.
- Antivero E (2007). *Análisis de la Distancia Recorrida y Tasa de Esfuerzo en Deportes de Conjunto*. Material de Estudio del Curso de Entrenamiento Físico en Deportes de Conjunto. **Grupo Sobre Entrenamiento, Argentina**.
- Apor, P. *Successful formulae for fitness training*. In: Science and Football, T. Reilly, A. Less, K. Davids, and W. J. Murphy (Eds.). **London: E. & F.N. Spon**, 1988, pp. 95-107.
- Åstrand, P. O. y Rodahl K (1993). *Fisiología del Trabajo Físico*. Ed Panamericana 3ra Ed.
- Aziz A, Tan F, Teh K (2006). *Variation in selected fitness attributes of professional soccer players during a league season*. In Science and Football V. Edited by Thomas Reilly, Jan Cabri and Duarte Araújo. The proceedings of the Fifth World Congress on Science and Football. **Routledge Editorial**.
- Bangsbo J., L. Norregaard, F. Thorso (1991). *Activity profile of professional soccer*. **Can J. Sports Sci**; 16: 110-116.
- Bangsbo J., Grahah B, Kiens, and B. Saltin (1992a). *Elevated muscle glycogen and anaerobic energy production during exhaustive exercise in man*. **J. Physiol**. 451:205 – 227.
- Bangsbo, J., (1992). *Time and motion characteristics of competition soccer*. **Science and Football** 6, 34-40.
- Bangsbo, J (1994). *Fitness Training in Football - A Scientific Approach*, Bagsværd, **Denmark: HO+Storm**, pp. 1-336.
- Bangsbo J (1994b). *Physical training in Football*. . In: *Football(Soccer)*. B. Ekblom (Ed.). **London: Blackwell Scientific**, pp. 124-138.
- Bangsbo, J (1994c). *Physiological demands*. In: *Football(Soccer)*. B. Ekblom (Ed.). **London: Blackwell Scientific**, pp. 43-59.
- Bangsbo, J.(1994d). *The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise*. **Acta Physiol. Scand**; 151(S619): 16.
- Bangsbo J (2003) *The physiology of training*. In *Science and Soccer*. Edited by **Thomas Reilly and Mark Williams**. **Routledge**, pp. 47-58.
- Banister, E. (1991). *Modeling elite athletic performance*. In: *Physiological Testing of Elite Athletes*, H. Green, J. McDougal, and H. Wenger (Eds.). **Champaign: Human Kinetics**, pp. 403-424.
- Barbero Álvarez J, Vera J, Juan G., Castagna, C (2007). *Cuantificación de la Carga en Fútbol: Análisis de un Juego en Espacio Reducido*. **PubliCE Premium**. 07/03/2007. Pid: 783.
- Blix AS, Stromme SB, Ursin H (1974). *Additional heart rate: an indicator of psychological activation*. **Aerosp Med**; 45:1219-22.
- Bogdanis G, Paspapryou I A, Souglis A, Theos A, Sotiropoulos A, Maridakis M (2007). *Effects of a hypertrophy and a maximal strength training program on speed, force and power of soccer players*. **J Sports Sci & Med**, 6 (Suppl:10), 78-79.
- Carling C., Williams AM., Reilly T. *Handbook of Soccer Match Analysis. A systematic approach to improving performance*. **Routledge. Abingdon, UK**. 2005.
- Casajus (2001). *Seasonal variation in fitness variable in professional soccer players*. **J Sports Med and Phys Fitness**, 41: 463-469.
- Casey A, Constantin-Teodosiu D, Howell D, Hultman E, Greenhaff P (1996). *Metabolic response of type I and II muscle fibers during repeated bouts of maximal exercise in humans*. **Am J Physiol**; 271: E38-43.
- Castagna, C., F.M. Impellizzeri, R. Belardinelli, G. Abt, A. Coutts, K. Chamari, and S. D'Ottavio (2006a). *Cardiorespiratory responses to yo-yo intermittent endurance test in nonelite youth soccer players*. **J. Strength Cond. Res**. 20(2): 326-330.
- Castagna, C., F.M. Impellizzeri, K. Chamari, D. Carlomagno, and E. Rampinini (2006b). *Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: A correlation study*. **J. Strength Cond. Res**. 20(2):320-325.
- Costill D, Wilmore J (2004). *Physiology of Sport and Exercise-3rd Edition*. **Human kinetics**.
- Di Salvo, Baron R, Tschan H, Calderon Montero F, Bachl N, Pigozzi F (2007). *Performance Characteristics According to*

- Playing Position in Elite Soccer. Int J Sports Med*; 28(3):222-227.
25. Drust, B., Thomas Reilly y Rienzi, E (1995). *Análisis de la prestación física y del rendimiento en Futbolistas Sudamericanos de Elite*. En: Edgardo Rienzi, Juan Carlos Mazza (eds). *Futbolista sudamericano de elite: morfología, análisis del juego y performance*. **Biosystem Servicio Educativo**.
 26. Dunbar J, and Woledge J (1995). *An investigation into the order of tests performed by games players in a battery of field tests*. **Journal of Sports Sciences**, 14, 77-78.
 27. Dunbar G, Treasure D (2006). *An analysis of fitness profiles as a function of playing position and playing level in three English Premier League Soccer Clubs*.
 28. Dupont, Grégory. Akakpo, Koffi. Berthoin, Serge (2004). Efectos del Entrenamiento Intervalado de Alta Intensidad durante el Periodo Competitivo en Jugadores de Fútbol. **PubliCE Premium**. 10/11/2004. Pid: 380
 29. Edwards, S (1993). High performance training and racing. In: *The Heart Rate Monitor Book*, S. Edwards (Ed.). Sacramento, CA: Feet Fleet Press, pp. 113–123.
 30. Ekblom, B. Applied physiology of soccer. *Sports Med*. 3:50–60, 1986.
 31. Foster, C., Hector L, Welsh, M. Schrage, M., Green, and Snyder A. *Effects of specific versus cross-training on running performance*. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup Physiol**. 70: 367–372, 1995.
 32. Gauffin, H., J. Ekstrand, L. Arnesson, and H. Tropp(1989). *Vertical jump performance in soccer players: a comparative study of two training programs*. **J. Hum. Movement Studies** 16:159-176.
 33. Green, S (1992). *Anthropometric and physiological characteristics of South Australian soccer players*. **Aust. J. Sci. Med. Sport** 24:3-7.
 34. Gregson W., Wrigley R (2007). The effects of a 10 week plyometric training intervention on 10 m sprint and vertical jump performance in elite junior professional soccer players. **J Sports Sci & Med**, 6 (Suppl:10), 124.
 35. Heller J, Prochazka L, Bunc V, Dlouha R, Novotny (1992). Functional capacity in top league football players during the competitive season. **J Sports Sci**, 10:150.
 36. Herd JA (1991). Cardiovascular response to stress. *Physiol Rev* 1991; 71:305–30.
 37. Helgerud J, Ingjer F, Stromme SB (1990). Sex differences in performance-matched marathon runners. *Eur J Appl Physiol*; 61:433–9.
 38. Helgerud J, Engen U, Wisloff U, Hoff J (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. **Med. Sci. Sports Exerc**; 33, 11: 1925–1931.
 39. Hoff, J. and B. Almåsbaek (1995). The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *J. Strength Cond. Res*. 9:255-258.
 40. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A and Marcora SM (2004). The use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*; 36(6):1042-47.
 41. Impellizzeri FM, Marcora SM, Castagna C, Reilly T, Sassi A, Iaia FM, Rampinini E (2006). *Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players*. **Int J Sports Med**; 27(6):483-92.
 42. Impellizzeri F, Mognoni P, Sassi A, Rampinini E (2006). Validity of a submaximal running test to evaluate aerobic fitness changes in soccer players. In *Science and Football V*. Edited by Thomas Reilly, Jan Cabri and Duarte Araújo. The proceedings of the Fifth World Congress on Science and Football. **Routledge Editorial**.
 43. Morris FL, Payne WR (1996). Seasonal variations in the body composition of lightweight rowers. *Br J Sports Med*; 30: 301-304.
 44. Krusturup P., Mohr M, Nybo L, Majgaard Jensen J, Jung Nielsen J, and J. Bangsbo (2006). The Yo-Yo IR2 Test: Physiological Response, Reliability, and Application to Elite Soccer. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Vol. 38, No. 9, pp. 1666–1673.
 46. Martin D, Anderson B, (2000). Heart rate-perceived exertion relationship during training and taper. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 40:201–208.
 47. Mohr M., Krusturup P., Nybo L., Nielsen J.J., Bangsbo J., (2004). *Muscle temperature and sprint performance during soccer matches--beneficial effect of re-warm-up at half-time*. **Scand J Med Sci Sports**;14(3):156-62.
 48. Mohr M., and J. Bangsbo (2001). Development of fatigue towards the end of a high level soccer match. *Med. Sci. Sports Exerc*. 33:215.
 49. Mohr M., Krusturup P, J. Bangsbo (2002). *Seasonal changes in physiological parameters of elite soccer players*. **Med. Sci. Sports Exerc**. 36:24.
 50. Mohr M., Krusturup P, J. Bangsbo (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J. Sport Sci*. 21:439–449.
 51. Mohr M., Krusturup P, Nybo L, Nielsen J. and Bangsbo. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches - beneficial effects of re-warm-up at half time. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 14:156 – 162, 2004.
 52. Morgan, W. (1973). *Psychological factors influencing perceived exertion*. **Med. Sci. Sports** 5:97–103.
 53. Nielsen J, Mohr M, Klarskov, et al. *Effects of high intensity intermittent training on potassium kinetics and performance in human skeletal muscle*. **J. Physiol**. 554:857– 870, 2004.
 54. Nummela A, Alvert M, Rijntjes R, Luthanen P, Rusko H (1996a). Reliability and validity of the maximal anaerobic running test. **Int J Sports Med**, 17: 97-102.
 55. Nummela A, Mero A, Rusko H (1996b). Effects of sprint training on anaerobic performance characteristics determined by the MART. In *J Sports Med*, 17, Suppl 2, S114-S119.
 56. Ohashi, I., Togari, H., Isokawa, M., and Suzuki, S., (1988). Measuring movement speeds and distances covered during soccer match-play. In Reilly, T., Lees, A., Davids, K., and Murphy W.I. (eds). *Science and Football*, pp 424-440. F & EN. Spon, London New York.
 57. Ostojic, Sergej M (2003). *Alteraciones durante la Temporada en la Composición Corporal y el Rendimiento de Velocidad en Futbolistas de Élite*. **PubliCE Premium**. 24/12/2003. Pid: 234.
 58. Ostojic SM, Zivanic S (2001). Effects of training on anthropometric and physiological characteristics of elite Serbian soccer players. *Acta Biol Med Exp*; 27: 76.
 59. Papaspyrou A , Bogdanis G, Souglis A, Theos A, Sotiropoulos A, Maridaki M (2007). *Power output during repeated maximal sprints is better maintained after maximal strength training compared to hypertrophy training in soccer players*. **J Sports Sci & Med**, 6 (Suppl:10), 174-175.
 60. Pate RR, Kriska A (1984). *Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance*. **Sports Med**; 1:87–98.
 61. Power K, Dunbar J, Treasure D (2006). *Differences in fitness and psychological markers as a function of playing level and position in two English premier league football clubs*. In *Science and Football V*. Edited by Thomas Reilly, Jan Cabri

- and Duarte Araújo. The proceedings of the Fifth World Congress on Science and Football. **Routledge Editorial**.
62. Ramsbottom R, Brewer J, and Willimas C (1988). *A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake*. **Br J Sports Med**, 22: 141-144.
 63. Rampinini E, Sassi A, Impellizzeri F (2006). *Reliability of heart rate recorded during soccer training*. In Science and Football V. Edited by Thomas Reilly, Jan Cabri and Duarte Araújo. The proceedings of the Fifth World Congress on Science and Football. **Routledge Editorial**.
 64. Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C, Sassi R, Impellizzeri FM. (2007). Variation in Top Level Soccer Match Performance. **Int J Sports Med**. Paper submitted for publication.
 65. Reilly, T., Thomas, V. (1976). A motion analysis of work rate in different positional roles in professional football match-play. *J Human Movement Stud*; 2: 87-97.
 66. Reilly T, Holmes M (1983). *A preliminary analysis of selected soccer skills*. **Physical Education Review**, 6: 64-71.
 67. Reilly, T (1994a). *Motion characteristics*. In: Football (Soccer), B. Ekblom (Ed.). **London: Blackwell Scientific**, pp. 31-43.
 68. Reilly, T (1994b). *Physiological profile of the player: In:Football (Soccer)*, B. Ekblom (Ed.), **Blackwell Scientific**, 1994, pp. 78-95.
 69. Reilly T (1994c). *Physiological aspects of soccer*. **Biol. Sport** 11:3-20.
 70. Reilly T (1997) Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J. Sports Sci.* 15:257 – 263.
 71. Reilly T (2003). Motion analysis and physiological demands. In Science and Soccer, Thomas Reilly and Mark Williams (Eds.). **Routledge Editorial**, pp 59-72.
 72. Reilly T, Craig White (2006). *Small-sided games as an alternative to interval training for soccer players*. In Science and Football V. Edited by Thomas Reilly, Jan Cabri and Duarte Araújo. The proceedings of the Fifth World Congress on Science and Football. **Routledge Editorial**.
 73. Rudolf P, Václac B (2006). *Reliability and Validity of the intermittent anaerobic running test (IANRT)*. In Science and Football V. Edited by Thomas Reilly, Jan Cabri and Duarte Araújo. The proceedings of the Fifth World Congress on Science and Football. **Routledge Editorial**.
 74. Sahlin, K (1992). *Metabolic factors in fatigue*. **Sports Med**. 13:99 – 107.
 75. Saltin, B (1973). Metabolic fundamentals in exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.** 5:137 – 146.
 76. Sampaio J y Maçãs V (2006). Differences between football players sprint test performance across different levels of competition. In Science and Football V. Edited by Thomas Reilly, Jan Cabri and Duarte Araújo. The proceedings of the Fifth World Congress on Science and Football. **Routledge Editorial**.
 77. Schmidtbleicher, D (1992). Training for power events. In:Strength and Power in Sport. P. Komi (Ed.). London: Blackwell Scientific, pp. 381-395.
 78. Smaros, G (1980). *Energy usage during a football match*. **In:Proceedings of the 1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football**, L. Vecchiet (Ed.). Rome, pp. 795-801.
 79. Sirotic, A.C., and A.J. Coutts (2007). *Physiological and Performance Test Correlates of Prolonged, high-intensity, Intermittent Running Performance in Moderately trained women Team Sport Athletes*. **J. Strength Cond. Res.**; 21(1):138-144.
 80. Vandewalle H, Peres G, Nonod H (1987). *Standard anaerobic exercise tests*. **Sports Med**, 4: 264-289.
 81. Wagner PD (1996). *Determinants of maximal oxygen transport and utilization*. **Annu Rev Physiol**; 58:21-50.
 82. Van Gool D, Van Gerven, J, Boutrnans (1983). Heart rate telemetry during a soccer game: a new methodology. **J. Sports Sci**; 1:154.
 83. Wragg C, Maxwell N, Doust J (2000). *Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability*. **Eur J Appl Physiol**; 83(1):77-83.
 84. Wisloff U, Helgerud J, Hoff J (1998). *Strength and endurance of elite soccer players*. **Med & Sci in Sports & Exerc**: 30(3): 462-467.