

# FútbolPF

la revista

Revista de Preparación Física en Fútbol

3º trimestre 2015

Número: 17



sociación de Preparadores  
**APF**  Físicos  
de fútbol

[www.futbolpf.com](http://www.futbolpf.com)

<b>INDICE</b>	<b>Página</b>
<b>EXPERIENCIAS Y PRACTICAS PROFESIONALES</b>	
<b>ESTUDIO DE UN CASO ÚNICO DE LAS DEMANDAS CINEMÁTICAS Y FISIOLÓGICAS DE UN JUGADOR DE FÚTBOL DE CATEGORÍA CADETE</b> <i>- GIMÉNEZ, J. M. y PINO, J.</i>	1
<b>EVOLUCIÓN DURANTE UNA PRETEMPORADA DE LAS DEMANDAS DE PARTIDO EN UN EQUIPO DE FÚTBOL JUVENIL SUB 18</b> <i>- ACEÑA, A., DE HOYO, M. Y DOMÍNGUEZ-COBO, S.</i>	15
<b>PROPUESTA PRÁCTICA DE UNA SESIÓN COMPENSATORIA Y OTRA COMPLEMENTARIA A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA TMG</b> <i>- PIQUERAS, F., QUINTANA, J.M., IBÁÑEZ, E., ALONSO, M. Y GARCIA, O.</i>	25
<b>REVISIÓN: INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EN EL FÚTBOL</b> <i>- PAZ, A.</i>	44
<b>REVISIÓN SOBRE LA BIOMECÁNICA DE LA LESIÓN DE ISQUIOTIBIALES EN EL FÚTBOL.</b> <i>- NAVARRO, E., CHORRO, D., TORRES, G., GARCÍA, C. Y NAVANDAR, A.</i>	55





## ESTUDIO DE UN CASO ÚNICO DE LAS DEMANDAS CINEMÁTICAS Y FISIOLÓGICAS DE UN JUGADOR DE FÚTBOL DE CATEGORÍA CADETE.

GIMÉNEZ, J. M. <sup>(1)</sup> y PINO, J. <sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia.

<sup>(2)</sup> Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia.

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue describir el perfil cinemático y fisiológico de un jugador a través de un dispositivo inercial, y determinar si existían diferencias entre las exigencias de los primeros y los segundos tiempos de los partidos analizados. El estudio se realizó con un jugador cadete (15 años, 170 cm y 60 kg), que fue monitorizado durante 16 partidos de competición, con una duración de 80 minutos, divididos en dos tiempos de 40 minutos cada uno de ellos. Los resultados obtenidos indican que este jugador recorrió una mayor distancia durante las primeras partes ( $4499,86 \pm 248$  m) que durante las segundas ( $4336,08 \pm 306,73$  m), además el 47% de la distancia total recorrida la realizó trotando. En relación a la Frecuencia cardiaca se observó cómo durante  $30:11 \pm 8:23$  minutos el jugador estuvo entre el 80-90% de su FC máxima. En conclusión, el jugador realiza una mayor distancia y tiempo de trabajo a intensidades medias-altas durante las primeras partes, viéndose reducido en las segundas partes. Los resultados de este estudio deberían ayudar al desarrollo de tareas específicas de entrenamiento, aumentando la calidad y cantidad del trabajo, que permitan así acercarse a las demandas físicas de la competición. Así mismo sería necesario realizar más investigaciones en esta línea ya que la literatura es escasa, y trabajos de este tipo son importantes para los preparadores que intervienen en la formación del joven futbolista.

**PALABRAS CLAVE:** Fútbol, competición, cuantificación, tecnología, formación.

---

Fecha de recepción: 11/07/2015. Fecha de aceptación: 09/08/2015  
Correspondencia: [juanmiguel.gimenezlopez@gmail.com](mailto:juanmiguel.gimenezlopez@gmail.com)

### INTRODUCCIÓN

El fútbol se caracteriza por ser un deporte en el que durante su desarrollo suceden esfuerzos continuos como correr o caminar, intercalados con acciones intermitentes, tales como esprintar, saltar, chutar y regatear junto a aspectos tácticos e incluso otros aspectos estresantes que son difíciles de controlar como el clima y el estado emocional, lo cual puede proporcionar posibles errores en la

valoración de la carga y esfuerzo a nivel de competición (Stroyer, Hansen & Klausen, 2004), por lo tanto se puede decir que el proceso de entrenamiento es clave para marcar la diferencia en la competición. Según Barbero, Vera y Castagna (2007) el objetivo primordial del entrenamiento es la mejora del rendimiento competitivo y, en ese sentido, la cuantificación del entrenamiento es de vital importancia de cara a programar tareas y cargas que permitan una preparación óptima del deportista para la competición. Por lo tanto

el conocimiento sobre las demandas físicas de la competición aporta información relevante para optimizar el proceso de entrenamiento de los deportistas, pudiendo desarrollar protocolos específicos de entrenamiento de acuerdo a las demandas encontradas (Bradley, Mascio, Peart, Olsen y Sheldon, 2010). La especificidad es un principio del entrenamiento que es fundamental para asegurar una adaptación óptima y la mejora del rendimiento (Reilly, Morris y Whyte, 2009).

En fútbol, el patrón de actividad de jugadores adultos ha sido ampliamente estudiado desde diferentes perspectivas incluso existen estudios que analizan las exigencias físicas de jugadores profesionales en competición (Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, y Drust, 2009). Sin embargo, son escasos los estudios que han analizado las exigencias en competición de jugadores en categorías inferiores (Stroyer et al., 2004), lo que resulta sorprendente dada la gran transcendencia de esta especialidad entre los jóvenes. Un mayor conocimiento de las demandas de este deporte en las etapas iniciales permitiría poder confeccionar programas de entrenamiento más acordes con las características somáticas y madurativas de los jugadores de estas edades, e incluso mejorar los criterios de

detección y selección de talentos para este deporte (Barbero, Barbero y Granda, 2007).

Según Casamichana, Castellano y Dellal (2013) han sido numerosas las técnicas utilizadas a lo largo de la historia para conocer el perfil físico de los jugadores de fútbol, desde sistemas manuales a los actuales sistemas de video-tracking semiautomáticos (TRACAB, AMISCO o ProZone). Casamichana y Castellano (2011) señalan que la incorporación de la tecnología GPS al entrenamiento permite monitorizar los desplazamientos realizados por los deportistas de una manera válida, fiable y rápida, analizando automática y simultáneamente múltiples jugadores y los programas permiten realizar análisis sencillos, por lo que representan la manera más práctica de monitorizar los movimientos de los deportistas (Hartwig et al., 2010, citado en Casamichana y Castellano, 2011).

A pesar de que los dispositivos GPS están siendo utilizados por numerosos clubes de fútbol (Randers et al., 2010, citado en Casamichana et al., 2013), y a diferencia con otros deportes donde la producción científica en este aspecto está siendo más abundante, existe poca información sobre su aplicación en el

estudio de los perfiles cinemáticos de los jugadores de fútbol durante la competición, debido sobre todo a la imposibilidad reglamentaria de utilizar sistemas de cuantificación sobre el jugador en partidos de competición, por lo que solo se utiliza en partidos amistosos (Buchheit, Mendez-Villanueva, Simpson y Bourdon, 2010; Harley et al., 2010).

La incorporación de esta nueva tecnología GPS permite aumentar el conocimiento acerca de las demandas cinemáticas y fisiológicas de la competición en fútbol, estudiando diferentes aspectos como la evolución a lo largo de las diferentes categorías de edad de las distancias recorridas (Buchheit et al., 2010; Harley et al., 2010) o profundizando en el estudio de alguna variable como las secuencias de sprint repetidos (Buchheit et al., 2010) o la relación de la velocidad máxima alcanzada y de la velocidad máxima aeróbica, y como pueden afectar a las acciones repetidas de desplazamiento a alta intensidad (Buchheit, Simpson, y Mendez-Villanueva, 2012, citado en Casamichana et al., 2013), en definitiva ayudar a optimizar el entrenamiento físico específico de los jugadores más jóvenes. Además de la mejora del rendimiento, estos dispositivos en la actualidad permiten establecer un perfil de rendimiento físico

del jugador tanto en entrenamiento como en competición, para en caso de lesión, cuando se desarrolle el protocolo de readaptación tener unos datos reales sobre los cuales trabajar para la total recuperación del deportista (Mallo, Paredes y Romero, 2013).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es analizar el perfil cinemático y fisiológico de un futbolista en categoría cadete, controlando los parámetros en competición mediante tecnología GPS, y determinar si existen alteraciones o cambios entre las exigencias que se dan en las primeras y en las segundas partes de 16 partidos de competición.

## MÉTODO

### Diseño y Participantes

La muestra de esta investigación ha sido un único jugador de fútbol base perteneciente a la Escuela de Fútbol de Torre Pacheco que participa en la Liga Autonómica Cadete de la Región de Murcia en la temporada 2014-2015. La edad del deportista es de 15 años (170 cm de estatura y 65 kg peso). El equipo realiza 3 sesiones de entrenamiento semanales y juega un partido de competición a la semana (dos periodos de 40 minutos), y su posición específica es de medio centro. Para poder utilizar el dispositivo inercial

en competición se solicitó un permiso a la Real Federación Murciana de Fútbol, así como un consentimiento firmado por el padre del jugador, siendo éste informado previamente del trabajo a realizar.

### **Material e Instrumentos**

#### **Análisis Cinemático**

La adquisición de los datos relativos a la participación del futbolista en los partidos se llevó a cabo empleando un dispositivo inercial (Wireless inercial movement unit) denominado WIMU (RealTrack Systems, Almería, España) el cual integra diferentes sensores (tres acelerómetros, un giróscopo, un GPS y un magnetómetro, entre otros) y con una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Para la realización de este estudio los datos fueron grabados en una tarjeta microSD que incorpora el dispositivo. El dispositivo lo portaba el jugador en un arnés ubicado en la parte superior de la espalda. Además llevaba una cinta en el tórax, para el registro de la frecuencia cardiaca.

La velocidad lineal de los movimientos que realizó el jugador se agruparon en las siguientes categorías: (a) andando o carrera baja intensidad (0,7-7 km/h); (b) carrera rápida (7-14 km/h); (c) carrera a alta intensidad (15-21 km/h); (d) sprint ( $\geq 21$  km/h). Estos intervalos de velocidad son similares a los utilizados en

otras investigaciones (Casamichana et al., 2013; Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2010).

#### **Frecuencia Cardíaca (FC)**

La FC se registró mediante una banda GARMIN (Garmin Ltd., Olathe, Kansas, Estados Unidos) la cual enviaba los datos al dispositivo WIMU (RealTrack Systems, Almería, España) a través de la tecnología Ant+, con una frecuencia de muestreo de 4 s. Los datos fueron volcados al ordenador y tratados con el software Quiko (RealTrack Systems, Almería, España). A partir de los archivos disponibles de los partidos de competición.

Los esfuerzos se clasificaron en las siguientes categorías en función de la FC Máxima individual (FCmáx): (a) 50-60% FCmáx; (b) 60-70% FCmáx; (c) 70-80% FCmáx; (d) 80-90% FCmáx; (e) 90-95% FCmáx; y (f) 95-200% FCmáx.

#### **Procedimiento**

La monitorización a través del dispositivo GPS fue realizada durante los partidos de competición (n=16), cada registro presenta una duración aproximada de 80 minutos (40+40). Previo al comienzo de cada encuentro se realizó un protocolo de calentamiento estandarizado para todos los partidos de competición de este equipo cuya duración aproximada es de 20-25 minutos, el cual no se incluyó en el

registro, el dispositivo se colocó antes de iniciar el calentamiento, para no interferir posteriormente. Al finalizar cada uno de los partidos, los datos se descargaron en un ordenador portátil para realizar el tratamiento de las variables objeto de estudio.

### **Análisis Estadístico**

Para el análisis de los datos se ha realizado un análisis descriptivo. Los datos son presentados como media (Media) y desviación estándar (SD) para cada una de las variables de la distancia total, la distancia a diferentes velocidades, aceleraciones, desaceleraciones y FC en cada uno de los periodos del partido para así poder ser comparados entre ellos.

### **VARIABLES OBJETO DE ESTUDIO**

Las variables contempladas para estudiar el rendimiento cinemático y fisiológico del jugador durante los partidos de competición son: variables cinemáticas y variables fisiológicas. En cuanto a las variables cinemáticas se han analizado la distancia total recorrida, la distancia recorrida en cada una de las categorías de velocidad establecidas siguiendo a Di Salvo et al. (2010). En cuanto a las variables fisiológicas se tuvo en cuenta el porcentaje de FC máxima (HR % Máx.)

del jugador durante los partidos de competición.

## **RESULTADOS**

### **Distancia total recorrida**

En la Tabla 1 se muestra las distancias recorridas en cada partido. La distancia media es de  $8845,32 \pm 1907,03$  metros (m), siendo la distancia media recorrida en las primeras partes de los partidos de  $4499,86 \pm 248,53$ m., mientras que en las segundas partes la distancia media recorrida fue de  $4336,08 \pm 306,73$ m.

### **Distancia total recorrida a diferentes intervalos de velocidad**

En la tabla 2 se muestra la distancia media recorrida a velocidades de baja intensidad. Se observa que el jugador recorre andando una distancia total media de  $3886,66 \pm 260,28$ m, del mismo modo trotando recorre una distancia de  $4131,68 \pm 354,85$ m, lo que equivale a un 44% y un 47% respectivamente de la distancia media total recorrida durante un partido de competición. Diferenciando entre primeras y segundas partes para estas dos categorías de velocidad no se encuentran grandes diferencias destacables, pero sí se puede destacar que se recorre más distancia andando durante las segundas partes ( $2020,26 \pm 198,45$ m), y más distancia

trotando durante las primeras (2195,22 ± 263m).

Las distancias recorridas a alta intensidad se muestran en la tabla 3, se observa que se recorren 749,48 ± 212,43m de carrera moderada-rápida, frente a los 26,62 ± 15,95m que se recorren esprintando, dándose la carrera moderada-

rápida durante más distancia en las primeras partes (390,53 ± 137,24m) que durante las segundas (349,02 ± 106,93m). Mientras que la distancia que recorre el jugador en sprint es mayor en las segundas partes (17,32 ± 9,60m) que en las primeras (12,29 ± 12,34m).

Tabla 1. Distancia Total Recorrida (m) (Fuente: elaboración propia)

Partido	PT	ST	DT
1	4548,84	4329,68	8878,52
2	4344,03	4456,19	8800,22
3	4499,92	4770,09	9270,01
4	4718,25	4537,71	9255,96
5	4009,7	4028,58	8038,28
6	4752,81	4234,83	8987,64
7	4817,13	4780,95	9598,08
8	4160,4	4524,59	8684,99
9	4565,84	4633	9198,84
10	4326,7	4074,15	8400,85
11	4581	4628,37	9209,37
12	4508,41	4369,95	8878,36
13	4784,84	3989,75	8774,59
14	4459,92	4414,18	8874,11
15	4148,14	4177,28	8325,42
16	4883,32	3607,41	8490,73
Media	4499,86	4336,08	8845,32
SD	248,53	306,73	1907,03

**Nota:** PT: Distancia Primer Tiempo; ST: Distancia Segundo Tiempo; DT: Distancia Total

Tabla 2. Distancias Recorridas a Baja Intensidad (m). (Fuente: elaboración propia)

Partido	[ 0,7- 7 km/h ]			[ 7- 14 km/h ]		
	PT	ST	DT	PT	ST	DT
1	1883,59	2041,05	3924,64	2126,09	1700,39	3826,48
2	1936,87	2305,55	4242,42	2011,57	1902,05	3913,62
3	1934,14	2146,13	4080,27	2248,21	2116,58	4364,79
4	1850,77	2328,35	4179,12	2713,19	1983,99	4697,18
5	1896,26	1965,16	3861,42	1847,93	1728,69	3576,62
6	1736,41	2076,77	3813,18	2587,76	1811,03	4398,79
7	1934,45	1978,99	3913,44	2363,2	2323,22	4686,42
8	1905,06	2062,32	3967,38	1929,74	2130,34	4060,08
9	1814,55	2127,93	3942,48	2342,93	2157,77	4500,7
10	1735,51	1801,97	3537,48	1908,13	1798,21	3706,34
11	1773,37	1820,65	3594,02	2207,59	2222,71	4430,3
12	1994,58	2129,7	4124,28	2178,79	1892,38	4071,17
13	1854,86	2068,18	3923,04	2584,46	1604,4	4188,86
14	1870,37	2030,76	3901,13	2080,9	1992,41	4073,31
15	1962,8	2178,55	4141,35	1797,62	1736,25	3533,87
16	1743,29	1445,21	3188,5	2459,14	1865,93	4325,07
Media	1862,43	2020,26	3886,66	2195,22	1925,05	4131,68
SD	78,00	198,45	260,28	263,00	195,27	354,85

**Nota:** PT: Distancia Primer Tiempo; ST: Distancia Segundo Tiempo; DT: Distancia Total

Tabla 3. Distancias Recorridas a Alta Intensidad (m). (Fuente: elaboración propia)

Partido	[ 14- 21 km/h ]			[ 21- 50 km/h ]		
	PT	ST	DT	PT	ST	DT
1	511,78	560,81	1072,59	27,38	27,43	54,81
2	395,59	228,63	624,22	0	19,96	19,96
3	305,42	483,56	788,98	12,15	23,82	35,97
4	149,82	225,37	375,19	4,48	0	4,48
5	235,21	320,03	555,24	30,3	14,7	45
6	416,12	328,83	744,95	12,52	18,2	30,72
7	500,48	468,28	968,76	19	10,46	29,46
8	323,38	301,52	624,9	2,23	30,41	32,64
9	406,13	324,88	731,01	2,22	22,42	24,64
10	646,11	450,74	1096,85	36,95	23,23	60,18
11	595,76	575,45	1171,21	4,29	9,56	13,85
12	314,8	338,37	653,17	20,24	9,5	29,74
13	345,52	306,8	652,32	0	10,37	10,37
14	492,66	357,98	850,64	16	33,04	49,04
15	370,09	262,48	632,57	17,62	0	17,62
16	643,47	284,13	927,6	37,41	12,14	49,55
Media	390,53	349,02	749,48	12,29	17,32	26,62
SD	137,24	106,93	212,43	12,34	9,60	15,95

**Nota:** PT: Distancia Primer Tiempo; ST: Distancia Segundo Tiempo; DT: Distancia Total

### Frecuencia cardíaca

En relación a los parámetros fisiológicos, en este trabajo se analizó la FC. La Tabla 4 muestra como este deporte tiende a tener poca predominancia de tiempo las acciones que se desarrollan a porcentajes de FC bajos, debido a ello, se observa que entre el 50-60% de la FC máxima del deportista, durante los partidos registrados estuvo una media del  $0,3 \pm 0,97$  % del tiempo total de los partidos, siendo este porcentaje mayor en las primeras partes ( $0,59 \pm 2,05\%$ ) que en las segundas ( $0,03 \pm 0,12\%$ ). En cuanto al porcentaje de FC que corresponde al 60-70% de la máxima del jugador, este estuvo una media del  $2,77 \pm 5,63\%$  del tiempo total del partido, entre ambas partes la diferencia de la media no es significativa, repartiéndose casi por igual en ambos tiempos. Para el último intervalo que se clasifica como de baja intensidad (70-80%) se puede observar que es el más predominante de los tres vistos, estando presente de media durante un  $6,95 \pm 9,63\%$  de la duración total de los partidos registrados, siendo mayor el desarrollo de trabajo a esta intensidad durante las segundas partes ( $7,63 \pm 12,28\%$ ) que durante las primeras.

En la Tabla 5 se muestra los porcentajes de FC a alta intensidad. Como se puede apreciar entre el 80-90% es la intensidad predominante durante la media de todos los partidos registrados con un  $37,55 \pm 10,22\%$  del total, siendo en las primeras partes este porcentaje ( $31,12 \pm 12,12\%$ ) menor que en las segundas ( $43,20 \pm 10,02\%$ ). En cuanto a la intensidad que corresponde al 90-95% de la FC máxima del deportista, esta es la segunda más demandada en la media de todos los partidos con un  $28,50 \pm 11$ , siendo utilizada con un mayor porcentaje durante las primeras partes ( $32,44 \pm 12,37$ ) que durante las segundas ( $22,94 \pm 11,55\%$ ). Por último, en cuanto a la máxima intensidad que puede desarrollar el deportista en competición, la cual corresponde a una intensidad igual o por encima del 95% su máxima, se puede ver como esta es requerida un  $12,68 \pm 8,63\%$  del tiempo total de la media de los partidos, siendo más predominante durante las primeras partes con un  $15,51 \pm 10,91\%$ , que durante las segundas partes donde tan solo aparece durante un  $6,98 \pm 9,52\%$  del tiempo total de la media de los partidos.

Tabla 4. Porcentaje de FC a Intensidades Bajas-Medias (50-80%) (Fuente: elaboración propia)

Partido	50-60%			60-70%			70-80%		
	PT	ST	T	PT	ST	T	PT	ST	T
1	0	0	0	0	0	0	5,18	3,24	4,2
2	8,5	0	4	16,06	3,07	9,19	31,51	24,25	27,67
3	0,46	0	0,22	2,27	0,48	1,35	4,26	1,6	2,89
4	0	0	0	0	0,59	0,3	7,56	13,41	10,58
5	0	0	0	0	0	0	6,17	6,29	6,23
6	0	0	0	0	9,94	5,19	1,26	11,59	6,65
7	0	0	0	1,16	1,58	1,37	6,33	0,83	3,54
8	0	0	0	0	0,16	0,08	8,89	7,68	8,26
9	0	0	0	0	0	0	0,36	1,36	0,88
10	0	0	0	0	2,77	1,37	5,26	23,67	14,38
11	0,5	0,5	0,5	27,68	18,4	22,57	33,35	39,47	36,28
12	0	0	0	0	0	0	4,03	2,85	3,43
13	0	0	0	0	1,06	0,54	0,3	23,29	12,05
14	0	0	0	0	0	0	0,49	4,39	2,52
15	0	0	0	2,34	1,15	1,73	2,68	37,58	20,67
16	0	0	0	0	1,36	0,61	2,74	12,17	6,98
Media	0,59	0,03	0,30	3,09	2,54	2,77	3,55	7,63	6,95
SD	2,05	0,12	0,97	7,43	4,74	5,63	9,75	12,28	9,63

Nota: PT: Primer Tiempo; ST: Segundo Tiempo; T: Total

Tabla 5. Porcentajes de FC a Intensidades Altas (80-200%). (Fuente: elaboración propia)

Partido	80-90%			90-95%			95-200%		
	PT	ST	T	PT	ST	T	PT	ST	T
1	22,73	36,88	29,92	42,14	33,29	37,64	29,94	26,59	28,24
2	28,52	47,32	38,47	9,3	19,35	14,62	6,1	6	6,05
3	37,17	37,32	37,25	33,56	36,53	35,09	22,28	24,06	23,2
4	26,09	45,28	36,01	42,56	21,74	31,8	23,79	18,98	21,3
5	56,25	65,37	60,84	31,97	24,7	28,31	5,61	3,64	4,62
6	30,14	44,13	37,44	51,28	22,2	36,11	17,32	12,13	14,61
7	31,22	29,12	30,15	39,25	40,38	39,82	22,04	28,09	25,11
8	47,63	45,78	46,66	33,46	32,33	32,87	10,02	14,06	12,13
9	18,45	27,8	23,35	49,75	44,92	47,21	31,45	25,92	28,55
10	32,45	44,04	38,19	39,39	23,69	31,87	22,39	5,83	14,18
11	28,34	36,19	32,02	8,66	4,1	5,96	1,47	1,33	1,4
12	24,11	40,56	32,49	51,9	40,6	46,14	19,96	15,99	17,94
13	15,34	40,29	28,09	38,32	27,05	32,56	46,04	8,32	26,76
14	41,06	56,88	49,28	40,25	35,64	37,86	18,2	3,09	10,35
15	59,55	58,04	58,77	23,74	3,23	13,17	11,69	0	5,67
16	31,76	54,37	41,92	38,73	29,05	34,38	26,77	3,05	16,11
Media	31,12	43,20	37,55	32,44	22,94	28,50	15,51	6,98	12,68
SD	12,12	10,02	10,22	12,37	11,55	11,00	10,91	9,52	8,63

Nota: PT: Primer Tiempo; ST: Segundo Tiempo; T: Total

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La distancia total recorrida por este futbolista es de  $8845,32 \pm 1907,03$  metros, distancia superior a la reportada por Harley et al. (2010) para jugadores cadetes que fue de  $7672 \pm 2578$  metros. Sin embargo, son bastante inferiores si se comparan con los resultados aportados por Barnes et al. (2014) para jugadores de la English Premier League (EPL), donde estos recorren en la temporada 2012-13 una distancia de  $10881 \pm 885$ m. Se puede observar como la desviación de metros es muy superior en los trabajos realizados en categoría cadete que en el trabajo de la EPL, probablemente debido a la diferencia de nivel entre equipos, lo cual provoca que haya partidos donde el esfuerzo requerido no sea el máximo, y otros donde el esfuerzo tenga que ser el máximo posible, además pueden influir factores como el sistema de juego empleado en cada uno de los partidos, o las condiciones puntuales del propio equipo que se puede encontrar en superioridad o inferioridad numérica. Comparando el índice metros/minuto, Barbero-Álvarez et al. (2008a) registran una distancia de  $107,8 \pm 6,9$  m/min. en un jugador de categoría cadete, distancia prácticamente similar a la registrada en este estudio ( $110,5 \pm 23,8$  m/min). Casamichana et al. (2013) registran en un jugador de categoría senior

semiprofesional en la posición de medio centro una distancia recorrida media por minuto de  $119 \pm 6,9$  metros, distancia ligeramente superior. Comparando por tiempos y con la categoría infantil femenino, Barbero-Álvarez et al. (2008b) reportan en su trabajo una distancia de  $82,9 \pm 7,9$  m/min. durante el primer tiempo, y de  $76,2 \pm 8,8$  m/min. durante el segundo, mientras que el sujeto estudiado recorre  $112,5 \pm 6,2$  m/min. en el primer tiempo, y  $108,4 \pm 7,7$  m/min., distancias superiores probablemente debidas a la diferencia de sexo y de edad, pero que permiten observar como las distancias que se recorren en las primeras partes son superiores a las que se recorren durante las segundas partes, probablemente este hecho se deba a la fatiga que produce el propio partido de competición sobre los jugadores. Mohr et al. (2003) en su trabajo comparando jugadores de primer nivel con jugadores de nivel medio indican también que las distancias recorridas en ambos niveles son mayores en los primeros tiempos que en los segundos.

Respecto a las distancias recorridas en función de los diferentes intervalos de velocidad, haciendo referencia a Casamichana y Castellano (2011) en un trabajo con jugadores semiprofesionales en la posición de medio centro afirman que

estos pasan andando el 58,3% del tiempo total del partido, mientras que trotan durante el 29,5% de la duración total del partido. Porcentajes entre los cuales se encuentran los obtenidos en este estudio, donde el futbolista anda durante el 44% del partido y trota durante el 47% de la duración total del mismo. Barbero-Álvarez et al. (2008a) en su trabajo con cadetes indica que estos recorren el 7,5% de la distancia andando, y el 46.8% de la misma trotando. Coincidiendo todos así con Di Salvo et al. (2009), que revela que los medios centros se caracterizan por recorrer un mayor número de metros a velocidades intermedias que a cualquier otra velocidad. Con estos datos se puede ver como el futbolista de categoría cadete está durante más tiempo trotando que los futbolistas semiprofesionales. Haciendo referencia a distancias de alta intensidad, el sujeto recorre  $776,1 \pm 228,38$  metros, distancia inferior a la que muestra Harley et al. (2010) para jugadores cadetes que es de  $951 \pm 479$  metros, teniendo en cuenta de que esta distancia no es específica para la posición de medio centro, sino una media de todo el equipo, e inferior también comparada con los datos aportados por Barnes et al. (2014) para jugadores de la EPL donde estos recorren a alta intensidad una distancia de  $1151 \pm 337$  metros. Mohr

et al. (2003) diferenciando la primera de la segunda parte en jugadores de primer nivel, indica que durante las primeras partes se recorre una mayor distancia de carrera a alta intensidad que durante las segundas, coincidiendo en este aspecto con nuestros registros donde recogemos una distancia de  $390,53 \pm 137,24$  metros en la segunda parte frente a  $349,02 \pm 106,93$  metros en la primera. Por otro lado, en cuanto a la distancia en sprint, estos autores indican también que es mayor durante las primeras partes, en este aspecto no coinciden los resultados de los trabajos ya que los datos obtenidos en esta investigación indican que recorre más metros en sprint durante las segundas partes que durante las primeras ( $17,32 \pm 9,60$ ;  $12,29 \pm 12,34$  metros). Para finalizar con la distancia de alta intensidad se puede observar los datos expuestos anteriormente, donde se aprecian más metros de sprint en las segundas partes, coincidiendo con más metros andados en las segundas partes, esto puede deberse a que el deportista aproveche circunstancias del juego para recuperar andando, y cuando actúe hacerlo a alta intensidad.

Finalmente, en cuanto a la FC coincidiendo con el trabajo de Barbero-Álvarez et al. (2008a) quienes indican que la FC media para jugadores coincide con el 87,9% de la FC máxima, siendo esta zona

(80-90%) en la que más tiempo se encuentra el sujeto de esta investigación, con un tiempo de  $30,11 \pm 8,27$  minutos sobre duración total del partido. Valores que se encuentran dentro del rango (80-90% de la FC máxima que exponen la mayoría de autores (Stroyer et al. 2004), incluso con jugadores profesionales. Para Barbero et al. (2008b) en su trabajo con jugadoras infantiles exponen que estas permanecieron durante 20:02 minutos por encima del 90% de su FC máxima, lo que representa el 40% del partido, mientras que el deportista analizado permanece durante 30:21 minutos por encima del 90% de su FC máxima, lo que corresponde al 41,4% del total del partido.

A modo de resumen, las principales conclusiones de este estudio son:

- La aplicación de esta tecnología para registrar las exigencias cinemáticas y fisiológicas ha permitido describir el perfil de este jugador de fútbol a partir de variables e indicadores que aportan información muy valiosa desde el punto de vista de las exigencias competitivas que requiere este deporte y, ha permitido conocer cuáles son las exigencias a las que se somete este deportista durante una gran muestra de partidos de competición y diferenciarlas entre primer y segundo

tiempo, para así poder adecuar lo máximo posible los entrenamientos a estas demandas.

- Conocer los patrones del esfuerzo fisiológico y cinemático en el fútbol permitirá a entrenadores y preparadores físicos optimizar el proceso de entrenamiento del joven futbolista.
- Este tipo de datos o de información puede permitir a los clubes registrar el proceso de formación del deportista a lo largo de su etapa en el fútbol base y así optimizarla al máximo, posibilitando también detectar alteraciones o cambios en el proceso formativo que pueden ser consecuencia de la necesidad de un cambio, o bien en el tipo de entrenamiento que se realiza sobre el deportista, o del rol que desempeña dentro del sistema de juego del propio equipo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sport Sciences*, 24, 665-674.

Barbero Álvarez, J., Barbero Álvarez, V., & Granda Vera, J. (2007). Perfil de actividad durante el juego en futbolistas infantiles. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 90, 33-41.

Barbero Álvarez, J., Vera Granda, J., & Castagna, C. (2007). Cuantificación de la carga en fútbol: Análisis de un juego en espacio reducido. *Publice*.

Barbero Álvarez, J., Barbero Álvarez, V., Vera Granda, J., & López Gómez, M. (2008a). Perfil de actividad y frecuencia cardíaca en fútbol 7 infantil y cadete. *Libro de Actas*.

Barbero Álvarez, J., Gómez López, M., Barbero Álvarez, V., Granda Vera, J., & Castagna, C. (2008b). Heart rate and activity profile for Young female soccer players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 3, 1-11.

Barnes, C., Archer, D., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. (2014). The Evolution of Physical and Technical Performance Parameters in the English Premier League. *International Journal of Sports Medicine*, 35, 1-6.

Bradley, P., Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer player at different performance levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24, 2343- 2351.

Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B., & Bourdon, P. (2010). Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *International Journal of Sport Medicine*, 31, 709-716.

Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League Soccer. *Journal of Sport Science & Medicine*, 1, 63.

Calahorra, F., Torres, G., Lara, J., & Zagalaz, M. (2013). Exigencia competitiva en jugadores de fútbol cadetes en relación al puesto específico. *E-Balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 9, 27-36.

Casamichana, D., & Castellano, J. (2011). Demandas físicas en jugadores semiprofesionales de fútbol, ¿se entrena igual que se compite? *CCD. Cultura\_Ciencia\_Deporte*, 6, 121-127.

Casamichana, D., Castellano, J., & Dellal, A. (2013). Perfil cinemático en partidos amistosos de

futbolistas semiprofesionales. *Journal of Sport and Health Research*, 5, 283-294.

Castagna, C., Manzi, V., Impellizzeri, F., Weston, M., & Barbero Álvarez, J. C. (2010). Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 3227-3233.

Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A., & Álvarez, D. (2011). Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *International Journal of Sport Medicine*, 6, 415-421.

Castellano, J., & Casamichana, D. (2014a). Alternativas en la monitorización de las demandas físicas en fútbol: Pasado, presente y futuro. *Revista Española de Educación Física y Deportes- REEFD*, 404, 41-58.

Castellano, J., & Casamichana, D. (2014b). Deporte con dispositivos de posicionamiento global (GPS): Aplicaciones y limitaciones. *Revista de Psicología del Deporte*, 23, 355-364.

Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderón-Montero, F., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International journal of sports medicine*, 28(3), 222-227.

Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League Soccer. *International Journal of Sport Medicine*, 3, 205- 212

Di Salvo, V., Baron, R., González-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Spriting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEDA Cup matches. *Journal of Sport Sciences*, 14, 1489-1494.

Fradua, L., Zubillaga, A., Caro, O., Fernández-García, A., Ruiz-Ruiz, C., & Tenga, A. (2013). Designing small-sided games for training tactical aspects in soccer: extrapolating pitch sizes from full-

size professional matches. *Journal of Sport Sciences*, 6, 573-581.

Harley, J., Barnes, C., Portas, M., Lovell, R., Barrett, S., Paul, D., & Weston, M. (2010). Motion analysis of match-play in elite U12 to U16 age-group soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 28, 1391-1397.

Mallo, J., Paredes, V., & Romero, B., (2013) Aplicación de GPS en la readaptación de lesiones en el fútbol profesional: Estudio de caso. *FútbolPF: Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 7, 49-64.

Márquez-González, I., & Suárez-Arrones, L. (2013). Propuesta de análisis y cuantificación de carga externa comparando partidos vs entrenamientos en fútbol femenino: Estudio de caso. *FútbolPF: Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 10, 33-43.

Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sport Sciences*, 21, 519-528.

Molinos Domene, Á. (2013). Evaluation of movement and physiological demands of full-back and center-back soccer players using global positioning systems. *Journal of Human Sport & Exercise*, 8, 1015- 1028.

Reilly, T., Morris, T., & Whyte, G. (2009). The specificity of training prescription and physiological assessment: A review. *Journal of Sports Sciences*, 27, 575- 589.

Rodríguez-Marroyo, J. A., Pernía, R., & Villa, J. (2009). Intensidad de esfuerzo en Fútbol 7 vs Fútbol 11. *Kronos*, 14, 67-70.

San Román-Quintana, J., Casamichana, D., Castellano, J., & Calleja-González, J. (2014). Comparativa del perfil físico y fisiológico de los juegos reducidos vs partidos de competición en

fútbol. *Journal of Sport and Health Research*, 6, 19-28.

Stroyer, J., Hansen, L., & Klausen, K. (2004). Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 36, 168- 174.

## EVOLUCIÓN DURANTE UNA PRETEMPORADA DE LAS DEMANDAS DE PARTIDO EN UN EQUIPO DE FÚTBOL JUVENIL SUB 18

ACEÑA, A.<sup>(1)</sup>, DE HOYO, M.<sup>(1)</sup> Y DOMÍNGUEZ-COBO, S.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Sevilla. F.C, SAD.

### RESUMEN

Son muchos los estudios y revisiones que se han hecho de las demandas de partido en jugadores profesionales así como la evolución de las demandas de partido durante una pretemporada, pero desde nuestro conocimiento, son muy pocas las que tienen como objetivo, estudiarlas en jugadores juveniles de fútbol. En este estudio, se pretende analizar las diferencias entre demarcaciones en jugadores juveniles así como ver la evolución de las demandas cinemáticas de partido durante la pretemporada. El objetivo, por lo tanto, será establecer perfiles de esfuerzos por demarcaciones para plantear tareas lo más cercanas al modelo y sistema de juego.

**PALABRAS CLAVE:** GPS, carga externa, variables, cinemáticas

Fecha de recepción: 18/11/2015. Fecha de aceptación:

Correspondencia: acroan@hotmail.com

### INTRODUCCIÓN

Desde hace años se viene estudiando las variables cinemáticas en competición en jugadores de categoría profesional (Andrzejewski., Chmura, Pluta, & Kasprzak, 2012) pero no hay bibliografía muy extensa sobre las demandas de partido en categoría juvenil (Rebelo, Brito, Seabra, Oliveira & Krstrup, 2014) en pretemporada. Además, muy pocos son los estudios en los que se ha hecho uso de tecnología y dispositivos GPS, siendo el análisis visual el más utilizado en estudios con jugadores juveniles (Castagna, DÓttavio & Abt, 2003)

La utilidad, validez y fiabilidad del uso de dispositivos GPS a 5 Hz en las

mediciones de variables cinemáticas en partido se ha postulado como una herramienta eficaz (Harley et al., 2010) en comparación con los análisis basados en observaciones en video (Castagna et al., 2003; Randers et al., 2010).

Además, se ha postulado como el uso de dispositivos GPS a 5 Hz posee mayor fiabilidad y validez que los dispositivos a 1 Hz en mediciones a alta intensidad (Buchheit, Horobeanu, Mendez-Villanueva, Simpson & Bourdon, 2011; Harley et al., 2010; Randers et al., 2010), por lo que se puede otorgar cierta fiabilidad a este estudio, teniendo en cuenta que se utilizaron dispositivos a 4 Hz.

Por lo tanto, a la luz de la bibliografía existente, el objetivo del presente trabajo

es poder establecer un perfil en cada una de las demarcaciones en jóvenes jugadores de categoría juvenil así como analizar la evolución de las variables cinemáticas en cada una de las demarcaciones durante una pretemporada.

## MÉTODO

### Participantes

En el estudio participaron un total de 20 jugadores de categoría juvenil ( $17 \pm 0,6$  años) pertenecientes a la cantera de un club de élite de España. Los datos de la muestra se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Datos de la Muestra

Edad	$17 \pm 0,6$ años
Peso	$67,40 \pm 6,67$ kg
Altura	$1,77 \pm 0,05$ m
IMC	$18,5 \pm 1,5$

### Diseño del estudio y procedimiento

Durante 5 semanas de pretemporada, se registraron en cada uno de los partidos (4 partidos), la carga externa a través del uso de dispositivos GPS. Se registró distancia total recorrida por minuto (m/min), distancia recorrida en diferentes velocidades por minuto (0-6,9 km/h; 7-14,9 km/h; 15-18 km/h y  $> 18,1$  km/h). Se optó por estos rangos de

velocidad en función de determinadas revisiones (Castagna et al, 2003; Mohr, Krstrup & Bangsbo, 2003), además de la propia configuración de la marca de GPS. Además, se considera alta-muy alta intensidad  $>18$  km/h ya que la máxima intensidad metabólica en “sprint” ocurre incluso cuando la velocidad de carrera no es elevada o máxima (Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo & Di Prampero, 2010). También se registraron número aceleraciones por minuto ( $2-4 \text{ m/s}^2$ ) en cada una de las demarcaciones: defensa central, medio centro, lateral-extremo y delanteros. Los datos obtenidos se presentaron como media y desviación estándar.

### Protocolo medición Variables cinemáticas

Para el registro de las variables cinemática se utilizaron Dispositivos GPS (Vx Sport, VX 340, New Zeland) con una frecuencia de muestreo de 4 Hz, con un acelerómetro triaxial de 104 Hz. El protocolo de colocación de los dispositivos fue el siguiente (Akenhead, Hayes, Thompson & French, 2013)

- Colocación del dispositivo en zona interescapular.
- En un peto específico para limitar movimientos del dispositivo GPS.

- Encendido y colocado en el exterior y 15' antes del inicio del calentamiento.

### Análisis Estadístico

Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizó la herramienta Excel (Microsoft Corporation 2013). Para el análisis descriptivo, todos los datos se presentan como valores medios y desviación estándar (SD). El cálculo de las diferencias entre los grupos (más de 2

grupos con las 4 demarcaciones) se llevó a cabo mediante la Anova Simple ( $p=0,05$ ; IC 95%) (tabla 2). Las variables cinemáticas registradas fueron calculadas y presentadas como valores relativos (m/min). Se presentan los datos que manifiestan las diferencias “entre” (diferencias entre posiciones) e “intra” (diferencias de las posiciones en los distintos partidos).

Tabla 2: *Anova de las diferentes variables* (Fuente: elaboración propia)

		SS	Df	MS	F	p
Distancia relativa por demarcaciones (m/min)	Entre	215,868	3	71,956	0,570	0,645
	Intra	1515,0	12	126,250		
	Total	1730,86	15			
Distancia alta intensidad por demarcaciones (m/min)	Entre	49,649	3	16,550	10,284	0,001*
	Intra	19,311	12	1,609		
	Total	68,960	15			
Aceleraciones por demarcaciones (acc/min)	Entre	3,329	3	1,110	2,73	0,090
	Intra	4,877	12	0,406		
	Total	8,206	15			
Pico de Velocidad Máxima por demarcaciones (km/h)	Entre	5,098	3	1,699	0,930	0,456
	Intra	21,930	12	1,828		
	Total	27,028	15			
Evolución distancia relativa en pretemporada (m/min)	Entre	988,09	3	329,363	11,242	0,001*
	Intra	351,575	12	29,298		
	Total	1339,66	15			
Evolución aceleraciones/min en pretemporada (acc/min)	Entre	0,528	3	0,176	3,421	0,053
	Intra	0,617	12	0,051		
	Total	1,145	15			

Nota: \*Diferencias significativas con  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

### Diferencias entre demarcaciones

Los delanteros fueron los que más distancia relativa recorrieron ( $95,78\text{m/min} \pm 13$ ), mientras los defensas centrales los que menos ( $86,24 \pm 8\text{m/min}$ ) (Figura 1). En cuanto a las acciones a alta intensidad ( $>18,1\text{km/h}$ ), los defensas centrales fueron los que más distancia relativa recorrieron ( $6,90\text{m/min} \pm 1,96$ ) mientras que los laterales extremos los que menos ( $2,42 \pm 0,23 \text{ m/min}$ ) (Figura 2).

En cuanto a las aceleraciones (rango de  $2-4 \text{ m/s}^2$ ), los mediocentros fueron los que más aceleraciones realizaron por minuto ( $1,96 \pm 1,17$ ) mientras que los laterales extremos los que menos ( $0,79 \pm 0,16$ ) (Figura 3). En cuanto al pico de velocidad, hubo diferencias en el pico máximo de velocidad alcanzada por puestos, siendo los extremos-laterales los que mayor velocidad alcanzaron ( $26,15 \pm 0,45\text{km/h}$ ) mientras que los mediocentros los que menos velocidad pico alcanzaron ( $24,93 \pm 1,93 \text{ km/h}$ ) (Figura 4).

Figura 1. Distancia total recorrida por demarcaciones (m/min). (Fuente: elaboración propia)

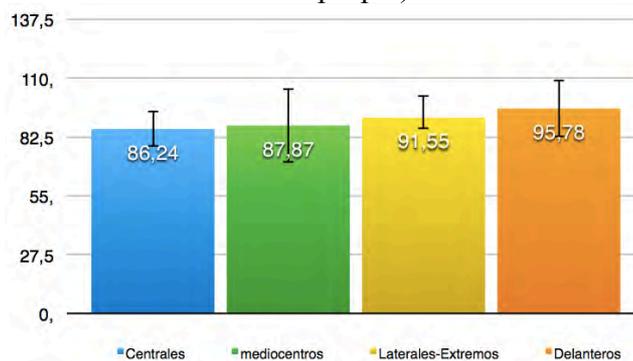


Figura 2. Distancia recorrida a alta intensidad por demarcaciones (m/min). (Fuente: elaboración propia)

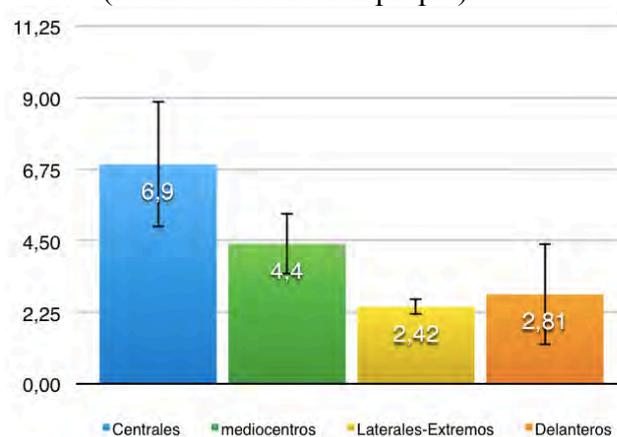


Figura 3. Aceleraciones ( $2-4\text{m/s}^2$ ) por demarcaciones (acc/min). (Fuente: elaboración propia)

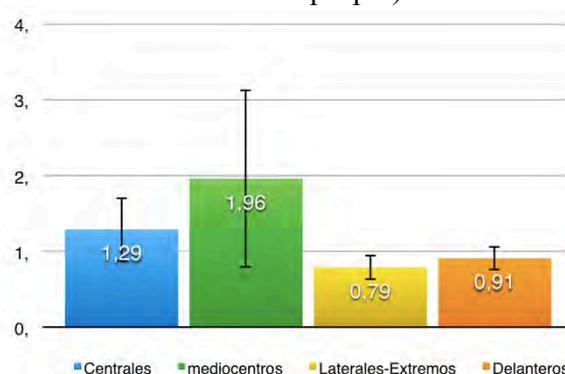
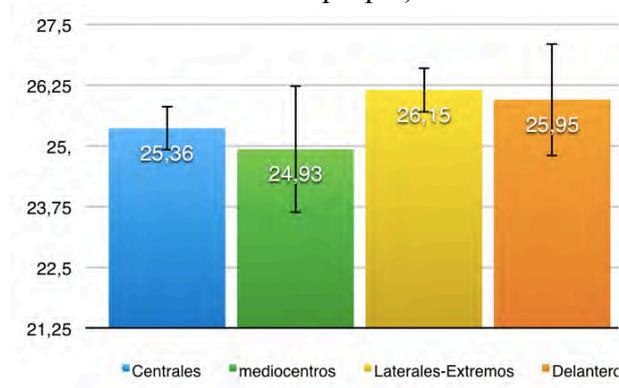


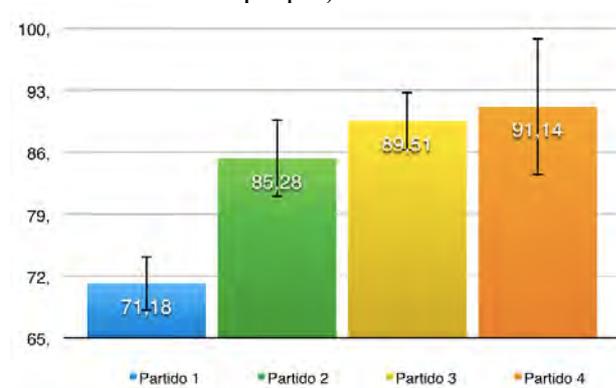
Figura 4. *Velocidad máxima alcanzada por demarcaciones (km/h).* (Fuente: elaboración propia)



### Evolución de las variables cinemáticas en pretemporada

En cuanto a la distancia total recorrida por minuto de media por equipo, vemos como esta se incrementa desde el primer partido (78,18m/min) hasta los 91,14 m/min en el cuarto partido, mostrando diferencias entre el primer y segundo partido. (Figura5)

Figura 5. *Evolución de la distancia relativa media recorrida (m/min) en la pretemporada.* (Fuente: elaboración propia)

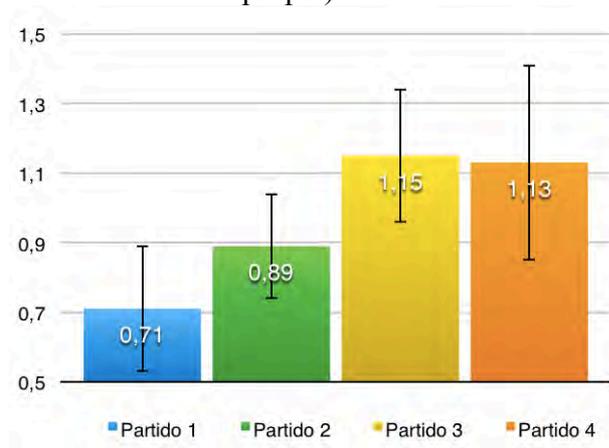


En cuanto a los desplazamientos por intervalos de velocidad, los desplazamientos de 0-6,9 km/h muestran diferencias entre el primer ( $51,3 \pm 0,18$  m/min) y segundo ( $44,1 \pm 1,15$  m/min) y tercer ( $42,4 \pm 0,98$  m/min) partido de pretemporada, siendo menores las distancias en este intervalo de velocidad en los dos últimos partidos de pretemporada. En el intervalo de 7-14,9 km/h, los datos muestran diferencias entre el primer partido ( $21,3 \pm 2,17$  m/min) y el segundo ( $33,5 \pm 1,14$  m/min) y tercer ( $37,1 \pm 2,34$  m/min) partido con un incremento de la distancia recorrida por minuto en este rango de velocidad. En el intervalo de 15-18 km/h, se observa un incremento de la distancia recorrida por minuto en el tercer partido ( $7,56 \pm 1,65$  m/min) con respecto al primer ( $3,98 \pm 1,09$  m/min) y segundo ( $6,12 \pm 0,89$  m/min) partido de pretemporada. En el último intervalo de velocidad ( $>18,1$  km/h), se observa como en el segundo ( $3,56 \pm 0,67$  m/min) y tercer partido ( $3,69 \pm 1,1$  m/min) la distancia relativa recorrida es mayor con respecto al primer partido ( $1,85 \pm 0,23$  m/min) de pretemporada. (Figura 6)

Figura 6. Evolución de las distancias relativas por intervalos de velocidad durante la pretemporada. (m/min). (Fuente: elaboración propia)



Figura 7. Evolución de las aceleraciones (2-4m/s<sup>2</sup>) por minuto durante la pretemporada. (Fuente: elaboración propia)



En cuanto a las aceleraciones, los datos muestran como existen diferencias significativas en el segundo y tercer partido con respecto al primer partido, con un incremento de las aceleraciones por minuto (de 0,71 acel/min a 0,89 acel/min y

1,15 acel/min en el primer, segundo y tercer partido respectivamente). (Figura 7).

## DISCUSIÓN

En los últimos años, investigaciones han mostrado las demandas de partido en cuanto a distancia total recorrida en jóvenes jugadores (Castagna et al., 2003). No obstante, se ha referenciado poco en cuanto a distancias relativas (m/min) por puestos. Así, diferentes revisiones muestran distancias totales relativas y distancias a muy alta intensidad por partido ligeramente superiores a nuestra investigación (Harley et al, 2010).

En otros estudios con futbolistas profesionales, se muestra como los jugadores que juegan en la posición de

mediocentro son los que más distancia recorrieron por partido de media (Andrzejewski et al., 2012), a diferencia con nuestro estudio donde fueron los laterales-extremos y delanteros. Una posible explicación, a parte de la diferencia entre jugadores profesionales y juveniles, puede ser el sistema de juego utilizado (Bradley et al, 2011). En nuestro estudio, el sistema empleado fue un 1-4-2-3-1 con laterales de largo recorrido y un único delantero que participaba activamente en la presión alta al equipo contrario.

Los valores de nuestro estudio con respecto a la distancia total/min recorrida está por debajo de los 100 m/min en relación a otras revisiones (118,3 m/min) para jugadores adolescentes y amateurs (Casamichana, Castellano & Castagna, 2012). Una posible explicación puede estar en la diferencia de edad y la maduración del sistema cardiovascular con un incremento del VO<sub>2</sub>max (Armstrong & Welsman, 1994; Harley et al., 2010) y con un incremento por consiguiente, del rendimiento específico en fútbol (Helgerud, Engen, Wisløff, & Hoff, 2001).

En otros estudios con jugadores U-16, vemos como los valores de los jugadores de nuestro estudio se muestran

por debajo de los  $115 \pm 18$  m/min (Harley et al., 2010). Una de las explicaciones que podemos encontrar a tales diferencias puede ser el momento de la temporada en la que se realizaron las mediciones, siendo las mediciones del estudio de Harley en periodo competitivo y las de nuestro estudio en periodo preparatorio. Así, teniendo en cuenta la evolución de la distancia recorrida por partido, con un incremento notable durante la pretemporada observada en nuestro estudio, podemos deducir que durante el periodo competitivo la distancia recorrida por minuto será mayor que en pretemporada.

En cuanto a las distancias recorridas por partido (m/min) por rango de velocidad se observa que las mayores distancias están en el intervalo de 0-6,9 km/h, en la línea de otros estudios (Casamichana et al., 2012). A diferencia, las distancias en el intervalo de >18,1 km/h, son menores, en la misma línea que ese mismo estudio (Casamichana et al., 2012), aunque en este caso, hay que tener en cuenta diferencias en la metodología de investigación y dispositivos GPS utilizados.

Las distancias por minuto recorrida a alta intensidad son menores en nuestro

estudio con respecto a otros estudios con jugadores U-16 ( $11,1 \pm 4,7$  m/min) (Harley et al, 2010).

En cuanto a las velocidades pico alcanzadas por partido, otras revisiones muestran valores muy cercanos a los de la presente investigación (Buchheit et al., 2011). Esto está en relación con determinadas revisiones (Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, & Bishop, 2009) con incrementos de velocidad pico entre jugadores U14 y U15, y no observando diferencias en el pico de velocidad posterior a U 15. Otras estudios, marcan el desarrollo del máximo pico de velocidad entre los 13,8 y 14,2 años (Reilly, Richardson, Stratton & Williams, 2004).

Finalmente, se puede observar como en los resultados de nuestro estudio, la tendencia de la evolución en pretemporada del primer al cuarto partido no se cumple, observando un descenso de rendimiento en el cuarto partido con respecto al tercero. Una posible explicación puede estar en que entre el tercer y cuarto partido no pasaron más de 48 horas, por lo que un efecto claro de fatiga, ya revisada en otros estudios con jugadores juveniles U 18, pudo ser la consecuencia (Buchheit et al., 2011).

## CONCLUSIONES

Existen diferencias en el perfil cinemático en jugadores juveniles de

fútbol en función de la demarcación aunque diferencias en metodologías de investigación pueden explicar variaciones entre investigaciones. No obstante, se debe tener en cuenta, que diferencias incluso culturales pueden explicar variaciones entre nuestro estudio y diferentes estudios, ya que como se muestra en otra revisión (Dellal et al, 2011), se observaron grandes variaciones en aspectos físicos y técnicos entre jóvenes jugadores del Reino Unido y España (Wrigley, Drust, Stratton, Scott & Gregson, 2012).

Limitaciones que se deben tener en cuenta con el presente estudio son la escasez de la muestra de jugadores, siendo estos de un mismo equipo y club, lo que puede hacer que la propia filosofía del club, en cuanto a aspectos técnico-táctico-condicionales, determinen los resultados obtenidos. Además, el momento de la obtención de los datos, en pretemporada, puede condicionar los resultados, debiéndose interpretar estos solo en aquellos periodos no competitivos.

No obstante, hacen falta más estudios para poder establecer perfiles cinemáticos en competición que nos ayuden a planificar entrenamientos los más cercanos a la realidad competitiva de los jugadores juveniles.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer al Sevilla FC SAD, coordinación del Fútbol Base, a la plantilla y cuerpo técnico del Juvenil Liga Nacional de la temporada 2014-2015 por la predisposición mostrada para la realización del estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 556-561.

Armstrong, N. & Welsman, J. (1994). Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exercise & Sport Science Reviews*, 22, 435-76.

Andrzejewski, M., Chmura, J., Pluta, B., & Kasprzak, A. (2012). Analysis of motor activities of professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(6), 1481-1488.

Bradley, P. S., Carling, C., Archer, D., Roberts, J., Dodds, A., Di Mascio, M., ... & Krustup, P. (2011). The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *Journal of sports sciences*, 29(8), 821-830.

Buchheit, M., Horobeanu, C., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2011). Effects of age and spa treatment on match running performance over two consecutive games

in highly trained young soccer players. *Journal of sports sciences*, 29(6), 591-598.

Casamichana, D., Castellano, J., & Castagna, C. (2012). Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 837-843.

Castagna, C., Manzi, V., Impellizzeri, F., Weston, M., & Alvarez, J. C. B. (2010). Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3227-3233.

Castagna, C., D'Ottavio, S., & Abt, G. (2003). Activity Profile of Young Soccer Players During Actual Match Play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 17(4), 775-780

Dellal, A., Chamari, K. D., Wong, P., Ahmaidi, S., Keller, D., Barros, R. N., & Carling, C. (2011). Comparison of physical and technical performance in European Soccer match play: FA Premier League and La Liga. *European Journal of Sports Science*, 11(1), 51-59.

Harley, J. A., Barnes, C. A., Portas, M., Lovell, R., Barrett, S., Paul, D., & Weston, M. (2010). Motion analysis of match-play in elite U12 to U16 age-group soccer players. *Journal of sports sciences*, 28(13), 1391-1397.

Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(11), 1925-1931.

Mohr, M., Krustup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer

players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*, 21(7), 519-528.

Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *Journal of sports sciences*, 27(14), 1581-1590.

Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & Di Prampero, P.E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*, 42(1), 170-178.

Randers, M. B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., Zubillaga, A., Peltola, E., Krstrup, P., & Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: A comparative study. *Journal of sports sciences*, 28(2), 171-182.

Rebelo, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., & Krstrup, P. (2014). Physical match performance of youth football players in relation to physical capacity. *European journal of sport science*, 14(sup1), S148-S156.

Reilly, T., Richardson, D., Stratton, G., & Williams, A. M. (2004). *Youth soccer: From science to performance*. Routledge.

Wrigley, R., Drust, B., Stratton, G., Scott, M., & Gregson, W. (2012). Quantification of the typical weekly in-season training load in elite junior soccer players. *Journal of sports sciences*, 30(15), 1573-1580.

## PROPUESTA PRÁCTICA DE UNA SESIÓN COMPENSATORIA Y OTRA COMPLEMENTARIA A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA TMG

FRANCISCO PIQUERAS SANCHIZ<sup>(1)</sup>, JOSÉ MARÍA QUINTANA MONTERO<sup>(2)</sup>, ENRIQUE IBÁÑEZ<sup>(3)</sup>, MIGUEL ALONSO CALVAR<sup>(4)</sup> Y ÓSCAR GARCÍA GARCÍA<sup>(5)</sup>

- (1) Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Valencia. Analista rendimiento en TMG y entrenador de fuerza en el Levante UDMM
- (2) Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Director Sport Plus Center y analista rendimiento en TMG selección italiana de fútbol y WATFORD
- (3) Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. 2º entrenador y preparador físico Inter-Movistar
- (4) Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Entrenador UEFAPro de Fútbol.
- (5) Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Profesor Universidad de Vigo

### RESUMEN

El siguiente artículo pretende abordar desde una experiencia técnico profesional la evaluación de las propiedades contráctiles del músculo y su puesta en la práctica dentro del mundo del fútbol-sala. Se comenzará abordando la cuantificación de la carga de competición en el fútbol-sala, posteriormente se abordará como evaluar las propiedades contráctiles del músculo a través de la tensiomiografía (TMG), para posteriormente poder desarrollar una segunda parte más práctica donde se hará referencia al análisis de los resultados obtenidos en la TMG y a la puesta en práctica de dos tipos de sesiones.

**PALABRAS CLAVE:** Fútbol-sala, tensiomiografía, Analyst 1.0, sesión complementaria, sesión compensatoria.

---

Fecha de recepción: 25/04/2015. Fecha de aceptación: 11/08/2015  
Correspondencia: [piqueras.paco@gmail.com](mailto:piqueras.paco@gmail.com)

### INTRODUCCIÓN

El fútbol-sala se introdujo en 1930 con el objetivo de permitir el fútbol pudiera ser jugado en espacios reducidos. Se trata de un deporte intermitente que requiere de altas demandas físicas, técnicas y tácticas de los jugadores (Barbero Álvarez, Soto, Barbero-Álvarez, y Granda Vera, 2008). Se juega en un terreno de 40x20 m, durante dos tiempos de 20 minutos parándose el reloj cuando ocurre

alguna incidencia. Los equipos pueden pedir un tiempo muerto en cada parte y el descanso dura 10 minutos. Juegan 4 jugadores de campo más el portero y el máximo número de jugadores por equipo convocados en el partido es de 12 jugadores.

Los objetivos del presente artículo son:

- Conocer las demandas de competición y la condición neuromuscular del jugador de fútbol-sala.

- Abordar la utilidad de la tensiomiografía (TMG) y dispositivos isoinerciales en el desarrollo de la condición neuromuscular del jugador de fútbol-sala.
- Mostrar ejemplos concretos de sesiones compensatorias y complementarias a partir del uso de estos dispositivos.

## ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES CONDICIONALES EN COMPETICIÓN

Siguiendo algunas de las más recientes referencias bibliográficas se ha

diseñado el cuadro resumen que se muestra en la tabla 1. En ella se resumen las demandas físicas y neuromusculares que se requieren en la competición (Barbero-Álvarez, et al., 2008; Caetano et al., 2015; De Oliveira Bueno et al., 2014).

Las distancias recorridas totales se establecen en torno a los 4.312m, curiosamente con una media de 100m más en las segundas partes que en la primera. En cuanto a las intensidades de los esfuerzos, casi el 14% se realizan a alta intensidad, mientras que prácticamente el 9% son esfuerzos máximos (sprint).

Tabla 1: *Distancia total recorrida, distancia minutos, intensidades y sprints* (Barbero-Álvarez, et al., 2008; Caetano et al., 2015; De Oliveira Bueno et al., 2014)

DISTANCIA RECORRIDA		PRIMERA PARTE		SEGUNDA PARTE	
4.312 m ± 2.138		2496.1 ± 1024.9 m		2595.7 ± 932 m	
BAJA INTENSIDAD	MODERADA INTENSIDAD	ALTA INTENSIDAD	SPRINT		
<12 km/h	12.1 ≤ 15.4 km/h	15.5 ≤ 18.3 Km/h	>18.4 km/h		
2.161.2 m (48,9%)	1.232.1 m (28,5%)	571.1 (13,6%)	348.9 m (8,9%)		
DISTANCIA/MIN	PRIMERA PARTE		SEGUNDA PARTE		
	118.4 m		110.5 m		
FC MEDIA	PRIMERA PARTE		SEGUNDA PARTE		
174 ppm	91,1% HR máx.		88.1 HR máx.		
DURACIÓN SPRINT (S)	PRIMERA PARTE		SEGUNDA PARTE		
	3.1 ± 1.3		3.2 ± 1.2		

Para conocer las posibles carencias de los jugadores y a partir del análisis inteligente, se realizan sesiones compensatorias y sesiones complementarias. Aunque previamente será necesario realizar tensiomiografías. Una vez tenemos los datos, el siguiente

paso es elaborar planes individuales ya que la competición provoca descompensaciones (Bogdanis y Kalapotharakos, 2015).

## MATERIAL Y MÉTODO

### DISEÑO

Se realizó una tensiomiografía (TMG). Se trata de un método de valoración muscular sencillo, inocuo, fiable y de elevadas prestaciones (García-Manso et al., 2010 y García-Manso et al., 2012). Mide la deformación radial (transversal) del vientre muscular (Dm) cuando el músculo es estimulado eléctricamente; la magnitud de estos cambios y el tiempo en el que se producen permiten obtener información sobre las características mecánicas y la capacidad contráctil de los músculos superficiales evaluados mostrando una elevada correlación con electromiografía, composición muscular, torque, fatiga y tetanización (García-Manso et al., 2010; García-Manso et al., 2012; y Valenčič, 1990).

La reproducibilidad y la validez del protocolo experimental utilizado (TMG) ha sido evaluadas en estudios diferentes y se consideró como una herramienta altamente precisa (García-García et al., 2015; Krizaj, Simunic, y Zagar, 2008; Tous et al., 2010)

Entre las posibilidades que ofrece esta herramienta destacan (García-Manso et al., 2010):

- Protocolo rápido que no requiere esfuerzo. No fatiga ni altera las rutinas programadas en el entrenamiento.
- Herramienta inocua, no agresiva ni invasiva, en la que el evaluado sólo es sometido a estimulaciones eléctricas de moderada o baja intensidad (de 1 a 100

mA).

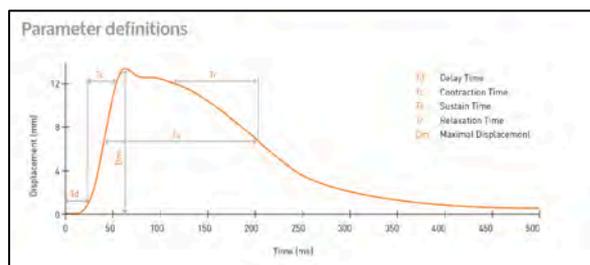
- Evalúa individualmente, todos los músculos superficiales.
- Da información sobre la respuesta aguda y crónica del músculo a las distintas cargas de entrenamiento.
- Es útil para el control de aspectos relacionados con las características morfológicas y funcionales de las estructuras musculares analizadas.

Entre los factores más relevantes que se pueden analizar con esta metodología destacan:

- Las características histoquímicas del tipo de fibra dominante en el músculo (Dahmane, Djordjevic, Simunic, y Valenčič, 2005; y Rusu et al., 2009).
- El estado de fatiga neural o estructural (Dahmane, Djordjevic, Simunic, Valencic, 2005; García-Manso et al., 2010; y Rusu et al., 2009).
- La activación muscular (Rodríguez Ruiz et al., 2011; Valencic, Knez, y Simunic, 2001).
- El tono muscular (Valencic, 1990; Pisot et al., 2008 y Rodríguez Ruiz et al., 2011).
- Rigidez muscular (Simunic, 2003).
- Balance muscular (Šimunica et al., 2005).

Un ejemplo de curva donde aparecen todos los parámetros es la siguiente (imagen 1)

Imagen 1: *Curva tensiomiografía con los parámetros*



## PARTICIPANTES

Los datos mostrados pertenecen a un equipo de fútbol-sala perteneciente a la máxima categoría del fútbol-sala español. El equipo está compuesto por 3 porteros, 3 cierres, 6 alas y 4 pivots. El tiempo de entrenamiento semanal es de > 9h de entrenamiento con partido incluido.

## VARIABLES

Los parámetros o variables que ofrece la TMG son:

VARIABLES INDEPENDIENTES:

- Desplazamiento muscular ( $D_m$ ) es el máximo desplazamiento del vientre muscular (medido en mm).
- Tiempo de contracción ( $T_c$ ) en el que el vientre muscular se desplaza desde el 10 al 90% del  $D_m$  máximo ( $D_{m\max}$ ) (medido en ms).
- Tiempo de retraso ( $T_d$ ) en el que el vientre muscular se desplaza desde el 0 al 10% del  $D_{m\max}$  que representa el tiempo de reacción desde el estímulo eléctrico hasta el comienzo de la contracción muscular.
- Tiempo de relajación ( $T_r$ ) en el que

el desplazamiento del músculo regresa desde el 90 al 50% del  $D_{m\max}$  (medido en ms).

- Tiempo de sostenimiento ( $T_s$ ) en el que el músculo se desplaza por encima del 50% del  $D_{m\max}$  (medido en ms).

## VARIABLES DEPENDIENTES

- Las simetrías laterales (LS) permiten hacer comparaciones del mismo músculo en ambos lados del cuerpo.
- La simetría funcional (FS) hace referencia al equilibrio que debe existir entre estructuras musculares de diferentes planos, estructuras o articulaciones

## PROCEDIMIENTO

Se realizan tensiomiografías periódicas los domingos cuando el partido es un viernes y cuya duración es de 35-40 minutos por jugador. Las mediciones con TMG se realizan mediante la utilización de un estimulador eléctrico específico (TMG-S1), el TMG-OK 3.6.6 del software, así como un sensor de desplazamiento (imagen 2) con un prefijo de tensión 0,17 N m<sup>-1</sup> que es colocado rectangularmente al vientre muscular (TMG BMC, Ljubljana, Eslovenia).

Imagen 2: Colocación electrodos bíceps femoral. (Fuente: elaboración propia)



El procedimiento consta del análisis de los siguientes músculos: Aductor Largo (AL), Bíceps Femoral (BF), Gemelo Lateral (GL), Gemelo Medial (GM), Recto Femoral (RF), Semitendinoso (ST), Vasto lateral (VL), Vasto medial (VM).

El punto de medición para cada músculo está cuidadosamente determinado como el punto de máximo desplazamiento del vientre muscular voluntaria durante cada músculo. La intensidad de estimulación eléctrica aumenta progresivamente de 10 mA en 10 mA para cada estímulo, cada vez separados por intervalos de 10 segundos, para minimizar

los efectos de la fatiga y la potencialización (Krizaj et al., 2008). Para ello se comenzó por 30mA y se fue subiendo de 10 mA en 10 mA hasta llegar a 100 mA. De las 8 curvas se escogió la de mayor “Dm” (modificado de García-García et al., 2012). Los electrodos (5x5cm) son colocados cinco centímetros distalmente y cinco centímetros proximalmente al sensor (Perotto, Delagi, Lazzeti, y Morrison, 2005).

El estudio de todas estas variables y el uso de las fórmulas matemáticas descritas para tal efecto, arrojan información sobre **simetrías laterales (LS)** (tabla 2) que permiten hacer comparaciones del mismo músculo en ambos lados del cuerpo, y la **simetría funcional (FS)** (tabla 3) que hace referencia al equilibrio que debe existir entre estructuras musculares de diferentes planos, estructuras o articulaciones.

Tabla 2: *Fórmula simetría lateral.* (Fuente: García-Manso et al., 2012)

$$LS = 100\% \cdot \left( 0.1 \cdot \frac{\min(Td_R, Td_L)}{\max(Td_R, Td_L)} + 0.6 \cdot \frac{\min(Tc_R, Tc_L)}{\max(Tc_R, Tc_L)} + 0.1 \cdot \frac{\min(Ts_R, Ts_L)}{\max(Ts_R, Ts_L)} + 0.2 \cdot \frac{\min(Dm_R, Dm_L)}{\max(Dm_R, Dm_L)} \right)$$

Nota: Dm=Desplazamiento muscular; Tc= Tiempo de contracción (ms); Td= Tiempo de retraso (ms); Tr=Tiempo de relajación (ms); Ts=Tiempo de sostenimiento (ms). (Fuente: Romero y Tous, 2010)

Tabla 3: *Fórmula simetría funcional.* (Fuente: García-Manso et al., 2012)

$$FS = 100\% \cdot \frac{\min(\text{mean}(Td_{VMR}, Td_{VLR}, Td_{RFR}) Td_{BFR})}{\max(\text{mean}(Td_{VMR}, Td_{VLR}, Td_{RFR}) Td_{BFR})} + 0.8 \cdot \frac{\min(\text{mean}(Tc_{VMR}, Tc_{VLR}, Tc_{RFR}) Tc_{BFR})}{\max(\text{mean}(Tc_{VMR}, Tc_{VLR}, Tc_{RFR}) Tc_{BFR})} + 0.1 \cdot \frac{\min(\text{mean}(Dm_{VMR}, Dm_{VLR}, Dm_{RFR}) Dm_{BFR})}{\max(\text{mean}(Dm_{VMR}, Dm_{VLR}, Dm_{RFR}) Dm_{BFR})}$$

## RESULTADOS

En la tabla 4 se muestran los resultados relacionados con la simetría

lateral. En la tabla 5 se muestran los resultados relacionados con la simetría lateral.

Tabla 4. *Simetría lateral en base a los músculos analizados* (Fuente: elaboración propia)

Lateral Symmetry (LS):							
Muscle	Side	Tc [ms]	Td [ms]	Tr [ms]	Dm [mm]	Ts [ms]	Sym [%]
m.AL	R	32,34	25,01	130,00	9,40	192,16	
m.AL	L	30,04	26,68	126,56	6,37	243,94	87
m.BF	R	26,69	27,42	41,51	3,12	200,73	
m.BF	L	25,05	23,80	55,96	5,30	266,27	84
m.GL	R	56,79	25,53	36,52	3,52	160,83	
m.GL	L	59,12	25,30	59,75	3,63	178,13	96
m.GM	R	32,11	29,19	14,26	1,43	132,31	
m.GM	L	40,42	23,55	28,16	2,54	162,69	75
m.RF	R	30,99	28,22	104,29	4,39	147,17	
m.RF	L	26,01	25,01	120,46	4,58	168,05	87
m.ST	R	49,83	27,01	60,20	7,37	170,64	
m.ST	L	45,54	29,23	59,95	9,05	188,77	89
m.VL	R	24,39	23,57	59,63	3,18	91,73	
m.VL	L	23,78	25,12	75,40	3,64	117,27	93
m.VM	R	23,30	21,58	79,86	4,83	248,06	
m.VM	L	26,17	24,50	60,80	7,94	237,78	84

Tabla 5: *Simetría funcional del tendón de Aquiles, ligamento patelar, rodilla y pierna* (Fuente: elaboración propia)

	SIMETRÍA %			SIMETRÍA %	
TENDÓN AQUILES (GL, GM)	D	62	RODILLA (VL, VM, RF, BF)	D	96
	I	73		I	95
LIG. PATELAR (VM, VL)	D	89	PIERNA (VL, VM, GL, GM)	D	60
	I	87		I	60

Esta técnica fue introducida en el fútbol por parte de Julio Tous y VF Sport (Rafael Ángel Maldonado, Fco Javier Nuñez y José Manuel Quintana) allá por el 2004. Desde entonces mucho ha cambiado en el análisis y la interpretación que realizan los profesionales más allá del nivel básico que hace el software del propio programa. Así y fruto del continuo I+D+I desde esa fecha hasta hoy, en Sport

Plus Center, se ha creado un programa de análisis que aborda nuevos aspectos a tener en cuenta en la realidad del futbolista: ANALYST 1.0 (tabla 6). Por “*stiffness*” se entiende la capacidad biomecánica del músculo de oponerse al estiramiento y por “*compliant*” la capacidad biomecánica del músculo a ser estirada (Fort y Romero, 2013).

Tabla 6: Análisis obtenidos TMG por músculo (Fuente: Analyst 1.0)

RÍGIDOS/ STIFFNESS			COMPLIANTES		
Músculo	Resultado “R”	Resultado “L”	Músculo	Resultado “R”	Resultado “L”
M. AL			M. AL		
M. BF			M. BF		
M. GT			M. GT	Compliante	
M. RF			M. RF	Compliante	Compliante
M. ST	Stiffness		M. ST		
M. VL		Stiffness	M. VL	Compliante	
M. VM			M. VM	Compliante	Compliante
DESACTIVADOS			FATIGADOS		
Músculo	Resultado “R”	Resultado “L”	Músculo	Resultado “R”	Resultado “L”
M. AL			M. AL	Fatigado	Fatigado
M. BF		Desentrenado	M. BF		
M. GT			M. GT		
M. RF			M. RF		
M. ST			M. ST		
M. VL			M. VL	Fatigado	Fatigado
M. VM			M. VM		

Combinando los parámetros del Tc, Td y la Dm se ha descubierto y detectado distintos y múltiples estados neuromusculares que ayuden a abordar mejor los procesos de entrenamientos para “normalizar”, “compensar” o “complementar” la realidad del fútbol, fútbol-sala.

La Normalización funcional y su entrenamiento se hace de dos maneras:

- Con sujetos lesionados sobretudo al inicio de la recuperación.
- Como trabajo de acondicionamiento en deportistas que se inician con este tipo de trabajo que

propone dicha metodología.

El trabajo complementario-compensatorio, también se hace de dos maneras:

- En deportistas que compiten con normalidad en sesiones dentro de un microciclo.
- En la fase 2ª y 3ª de recuperación de una lesión.

Los contenidos de normalización funcional, de entrenamiento compensatorio y del complementario se muestran en la imagen 3 en el siguiente punto.

## DISCUSIÓN y CONCLUSIONES

Respecto a las simetrías laterales,

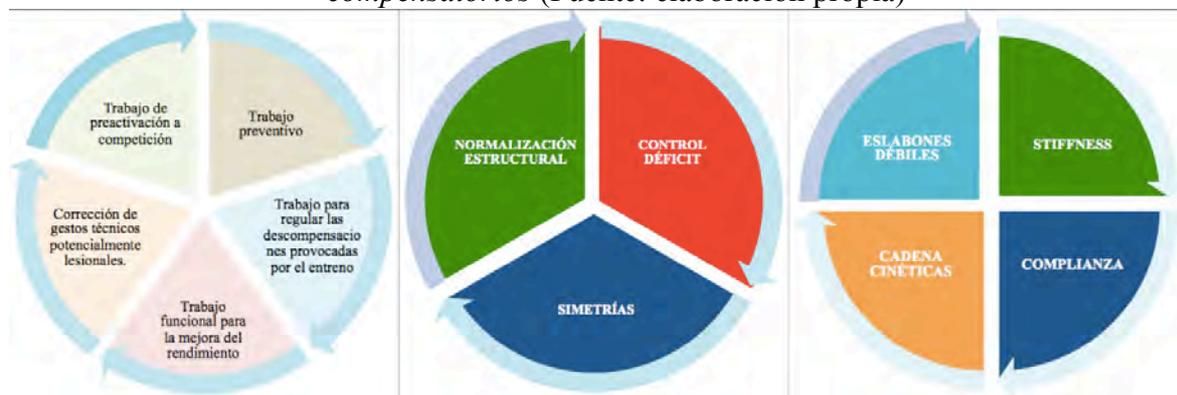
cuando es inferior al 80-85% (diferencias superiores al 20%), se puede pensar que existe una asimetría a tener en cuenta. Las diferencias entre los valores de desplazamiento muscular (Dm) de ambos lados en un sujeto sedentario podrían llegar al 70% sin riesgo importante para su salud. No obstante, estos valores pueden cambiar considerablemente en la evaluación de deportistas. Su cálculo se realiza de acuerdo con el siguiente algoritmo utilizando los valores de los cinco parámetros y correspondientes a los dos lados (derecho e izquierdo) (García-Manso et al., 2012).

Sin embargo, en la simetría funcional, las diferencias que se admiten como normales no deben superar el 35%, aunque una vez más eso debe ser adaptado a las necesidades de la muestra (García-Manso et al., 2012). Con la TMG comercial se pueden obtener informaciones

de las simetrías funcionales de las articulaciones del codo (bíceps versus Tríceps braquial “TB”), rodilla (vasto lateral “VL”, vasto medial “VM” y recto anterior “RA” versus bíceps femoral “BF”) y tobillo (tibial anterior “TA” y gastrocnemio lateral “GL” versus gemelo medial “GM”), musculatura del tendón de Aquiles (GL versus GL), balance en musculatura que afecta a la posición de la rótula (VL versus VM) y balance entre músculos de la pierna (VL y VM versus GL y GM).

Los resultados que se obtienen a través de la TMG pueden arrojar información acerca de las necesidades del deportista. Así, como se ha comentado anteriormente, se tendrá en cuenta la posibilidad de la aplicación de entrenamientos normalizados, complementarios y/o compensatorios (imagen 3).

Imagen 3: *Contenidos de entrenamiento normalizados, complementarios y compensatorios* (Fuente: elaboración propia)



Nota: La gráfica representan de izquierda a derecha los siguientes contenidos: de normalización funcional, compensatorios y complementarios.

Antes de mostrar algunas aplicaciones puramente prácticas, es importante tener presente las generalidades para el trabajo que se puede realizar a partir de los datos que se obtengan de un estudio a través de la TMG.

De este modo, dentro del trabajo compensatorio, el objetivo será la compensación del daño o desequilibrio provocado por la competición deportiva, o igualar los posibles déficits que se puedan producir tras el proceso de entrenamiento. Por lo tanto, los objetivos son generar un efecto inmediato sobre la musculatura ejercitada y reducir la agresividad producido de la competición o de un ejercicio realizado con anterioridad.

Para el entrenamiento complementario, se buscará entrenar las musculaturas sinergistas a los movimientos competitivos y que no se trabajan de manera específica durante la sesión de entrenamiento. Así los objetivos son el desarrollo armónico y multilateral del futbolista y evitar ciertas lesiones que se producen habitualmente en zonas musculares, tendinosas y ligamentosas.

Teniendo en cuenta los grandes beneficios del entrenamiento con máquinas isoinerciales o tipo Yo-Yo, se utilizan en el proceso de entrenamiento. Las acciones musculares excéntricas pueden producir mayor daño muscular que las acciones concéntricas (Moore, Phillips, Babraj,

Smith & Rennie, 2005) aunque tras una recuperación completa, la repetición de una segunda sesión causa menor daño muscular, lo que se conoce como “repeated bout effect” (Marcus, Lastayo, Dibble, Hill & McClain, 2008). Además las acciones excéntricas generan mayores niveles de fuerza con menores niveles de activación muscular (Moritani, Muramatsu y Muro, 1987; Tesc, Dudley, Duvoisin, Hather & Harris, 1990), menor coste metabólico (Dufour et al., 2007), provocan un incremento óptimo en la longitud del músculo lo que se traduce en un beneficio para el músculo y un menor número de lesiones (De Hoyo et al., 2015) y mejoras en los cambios de orientación (Tous en prensa).

## APLICACIONES PRÁCTICAS

El plan y los pasos que se propone tras la realización de las TMG y la redacción y estudio de los informes pertinentes es:

- Diagnóstico del estado neuromuscular, decodificando operativamente objetivos y contenidos de entrenamiento. En este caso, se tratará de un deportista que no esté lesionado.
- Normalización de los déficits detectados y desequilibrios en simetrías funcionales y laterales del nivel de análisis I. Esta información la facilita el propio software del programa de la TMG. Se

estaría hablando de las sesiones compensatorias, propias del pos-partido o post-sesión fuerte de la semana. Este tipo de entrenamiento se conoce como “sesiones de recuperación” (anexo 1)

- Realización del análisis II ó “análisis inteligente para el fútbol, fútbol-sala” el cual se realiza en Sport Plus Center

y gracias a los cursos realizados, se transfiere al club en cuestión. En este caso, se trata de sesiones complementarias, previas a la sesión más intensa de la semana o al propio partido. Este tipo de entrenamiento se conoce como “sesiones de activación o preventivas” (anexo 2)

### ANEXO 1 (SESIÓN COMPENSATORIA)

<b>Objetivos</b>	- Recuperar: Liberación miofascial de TFL y VL. Activación retorno venoso en VB - Restablecer de tejidos blandos: isquios, aductor - Normalizar cadera: CORE Funcional, reequilibrio en superficies inestables y VP - Trabajar tronco superior	
<b>MEDIO</b>	<b>RECUPERACIÓN</b>	
<b>FOAM ROLLER</b>	- Liberación miofascial de TFL y VL	
<b>VIBRATORIA</b>	- Activación retorno venoso en máquina vibratoria - 26 Hz	
<b>MEDIO</b>	<b>PARTE PRINCIPAL</b>	
<b>ELÍPTICA</b>	- Elíptica - Ritmo pausado	
<b>CORE</b>	- Realización de diferentes tipos de plancha tanto frontal como lateral	 

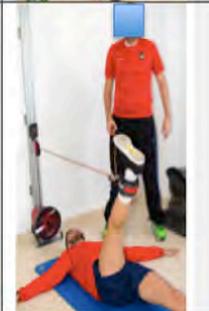
<p><b>TM</b></p>	<p>- Isquio. Puntas en el centro y puntas hacia dentro.</p>	
<p><b>V12</b></p>	<p>- Patada isquio tumbado: altas cargas y baja velocidad (polea media). <b>Inercia 0,404</b></p>	
<p><b>FITBALL</b></p>	<p>- Activación aductor con fitball</p>	
<p><b>V12</b></p>	<p>- Aductor altas cargas y baja velocidad (polea alta). <b>Inercia 0,404</b></p>	
<p><b>ELASTIC RING</b></p>	<p>- Activación glúteo mayor y glúteo medio</p>	
<p><b>GOMAS</b></p>	<p>- CORE funcional. "PALLOF" (polea media)</p>	

<p><b>V12 + BOSU</b></p>	<p>- CORE funcional “CHOP UP” sobre BOSU Desplazamiento de abajo hacia arriba (polea baja). <b>Inercia 0,389</b></p>	
<p><b>V12</b></p>	<p>- Coz de burro (polea baja). <b>Inercia 0,389</b></p>	
<p><b>FITBALL</b></p>	<p>- De rodillas encima del fitball mantener el equilibrio</p>	
<p><b>BOSU + GOMAS</b></p>	<p>- Encima del Bosu y con una goma en cada mano mantener el equilibrio</p>	
<p><b>FITBALL</b></p>	<p>- Tumbado en un fitball y con los pies sujetos por el PF, tratar de mantener el equilibrio</p>	
<p><b>FOAM + BM</b></p>	<p>- Estabilidad lumbo-pélvica sobre FOAM roller + balón medicinal</p>	
<p><b>ESCALERAS</b></p>	<p>- Ejercicios de AMPLITUD de MOVIMIENTO</p>	

<p><b>PIELASTER + TRX+ V12</b></p>	<p>- Trabajo dorsal ancho con un pie en cada pielaster (polea media). <b>Inercia 0,389</b></p>	
<p><b>TRX + RAMPA</b></p>	<p>- Trabajo de pecho sobre RAMPA</p>	

**ANEXO 2 (SESIÓN COMPLEMENTARIA)**

<p><b>Objetivos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absorber de tensiones en VP y Kbox</li> <li>- Déficits 2:1 derecha isquio</li> <li>- Cadenas cruzadas</li> <li>- Eslabón débil: Glúteo medio y vasto medial</li> </ul>	
<p><b>MEDIO</b></p>	<p><b>ACTIVACIÓN</b></p>	
<p><b>VIBRATORIA</b></p>	<p>- Tensiones activas sobre: Isquio, cuádriceps, gemelos, aductor. 28 Hz</p>	

MEDIO	PARTE PRINCIPAL	
<p><b>KETTEBELL</b></p>	<p>- Activación isquio. Peso muerto a una pierna con Kettebell de 8 kg</p>	
<p><b>TM</b></p>	<p>- Isquio. Puntas abiertas, centro, cerradas. Bajo en un tiempo y subo en 2.</p>	
<p><b>V12</b></p>	<p>- Patada isquio tumbado: cargas medias y alta velocidad (polea media) <b>2:1 a favor de la pierna derecha. Inercia 0,389</b></p>	
<p><b>TM</b></p>	<p>- Cuádriceps. Puntas abiertas, centro, cerradas. Bajo en 2 tiempos y subo en 1.</p>	
<p><b>V12</b></p>	<p>- Half squat BIPODAL con cargas medias y alta velocidad. <b>Inercia</b></p>	

<p><b>KBOX</b></p>	<p>- Half squat UNIPODAL con cargas medias. (KBOX) <b>Inercia 0,050</b></p>	
<p><b>ESCALERAS</b></p>	<p>- Coordinación a máxima velocidad</p>	
<p><b>ELASTIC BAND + BOSU</b></p>	<p>- Paso cruzado sobre BOSU</p>	
<p><b>V12 + TRENZA</b></p>	<p>- "TOUCHE" <b>Inercia 0,389</b></p>	
<p><b>GOMA + BOSU</b></p>	<p>- Plancha lateral en un BOSU con gomas en los tobillos</p>	

<b>V12</b>	- Aperturas, de pie con cargas medias (polea baja). <b>Inercia 0,389</b>	
<b>BOSU</b>	- Mantener el equilibrio a una pierna mientras se devuelve el balón medicinal con la manos	
<b>BOSU + VB</b>	- Salto en BOSU una pierna + salto en vibratoria con la otra pierna (control motor)	
<b>V12 + GOMA</b>	- Goma en una mano y tobillera en el pie (polea baja). Gesto contrario al fútbol	
<b>KETTEBELL</b>	- The clean and Jerk lift UNIPODAL y con una kettebell de 8 kg	
<b>V12</b>	- Dead lift UNIPODAL (pola baja). <b>Inercia 0,389 kg*m<sup>2</sup></b>	
<b>MEDIO</b>	<b>VUELTA A LA CALMA</b>	
<b>VIBRATORIA</b>	- <b>RETORNO VENOSO</b> en vibratoria. 26 Hz	

**NOTA**

- Kbox **inercia 0,050 kg\*m<sup>2</sup>**
- V12 inercia **Inercia 0,389 kg\*m<sup>2</sup>**
- V12 inercia **Inercia 0,404 kg\*m<sup>2</sup>**
- 2 series x 12 repeticiones sin V12 ni KBOX
- 2 series x 6 repeticiones con Kbox **inercia 0,050 kg\*m<sup>2</sup>**
- 2 series x 10 repeticiones con V12 **inercia 0,389 kg\*m<sup>2</sup>**
- 2 series x 7 repeticiones con V12 **inercia 0,404 kg\*m<sup>2</sup>**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkner, B. (2005). *Effects of unloading and resistance exercise on skeletal muscle function, size and composition in man: OBS! FEL DATUM ANGIVET TIDIGARE*. Institutionen för fysiologi och farmakologi/Department of Physiology and Pharmacology.
- Barbero-Alvarez, J. C., Soto, V. M., Barbero-Alvarez, V., & Granda-Vera, J. (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of sports sciences*, 26(1), 63-73.
- Caetano, F., de Oliveira, M. J., Marche, A. L., Yuzo Nakamura, F., Cunha, S. A., & Arruda Moura, F. (2015). Characterization of the Sprint and Repeated-Sprint Sequences Performed by Professional Futsal Players, According to Playing Position, During Official Matches. *Journal of applied biomechanics*, 31(6).
- Dahmane, R., Djordjevič, S., Šimunič, B., & Valenčič, V. (2005). Spatial fiber type distribution in normal human muscle: histochemical and tensiomyographical evaluation. *Journal of biomechanics*, 38(12), 2451-2459.
- De Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2014). Effects of a 10-week In-Season Eccentric Overload Training Program on Muscle Injury Prevention and Performance in Junior Elite Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*.
- De Oliveira Bueno, M. J., Caetano, F. G., Pereira, T. J. C., De Souza, N. M., Moreira, G. D., Nakamura, F. Y. & Moura, F. A. (2014). Analysis of the distance covered by Brazilian professional futsal players during official matches. *Sports Biomechanics*, 13(3), 230-240.
- Ditroilo, M., Smith, I. J., Fairweather, M. M., & Hunter, A. M. (2013). Long-term stability of tensiomyography measured under different muscle conditions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(3), 558-563.
- Dufour, S. P., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Lampert, E., Hirth, C., Piquard, F. & Richard, R. (2007). Deciphering the metabolic and mechanical contributions to the exercise-induced circulatory response: insights from eccentric cycling. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 292(4), R1641-R1648.
- Fort A., Romero D., (2013). Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunts Med Esport*, 48(179), 109-120.
- García-García, O., Cancela-Carral, J. M., Martínez-Trigo, R., & Serrano-Gómez, V. (2013). Differences in the contractile properties of the knee extensor and flexor muscles in professional road cyclists during the season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(10), 2760-2767.
- García-García, O., Serrano-Gómez, V., Hernández-Mendo, A., & Tapia-Flores, A. (2015). Assessment of the in-season changes in mechanical and neuromuscular characteristics in professional soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*.
- García-Manso, J. M., Rodríguez-Matoso, D., Sarmiento, S., De Saa, Y., Vaamonde, D., Rodríguez-Ruiz, D., & Silva-Grigoletto, D. (2010). La tensiomiografía como herramienta de evaluación muscular en el deporte. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 3(03), 98-102.
- García-Manso, J. M., Rodríguez-Matoso, D.,

Sarmiento, S., de Saa, Y., Vaamonde, D., Rodríguez-Ruiz, D., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2012). Effect of high-load and high-volume resistance exercise on the tensiomyographic twitch response of biceps brachii. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(4), 612-619.

Hill, A. V. (1922). The maximum work and mechanical efficiency of human muscles, and their most economical speed. *The Journal of physiology*, 56(1-2), 19.

Križaj, D., Šimunič, B., & Žagar, T. (2008). Short-term repeatability of parameters extracted from radial displacement of muscle belly. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(4), 645-651.

Marcus, R. L., LaStayo, P. C., Dibble, L. E., Hill, L., & McClain, D. A. (2009). Increased strength and physical performance with eccentric training in women with impaired glucose tolerance: a pilot study. *Journal of women's health*, 18(2), 253-260.

Moore, D. R., Phillips, S. M., Babraj, J. A., Smith, K., & Rennie, M. J. (2005). Myofibrillar and collagen protein synthesis in human skeletal muscle in young men after maximal shortening and lengthening contractions. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 288(6), E1153-E1159.

Moritani, T., Muramatsu, S., & Muro, M. (1987). Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 66(6), 338-350.

Nakamura, F. Y., Pereira, L. A., Rabelo, F. N., Ramirez-Campillo, R., & Loturco, I. (2015).

Faster futsal players perceive higher training loads and present greater decreases in sprinting speed during the preseason. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*.

Perotto, A., & Delagi, E. F. (2005). *Anatomical guide for the electromyographer: the limbs and trunk*. Charles C Thomas Publisher.

Pišot, R., Narici, M. V., Šimunič, B., De Boer, M., Seynnes, O., Jurdana, M., ... & Mekjavić, I. B. (2008). Whole muscle contractile parameters and thickness loss during 35-day bed rest. *European journal of applied physiology*, 104(2), 409-414.

Rodríguez-Ruiz, D., Rodríguez-Matoso, D., Quiroga, M. E., Sarmiento, S., García-Manso, J. M., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2012). Study of mechanical characteristics of the knee extensor and flexor musculature of volleyball players. *European Journal of Sport Science*, 12(5), 399-407.

Rodríguez-Matoso, D., García-Manso, J. M., Sarmiento, S., de Saa, Y., Vaamonde, D., Rodríguez-Ruiz, D., & da Silva-Grigoletto, M. E. (2012). Evaluación de la respuesta muscular como herramienta de control en el campo de la actividad física, la salud y el deporte. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(1), 28-40.

Romero, D., & Tous, J. (2010). Prevención de lesiones en el deporte. *Madrid: Médica Panamericana*.

Rusu, L., Cernaianu, S., Vasilescu, M., Baltac, G., Ciocanescu, D., & Fortan, C. (2009). Assessment of knee stability using neuromuscular measurement in soccer players. In *XVIII International Congress on Sports Rehabilitation and Trauma-XVIII International Congress on*

*Sports Rehabilitation and Traumatology* (pp. 25-26).

Šimunic, B., & Valencic, V. (2001). Proceedings of X Electrochemical and Computer Science Conference. In *IEEE Region* (Vol. 8, pp. 363-366).

Šimunic, B. (2003). *Modelling of longitudinal and transversal skeletal muscle belly deformation* (Doctoral dissertation, Tesis Doctoral. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Ljubljana, Eslovenia).

Šimunic, B., Rozman, S., Djordjevič, S., Stok, R., & Pišot, R. (2005). Monitoring of pre-and post-operative muscle adaptation of ACL reconstruction rehabilitation process. In *European College of Sport Science. Annual Congress, Belgrado*.

Tesch, P. A., Dudley, G. A., Duvoisin, M. R., Hather, B. M., & Harris, R. T. (1990). Force and EMG signal patterns during repeated bouts of concentric or eccentric muscle actions. *Acta Physiologica Scandinavica*, 138(3), 263-271.

Tous-Fajardo, J., Moras, G., Rodríguez-Jiménez, S., Usach, R., Doutres, D. M., & Maffiuletti, N. A. (2010). Inter-rater reliability of muscle contractile property measurements using non-invasive tensiomyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(4), 761-766.

Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2015). Change of Direction Speed in Soccer Players is Enhanced by Functional Inertial Eccentric Overload and Vibration Training. *International journal of sports*

*physiology and performance*.

Valencic, V. (1990). Direct measurement of the skeletal muscle tonus. *Advances in external control of human extremities*, 10, 575-584.

Valencic, V., Knez, N., & Šimunic, B. (2001). Tensiomyography: detection of skeletal muscle response by means of radial muscle belly displacement. *Biomedical Engineering*, 1, 1-10.

## REVISIÓN: INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EN EL FÚTBOL

PAZ DOMÍNGUEZ, A. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Graduado en Ciencias de la Actividad Física y Deporte (Universidad de Vigo)

### RESUMEN

El fútbol es un deporte colectivo en el que predominan las acciones relacionadas con la manifestación de la potencia y la fuerza explosiva. En los últimos años los estilos de juego se han visto modificados progresando de un modelo de carácter bioenergético a otro basado en lo neuromuscular. En consecuencia la velocidad y la intensidad del juego han aumentado y con ello también la importancia que recae sobre la cualidad física de la fuerza que hoy día se define como el eje fundamental sobre el que desarrollar y optimizar el rendimiento del futbolista.

**PALABRAS CLAVE:** Fútbol, Fuerza, Potencia, Velocidad.

Fecha de recepción: 21/05/2015. Fecha de aceptación: 10/07/2015

Correspondencia: [pazdominguezalvaro@gmail.com](mailto:pazdominguezalvaro@gmail.com)

### INTRODUCCIÓN

El fútbol es un deporte colectivo de carácter intermitente en el predominan las acciones de tipo explosivo, siendo estas las que mayor trascendencia adquieren cuando se hace referencia a las acciones decisivas que se dan a lo largo de un partido de fútbol (Cometti, 2002; Tous, 2004).

En los últimos años se han propuesto numerosas investigaciones con el objetivo de establecer los distintos rangos de intensidad y metros recorridos que un jugador era capaz de llevar a cabo durante un partido de fútbol (Dellal et al., 2010). Poniendo en común los datos aportados por las investigaciones y obviando las exigencias que se solicitan en cada uno de los puestos específicos en el fútbol se ha establecido que durante el 80-90% del tiempo total de un partido de fútbol las acciones que predominan son de una

intensidad baja o moderada. Por otro lado el 10-20% restante se relaciona con acciones a alta o muy alta intensidad (Bloomfield, Carling, Nelsen & Reilly, 2008).

Unas acciones a alta intensidad que pese a que en la mayoría de las ocasiones no superan el 20% del tiempo total en un partido de fútbol son determinantes a la hora de establecer el resultado final del encuentro. Los sprints, los saltos, las acciones de uno contra uno son acciones que se dan a una intensidad muy alta y con un predominio metabólico anaeróbico (Wragg, Maxwell & Doust, 2000) siendo estas las acciones que en la mayoría de las ocasiones finalizan en gol.

Analizando detenidamente las acciones que un jugador lleva a cabo durante un partido de fútbol se puede atribuir que la mayor exigencia desde el punto de vista fisiológico recae sobre el sistema neuromuscular. Según Masach (2008) el

jugador realiza una media de 130 aceleraciones, 1000 cambios de ritmo, entre 500 y 600 giros y hasta 15 golpes de cabeza por partido. Bangsbo, Mohr & Krustup (2006) hablaban de que el futbolista llega a realizar entre 150 y 250 acciones a alta intensidad, con una recuperación entre cada una que no supera los 60-72 segundos y donde la mayoría de ellas son realizadas con el balón en los pies (Carling, 2010).

Todas estas acciones están relacionadas de una u otra forma con la cualidad física de la fuerza, ya sea como manifestación de la potencia y la fuerza explosiva o por el contrario como la capacidad para repetir acciones a alta intensidad de manera continuada como se da en el caso de la fuerza resistencia (Di Salvo et al., 2007). En muy pocas ocasiones el futbolista va a requerir o a contar con el tiempo necesario para aplicar sus niveles de fuerza máxima ya que en la mayoría de las situaciones, el éxito de la acción dependerá más de la velocidad y la eficiencia de la fuerza aplicada que del nivel de fuerza máxima alcanzado.

El hecho de que esta fuerza máxima no se llegue a manifestar en la mayoría de las acciones que se dan en el fútbol no implica que se le deba restar importancia a la hora de ser entrenada, ya que su desarrollo es fundamental para alcanzar unos niveles óptimos de potencia (Hoff & Helgerud, 2004).

Para Tous (2007), la fuerza es la única cualidad física básica a partir de la cual se expresan todas las demás. Entendiendo que la fuerza en el fútbol solamente consiste en la capacidad para generar tensión máxima, se podría definir como: “Conjunto de contracciones musculares que tienen como fin vencer, mantener o al menos generar la fuerza suficiente para superar una determinada resistencia”. Por el contrario y gracias al estudio y avance en el conocimiento de la cualidad física de la fuerza, sabemos que es muy importante relacionar a dicha cualidad con el propio entorno competitivo que es el fútbol, buscando la mayor eficacia y eficiencia en cada una de las acciones musculares que se den a lo largo de un partido.

Según Martín Acero (2003) la importancia que ha adquirido la fuerza en los últimos años se debe a la transición que se ha ido produciendo en el modelo de entrenamiento del fútbol, pasando de un modelo centrado en lo bioenergético a otro basado en lo neuromuscular.

## **OBJETIVOS DEL DESARROLLO DE LA FUERZA EN EL FÚTBOL**

### **Incremento del rendimiento**

Uno de los principales objetivos será el de optimizar y aumentar la capacidad del jugador para desarrollar sus niveles de fuerza en todas y cada una de las acciones

específicas que se manifiestan en el fútbol (Tous, 2007). Dicho trabajo de fuerza deberá estar enfocado principalmente al desarrollo de la fuerza-velocidad (Cometti, 2002) de todas y cada una de las acciones que se den en un partido de fútbol.

Tal y como señaló Guillen (1998, p14) “el mejor futbolista no será el que sea capaz de saltar más lejos o que pueda aplicar unos mayores niveles de fuerza sino aquel que sea capaz de aplicar con éxito y en el momento adecuado las cualidades requeridas que se exijan en un partido de fútbol”. Hablamos de un desarrollo enfocado a la fuerza técnica, ya que si se mejoran los niveles de fuerza del futbolista también se mejorará por ejemplo su capacidad de golpeo, pero si dicho entrenamiento es combinado, la mejora será más significativa (Horita, Komi, Nicol & Kyrolainen, 2002).

Al mencionar esto último hacemos referencia a lo que se conoce como “transferencia”. Un concepto que se basa en que todo trabajo con sobrecargas debe de ser sucedido por gestos específicos próximos al deporte en concreto de forma que los deportistas puedan ajustar su control motor a las propiedades musculares desarrolladas (Nunome, Asai, Ikegami & Sakarai, 2002).

Numerosas investigaciones han plasmado resultados positivos relacionando la eficacia y el desarrollo de la fuerza de los

futbolistas con la mejora de diferentes acciones específicas que se manifiestan en el fútbol como por ejemplo en el caso del sprint (Martin Acero, 1998) o el salto vertical (Horita et al., 2002).

### **Prevención de lesiones**

A lo largo de la temporada, son pocos los jugadores de una plantilla que no se ven afectadas por alguna lesión. Numerosas investigaciones han demostrado que una buena planificación del entrenamiento de la fuerza podría llegar a prevenir la aparición de los desequilibrios musculares (De Bellis, 2003) reduciendo así el número de lesiones de tipo articular y muscular por temporada.

### **EXPRESIONES DE LA FUERZA EN EL FÚTBOL**

El principal problema que se presenta con el entrenamiento de la fuerza es el de plantear que ejercicios resultan más útiles para mejorar y optimizar el rendimiento de nuestros futbolistas. Young (2006) concluía diciendo que el entrenamiento no específico de la fuerza también mejora el rendimiento, pero sin olvidarse de que no todos los ejercicios empleados serán igual de eficaces y aplicables al fútbol que aquellos que si son más específicos.

Una vez que analicemos cuales son las acciones que predominan en el fútbol observaremos como destacan aquellas que

requieren del empleo de la fuerza, como por ejemplo para el sprint (Di Salvo et al., 2010) cambiar de dirección (Markovic & Mikulic, 2010) saltar a golpear de cabeza, chutar un balón o incluso luchar con un rival para ganar una disputa por un balón dividido (Domínguez, 2003).

### Fuerza de desplazamiento

Al observar la Figura 1 comprobamos que los desplazamientos son las acciones que

mayor predominancia tienen en el fútbol. Una variedad de desplazamientos que a su vez dependerán del entorno competitivo (Pol, 2011) estando sometidos a la intencionalidad técnico-táctica del juego en cada momento del partido. Cada uno de los desplazamientos que se dan en un partido tendrán unas características contextuales diferentes en base a la posición en el campo, si se posee o no el balón, la situación de los compañeros y adversarios, etc.

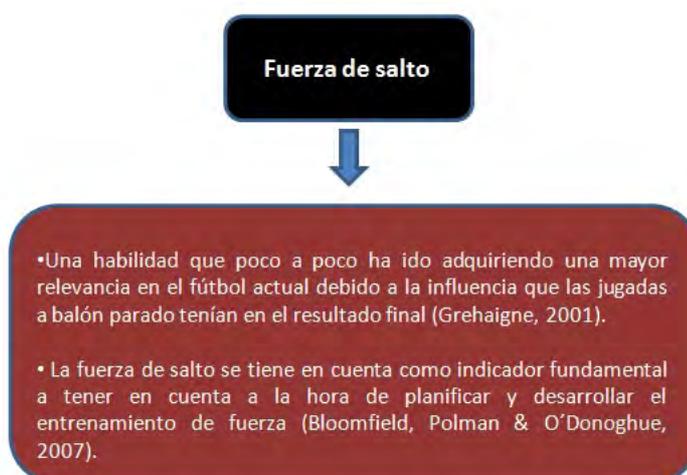
Figura 1. *Fuerza de desplazamiento*. (Elaboración propia)



### Fuerza de salto

En el fútbol se dan continuamente acciones en las que se requiere de la fuerza de

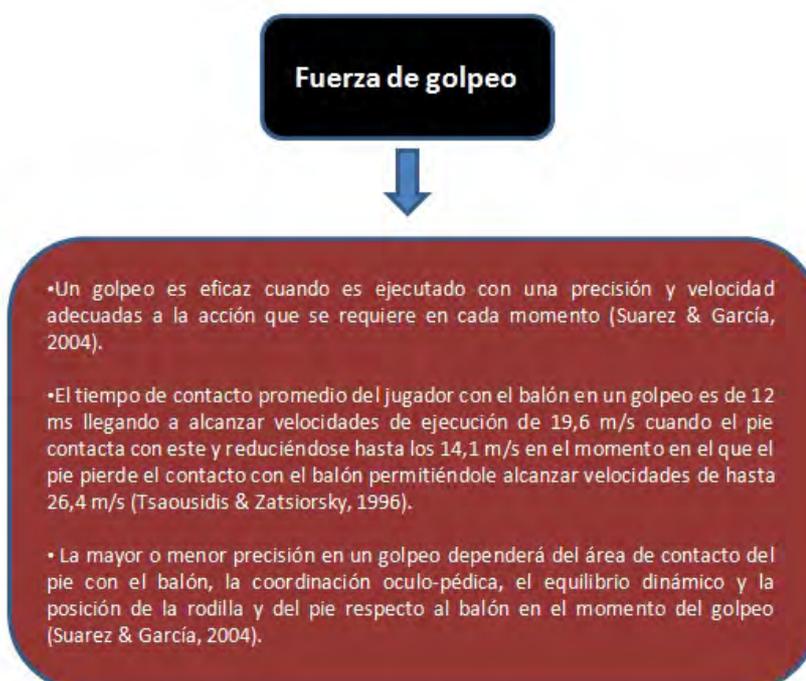
salto, ya sea para rematar de cabeza a portería, o para despejar un balón defensivamente. Algunas de las características más destacables las observamos en la Figura 2.

Figura 2. *Fuerza de salto*. (Elaboración propia)

### Fuerza de golpeo

El golpeo se puede clasificar como una de las acciones técnicas que más trascendencia adquiere en un deporte como el

fútbol. Al igual que en el caso de los saltos, la media de golpes por partido se verá influenciada por el puesto que cada jugador ocupe en el terreno de juego rondando entorno a los 50-70 golpes.

Figura 3. *Fuerza de golpeo*. (Elaboración propia)

## Fuerza de lucha

La última manifestación de la fuerza en el fútbol es la fuerza lucha, que hace referencia a aquella fuerza en la que dos o más jugadores disputan por un balón o una posición en el campo. Un tipo de fuerza que está adquiriendo una mayor relevancia en el fútbol actual debido a la reducción de espacios útiles en el campo y a la trascendencia que hoy día tiene el juego a balón parado en el resultado final (Grehaigine, 2001).

## METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN EL FÚTBOL

Gran parte de las investigaciones están orientadas a vincular el efecto que tiene el desarrollo de la fuerza sobre las acciones de salto y que implican una velocidad lineal (Rábago, Vicente, Moreno & García López., 2001; Hoff & Helgerud 2004). Es menor el número de investigaciones que han relacionado el entrenamiento de la fuerza con las acciones en las que se emplea el sprint con cambios de dirección pese a ser acciones que también predominan en el fútbol (Thorlund, Aagard & Madsen, 2009).

Existen muchos métodos y medios de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza, aunque quizás los más empleados sean los que guardan relación con el entrenamiento de la fuerza mediante los pesos libres y las

máquinas guiadas. Un tipo de entrenamiento que permite alcanzar un aumento del volumen muscular, fuerza, potencia y resistencia muscular a nivel local (Kraemer & Ratamess, 2004) pese a que aún hoy día se siguen planteando los entrenamientos de fuerza y resistencia por separado.

Wong, Chaouachi, Chamarrí, Dellal & Wisloff (2010) plantearon una investigación cuyo objetivo principal fue el de analizar el efecto concurrente entre el entrenamiento de la fuerza y los intervalos de carrera a alta intensidad sobre el desarrollo de la fuerza explosiva y la capacidad aeróbica en futbolistas profesionales. Los investigadores obtuvieron que el grupo experimental había mejorado sustancialmente en todos los ejercicios relacionados con el desarrollo de la fuerza máxima, además de alcanzar mejoras más específicas con el deporte como en el salto vertical, en el sprint de 10 y 30 metros y en la distancia recorrida en el test yo-yo.

Pese a esto, es importante tener en cuenta que el entrenamiento de la fuerza presenta una intensidad relativamente baja y se muestra como insuficiente a la hora de hablar de adaptaciones a nivel cardiorrespiratorio ya que en contadas ocasiones se supera el 60% de la frecuencia cardiaca máxima (Alcaraz, Sánchez-Lorente & Blazeovich, 2008). Camargo et al. (2008) proponían el entrenamiento en circuito tradicional para desarrollar de forma

simultánea tanto los niveles de fuerza como los de resistencia muscular. Una metodología que se caracteriza por encadenar ejercicios relacionados con el desarrollo de la fuerza con cargas medio-bajas (40-60% de 1RM) y periodos de recuperación muy cortos (Romero-Arenas, Pérez-Gómez & Alcaraz, 2011). Otros muchos autores han criticado esta metodología de entrenamiento a la hora de ser aplicada al fútbol a causa de la utilización de cargas tan bajas, ya que según Peterson, Rhea & Alvar (2004) la carga idónea para el entrenamiento de la fuerza en futbolistas debería estar alrededor del 85% de 1RM y por tanto el nivel de adaptaciones musculares para dicho deporte sería mínimo (Harber, Fry, Rubin, Smith & Weiss, 2004).

Chelly et al., (2009) obtuvieron unas mejoras significativas en los test de SJ, CMJ y 40 metros, tras 8 semanas (2 sesiones semanales) de trabajo de la fuerza máxima mediante un ejercicio tan sencillo como es la media sentadilla. Dasteridi, Pilianidis & Mantzouranis (2011) también recurrieron a este mismo ejercicio con el objetivo de evaluar que efectos obtenían sobre el rendimiento del sprint. En este caso, y mediante la utilización de una carga de entrenamiento del 90% del 1RM obtuvieron unas mejoras del 8% en el test de 30 metros.

Otras investigaciones han tratado de relacionar como el entrenamiento de la fuerza influye en la velocidad final de la salida de

balón, llegando a establecer correlaciones positivas entre el desarrollo de la fuerza máxima del tren inferior y el rendimiento del golpeo de balón (Pérez Gómez, 2007). Pérez Gómez (2007) obtuvo una mejora del 14% en la velocidad final de salida del balón gracias a la combinación de cargas altas, medias, bajas con ejercicios pliométricos en una misma sesión.

Al igual que este último autor, han sido muchos los que han basado sus investigaciones en la utilización de la pliometría como medio de entrenamiento para el desarrollo de las habilidades específicas más relacionadas con el fútbol. Markovic & Mikulic (2010) encontraron unas mejoras de hasta un 2,2% en la capacidad de aceleración en 10 metros gracias al desarrollo del entrenamiento pliométrico, del mismo modo que lo hicieran anteriormente otros autores (Rimmer & Sleivert, 2000).

Markovic & Mikulic (2010) también encontraron mejoras en la capacidad del cambio de dirección a consecuencia de la utilización de la pliometría. Según la investigación de Meylan & Malatesta (2009) se podría establecer que el entrenamiento pliométrico se clasifica como uno de los mayores responsables del futuro éxito en futbolistas en proceso de formación.

Otro método de entrenamiento son los métodos resistidos en los que se realiza un

trabajo enfocado a la mejora del sprint con una sobrecarga añadida. Los medios más utilizados en el fútbol suelen ser los arrastres de trineo, los chalecos lastrados y en alguna ocasión también se emplean los paracaídas. Young (2006) concluía su investigación diciendo que la utilización de los métodos resistidos mejoran la coordinación intermuscular. Spinks, Murphy, Spinks & Lockie (2007) por su parte hablaban de un aumento de la activación neural y el reclutamiento de las unidades motoras de contracción rápida gracias a la utilización de los métodos resistidos.

Investigaciones como la de Alcaraz, Elvira & Palao (2014) concluyen diciendo que un programa de entrenamiento de 6-8 semanas de métodos resistidos mediante la utilización de un trineo mejora el tiempo en la fase de aceleración y la fase de máxima velocidad, así como los tiempos de contacto del pie con el suelo y la potencia del tren inferior (Harrison & Bourke, 2009).

## CONCLUSIONES

El fútbol es un deporte colectivo de carácter intermitente en el que predominan numerosas acciones que dependen de la fuerza. Un desarrollo de la fuerza que estará enfocado fundamentalmente a dos objetivos: la mejora del rendimiento de nuestros futbolistas y la prevención de lesiones a lo largo de la temporada. Por otra parte, muchas

de las acciones que dependen de la fuerza, como en el caso de los cambios de dirección, han sido destacados como elementos a tener en cuenta a la hora de seleccionar a los futuros jóvenes talentos del mundo del fútbol.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, P. E., Elvira, J. L. L., & Palao, J. M. (2014). Kinematic, strength, and stiffness adaptations after a short-term sled towing training in athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(2), 279-290.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*, 24(07), 665-674.
- Baughman, M., Takaha, M., & Tellez, T. (1984). Training: Sprint training. *Strength & Conditioning Journal*, 6(3), 34-36.
- Bloomfield, J., Carling, C., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Med*, 38 (10), 839-862.
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of sports science & medicine*, 6(1), 63.
- Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular: aspectos metodológicos* (Vol. 307). Inde.
- Camargo, M. D., Stein, R., Ribeiro, J. P., Schwartzman, P. R., Rizzatti, M. O., & Schaan, B. D. (2008). Circuit weight training and cardiac morphology: a trial with magnetic resonance imaging. *British journal of sports medicine*, 42(2), 141-145.

- Carling, C. (2010). Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 319-326.
- Chelly, M. S., Fathloun, M., Cherif, N., Amar, M. B., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2241-2249.
- Cometti, G. (2002). La preparación física en el fútbol. Editorial Paidotribo.
- Dasteridis, G. I. O. R. G. O. S., Piliandis, T., & Mantzouranis, N. I. K. O. S. (2011). The effect of different strength training programmes on young athletes' sprint performance. *Stud Phys Cult Tourism*, 18, 141-7.
- De Bellis, R. (2003). La pliometría. *Il Nuovo Calcio*, 132, 64-65.
- Dellal, A., Keller, D., Carling, C., Chaouachi, A., Wong, D. P., & Chamari, K. (2010). Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3219-3226.
- Di Salvo, V., Baron, R., González-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of Sports Sciences*, 28(14), 1489-1494.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International journal of sports medicine*, 28(3), 222.
- Domínguez, E., (2003). Entrenamiento de la fuerza en el fútbol: Orientaciones teórico-prácticas. *Abfutbol*, 2, 18-35.
- Gréhaigne, J.F. (2001): La organización del juego en el fútbol., Barcelona: INDE
- Guillén del Castillo, M. (1998). La fuerza del futbolista. Bases fisiológicas y sistemas de entrenamiento aplicados a equipos de distintas edades (I). *Fútbol: Cuadernos técnicos*, 10, 12-33.
- Harber, M. P., Fry, A. C., Rubin, M. R., Smith, J. C., & Weiss, L. W. (2004). Skeletal muscle and hormonal adaptations to circuit weight training in untrained men. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 14(3), 176-185.
- Harrison, A. J., & Bourke, G. (2009). The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 275-283.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players. *Sports medicine*, 34(3), 165-180.
- Horita, T., Komi, P., Nicol, C., & Kyröläinen, H. (2002). Interaction between pre-landing activities and stiffness regulation of the knee joint musculoskeletal system in the drop jump: implications to performance. *European journal of applied physiology*, 88(1-2), 76-84.
- Kraemer, W., & Ratamess, N. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, 36(4), 674-688.
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine*, 40(10), 859-895.

- Martin Acero, R. (2003). Nuevas tendencias en la planificación deportiva en los deportes de equipo. *Actas del III Congreso de Ciencias del Deporte*. Valencia.
- Martín Acero, R. (1998). Importancia y lugar de la fuerza en los deportes de equipo. *Training futbol*, 28, 32-40.
- Masach, J. (2008). Estructura condicional del juego del fútbol y evaluación de la condición física como base para la metodología en la preparación física. *Material de Estudio Máster Universitario de preparación física en el fútbol tercera edición*. Real federación española de fútbol, Universidad de Castilla La Mancha.
- Meylan, C., & Malatesta, D. (2009). Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2605-2613.
- Nunome, H., Asai, T., Ikegami, Y., & Sakurai, S. (2002). Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(12), 2028-2036.
- Pérez Gómez, J. "Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la potencia de chut en el fútbol". Tesis doctoral no publicada. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; 2007.
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2004). Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 377-382.
- Pol, R. (2014). *La Preparación Física? en el fútbol*.
- Rábago, J. C. M., Vicente, J. G. V., Moreno, C., & García-López, J. (2001). Influencia del entrenamiento de pretemporada en la fuerza explosiva y velocidad de un equipo profesional y otro amateur de un mismo club de fútbol. *Apunts: Educación física y deportes*, (63), 46-52.
- Rimmer, E., & Sleivert, G. (2000). Effects of a Plyometrics Intervention Program on Sprint Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(3), 295-301.
- Romero-Arenas, S., Pérez-Gómez, J., & Alcaraz, P. E. (2011). Entrenamiento en circuito. ¿Una herramienta útil para prevenir los efectos del envejecimiento?. (Circuit training. A useful tool for preventing the effects of aging?). *CCD. Cultura\_Ciencia\_Deporte*. doi: 10.12800/ccd,6(18), 185-192.
- Spinks, C. D., Murphy, A. J., Spinks, W. L., & Lockie, R. G. (2007). The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union, and Australian football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 77-85.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports medicine*, 35(6), 501-536.
- Suárez, A. A., & García, O. G. (2004). Análisis de los factores que condicionan la eficacia en el golpeo a balón parado en el fútbol. *Lecturas: Educación física y deportes*, (69), 23.
- Thorlund, J. Aagaard, P. Madsen, K. (2009). Rapid muscle force capacity changes after soccer match play. *Int. J. Sports Med*; 30(4), 273-8.
- Tous, J. (2004). Entrenamiento de la fuerza. *Fútbol. Bases científicas para un óptimo rendimiento*, 77-82.
- Tous, J. (2007). Entrenamiento de la fuerza en los deporte colectivos. Barcelona, CEDE.

Tsaousidis, N., & Zatsiorsky, V. (1996). Two types of ball-effector interaction and their relative contribution to soccer kicking. *Human movement science*, 15(6), 861-876.

Wong, P. L., Chaouachi, A., Chamari, K. Dellal, A., & Wisloff, U. (2010). Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24 (3), 653-660.

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.

Young, W. B., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction?. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 282-288.

Young, W., (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 1, 74–83.

## REVISIÓN SOBRE LA BIOMECÁNICA DE LA LESIÓN DE ISQUIOTIBIALES EN EL FÚTBOL.

NAVARRO, E. <sup>(1)</sup>, CHORRO, D. <sup>(1)</sup>, TORRES, G. <sup>(1)</sup>, GARCÍA, C. <sup>(1)</sup> Y NAVANDAR, A. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF) Universidad Politécnica de Madrid.

### RESUMEN

Los objetivos de esta revisión bibliográfica son analizar los factores de riesgo de la lesión desde la perspectiva de la biomecánica y proponer nuevas líneas de investigación. **METODOLOGÍA.** Las bases de datos utilizadas fueron Medline, Scopus y SportsDiscuss. Se ha desarrollado un modelo mecánico que permite explicar de forma sencilla las causas de la lesión. **RESULTADOS Y DISCUSIÓN.** Los factores de riesgo principales son haber tenido la lesión, la falta de flexibilidad, la falta de fuerza excéntrica, los desequilibrios isquiotibiales:cuádriceps y los problemas de sincronización entre abdominales, glúteo mayor e isquiotibiales. Sin embargo, los resultados encontrados en la literatura no son del todo concluyentes, lo que dificulta que puedan ser utilizados fácilmente por los entrenadores, preparadores físicos y servicios médicos a la hora de prevenir la lesión o ayudar en el proceso de recuperación. **CONCLUSIONES.** Es necesario poner a punto nuevas técnicas de medición de la fuerza y de los desequilibrios musculares, de la actividad eléctrica muscular, de la respuesta mecánica del tejido muscular con cicatriz, de las elongaciones y tensiones musculares y de la coordinación de movimientos durante la carrera y el golpeo. Estas técnicas deberían estar adaptadas al fútbol de manera que permitan analizar de forma realista las destrezas motoras propias de este deporte. Es necesario desarrollar baterías de test para la prevención de la lesión que puedan ser de fácil aplicación en cualquier momento a lo largo de la temporada y que puedan utilizarse en el proceso de recuperación de lesionados.

**PALABRAS CLAVES:** Fútbol, lesión de isquiotibiales, factores de riesgo, biomecánica.

Fecha de recepción: 08/02/2015. Fecha de aceptación:  
Correspondencia: enrique.navarro@upm.es

### INTRODUCCIÓN

La lesión de isquiotibiales (Mueller et al, 2012) es la lesión muscular con mayor incidencia dentro del deporte (Mendiguchia, Alentorn-Geli & Brughelli 2012). En un trabajo llevado a cabo sobre 51 equipos europeos de fútbol entre 2001 y 2009, Ekstrand, Hägglund & Waldén (2011) obtuvo que las lesiones musculares suponen el 31% de todas lesiones producidas, siendo la causa del 27% del tiempo total de ausencia de actividad por

lesión. Dentro de las lesiones musculares, la que afecta a los isquiotibiales, es la que más incidencia y repercusión tiene, ya que el jugador puede estar de baja deportiva entre una y cuatro semanas en la mayoría de los casos. La lesión de isquiotibiales representa aproximadamente el 12% de las todas las producidas en el fútbol (Woods et al. 2004, Ekstrand et al., 2011) lo que implica que en un equipo se dan una media de 5 lesiones por temporada (Woods et al, 2004).

Según Woods et al. (2004) el 57% de las lesiones de isquiotibiales se

producen durante la carrera, en especial al final del balanceo y al inicio de la fase de apoyo, es decir, cuando los músculos isquiotibiales actúan para frenar la flexión de la cadera y la extensión de rodilla (Chumanov, Heiderscheit & Thelen, 2011). Muchos autores han estudiado las elongaciones de los músculos isquiotibiales y las fuerzas internas durante la marcha y la carrera mediante la metodología del Análisis Dinámico Inverso (Chumanov, Heiderscheit & Thelen 2007, 2011; y Chumanov, Wille, Michalski, & Heiderscheit, 2012) demostrando que la tensión máxima se alcanza al final de la fase de balanceo.

Los objetivos de esta revisión bibliográfica son: 1) analizar los factores de riesgo de la lesión desde la perspectiva de la biomecánica y 2) proponer nuevas líneas de investigación.

## METODOLOGIA

**Búsqueda bibliográfica.** Los artículos seleccionados para esta revisión se publicaron entre el año 2000 y el 2015. Las

referencias fueron obtenidas a través del buscador “Ingenio” de la Universidad Politécnica de Madrid, que utiliza bases de datos como MedLine, Scopus o SportDiscuss.

**Modelo Biomecánico.** Para entender la lesión de isquiotibiales desde un punto de vista biomecánico se ha desarrollado un modelo teórico basado en la segunda ley de Newton (Fuerza = Masa\*Aceleración). El modelo mecánico intenta explicar por qué se produce la lesión en uno de los músculos isquiotibiales durante la fase final de oscilación de la carrera, es decir, el momento en que la rodilla se extiende y la pierna decelera. Se ha tomado como referencia el Bíceps Femoral (BF).

$$F_{ib} + F_{ext} = F_{total} \quad (1)$$

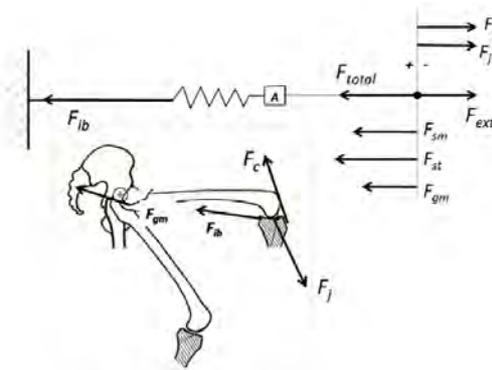
$$F_{total} > 0 \quad (2)$$

$$F_{ib} > F_{ext} \quad (3)$$

$F_{ext} < 0 \Rightarrow$  La fuerza intenta estirar el músculo

$F_{ib} > 0 \Rightarrow$  La fuerza intenta acortar el músculo

Figura 1: Fuerzas aplicadas en la pierna durante la extensión de rodilla



Obsérvese (ecuación 1) que la fuerza total aplicada en el BF es la suma vectorial de la fuerza muscular del propio BF ( $F_{ib}$ ) y de la fuerza externa aplicada sobre éste por otros músculos y por el propio hueso. Teniendo en cuenta que se ha tomado como sentido positivo el movimiento de acortamiento del músculo (flexión rodilla) y como negativo la elongación, la fuerza total tendrá que tener sentido positivo (ecuación 2) a favor de la flexión para que pueda producir la deceleración de la pierna. Por tanto, la fuerza a favor del acortamiento del músculo tendrá que ser mayor que la fuerza a favor de su alargamiento (ecuación 3).

Por otro lado (ecuación 4), la fuerza externa aplicada en el BF es el sumatorio de las fuerzas musculares (fuerzas del semitendinoso, semimembranoso y del glúteo mayor) que actúan a favor del acortamiento del BF y de aquellas (fuerza del cuádriceps y fuerza articular) que lo

hacen en sentido contrario tratando de estirarlo.

$$F_{ext} = (F_{st} + F_{sm} + F_{gm}) - (F_c + F_j) \quad (4)$$

Si se introducen los términos de la ecuación (4) en la (2) obtenemos la ecuación (5), que expresa el balance de fuerzas que intervienen durante la deceleración de la pierna al final de la fase de balanceo de la carrera. Para completar el modelo es necesario añadir el criterio matemático (ecuación 6) que expresa que la lesión se produce cuando la fuerza muscular del BF es mayor que la fuerza de resistencia a la rotura de la fibra muscular (ecuación 6).

El modelo mecánico se resume, por tanto, mediante las ecuaciones (5) y (6):

$$F_{ib} + (F_{st} + F_{sm} + F_{gm}) - (F_c + F_j) > 0 \quad (5)$$

$$F_{ib}(l, v) > F_F \Rightarrow \text{lesión} \quad (6)$$

$F_{ib}$ : Fuerza del Bíceps Femoral

$F_{st}$ : Fuerza del Semitendinoso

$F_{sm}$ : Fuerza del Semimembranoso

$F_{gm}$ : Fuerza del Glúteo Mayor

$F_C$ : Fuerza del Cuádriceps

$F_j$ : Fuerza articular en la Tibia

$F_F$ : Límite de fallo mecánico

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Factores de riesgo. Haber tenido la lesión.*

Muchos estudios prospectivos con futbolistas demuestran que haber sufrido una lesión previamente es el principal factor de riesgo (Arnason et al, 2004; Engebretsen, Myklebust, Holme, Engebretsen, & Bahr, 2010; Hägglund, Waldén & Ekstrand, 2006; y Hägglund, Waldén & Ekstrand, 2013) si bien los resultados son diversos. Según Arnason et al. (2004), un jugador previamente lesionado tiene 11,5 veces más riesgo de sufrir otra lesión pero Hägglund et al (2013) defiende que este riesgo es solamente de 1,4. Sin embargo, otros autores (Fousekis, Tsepis, Poulmedis, Athanasopoulos & Vagenas, 2011; Henderson, Barnes & Portas, 2010;) no encuentran evidencia a favor de que los jugadores previamente lesionados tengan mayor riesgo de lesionarse que el resto.

Estudios de tipo retrospectivo (Askling & Nilsson, 2010; Brockett, Morgan, & Proske, 2004; Lee, Reid, Elliott & Lloyd, 2009; Opar, Williams & Shield, 2012; Warren, Gabbe, Schneider-Kolsky & Bennell, 2008), mediante la comparación de jugadores con y sin lesiones previas, concluyen que después de haber tenido la lesión disminuye la Fuerza excéntrica de los Isquiotibiales, la longitud de los isquiotibiales a la que se produce la máxima fuerza excéntrica, el ratio Isquiotibiales:Cuadriceps (I:C) y la flexibilidad. Otro hallazgo importante es que, después de haber tenido la lesión, se producen adaptaciones en la técnica de carrera y de golpeo. Lee et al (2009) encontró que atletas de velocidad que habían tenido una lesión disminuían el ángulo máximo de flexión de la cadera en el balanceo como mecanismo de defensa para reducir la elongación de los isquiotibiales. Navandar, Gulino, Antonio & Navarro (2013) es uno de los pocos autores que ha investigado el golpeo de balón con futbolistas profesionales, encontrando también variaciones en la técnica como consecuencia de la lesión previa.

En resumen, los estudios de tipo prospectivo concluyen que haber tenido la lesión es el principal riesgo de sufrir una

lesión pero no determinan las causas que la producen. Por otro lado, los estudios retrospectivos muestran la existencia de adaptaciones musculares producidas como consecuencia de haber tenido la lesión pero tampoco aseguran que sean las causas que ocasionaron la lesión en primera instancia (Gabble, Bennell, Finch, Wajswelner & Orchard, 2006).

Es necesario abordar el estudio de las causas de la recaída de la lesión desde un enfoque más directo. Según el modelo mecánico propuesto, (ecuación 6), se demuestra que si el umbral de rotura ( $F_F$ ) disminuye es más fácil que la fuerza interna ( $F_{ib}$ ) que soporta el músculo sobrepase dicho umbral y se produzca la rotura. La cicatriz que se forma después de la lesión ocasiona que el umbral de rotura en esa zona sea menor que en el resto del músculo. La formación de la cicatriz durante la recuperación puede producir un aumento de la rigidez de la fibra a ese nivel y, por tanto, menor capacidad para deformarse (Orchard & Best, 2002).

Recurriendo de nuevo al modelo mecánico, a través de la ecuación 1, se observa que si la fuerza interna ( $F_{ib}$ ) es más pequeña de lo esperado, la fuerza total resultante disminuye y la velocidad de extensión de la rodilla no se reduce adecuadamente.

$$F_{ib} + F_{ext} = F_{total} \quad (1)$$

Si esto sucede, el músculo alcanza deformaciones que pueden provocar que la tensión muscular sobrepase el umbral de rotura (Curva Tensión-deformación). Esto coincide con lo encontrado por algunos autores (Lee et al., 2009; y Opar et al., 2013). Cuando un jugador de fútbol está esprintando, la velocidad angular de extensión de la rodilla es muy grande, siendo necesaria mayor fuerza de los isquiotibiales para frenarla. Si los isquiotibiales, por falta de fuerza, no consiguen frenar lo suficiente la velocidad de la pierna, el músculo se elonga más de lo deseado aumentando la tensión musculotendinosa y, por tanto, el riesgo de lesión.

Si las fuerzas extensoras de la pierna (cuádriceps y fuerzas articulares) son muy elevadas, la fuerza de los isquiotibiales tiene que aumentar para conseguir frenar la pierna (ecuación 5). Cuando esto ocurre, el riesgo de que fuerza muscular del isquiotibial ( $F_{ib}$ ) sobrepase el límite de rotura  $F_F$  es mayor. Esto explica por qué la disminución del ratio I:C en lesionados previamente aumenta el riesgo de lesión (Lee et al., 2009). Sin embargo, hasta ahora no se ha demostrado científicamente que los jugadores de fútbol que han tenido la lesión tengan menor ratio I:C.

Al analizar de nuevo la ecuación 5, es fácil comprender que si las otras fuerzas (semitendinoso  $F_{st}$ , semiembranoso  $F_{sm}$ , glúteo mayor  $F_{gm}$ ) que ayudan al Bíceps  $F_{ib}$  a frenar la extensión de la rodilla y la flexión de la cadera son menores de lo necesario, la fuerza del  $F_{ib}$  tendrá que ser mayor y el riesgo de lesión aumentará. Las alteraciones del control muscular por lesión previa que afectan a la técnica de la carrera han sido estudiadas en el atletismo o en el fútbol australiano (Lee et al., 2009) pero no en el fútbol. Tras una lesión se producen alteraciones en la técnica de carrera para proteger el músculo lesionado que pueden afectar de manera negativa a otros músculos. Además, surge una pregunta importante: ¿cómo baja el rendimiento del jugador después de la lesión? (Orchard et al., 2002).

Son necesarios estudios con futbolistas que analicen las adaptaciones biomecánicas producidas después de la lesión analizando las cargas internas, las elongaciones muscular y la sincronización muscular durante la carrera y el golpeo mediante técnicas de Análisis Dinámico Inverso 3D.

### **Factores de riesgos. Flexibilidad.**

La falta de flexibilidad ha sido considerada de manera clásica un factor de

riesgo de la lesión de isquiotibiales ( Arnasson et al., 2004; Askling et al., 2010; Engebretsen et al., 2010; Fousekis et al., 2011; Henderson et al., 2010; Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have & Cambier, 2003). Sin embargo, los resultados de los estudios no son concluyentes. Witvrouw et al. (2003), en un estudio de seguimiento sobre 146 jugadores de la liga belga, aplicó un test de flexibilidad pasiva midiendo el ángulo de la cadera con el jugador tumbado supino mediante un goniómetro. Este autor encontró que el grupo de jugadores que se lesionaron tenían menor flexibilidad. Por el contrario, otros autores, utilizando métodos similares pero con mayores muestras, no encontraron que la falta de flexibilidad sea un factor de riesgo (Arnasson et al., 2004; Engebretsen et al., 2010). Todos los estudios anteriores en el fútbol analizaban la flexibilidad a través de medidas de la amplitud articular en posición estática, lo que ha podido ocasionar una falta de validez externa o ecológica en los resultados.

Aplicando este modelo propuesto (ecuación 6) se ve que si la fuerza interna o tensión  $F_{ib}$  aumenta y sobrepasa los límites de rotura, se produce lesión. Según el modelo de Hill de la contracción muscular (Chumanov et al., 2011), la fuerza muscular es la suma de las fuerzas elásticas

en serie y en paralelo de los tejidos que componen el músculo y de las fuerzas activas producidas por el acortamiento del sarcómero. Cuando la flexibilidad es baja debida a una falta de elasticidad del músculo, su rigidez aumenta, lo que supone que las tensiones internas elásticas sean mayores a elongaciones más pequeñas. Este hecho pone de manifiesto por qué las roturas se producen cerca de la unión entre el músculo y el tendón (Garret, 1996) especialmente en la parte proximal del bíceps (Heiderscheit, Sherry, Silder, Chumanov & Thelen, 2010). Creemos que son necesarios estudios longitudinales con futbolistas que empleen nuevas técnicas de medida de la flexibilidad como los Sensores inerciales o la fotogrametría 3D durante la realización de ejercicios de estiramientos musculares o durante la carrera o el golpeo.

***Factores de riesgo. Falta de equilibrio de fuerza entre cuádriceps e isquiotibiales.***

Según (Aagaard, 1989), existen dos tipos de ratios de fuerza: el ratio convencional (RatioC) Isquiotibiales:Cuádriceps (I:C) que se calcula dividiendo la máxima fuerza concéntrica de flexión de la rodilla entre la fuerza máxima concéntrica extensora y el ratio funcional (RatioF) Isquiotibiales: Cuádriceps (I:C), que se obtiene

dividiendo la máxima fuerza excéntrica flexora de la rodilla y la fuerza máxima concéntrica extensora.

Recientemente se han realizado estudios prospectivos en futbolistas profesionales con resultados contradictorios (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty & Ferret., 2008; Fousekis et al., 2011; y Henderson et al., 2010). Henderson et al. (2010), al medir el ratio convencional, no encontró diferencias entre la pierna lesionada y la no lesionada. Fousekis et al. (2011) tampoco obtuvo diferencias significativas en el ratio funcional entre los jugadores que se lesionaron (1,12) y los que no (1,07). Uno de los trabajos más concluyentes sobre el riesgo de lesión por desequilibrios de la fuerza es el de Croisier et al. (2008). Este autor realizó un estudio de seguimiento de la fuerza isocinética en 462 jugadores profesionales durante 9 meses. En la pretemporada midió la fuerza concéntrica (60 y 240 grados/s) y excéntrica (30 y 120 grados/s) de isquiotibiales y cuádriceps determinando el ratio convencional (60 y 240 grados/s) y el ratio funcional mezclado (excéntrico isquiotibiales a 30 grados/s y concéntrico cuádriceps a 240 grados/s). Posteriormente clasificó a los jugadores según presentaban asimetrías o no. El 47% de los jugadores mostraron desordenes en

el equilibrio. Los jugadores sin desequilibrios de fuerza se lesionaron menos que el otro grupo y los que tuvieron desequilibrios y no siguieron ningún tipo de entrenamiento preventivo se lesionaron en mayor número que el resto.

De nuevo, el modelo mecánico propuesto permite justificar los resultados encontrados en la bibliografía y analizar de forma teórica las causas de la lesión. Uno de los resultados más recurrentes, es que la disminución de fuerza excéntrica de isquiotibiales aumenta el riesgo de lesión. La ecuación 5 del modelo confirma que si la fuerza excéntrica del BF ( $F_{ib}$ ) se reduce, la pierna no decelera y el músculo alcanza elongaciones que pueden producir la rotura fibrilar. Obsérvese que la fuerza realizada por el BF para frenar la extensión de la rodilla es obviamente excéntrica y, por tanto, los componentes elásticos del músculo juegan un papel principal. Sin embargo para que exista una verdadera contracción excéntrica es necesaria además la activación de la unidad contráctil del musculo o sarcómero. Es evidente, por tanto, que para medir adecuadamente la fuerza excéntrica realizada por un jugador es necesario medir también la actividad electromiográfica del músculo (Hassani et al., 2006; Kellis & Baltzopoulos, 1998; Oliveria, Corvino, Gonçalves, Caputo &

Denadal, 2012; Onishi et al., 2002; Opar et al., 2013; Sole, Milosavljevic, Nicholson & Sullivan, 2011). Existe muy poca información aplicada al fútbol sobre la activación muscular dado que la mayoría de los datos se han obtenido mediante máquinas isocinéticas sin la utilización de la electromiografía de superficie (EMG). El único trabajo aplicado al fútbol relacionando la fuerza y la activación EMG es el de Oliveira et al. (2009). Este autor defiende que los diferentes patrones de activación del grupo de los grupos musculares deberían tenerse en cuenta a la hora de diseñar las rutinas de entrenamiento de la fuerza.

Por otro lado, la fuerza excéntrica de los isquiotibiales es el resultado de la activación de tres cuerpos musculares (ecuación 5). Por tanto, cuando un jugador presenta déficit de fuerza de isquiotibiales durante una prueba isocinética, sería interesante conocer también cómo se reparte esta fuerza entre el Bíceps Femoral, el semitendinoso y el semimembranoso.

$$F_{ib} + (F_{st} + F_{sm} + F_{gm}) - (F_c + F_j) > 0 \quad (5)$$

Es evidente que la valoración del ratio I:C debería realizarse teniendo en cuenta la actividad de todos los músculos del cuádriceps y de los isquiotibiales (Begalle, DiStefano, Blackburn & Padua,

2012; Farrokhi et al., 2008; Harput, Hayri-Ertan, Ergun & Mattacola, 2014; Irish, Millward, Wride, Haas, & Shum, 2010). Al medir el ratio I:C mediante máquinas isocinéticas obtenemos una valoración global de la fuerza pero no la participación de cada músculo. Recientemente Navarro et al. (2015) y Torre, García, Rueda, Navandar & Navarro, (2014) mediante el uso de electromiografía de superficie

inalámbrica en jugadores profesionales, han obtenido patrones de activación muscular significativos del squat y la zancada (Figura 2). En el squat, la activación muscular fue significativamente mayor que en la zancada. Estos autores han calculado el Ratio I:C a partir de los datos de EMG, obteniendo mayor activación de los isquiotibiales en el squat (I:C: 0.54) que en la zancada (I:C=0.5).

Figura 2. Datos de activación muscular RMS% (porcentaje respecto a contracción voluntaria isométrica máxima). (Fuente: elaboración propia)



En resumen, los desequilibrios de fuerza muscular son un factor de riesgo en el fútbol pero los resultados no son concluyentes. Es posible que no se hayan tenido en cuenta todas las variables que influyen en la lesión. Debe observarse que la mayoría de los resultados disponibles han sido obtenidos mediante máquinas isocinéticas, por lo que no se han tenido en cuenta las fuerzas de cada uno de los músculos intervinientes. En definitiva, son

necesarios más trabajos con jugadores profesionales que aporten datos sobre el ratio I:C, mediante el registro de la actividad eléctrica de todos los cuerpos musculares del cuádriceps y de los isquiotibiales en ejercicios estándar de prevención y recuperación de la lesión y durante la ejecución de las destrezas propias del fútbol como la carrera, el golpeo o el cambio de dirección. Para ello, las técnicas más apropiadas serían la

electromiografía y análisis dinámico inverso 3D.

**Factores de riesgo. Sincronización de la musculatura lumbopélvica.**

Según Heiderscheit et al. (2010), aparte de los factores de riesgo de la lesión de isquiotibiales en futbolistas, considerados normalmente, existen otros riesgos que siendo también muy importantes se les ha prestado menos atención en la literatura científica; éstos son: : 1) alteraciones de la biomecánica de los patrones motores de la carrera y la marcha, 2) desequilibrios de fuerza de los músculos lumbopelvicos y 3) alteraciones en el control motor entre isquiotibiales y músculos lumbopélvicos. La Inestabilidad del conjunto tronco abdominal-pelvis conocido como “core” y su sincronización con los isquiotibiales, ha sido también relacionado con la lesión aunque no hay estudios prospectivos que lo demuestren (Beijstrveldt, Port, Vereijken, & Backx, 2014; y Mendiguchia et al., 2012).

La ecuación 7 permite explicar la la importancia de la sincronización de la musculatura lumbopélvica e isquiotibial . Si bien la ecuación 7 es idéntica a la ecuación 5 desde un punto de vista matemático, las fuerzas con signo positivo

se han agrupado en dos partes, una correspondiente a la fuerza de los tres músculos isquiotibiales y otra debida a la acción de glúteo mayor como extensor de la cadera. Hay que recordar que las fuerzas con signo positivo se oponen a la extensión de la rodilla produciendo el frenado de la pierna durante la última parte del balanceo de la carrera.

$$(F_{ib} + F_{st} + F_{sm}) + F_{gm} - (F_c + F_j) > 0 \quad (7)$$

El glúteo mayor (GM) ayuda a los isquiotibiales a frenar la flexión de la cadera, por lo que una falta de sincronización entre ellos o una falta de fuerza de este músculo puede producir una sobrecarga en los isquiotibiales. A pesar de que el sinergismo GM:Isquiotibiales es fundamental para prevenir la lesión, existe muy poca información al respecto aplicada al fútbol. Según Wagner et al. (2010), un decrecimiento de la fuerza del GM puede producir sobrecarga de los isquiotibiales.

Por otro lado, la función del glúteo mayor y de los isquiotibiales está influida por la posición de la pelvis (Kapandji, 1977). Si existe una falta de tono abdominal o un acortamiento del psoas iliaco se produce anteversión de la pelvis e hiperlordosis lumbar. La anterversión pélvica reduce la fuerza del glúteo mayor y produce un exceso de elongación de los

isquiotibiales. Una activación de los abdominales durante la fase de balanceo de la carrera reduce la anteversión de la pelvis y previene de un exceso de tensión en los isquiotibiales (Franz, Paylo, Dicharry, Riley & Kerrigan, 2009; Kuszewski, Gnat & Saulicz, 2009; Mendiguchia et al., 2012; Oh, Cynn, Won, Kwon & Yi, 2007). En definitiva, una apropiada sincronización entre los músculos isquiotibiales, el glúteo mayor y los abdominales puede prevenir la lesión muscular de los isquiotibiales

## CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas respecto al estado del arte sobre la lesión de isquiotibiales son:

- Se ha desarrollado un modelo mecánico que permite explicar de forma sencilla las causas de la lesión.
- Hay mucha información sobre los factores de riesgo de la lesión bajo un punto de vista epidemiológico pero se sabe poco sobre las causas reales que la producen.
- Los estudios de tipo prospectivo dejan claro que haber tenido la lesión es el principal riesgo pero no determinan cuáles son las causas.
- La disminución del umbral de rotura como consecuencia de la cicatriz de una lesión previa, es un factor de riesgo, aunque no existe información al respecto aplicada al fútbol.
- Cuando un jugador de fútbol está esprintando, la velocidad angular de extensión de la rodilla es muy grande siendo necesaria mayor fuerza de los isquiotibiales para frenarla, lo que aumenta el riesgo de lesión.
- Si los isquiotibiales, por falta de fuerza, no consiguen frenar lo suficiente la velocidad de la pierna, el músculo se elonga más de lo deseado aumentando la tensión musculotendinosa y por tanto se incrementa el riesgo de lesión.
- Las adaptaciones producidas después de haber tenido la lesión pueden influir negativamente en el rendimiento técnico y físico del jugador.
- Aunque los datos científicos no son totalmente concluyentes, desde un punto de vista teórico parece evidente que la falta de elasticidad muscular supone mayor riesgo de rotura fibrilar.
- Desequilibrios bilaterales de fuerza isocinética mayores del 15%, ratio convencional menor de 0,45 (biodex) y ratio funcional menor de 0,89 (biodex) indican un mayor riesgo de lesión.
- La determinación del ratio de fuerza mediante una prueba isocinética tiene los siguientes inconvenientes: 1) no se

registra la participación de cada músculo, 2) la prueba es muy exigente y 3) solo se estudian movimientos de la rodilla en posición de sentado.

- Hay pocos estudios aplicados al fútbol que calculen la actividad muscular y el ratio agonista:antagonista y lateral:medial en ejercicios de recuperación.
- Una falta de sincronización entre abdominales, glúteo mayor e isquiotibiales aumenta el riesgo de lesión.

Se proponen las siguientes actuaciones para la prevención de la lesión :

- Realizar estudios de seguimiento de futbolistas profesionales durante una o varias temporadas con el objetivo de desarrollar una batería de test que permita predecir el riesgo de lesión.
- Desarrollar baterías de test para la prevención de la lesión que puedan ser aplicables fácilmente en cualquier momento a lo largo de la temporada.
- Desarrollar baterías de test para ayudar en el proceso de recuperación de lesionados.
- Incluir en la investigación variables como:
  - La Fuerza isocinética con registros sincronizados de EMG.

- La actividad Electromiográfica durante la realización de ejercicios específicos de prevención y recuperación de la lesión.

- Las elongaciones y tensiones musculares durante los gestos propios del fútbol como la carrera, el golpeo o el cambio de dirección.

- La respuesta mecánica del tejido muscular con cicatriz mediante sistemas de Resonancia Magnética Nuclear Dinámica.

- Variables cinemáticas y dinámicas de la carrera y el golpeo.

- La sincronización muscular entre isquiotibiales, abdominales y glúteo mayor durante la realización de ejercicios de recuperación y durante la carrera.

- Utilizar los procedimientos análisis biomecánico actuales adaptándolos al fútbol para medir movimientos como la carrera, el golpe, el salto o los cambios de dirección.

- Electromiografía Inalámbrica. Utilizable en el gimnasio o en el campo de fútbol.

- Sistema de Captura de movimiento 3D y plataformas de fuerza en laboratorio con césped artificial. Permite analizar la técnica de la carrera y el golpeo

- Análisis Dinámico Inverso 3D. Permite medir las fuerzas, las elongaciones musculares y las cargas articulares durante la carrera o el golpeo.
- Sistema EMG-Sensores inerciales. Permite medir simultáneamente la actividad eléctrica y los ángulos articulares respecto a los tres ejes. Se puede utilizar en el gimnasio o en el campo de fútbol.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Risk factors for injuries in football. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(1 suppl), 5S-16S.
- Askling, C. M., Nilsson, J., & Thorstensson, A. (2010). A new hamstring test to complement the common clinical examination before return to sport after injury. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 18(12), 1798-1803.
- Begalle, R. L., DiStefano, L. J., Blackburn, T., & Padua, D. A. (2012). Quadriceps and hamstrings coactivation during common therapeutic exercises. *Journal of athletic training*, 47(4), 396-405.
- Beijsterveldt, A. M. C., Port, I. G. L., Vereijken, A. J., & Backx, F. J. G. (2013). Risk factors for hamstring injuries in male soccer players: a systematic review of prospective studies. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(3), 253-262.
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., & Proske, U. (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(3), 379-387.
- Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2007). The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *Journal of biomechanics*, 40(16), 3555-3562.
- Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2011). Hamstring musculotendon dynamics during stance and swing phases of high speed running. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(3), 525.
- Chumanov, E. S., Wille, C. M., Michalski, M. P., & Heiderscheit, B. C. (2012). Changes in muscle activation patterns when running step rate is increased. *Gait & posture*, 36(2), 231-235.
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players a prospective study. *The American journal of sports medicine*, 36(8), 1469-1475.
- Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American journal of sports medicine*, 39(6), 1226-1232.
- Ekstrand, J., Askling, C., Magnusson, H., & Mithoefer, K. (2013). Return to play after thigh muscle injury in elite football players: implementation and validation of the Munich muscle injury classification. *British journal of sports medicine*, 47(12), 769-774.
- Engebretsen, A. H., Myklebust, G., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2010). Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players a prospective cohort study. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(6), 1147-1153.
- Farrokhi, S., Pollard, C. D., Souza, R. B., Chen, Y. J., Reischl, S., & Powers, C. M. (2008).

Trunk position influences the kinematics, kinetics, and muscle activity of the lead lower extremity during the forward lunge exercise. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 38(7), 403-409.

Fousekis, K., Tsepis, E., Poulmedis, P., Athanasopoulos, S., & Vagenas, G. (2010). Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *British journal of sports medicine*, bjsports77560.

Franz, J. R., Paylo, K. W., Dicharry, J., Riley, P. O., & Kerrigan, D. C. (2009). Changes in the coordination of hip and pelvis kinematics with mode of locomotion. *Gait & posture*, 29(3), 494-498.

Gabbe, B. J., Bennell, K. L., Finch, C. F., Wajswelner, H., & Orchard, J. W. (2006). Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(1), 7-13.

Garrett W.E, Jr. (1996). Muscle strain injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 24, S2-8.

Hägglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2006). Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *British journal of sports medicine*, 40(9), 767-772.

Hägglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2013). Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer the UEFA injury study. *The American journal of sports medicine*, 41(2), 327-335.

Harput, G., Hayri-Ertan, R. S., Ergun, N., & Mattacola, C. G. (2014). Effect of gender on the quadriceps-to-hamstrings coactivation ratio during

different exercises. *Journal of sport rehabilitation*, 23(1).

Hassani, A., Patikas, D., Bassa, E., Hatzikotoulas, K., Kellis, E., & Kotzamanidis, C. (2006). Agonist and antagonist muscle activation during maximal and submaximal isokinetic fatigue tests of the knee extensors. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 16(6), 661-668.

Heiderscheit, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S., & Thelen, D. G. (2010). Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40(2), 67-81.

Henderson, G., Barnes, C. A., & Portas, M. D. (2010). Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *Journal of science and medicine in sport*, 13(4), 397-402.

Irish, S. E., Millward, A. J., Wride, J., Haas, B. M., & Shum, G. L. (2010). The effect of closed-kinetic chain exercises and open-kinetic chain exercise on the muscle activity of vastus medialis oblique and vastus lateralis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1256-1262.

Kapandji, I.A. (1977). *Cuadernos de fisiología Articular*. Barcelona, Toray-Masson.

Kellis, E. & Baltzopoulos, V. (1998). Muscle activation differences between eccentric and concentric isokinetic exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 30, 1616-1623.

Kuszewski, M., Gnat, R., & Saulicz, E. (2009). Stability training of the lumbo-pelvo-hip complex influence stiffness of the hamstrings: a preliminary study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19(2), 260-266.

Lee, M. J., Reid, S. L., Elliott, B. C., & Lloyd, D. G. (2009). Running biomechanics and lower

limb strength associated with prior hamstring injury. *Med Sci Sports Exerc*, 41(10), 1942-1951.

Mendiguchia, J., Alentorn-Geli, E., & Brughelli, M. (2012). Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction?. *British journal of sports medicine*, 46(2), 81-85.

Mueller, H.W., Schamasch, P., Blottner, D., Swaerd, L., Goedhart, E., Ueblacker, P., Haensel, L., Mithoefer, K., Ekstrand, J., English, B., McNally, S., Orchard, J., van Dijk, C.N. & Kerkhoffs, G.M. (2012). Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *British journal of sports medicine*, 47, 342-342.

Navarro, E.; García, C.; Torres, G; Chorro, D.; Navandar, A. y Veiga, S (2015). Valoración del Ratio Isquiotibiales/Cuádriceps mediante Electromiografía de Superficie. En Actas II CONGRESO Internacional de prevención de lesiones en el fútbol.

Navarro, E.; García, C.; Torres, G; Chorro, D.; Navandar, A. y Veiga, S (2015). A review of risk factors for hamstring injury in soccer: a biomechanical approach. *European Journal of Human Movement*, 34, 52-74.

Navandar, A., Gulino, M., Antonio, R., & Navarro, E. (2013). Effect of hamstring injuries on kicking in soccer using inverse dynamics. *Biomechanica*, 21(1), 7-19.

Oh, J. S., Cynn, H. S., Won, J. H., Kwon, O. Y., & Yi, C. H. (2007). Effects of performing an abdominal drawing-in maneuver during prone hip extension exercises on hip and back extensor muscle activity and amount of anterior pelvic tilt. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 37(6), 320-324.

Oliveira, A.S. & Gonçalves, M. (2009). Leg muscles recruitment pattern in soccer players and active individuals during isometric contractions.

*Electromyography & Clinical Neurophysiology*, 49(2), 93.

Oliveira, A. Corvino, R., Gonçalves, M., Caputo, F. & DenadaI, B. (2012). Maximal Isokinetic Peak Torque and EMG Activity Determined by Shorter Ranges of Motion. *Human Movement*, 13(2), 102-108.

Onishi, H., Yagi, R., Oyama, M., Akasaka, M., Ihashi, K. & Handa, Y. (2002). EMG-angle relationship of the hamstring muscles during maximum knee flexion. *J Electromyogr Kinesiol*, 12 (5), 399-406.

Opar, D.A., Williams, M.D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries. *Sports medicine*, 42(3), 209-226.

Opar, D. A., Williams, M. D., Timmins, R. G., Dear, N. M., & Shield, A. J. (2013). Knee flexor strength and bicep femoris electromyographical activity is lower in previously strained hamstrings. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(3), 696-703.

Orchard, J., & Best, T. M. (2002). The management of muscle strain injuries: an early return versus the risk of recurrence. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 12(1), 3-5.

Sole, G., Milosavljevic, S., Nicholson, H., & Sullivan, S. J. (2011). Selective strength loss and decreased muscle activity in hamstring injury. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 41(5), 354-363.

Torres, G., García, C., Rueda, J., Navandar, A., Navarro, E. (2014). *Activación muscular de cuádriceps e isquiotibiales en distintos ejercicios de fuerza*. En: F. del Villar, F. Claver y P. Fuentes (Eds), Libro de Actas del VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte, Cáceres, AECD.

Wagner, T., Behnia, N., Ancheta, W. K. L., Shen, R., Farrokhi, S., & Powers, C. M. (2010).

Strengthening and neuromuscular reeducation of the gluteus maximus in a triathlete with exercise-associated cramping of the hamstrings. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40(2), 112-119.

Warren, P., Gabbe, B. J., Schneider-Kolsky, M., & Bennell, K. L. (2010). Clinical predictors of time to return to competition and of recurrence following hamstring strain in elite Australian footballers. *British journal of sports medicine*, 44(6), 415-419.

Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D'Have, T., & Cambier, D. (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(1), 41-46.

Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., & Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *British journal of sports medicine*, 38(1), 36-41.