



Fernández-Baeza, D; González-Millán, C. (2020). Estudio descriptivo de las propiedades contráctiles de los músculos flexo-extensores de rodilla en futbolistas profesionales y aficionados. *Journal of Sport and Health Research*. 12(3): 458-471.

Original

ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LAS PROPIEDADES CONTRÁCTILES DE LOS MÚSCULOS FLEXO-EXTENSORES DE RODILLA EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES Y AFICIONADOS

DESCRIPTIVE STUDY OF THE CONTRACTING PROPERTIES OF THE FLEXO-EXTENSION MUSCLES OF KNEE IN PROFESSIONAL AND AFFECTED FOOTBALL PLAYERS

Fernández-Baeza, D¹; González-Millán, C¹.

¹Universidad Francisco de Vitoria

Correspondence to:
Daniel Fernández Baeza
Universidad Francisco de Vitoria
Carretera Pozuelo a Majadahonda
Km 1.800, 28223 Madrid
678540580
Email: d.fbaeza.prof@ufv.es

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



Received: 26/01/2020
Accepted: 20/04/2020



RESUMEN

El objeto de este estudio fue comparar las propiedades contráctiles de la musculatura superficial flexo-extensora de la articulación de la rodilla de ambas piernas, en jugadores de fútbol de diferentes categorías, en los músculos: recto femoral (RF), vasto medial (VM), vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF) y semitendinoso (ST). La muestra estuvo compuesta por 38 jugadores, 22 competían a nivel profesional ($26,36 \pm 4,68$ años) y 16 a nivel aficionado ($21,06 \pm 1,68$ años). Las mediciones se realizaron con tensiomiografía (TMG-BMC Ltd., Eslovenia), se midieron el desplazamiento muscular (Dm), los tiempos de contracción (Tc), el tiempo de relajación (Tr) y el tiempo de mantenimiento de la contracción (Ts). Se utilizó la prueba t de student ($p < 0,05$) para muestras pareadas para comparar la pierna dominante con la no dominante y para comparar las variables medidas entre atacantes y defensores. Los músculos con un menor tiempo de contracción tanto en profesionales como en aficionados son el VM ($24,28 \pm 2,75$ ms y $23,01 \pm 2,27$, respectivamente) y el VL ($24,07 \pm 3,88$ ms y $21,36 \pm 2,61$, respectivamente) de ambas piernas. Los músculos con mayor tiempo de contracción (más lentos) fueron los semitendinosos (ST) ($48,1 \pm 8,14$ ms y $45,4 \pm 6,4$ ms respectivamente), tanto en profesionales como en aficionados. Los resultados muestran diferencias significativas entre profesionales y aficionados en todos los músculos, excepto el ST, en la variable relacionada con la fatiga Ts. También se observó que el Dm es menor en defensores que en atacantes en VL, VM y BF. No se observaron diferencias significativas relevantes entre pierna dominante y no dominante. La TMG ha demostrado ser una herramienta útil de evaluación de las propiedades contráctiles de los músculos en jugadores de fútbol.

Palabras clave: Tensiomiografía, fútbol, rodilla, lesiones, prevención.

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the contractile properties of the flexo-extensor superficial musculature of the knee joint of both legs, in different categories of soccer players, in the muscles: rectus femoris (RF), vastus medial (VM), vastus lateralis (VL), biceps femoris (BF) and semitendinosus (ST). The sample are 38 players, 22 are professional players, (26.36 ± 4.68 years) and 16 are amateur players (21.06 ± 1.68). Measurements were made with tensiomyography (TMG-BMC Ltd., Slovenia), muscle displacement (Dm), contraction times (Tc), relaxation time (Tr) and contraction maintenance time (Ts). Student's t-test ($p < 0.05$) was used for paired samples to compare the dominant leg with the non-dominant leg and to compare the measured variables between attackers and defenders. The muscles with the shortest contraction time in professional and amateur players are the VM ($24,28 \pm 2,75$ ms y $23,01 \pm 2,27$, respectively) and the VL ($24,07 \pm 3,88$ ms y $21,36 \pm 2,61$, respectively) of both legs. The muscles with the longest contraction time (slowest) were the semitendinosus (ST) ($48,1 \pm 8,14$ ms y $45,4 \pm 6,4$ ms respectively), in professional and amateur players. The results show significant differences between professional and amateur players in all muscles, except the ST, in the variable related to fatigue Ts. It was also observed that the Dm is lower in defenders than in attackers in VL, VM and BF. No significant differences were observed between dominant and non-dominant leg. TMG has proven to be a useful tool for assessing the contractile properties of muscles in soccer players.

Keywords: Tensiomyography, soccer, knee, injuries, prevention.



INTRODUCCIÓN

El fútbol es un deporte cuyos patrones de movimiento han sido analizados en numerosos estudios, estos se han centrado en las acciones más comunes que realizan los jugadores de fútbol durante la competición. Así, Nedelec, et al., (2014) demostraron que cada jugador, durante 90 minutos, realizaba un total de 100 acciones (1,11 acciones por minuto). Además, los jugadores deben atender a una determinada demanda neuromuscular con diferentes intensidades, Montini, et al., (2017), analizaron el perfil de activación de los músculos en el tren inferior durante un partido de 90 minutos y observaron cómo los músculos encargados de la flexión de rodilla de la pierna dominante se activaban durante el 93% del tiempo total del partido, sin embargo se activaban por debajo del 40% de su activación máxima, solo un 7% de las acciones conseguían superar ese umbral. Por otro lado, existen suficientes evidencias para considerar que la fuerza y el equilibrio muscular son aspectos fundamentales en la prevención de lesiones del tren inferior en los jugadores de fútbol.

En este sentido, en el estudio de Lehance et al., (2009) se observó que de 57 jugadores, 36 de ellos habían sufrido una lesión previa de cierta relevancia en la extremidad inferior. De estos 36 jugadores, 23 aún mostraban desequilibrios musculares significativos: asimetría bilateral concéntrica, excéntrica y asimetría en el ratio flexores/cuádriceps tanto en excéntrico como en concéntrico. Centrarse en evitar estos desequilibrios y fortalecer la musculatura puede ayudar a prevenir lesiones.

Las propiedades neuromusculares de los deportistas pueden ser evaluadas mediante tensiomiografía (TMG), una técnica no invasiva que, a través de un dispositivo portátil, mide las propiedades de los músculos superficiales mediante una contracción inducida por electroestimulación (Valenčič y Knez, 1997; Valenčič y Djordjevič, 2001; Valenčič, Knez y Šimunič, 2001). La TMG proporciona información del tono muscular (Pišot, et al., 2008) fatiga (García-Manso, et al., 2011), explosividad y desequilibrios y asimetrías (García-García, 2013).

Diversos estudios han utilizado la TMG para determinar las propiedades contráctiles de los músculos en futbolistas (Álvarez-Díaz, et al., 2014; García-García et al., 2014; Rey et al., 2012a). En concreto, se han evaluado los efectos de la exposición

al agua fría para valorar la recuperación entre sesiones (García-Manso, et al., 2011); se han establecido diferencias en función de las posiciones en el juego (Rey et al., 2012b); se ha evaluado la recuperación muscular tras la intervención del ligamento cruzado anterior, (Álvarez-Díaz et al., 2014) y se han determinado las propiedades contráctiles de los músculos en pretemporada y en el periodo competitivo (García-García, et al., 2016; García-García et al., 2017).

Actualmente, no existe información acerca de las propiedades neuromusculares medidas con TMG entre equipos de fútbol de categorías diferentes. Por esta razón, el objetivo principal de este estudio fue comparar las propiedades contráctiles de los músculos de tren inferior mediante tensiomiografía en jugadores de fútbol de dos categorías diferentes durante el periodo competitivo. Además, como objetivos secundarios, se compararon los parámetros de la TMG entre pierna dominante y no dominante, y las diferencias en función de la posición que ocupan, defensas y atacantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Participantes

La muestra estuvo compuesta por 38 jugadores de fútbol de dos categorías diferentes: segunda división B y categoría preferente en España, 22 futbolistas competían a nivel profesional (edad $26,36 \pm 4,68$ años; peso $73,41 \pm 5,14$ kg; altura $179,59 \pm 5,57$ cm) y 16 a nivel aficionado (edad $21,06 \pm 1,68$ años; peso $73,24 \pm 6,62$ kg; altura $177,82 \pm 7,81$ cm). Los jugadores de ambos equipos tenían una experiencia en el fútbol competitivo de más de 20 años y todos firmaron un consentimiento informado.

Tabla 1. Características de la muestra

	Grupo completo	Profesionales	Aficionados
N	38	22	16
Edad (años)	$24,05 \pm 4,51$	$26,36 \pm 4,68$	$21,06 \pm 1,68$
Peso (kg)	$73,33 \pm 5,75$	$73,41 \pm 5,14$	$73,24 \pm 6,62$
Altura (cm)	$178,82 \pm 6,60$	$179,59 \pm 5,57$	$177,82 \pm 7,81$

Instrumento y diseño

Es un estudio con un diseño descriptivo, que se realizó en el periodo competitivo. Se evaluaron a dos equipos de fútbol de diferentes categorías mediante



Tensiomiografía (TMG) (electro estimulador TMG-100 System, TMG BMC d.o.o., Ljubljana, Eslovenia). Mediante el transductor digital Dc-Dc Trans-Tek R (GK 40, Liubliana, Eslovenia) se provoca un estímulo eléctrico que llega al músculo a través de dos electrodos. Este estímulo eléctrico genera un desplazamiento radial del vientre muscular que aporta diferentes parámetros relacionados con las propiedades contráctiles de los músculos. Las variables medidas con TMG fueron: el máximo desplazamiento radial (D_m), deformación transversal del músculo en mm; el tiempo de contracción (T_c), que es el tiempo en ms del 10 al 90% del D_m ; el tiempo de mantenimiento de la contracción (T_s), que es el tiempo que transcurre desde que la deformación alcanza el 50% de su valor máximo hasta que, durante la fase de relajación, los valores de deformación vuelven a valores de un 50% de la deformación máxima y el tiempo de relajación (T_r), que es el tiempo en el que, durante la fase de relajación, el músculo pasa de una deformación equivalente al 90% de la deformación máxima hasta llegar al 50% del D_m (Rodríguez et al., 2017). Los músculos evaluados fueron el vasto lateral (VL), vasto medial (VM), recto femoral (RF), semitendinoso (ST) y bíceps femoral (BF).

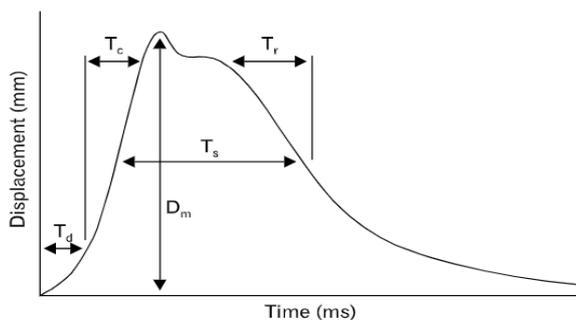


Figura 1. Respuesta muscular a un estímulo eléctrico obtenida mediante TMG. Adaptado de Rodríguez Matoso (2012).

Procedimiento

Todos los sujetos fueron informados con antelación a la prueba de valoración, se les explicó en qué consistía la prueba, con el propósito de que los deportistas conocieran en todo momento la metodología de la investigación. Los jugadores fueron evaluados por la mañana, antes del entrenamiento. Se les organizó en grupos y fueron evaluados en diferentes semanas, siempre el mismo día. El día elegido coincidía con la

misma planificación en todas las semanas, nunca justo antes del partido ni justo después del mismo.

Las medidas se tomaron en las instalaciones del club por dos expertos en TMG: uno era responsable de controlar la intensidad y frecuencia del estímulo aplicado, mientras que el otro era el encargado de la colocación de los parches y el sensor en la musculatura de los futbolistas.

Las mediciones fueron tomadas en condiciones estáticas y relajadas con los futbolistas tumbados en una camilla. Los extensores de rodilla (VM, VL y RF) se midieron con el sujeto en posición supina y la articulación de la rodilla fijada en un ángulo de 140° mediante un cojín de cuña diseñado para ese propósito. Los músculos flexores de la rodilla, se midieron con el sujeto en decúbito prono y la articulación de la rodilla fija en un ángulo de 165° , mediante un diseño especial cojín de cuña.

La estimulación eléctrica siguió un protocolo que consistía en comenzar con una intensidad de 20 mA – 30 mA, que se aumentaba progresivamente cada 10 segundos, unos 10 mA hasta alcanzar una estabilización de la curva de desplazamiento o hasta alcanzar la potencia máxima del estimulador (110 mA). En el caso de alcanzar una estabilización de la curva, se repetía un estímulo más para confirmar la fiabilidad de ese resultado. Este mismo protocolo se ha seguido en otras investigaciones (Álvarez et al., 2014).



Figura 2. Software de TMG

Se valoró cada músculo de manera individual, empezando en cada sujeto por la parte anterior de los miembros inferiores en el siguiente orden: recto femoral (RF), vasto medial (VM) y vasto lateral (VL) de la pierna derecha, a continuación, se valoraron los mismos músculos y en el mismo orden en la pierna izquierda. Posteriormente se valoró la parte posterior



de la pierna en el siguiente orden: bíceps femoral (BF) y semitendinoso (ST) de la pierna derecha, y a continuación, los mismos músculos y en el mismo orden en la pierna izquierda. El proceso de evaluación, en ambas piernas, tanto de la pierna dominante como de la no dominante fue exactamente el mismo, sin ninguna diferencia, ni en la colocación ni en la aplicación del estímulo eléctrico.

La ubicación del sensor se determinó individualmente para cada músculo en cada participante (Valenčič y Djordjevič, 2001), debido a diferencias anatómicas individuales. La parte más prominente del vientre muscular se determinó mediante palpación durante una contracción voluntaria. Dos electrodos autoadhesivos (5x5 cm, Cefar-Compex Medical AB Co., Ltd., Malmö, Suecia) fueron colocados a ambos lados de la parte más prominente, donde se coloca el sensor, a una distancia de 5 cm entre ellos (Tous-Fajardo et al., 2010). El electrodo positivo se colocó en la zona proximal, mientras que el electrodo negativo se colocó en la zona distal (Perotto et al., 2005) para que el estímulo eléctrico fuera adecuado, los electrodos adhesivos se cambiaban con cada sujeto.



Figura 3. Colocación electrodos

Análisis estadístico

Para la interpretación de los resultados obtenidos, se realizó un análisis estadístico descriptivo determinando el promedio y la desviación típica para cada una de las variables dependientes evaluadas (Dm, Ts, Tc y Tr) en los músculos RF, VM, VL, BF y ST tanto de la pierna izquierda como de la pierna derecha. Se comprobó la normalidad de las variables mediante Shapiro-Wilk, observándose normalidad. Posteriormente, se realizó una comparación entre medias mediante la prueba "T de Student" para muestras independientes, con el objetivo de establecer diferencias significativas, ($p < 0,05$) entre las distintas categorías (profesional y aficionado) y entre defensores y atacantes... y una prueba T de student para muestras relacionadas para establecer diferencias entre pierna dominante y no dominante, El análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS Statics for Windows (IBM Corp. Released 2013, versión 22.0 Armonk, NY, EE. UU).

RESULTADOS

En la tabla 2 se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) en el Ts en los músculos BF, RF, VL y VM izquierdo y derecho, con datos más elevados en todos los casos en profesionales respecto a los aficionados. También se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) en el Tr del BF izquierdo y derecho y VL izquierdo y derecho, con datos más elevados en profesionales respecto a los aficionados. Respecto al Dm, se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) en RF derecho y $p = 0,05$ en RF izquierdo, en ambos casos con datos inferiores en profesionales respecto a los aficionados. Por último, se observan diferencias significativas ($p < 0,001$) en el Tc del VL izquierdo, con datos más elevados en profesionales.



Tabla 2 Análisis descriptivo de todos los jugadores y comparación de medias entre las dos categorías en todas las variables medidas y en todos los músculos evaluados

Músculos	Medidas	Profesionales	Aficionados	Sig $p < 0,05$
BF izquierdo	Tc [ms]	33,94 ± 12,10	40,81 ± 18,40	0,18
	Dm [mm]	5,83 ± 3,04	6,60 ± 2,50	0,42
	Tr [ms]	67,44 ± 31,84	42,48 ± 20,21	*0,01
	Ts [ms]	190,91 ± 31,22	162,28 ± 48,49	*0,04
BF derecho	Tc [ms]	28,99 ± 6,94	30,66 ± 12,95	0,62
	Dm [mm]	5,19 ± 1,78	5,25 ± 2,44	0,93
	Tr [ms]	62,48 ± 27,37	33,62 ± 19,01	*0,00
	Ts [ms]	191,29 ± 24,96	163,37 ± 55,05	*0,04
RF izquierdo	Tc [ms]	34,60 ± 10,64	34,45 ± 5,94	0,96
	Dm [mm]	6,82 ± 2,55	8,76 ± 3,10	*0,05
	Tr [ms]	71,95 ± 36,96	65,71 ± 44,75	0,65
	Ts [ms]	153,11 ± 39,31	112,45 ± 45,54	*0,01
RF derecho	Tc [ms]	29,77 ± 9,50	32,37 ± 5,89	0,35
	Dm [mm]	6,56 ± 2,92	8,86 ± 2,46	*0,02
	Tr [ms]	76,89 ± 43,07	62,78 ± 35,06	0,3
	Ts [ms]	141,99 ± 44,34	107,29 ± 38,26	*0,02
ST izquierdo	Tc [ms]	49,04 ± 7,22	46,05 ± 5,68	0,19
	Dm [mm]	7,88 ± 2,54	8,20 ± 1,42	0,65
	Tr [ms]	77,52 ± 28,93	66,60 ± 21,79	0,22
	Ts [ms]	152,13 ± 27,95	133,99 ± 27,68	0,06
ST derecho	Tc [ms]	47,16 ± 9,06	44,75 ± 7,12	0,39
	Dm [mm]	8,84 ± 2,92	7,96 ± 2,35	0,34
	Tr [ms]	71,76 ± 25,72	72,62 ± 26,90	0,92
	Ts [ms]	149,87 ± 27,11	144,39 ± 26,68	0,55
VL izquierdo	Tc [ms]	24,82 ± 4,70	20,82 ± 2,30	*0,00
	Dm [mm]	5,33 ± 1,96	4,48 ± 1,77	0,19
	Tr [ms]	54,14 ± 33,46	22,16 ± 23,23	*0,00
	Ts [ms]	86,84 ± 42,20	43,07 ± 22,91	*0,00
VL derecho	Tc [ms]	23,33 ± 3,07	21,91 ± 2,93	0,17
	Dm [mm]	5,28 ± 1,17	4,71 ± 1,56	0,21
	Tr [ms]	55,07 ± 30,83	28,33 ± 27,38	*0,01
	Ts [ms]	88,30 ± 36,59	47,84 ± 20,98	*0,00
VM izquierdo	Tc [ms]	24,47 ± 2,93	22,76 ± 2,45	0,07
	Dm [mm]	7,02 ± 1,82	6,89 ± 1,77	0,83
	Tr [ms]	85,46 ± 59,42	105,31 ± 49,67	0,29
	Ts [ms]	162,14 ± 33,13	138,28 ± 22,43	*0,02
VM derecho	Tc [ms]	24,09 ± 2,57	23,27 ± 2,09	0,31
	Dm [mm]	7,20 ± 1,81	6,69 ± 1,43	0,36
	Tr [ms]	75,50 ± 43,47	82,63 ± 42,39	0,62
	Ts [ms]	164,84 ± 26,13	140,65 ± 25,30	*0,01

BF=Bíceps femoral; RF= Recto femoral; ST= Semitendinoso; VL= Vasto lateral; VM= Vasto medial. Tc=Tiempo de contracción; Dm= Desplazamiento radial; Tr= Tiempo de relajación; Ts= Tiempo de mantenimiento de la contracción



En la tabla 3 se observa que el Dm es menor en defensas que en atacantes de forma significativa ($p < 0,05$) en el VM izquierdo ($6,15 \pm 1,54$ y $7,98 \pm 1,73$ mm), VL derecho ($4,62 \pm 1,04$ y $5,89 \pm 0,92$ mm), VL izquierdo ($3,96 \pm 1,14$ y $6,39 \pm 1,93$ mm) y en BF

izquierdo ($4,46 \pm 2,76$ y $7,41 \pm 2,73$ mm), respectivamente.

Tabla 3. Análisis descriptivo de todos los jugadores y comparación de medias entre atacantes y defensores en todas las variables medidas y en todos los músculos evaluados.

Músculos	Medidas	Defensas	Atacantes	Sig $p < 0,05$
RF derecho	Tc	$30,71 \pm 10,84$	$27,99 \pm 7,71$	0,52
	Dm	$6,80 \pm 3,02$	$6,47 \pm 2,93$	0,81
	Tr	$84,32 \pm 49,25$	$74,35 \pm 42,66$	0,63
	Ts	$141,94 \pm 40,69$	$142,00 \pm 53,84$	1
RF izquierdo	Tc	$32,82 \pm 10,86$	$37,30 \pm 13,79$	0,44
	Dm	$6,66 \pm 2,11$	$6,61 \pm 2,83$	0,97
	Tr	$68,16 \pm 39,72$	$69,07 \pm 35,07$	0,96
	Ts	$154,28 \pm 42,99$	$150,37 \pm 40,96$	0,84
VM derecho	Tc	$24,41 \pm 3,16$	$23,78 \pm 2,39$	0,62
	Dm	$6,71 \pm 1,77$	$7,85 \pm 1,55$	0,14
	Tr	$94,67 \pm 50,18$	$66,43 \pm 35,56$	0,16
	Ts	$161,37 \pm 14,24$	$161,99 \pm 31,42$	0,96
VM izquierdo	Tc	$25,00 \pm 3,53$	$24,05 \pm 2,67$	0,5
	Dm	$6,15 \pm 1,54$	$7,98 \pm 1,73$	*0,02
	Tr	$71,06 \pm 47,70$	$82,24 \pm 62,04$	0,66
	Ts	$156,41 \pm 32,10$	$160,85 \pm 32,81$	0,76
VL derecho	Tc	$22,92 \pm 2,78$	$23,12 \pm 3,19$	0,89
	Dm	$4,62 \pm 1,04$	$5,89 \pm 0,92$	*0,01
	Tr	$52,40 \pm 31,00$	$52,87 \pm 32,55$	0,97
	Ts	$79,52 \pm 33,27$	$91,14 \pm 40,58$	0,5
VL izquierdo	Tc	$23,33 \pm 4,65$	$25,33 \pm 4,82$	0,36
	Dm	$3,96 \pm 1,14$	$6,39 \pm 1,93$	*0,00
	Tr	$43,73 \pm 29,69$	$53,22 \pm 29,00$	0,48
	Ts	$71,50 \pm 35,15$	$88,77 \pm 40,19$	0,33
BF derecho	Tc	$30,69 \pm 9,40$	$26,76 \pm 5,30$	0,25
	Dm	$4,80 \pm 1,89$	$5,83 \pm 1,56$	0,19
	Tr	$57,39 \pm 27,32$	$57,73 \pm 21,12$	0,98
	Ts	$195,11 \pm 15,33$	$192,41 \pm 30,98$	0,81
BF izquierdo	Tc	$32,6 \pm 15,66$	$38,87 \pm 17,49$	0,41
	Dm	$4,46 \pm 2,76$	$7,41 \pm 2,73$	*0,03
	Tr	$63,28 \pm 40,10$	$65,43 \pm 25,08$	0,88
	Ts	$197,39 \pm 32,32$	$191,15 \pm 30,93$	0,67
ST derecho	Tc	$46,86 \pm 11,47$	$45,55 \pm 6,52$	0,75
	Dm	$8,34 \pm 3,84$	$9,17 \pm 2,38$	0,56
	Tr	$72,65 \pm 21,39$	$69,48 \pm 31,25$	0,8
	Ts	$141,08 \pm 15,65$	$157,56 \pm 34,23$	0,2
ST izquierdo	Tc	$49,62 \pm 5,82$	$47,25 \pm 7,98$	0,47
	Dm	$6,89 \pm 2,70$	$8,78 \pm 2,38$	0,8
	Tr	$78,95 \pm 26,63$	$83,34 \pm 29,96$	0,69
	Ts	$154,57 \pm 19,90$	$155,44 \pm 32,78$	0,95

BF=Bíceps femoral; RF= Recto femoral; ST= Semitendinoso; VL= Vasto lateral; VM= Vasto medial; Tc=Tiempo de contracción; Dm= Desplazamiento radial; Tr= Tiempo de relajación; Ts= Tiempo de mantenimiento de la contracción

En la tabla 4 se observa que los jugadores diestros solo hay diferencias significativas en el Ts en el VM que es mayor en la pierna dominante que en la no dominante

($145,18 \pm 25,86$ y $132,90 \pm 33,70$ ms respectivamente). También se observan diferencias significativas en el Tc en el BF que es menor en la



pierna dominante que en la no dominante ($29,08 \pm 8,87$ y $37,09 \pm 15,96$ ms respectivamente).

Tabla 4. Análisis descriptivo de todos los jugadores y comparación de medias entre pierna dominante y no dominante en los jugadores diestros en todas las variables medidas y en todos los músculos evaluados.

Músculos	Medidas	Dominante	No dominante	Sig
RF	Tc (ms)	$30,59 \pm 8,91$	$35,50 \pm 10,51$	0,06
	Dm (mm)	$7,20 \pm 2,97$	$7,68 \pm 2,93$	0,54
	Tr (ms)	$76,10 \pm 39,93$	$72,91 \pm 40,10$	0,76
	Ts (ms)	$135,85 \pm 42,77$	$98,42 \pm 47,34$	0,58
VM	Tc (ms)	$23,46 \pm 2,42$	$23,96 \pm 2,96$	0,49
	Dm (mm)	$6,81 \pm 1,63$	$7,03 \pm 1,76$	0,63
	Tr (ms)	$73,69 \pm 43,87$	$96,29 \pm 59,34$	0,1
	Ts (ms)	$145,18 \pm 25,86$	$132,90 \pm 33,70$	*0,04
VL	Tc (ms)	$22,62 \pm 3,26$	$23,62 \pm 4,67$	0,35
	Dm (mm)	$5,10 \pm 1,26$	$5,12 \pm 1,98$	0,96
	Tr (ms)	$48,34 \pm 31,52$	$43,81 \pm 35,03$	0,61
	Ts (ms)	$79,58 \pm 37,65$	$74,21 \pm 43,69$	0,62
BF	Tc (ms)	$29,08 \pm 8,87$	$37,09 \pm 15,96$	*0,02
	Dm (mm)	$5,35 \pm 2,05$	$6,11 \pm 2,87$	0,25
	Tr (ms)	$54,87 \pm 28,98$	$58,39 \pm 26,30$	0,63
	Ts (ms)	$181,45 \pm 28,96$	$176,53 \pm 32,92$	0,55
ST	Tc (ms)	$45,82 \pm 8,54$	$47,72 \pm 7,10$	0,36
	Dm (mm)	$8,62 \pm 2,30$	$8,02 \pm 2,27$	0,32
	Tr (ms)	$73,80 \pm 25,69$	$76,85 \pm 27,45$	0,66
	Ts (ms)	$149,28 \pm 29,40$	$148,72 \pm 28,21$	0,94

En la tabla 5 no se observan diferencias significativas en ninguna de las variables, en ningún músculo entre

la pierna dominante y no dominante en los jugadores zurdos.

Tabla 5. Análisis descriptivo y comparación de medias entre pierna dominante y no dominante en los jugadores zurdos en todas las variables medidas y en todos los músculos evaluados.

Músculos	Medidas	Dominante	No dominante	Sig
RF	Tc (ms)	$33,55 \pm 7,05$	$31,66 \pm 5,50$	0,56
	Dm (mm)	$7,32 \pm 3,02$	$8,35 \pm 2,82$	0,49
	Tr (ms)	$56,74 \pm 38,56$	$53,30 \pm 37,84$	0,86
	Ts (ms)	$135,85 \pm 5,68$	$98,42 \pm 41,83$	0,39
VM	Tc (ms)	$23,12 \pm 2,42$	$24,83 \pm 2,07$	0,15
	Dm (mm)	$6,76 \pm 1,94$	$7,67 \pm 1,74$	0,34
	Tr (ms)	$83,42 \pm 42,40$	$95,41 \pm 34,72$	0,55
	Ts (ms)	$145,18 \pm 0,81$	$132,90 \pm 26,16$	0,42
VL	Tc (ms)	$21,68 \pm 2,55$	$23,24 \pm 2,62$	0,22
	Dm (mm)	$4,49 \pm 1,64$	$4,87 \pm 1,71$	0,66
	Tr (ms)	$31,62 \pm 26,41$	$29,32 \pm 31,04$	0,88
	Ts (ms)	$50,55 \pm 26,37$	$44,03 \pm 13,39$	0,54
BF	Tc (ms)	$42,88 \pm 20,23$	$32,11 \pm 12,97$	0,23
	Dm (mm)	$6,24 \pm 2,82$	$4,73 \pm 2,06$	0,24
	Tr (ms)	$53,48 \pm 43,17$	$35,94 \pm 18,73$	0,31
	Ts (ms)	$189,32 \pm 64,72$	$189,60 \pm 68,70$	0,99
ST	Tc (ms)	$48,22 \pm 5,52$	$47,50 \pm 7,80$	0,83



Músculos	Medidas	Dominante	No dominante	Sig
	Dm (mm)	7,97 ± 1,69	8,02 ± 4,01	0,98
	Tr (ms)	59,48 ± 18,11	65,99 ± 27,18	0,58
	Ts (ms)	130,50±28,55	141,72±12,61	0,33

BF=Bíceps femoral; RF= Recto femoral; ST= Semitendinoso; VL= Vasto lateral; VM= Vasto medial; Tc=Tiempo de contracción; Dm= Desplazamiento radial; Tr= Tiempo de relajación; Ts= Tiempo de mantenimiento de la contracción

En la tabla 6 se observa que la simetría lateral más elevada corresponde al Vasto interno ($90,32 \pm 4,57$ %), mientras que la simetría lateral más baja corresponde al BF ($76,38 \pm 17,12$ %).

Tabla 6. Análisis descriptivo de la simetría lateral (%) de cada músculo y la simetría funcional de RF & VM&VL/BF izquierda y derecha.

Músculos	(%)
Recto femoral	77,27 ± 13,60
Vasto interno	*90,32 ± 4,57
Vasto externo	87,43 ± 4,61
Bíceps femoral	*76,38 ± 17,12
Semitendinoso	86,43 ± 7,97
(RF & VM&VL/BF) right	79,28 ± 11,44
(RF & VM&VL/BF) left	72,30 ± 16,5

BF=Bíceps femoral; RF= Recto femoral; ST= Semitendinoso; VL= Vasto lateral; VM= Vasto medial

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue comparar las propiedades contráctiles de los músculos de tren inferior mediante tensiomiografía en jugadores de fútbol de dos categorías diferentes durante el período competitivo. Además, se compararon los parámetros de la TMG entre pierna dominante y no dominante, y entre defensores y atacantes.

Los resultados en este estudio muestran diferencias significativas entre profesionales y aficionados en todos los músculos, excepto el ST, en la variable relacionada con la fatiga Ts. También se observan diferencias significativas entre estos dos equipos en Tr, otra variable relacionada con la fatiga, en VL de ambas piernas y en BF derecho. Respecto a la variable Dm, relacionada con la fuerza, hemos visto en estos equipos diferencias significativas en el RF de ambas piernas. Por último, solo hay diferencias significativas en este estudio en la variable Tc en VL izquierdo, con valores más elevados en profesionales. No se han

encontrado diferencias significativas entre estos dos equipos entre la pierna dominante y la no dominante en los jugadores zurdos. Sin embargo, en los jugadores diestros se han observado diferencias significativas en el Ts del VM, mayor en la pierna dominante y en el Tc del BF, menor en la pierna dominante. Por último, se ha encontrado que el Dm (fuerza o stiffness muscular) en el presente estudio es menor en defensas que en atacantes en VL izquierdo y derecho y VM y BF izquierdo.

En nuestro estudio, tanto en profesionales como en aficionados, los músculos cuyo tiempo de contracción (Tc) es menor (músculos más explosivos) son los VL ($24,07 \pm 3,88$ ms y $21,36 \pm 2,61$ ms respectivamente) y VM, ($24,28 \pm 2,75$ ms y $23,01 \pm 2,27$ ms respectivamente). Estos datos coinciden con el estudio de García et al., (2016) con el VM ($28,7 \pm 6,7$ ms) y el VL ($28,5 \pm 7,2$ ms) como los músculos con menor Tc. En ambos estudios los datos fueron tomados durante la temporada competitiva, igual que en nuestro estudio.

El músculo más lento en nuestro estudio, en profesionales y aficionados fue el ST ($48,1 \pm 8,14$ ms y $45,4 \pm 6,4$ ms respectivamente). También en el estudio de Álvarez-Díaz et al., (2014), se encontró que el ST era el más lento de todos los músculos evaluados ($35,45 \pm 6$), aunque nuestros datos son superiores (más lentos) probablemente debido a la media de edad de la muestra, superior en nuestro estudio.

En TMG, la fatiga se manifiesta por cambios en la actividad muscular eléctrica, por la incapacidad para alcanzar un nivel de resistencia inicial en contracciones repetidas o por una reducción en la capacidad de mantener un determinado nivel de fuerza durante la contracción (Rodríguez-Matoso et al., 2012) Además, el aumento de los valores de Tr y Ts se han asociado con la presencia de fatiga en los mecanismos neurales y morfofuncionales (García Manso et al., 2011a). En nuestros resultados, en la variable tiempo de mantenimiento de la contracción



(Ts), los datos son más altos en profesionales que en aficionados en todos los músculos y de forma significativa ($p < 0,05$) en BF, RF, VL y VM izquierdo y derecho. Esta variable es mayor en profesionales ya que estos tienen una mayor carga, intensidad de entrenamientos y mayor número de días de entrenamiento. En el estudio de García Manso et al., (2011a) también se observaron cambios en el Ts tras un esfuerzo de larga duración.

Respecto al Dm, se observan diferencias significativas entre profesionales y aficionados ($p < 0,05$) en RF derecho ($6,56 \pm 2,92$ mm y $8,86 \pm 2,46$ mm, respectivamente) y $p = 0,05$ en RF izquierdo ($6,82 \pm 2,55$ mm y $8,76 \pm 3,10$ mm, respectivamente), en ambos casos con datos inferiores en profesionales respecto a los aficionados. En los aficionados datos más altos indican cierta falta de fuerza (Rodríguez-Matoso et al., 2012), lo que coincide con las exigencias y demandas de cada categoría. El número de días de entrenamiento y la intensidad competitiva es mayor en los profesionales por lo que es normal un mayor stiffness (datos inferiores de Dm). El aumento de stiffness muscular mejora la potencia y velocidad en la musculatura implicada (Kubo, et al., (2001). No hay estudios hasta la fecha en la que se comparen datos de TMG entre diferentes categorías de jugadores de fútbol.

En cuanto al rol posicional, en nuestro estudio solo hemos encontrado diferencias significativas ($p < 0,05$) en el Dm, siendo este menor en defensores que en atacantes en el VM izquierdo ($6,15 \pm 1,54$ y $7,98 \pm 1,73$ mm), VL derecho $4,62 \pm 1,04$ y $5,89 \pm 0,92$ mm), VL izquierdo ($3,96 \pm 1,14$ y $6,39 \pm 1,93$ mm) y en BF izquierdo ($4,46 \pm 2,76$ y $7,41 \pm 2,73$ mm), respectivamente. Lo que indica una musculatura más potenciada en los defensas. Una posible explicación podría ser las diferentes demandas de entrenamiento y competición en función de la posición de juego en el fútbol. Está bien documentado que los defensores tienen un mayor nivel de salto vertical y rendimiento de velocidad que otros roles posicionales (Wisloff, Helgerud, Hoff, 1998). En el estudio de Rey y col. (2012a), el único estudio anterior a este, en el que se analiza TMG y el rol posicional, se analizaron RF y BF y no se encontraron diferencias significativas entre defensores y atacantes en el Dm.

En nuestro estudio, en general, las características neuromusculares de los músculos de los miembros

inferiores en futbolistas, medidas con TMG, no se ven afectados por la pierna dominante. Solo hemos encontrado diferencias significativas entre pierna dominante y no dominante en los jugadores diestros en el Ts del VM, que es mayor en la pierna dominante que en la no dominante ($145,18 \pm 25,86$ y $132,90 \pm 33,70$ ms respectivamente), lo que indica una mayor fatiga en ese músculo en la pierna dominante. También hemos observado diferencias significativas en los jugadores diestros en el Tc en el BF, que es menor en la pierna dominante que en la no dominante ($29,08 \pm 8,87$ y $37,09 \pm 15,96$ ms respectivamente), lo que indica una mayor explosividad en el BF de la pierna dominante. En los jugadores zurdos, no hemos encontrado diferencias significativas en ninguna de las variables, en ningún músculo entre la pierna dominante y la no dominante. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Álvarez-Díaz et al., (2014); García-García et al., (2014); Gil et al., (2015) y García-García et al., (2016). Esto puede deberse a dos motivos, por un lado, a la importancia de la pierna que no golpea el balón, Ball (2013), indica que la pierna no dominante ayuda a generar el equilibrio y la estabilización adecuadas para que se produzca el remate y el pase con efectividad por parte de la pierna dominante (Ball, 2013; Chew-Bullock et al., (2012). Por otro lado, el porcentaje de actividad de los jugadores con balón supone un 2% por lo que la participación de la pierna dominante en el golpeo o pase es baja. Dellal et al., (2010).

Algunos estudios han enfatizado la importancia de la relación entre el RF y el BF, músculos antagonistas que intervienen en la patada del balón (Dörge et al., 1999; Lees y Nolan, 1998; Manolopoulos et al., 2006). En esta relación, en los datos de nuestro estudio, el Tc del BF izquierdo y derecho, en el grupo de profesionales ($33,94 \pm 12,10$ ms y $28,99 \pm 6,94$ ms respectivamente), presentan datos similares a los del RF izquierdo y derecho ($34,60 \pm 10,64$ ms y $29,77 \pm 9,50$ ms respectivamente). Esto es relevante porque RF y BF son músculos con una alta incidencia lesional.

Sin embargo, en este tipo de relaciones hay que tener en cuenta también la acción del VL y VM. En este sentido, los porcentajes de simetría funcional calculados mediante el software de TMG nos dan una referencia del equilibrio que debe existir entre estructuras musculares, por ejemplo, entre RF&VM&VL/BF (Rodríguez-Matoso et al., 2012).



No hay un consenso claro de cuál debe ser el grado adecuado de simetría medida mediante TMG. Algunos autores indican que, en general, la simetría funcional, no debe ser inferior al 65% (Rodríguez-Matoso et al., 2012). Nosotros consideramos que debe ser algo superior cuando la muestra se refiere a deportistas con cierto nivel. Lo que sí es importante es medir de forma periódica la relación isquiotibiales/cuádriceps durante la temporada. Esta ratio, tradicionalmente ha sido calculado mediante una contracción voluntaria máxima. Sin embargo, en el estudio de Bakken et al., (2018), afirman que el test de fuerza para evaluar esta ratio mediante una contracción máxima (Multi-Joint System 3; Biodex Medical Systems) no puede recomendarse como prueba de detección de lesiones en futbolistas profesionales. En cualquier caso, es necesario la aplicación de batería de test para la prevención de lesiones y en ese sentido la TMG puede ser una herramienta útil para evaluar la ratio isquiotibiales/cuádriceps (García-García et al., 2017).

En nuestro estudio, la simetría funcional RF&VM&VL/BF es $79,28 \pm 11,44$ % en la pierna derecha y $72,30 \pm 16,5$ % en la pierna izquierda. En la derecha podrían considerarse datos adecuados pero mejorables, en la izquierda, sin embargo, son algo bajos. En ambos casos estos datos se deben a los mejores valores de VM y VL (cadena extensora), respecto al BF (cadena flexora) en el Tc. Los vastos son muy rápidos en relación al BF, que es más lento especialmente en la pierna izquierda. Aunque el RF presenta valores similares al BF, son los vastos los que generan que la simetría funcional sea algo inferior a lo deseado.

Algunos autores sugieren que una simetría lateral entre ambas piernas por encima del 80% indica una buena simetría (Rodríguez-Matoso et al., 2012; Simunic et al., 2005). En nuestro estudio RF y BF ($77,27 \pm 13,60$ y $76,38 \pm 17,12$ % respectivamente) se encuentran por debajo de ese porcentaje, lo que indica que existen diferencias en alguna de las variables en esos músculos, entre ambas piernas, aunque no sean diferencias estadísticamente significativas. El valor más elevado de simetría lateral corresponde al VM ($90,32 \pm 4,57$ %).

La limitación más importante del estudio es el número de la muestra que sin ser desdeñable, creemos que un número más elevado hubiera permitido aumentar el número de roles posicionales y el número de jugadores

en cada uno de ellos. Lo que hubiera sido de gran interés a la hora de individualizar aún más las propiedades contráctiles de los músculos de los jugadores.

CONCLUSIONES

La TMG es una herramienta útil para medir las propiedades contráctiles del músculo y establecer valores en el periodo competitivo que sirvan de referencia para mejorar el rendimiento y prevenir lesiones.

Hemos encontrado diferencias significativas en casi todos los músculos, en una de las variables relacionadas con la fatiga (Ts), siendo esta más elevada en profesionales respecto a los aficionados. En cuanto al Dm (valor indicativo de fuerza o stiffness) solo hemos encontrado en el RF valores con más stiffness en los jugadores profesionales. En cuanto el rol posicional los defensas tienen mejores datos de fuerza que los atacantes en la musculatura extensora de la rodilla. En general, no se observan diferencias importantes entre pierna dominante y no dominante excepto una mayor explosividad en el BF en la pierna dominante.

Como conclusión general, este estudio nos permite definir al futbolista como un deportista con elevados niveles de fuerza en el tren inferior, sobre todo en músculos extensores de rodilla, en relación a los flexores, lo que descompensa la cadena anterior con la posterior. Este es un dato muy relevante a tener en cuenta en la prevención de lesiones, ya que muchas de las lesiones se producen por descompensaciones o asimetrías.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez, P., Ramón, S., Steinbacher, G., y Seijas, R. (2014). Comparison of tensiomyographic neuromuscular characteristics between muscles of the dominant and non-dominant lower extremity in male soccer players. *Sports Medicine Journal*.
2. Álvarez-Díaz P., Alentorn-Geli, E., Ramon, S., Marin, M., Steinbacher, G., Rius, M., Seijas, R., Ballester, J., y Cugat, R. (2014). Comparison of tensiomyographic neuromuscular characteristics between



- muscles of the dominant and no-dominant lower extremity in male soccer players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*; DOI 10.1007/s00167-014-3298-5.
3. Bakken, A., Targett, S., Bere, T., Eirale, C., Farooq, A., Mosler, A.B., Tol, J.L., Whiteley, R., Khan, K.M., y Bahr, R. (2018). Muscle Strength Is a Poor Screening Test for Predicting Lower Extremity Injuries in Professional Male Soccer Players: A 2-Year Prospective Cohort Study. *Am. J. Sports Med.* 46, 1481–1491.
 4. Brockett, C. L., Morgan, D. L., y Proske, U. (2004). Predicting Hamstring Injury in Elite Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 379–387. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000117165.75832.05>
 5. Balle, K. (2013). Loading and Performance of the support leg in kicking. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(1), 455-459.
 6. Chai, J., Kim, C., Kim, C.-H., y Bae, S.-W. (2018). The Qualitative Evaluation Of The Quantitative Change Of Muscle Using Tensiomyography (TMG).
 7. Chew-Bullock, T., Anderson, D., Hamel, K., Gorelick, M., Wallace, S., y Sidaway, B. (2012). *Human Movement Science*, 31(1), 1615/1623.
 8. Dellal, A., Wong, D., Moalla, W., y Chamari, K. (2010). Physical and technical activity of soccer players in the French First League – with special reference to their playing position. *International SportMed Journal*, 278-290.
 9. Dörge, H., Bull-Andersen, T., Sorensen, H., Simonsen, E., Aagaard, H., y Dyhre Poulsen, P., (1999). EMG activity of the iliopsoas muscle and leg kinetics during the soccer place kick. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9:155–200.
 10. García-García, O. (2013). Relación entre parámetros de tensiomiografía y potenciales indicadores del rendimiento en ciclistas profesionales. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 13 (52) pp. 771- 781.
 11. García-García, O., Serrano-Gomez, V., Hernández Mendo, A., y Morales Sánchez, V. (2017). Baseline Mechanical and Neuromuscular Profile of Knee Extensor and Flexor Muscles in Professional Soccer Players at the Start of the Pre-Season. *Journal of Human Kinetics*, 23-34.
 12. García-García, O, Serrano-Gómez, V., y Cuba-Dorado, A. (2014). Evolution of the lateral symmetry of the lower limbs of professional footballers during the season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(11): 33
 13. García-García, Ó., Serrano-Gómez, V., Hernández-Mendo, A., y 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*, 714-23.
 14. García-García, O., Serrano-Gómez, V., Hernández-Mendo, A., y Tapia-Flores A.(2016). Assessment of the in-season changes in mechanical and neuromuscular characteristics in professional soccer players. *The Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 56(6):714–723.
 15. García-Manso, JM., Rodríguez-Ruíz, D., Rodríguez-Matoso, D., De Saa, Y., Sarmiento, S., y Quiroga, M.. (2011). Assessment of muscle fatigue after an ultra-endurance triathlon using tensiomyography (TMG). *Journal of Sports Sciences*, 29:619–626.



16. García-Manso, JM., Rodríguez-Matoso, D., Rodríguez-Ruiz, D., Sarmiento, S., y de Saa, Calderón, (2011). Effect of cold-water immersion on skeletal muscle contractile properties in soccer players. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 90:356–363
17. Gil, S., Loturco, I., Tricoli, V., Ugrinowitsch, C., Kobal, R., Cavinato Cal Abad, C., y Roschel, H. (2015). Tensiomyography parameters and jumping and sprinting performance in Brazilian elite soccer players. *Sports Biomechanics*.
18. Kubo, K., Kanehisa, H., y Fukunaga, T. (2001). Is passive stiffness in human muscles related to the elasticity of tendon structures. *European Journal of Applied Physiology*, 2001;85:226-32.
19. Lehance, C., Binet, J., y Jean-Louis, C. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 243-251.
20. Lees, A., y Nolan, L. The biomechanics of soccer: a review. *Journal Sports Science*, 1998;16:211–34.
21. Manolopoulos, E., Papadopoulos, C., y Kellis, E. (2006). Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16:102–10
22. Montini, M., Felici, F., Nicolo, A., Sacchetti, M., y Bzzucchi, I. (2017). Neuromuscular demand in a soccer match assessed by a continuous electromyographic recording. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(4):345-352.
23. Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., y Dupont, G. (2014). The Influence of Soccer Playing Actions on the Recovery Kinetics After a Soccer Match. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1517–1523.
24. Pišot, R., Narici, MV., Šimunič, B., De Boer, M., Seynnes, O., Jurdana, M., Biolo, G., y Mekjavic, IB.. (2008). Whole muscle contractile parameters and thickness loss during 35-day bed rest. *European Journal of Applied Physiology*, 104(2):409–414.
25. Rey, E., Lago-Peñas, C., Lago-Ballesteros, J., y Casáis, L. (2012a). The effect of recovery strategies on contractile properties using Tensiomyography and perceived muscle soreness in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(11):3081-3088.
26. Rey, E., Lago-Peñas, C., y Lago-Ballesteros J. (2012b) Tensiomyography of selected lower-limb muscles in profesional soccer players. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(6):866-872.
27. Rodríguez, S. M., Hunter, A., Loturco, I., y Rodríguez-Ruiz, D. (2017). Reliability and measurement error of tensiomyography to assess. *Journal of Strength and Conditioning*.
28. Rodríguez-Matoso, D., García-Manso, J., Sarmiento, S., de Saa, Y., Vaamonde, D., Rodríguez-Ruiz, D., y col. (2012). Evaluación de la respuesta muscular como herramienta de control en el campo de la actividad física, la salud y el deporte. *Revista Andaluza Medicina del Deporte*, 5(1):28–40.
29. Rojas Valverde, D., Gutierrez-Vargas, R., Sanchez-Urena, B., Gutierrez, JC., Hernandez-Castro, A., y Salas-Cabrera, J. (2016). State of neuromuscular balance and lower limb lean mass of costa rican first division professional soccer players. *Apuntes Educación Física y Deportes*, 125:63–70.



30. Simunic, B., Rozman, S., y Pisot, R. (2005). Detecting the velocity of the muscle contraction. III International Symposium of New Technologies in Sports. Sarajevo.
31. Tous-Fajardo, J., Moras, G., Rodríguez-Jiménez, S., Usach, R., Doutres, DM., y Maffiuletti, NA. (2010). Inter-rater reliability of muscle contractile property measurements using non-invasive tensiomyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(4):761-6.
32. Valenčič, V., y Djordjevič, S. (2001). Influence of acute physical exercise on twitch response elicited by stimulation of skeletal muscles in man. *Biomedical Engineering*, 2:1-4.
33. Valenčič, V., y Knez, N. (1997). Measuring of skeletal muscles dynamic properties. *Artificial Organs*, 2(3):240-242.
34. Valenčič, V., Knez, N., y Šimunič, B (2001). Tensiomyography: detection of skeletal muscle response by means of radial muscle belly displacement. *Biomedical Engineering*, 1:1-10.
35. Wisloff, U., Helgerud, J., y Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine Science Sports Exercises*, 30(3):462-467.