

# Efectos de un programa de estiramientos FNP sobre el salto y la flexibilidad en jugadores profesionales de fútbol sala

## Effects of a PNF stretching program on jumping and flexibility in professional futsal players

D. Villarejo<sup>1</sup>, J.D. Belmonte<sup>1</sup>, A. Cejudo<sup>1</sup> y J.L.L. Elvira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Murcia (España)

<sup>2</sup> Universidad Miguel Hernández de Elche (España)

**Resumen:** El objetivo de este estudio fue comprobar los efectos de un programa de estiramiento con la técnica contracción-relajación-agonista-contracción (CRAC) sobre la capacidad de salto (CS) y el rango de movimiento (ROM). Un total de 21 jugadores de élite de fútbol sala participaron en el presente trabajo. Los participantes fueron asignados a un grupo control (GC) y a un grupo experimental (GE) según su CS. Antes y después de la intervención se midió la CS y el ROM de flexión de cadera con la rodilla extendida (FCRE) y dorsi-flexión de tobillo (DFTRE). Para la medición del CS y del ROM se utilizó una plataforma de contacto y un inclinómetro ISOMED, respectivamente. El GE realizó un programa de estiramientos en los isquiosurales y tríceps sural durante 4 semanas con una frecuencia semanal de 5 días. Los jugadores aumentaron significativamente el ROM FCRE ( $p = 0,02$ ) con efecto fuerte ( $\eta_p^2 = 0,730$ ) y ROM DFTRE ( $p = 0,01$ ) con efecto moderado ( $\eta_p^2 = 0,546$ ), de los valores de CMJ ( $p = 0,03$ ) con efecto fuerte ( $\eta_p^2 = 0,650$ ) y de los valores de índice de aprovechamiento de la capacidad elástica [IACE] ( $p = 0,04$ ) con efecto fuerte ( $\eta_p^2 = 0,742$ ) en el GE después de los estiramientos. Los jugadores del GC aumentaron significativamente el rendimiento en el CMJ ( $p = 0,02$ ) con efecto moderado ( $\eta_p^2 = 0,519$ ) e IACE ( $p = 0,04$ ) con efecto moderado ( $\eta_p^2 = 0,548$ ); además, se observaron diferencias significativas en los valores de IACE ( $p = 0,02$ ) entre ambos grupos. Los resultados de este estudio permiten concluir que un periodo de entrenamiento con el método CRAC mejora el ROM y la CS en jugadores profesionales de fútbol sala.

**Palabras clave:** rango de movimiento, rendimiento, facilitación neuromuscular propioceptiva, deporte.

**Abstract:** The purpose of this study was to examine the effects of a stretching program with the contraction-relaxation-agonist-contraction technique (CRAC) on jumping performance (JP) and range of motion (ROM). A total of 21 elite futsal players participated in the present study. Participants were assigned to a control group (CG) and an experimental group (EG) according to their jumping ability. Before and after the intervention, the JP and ROM of hip flexion with the extended knee (FCRE) and dorsi-flexion of the ankle (DFTRE) were measured. For the measurement of the JP and the ROM, a contact platform and an ISOMED inclinometer were used, respectively. The EG performed a stretching program in the hamstrings and triceps sural for 4 weeks with a weekly frequency of 5 days. The players significantly increased the FCRE ROM ( $p = 0.02$ ) with strong effect ( $\eta_p^2 = 0.730$ ) and ROM DFTRE ( $p = 0.01$ ) with moderate effect ( $\eta_p^2 = 0.546$ ), of the values of CMJ ( $p = 0.03$ ) with strong effect ( $\eta_p^2 = 0.650$ ) and of the values of index of utilization of the elastic capacity [IACE] ( $p = 0.04$ ) with strong effect ( $\eta_p^2 = 0.742$ ) in the EG after the stretching. The CG players significantly increased the performance in the CMJ ( $p = 0.02$ ) with moderate effect ( $\eta_p^2 = 0.519$ ) and IACE ( $p = 0.04$ ) with moderate effect ( $\eta_p^2 = 0.548$ ); in addition, significant differences were observed in the values of IACE ( $p = 0.02$ ) between both groups. The results of this study allow us to conclude that a training period with the CRAC technique improves ROM and JP in professional futsal players.

**Key words:** range of motion, performance, proprioceptive neuromuscular facilitation, sport.

### Introducción

El éxito de las principales acciones técnicas, tácticas y físicas en el fútbol sala depende de la combinación de sprints, cambios de dirección, golpees y dribblings (Lapresa, Álvarez, Arana, Garzón & Caballero, 2013; Mohammed, Shafizadeh & Platt, 2014). Serrano, Shahidian, Sampaio & Leite (2013) muestran que este tipo de acciones pueden ser optimizadas aumentando la capacidad de salto (CS) y rango de movimiento (ROM). Un programa de estiramiento es considerado una herramienta eficaz para aumentar la extensibilidad muscular

y el ROM (Ayala, Sainz de Baranda, De Ste Croix & Santonja, 2013; Gunn et al., 2019; Iwata et al., 2019). Sin embargo, los efectos que puede presentar el estiramiento sobre la CS muestran datos contradictorios en la literatura científica (Behm, Blazevich, Kay & McHugh, 2016). Lauersen, Bertelsen & Andersen (2014) informa de efectos positivos de un programa de estiramiento sobre la CS. Por el contrario, Bogdanis et al., (2017), Bradley, Olsen & Portas (2007) y Wallmann, Mercer & McWhorter (2005) observaron una disminución aguda en la CS después de aplicar una sesión de estiramiento. Otros autores no encontraron cambios significativos en el rendimiento en el salto tras aplicar una sesión aguda de estiramiento o un programa de estiramiento durante varias semanas empleando diferentes técnicas (Ayala &

Dirección para correspondencia [Correspondence address]: Antonio Cejudo Palomo. Facultad de Ciencias del Deporte. C/Argentina s/n, 30720. Santiago de la Ribera-San Javier, Murcia (España). E-mail: antonio.cejudo@um.es

Sainz de Baranda, 2010; Herda, Cramer, Ryan, McHugh & Stout, 2008; Manoel, Harris-Love, Danoff & Miller, 2008; Yamaguchi & Ishii, 2005; Yamaguchi, Ishii, Yamanaka & Yasuda, 2007). Se piensa que esta divergencia de resultados puede estar relacionada con el tipo de población analizada y los componentes del diseño del programa (grupo muscular estirado, técnica de estiramiento, duración del programa, frecuencia semanal, duración e intensidad de los estiramientos).

Otros trabajos de investigación han relacionado el efecto del estiramiento con las propiedades viscoelásticas de las estructuras músculo-tendinosas y el rendimiento en la CS. Estas investigaciones fundamentan su hipótesis en que la aplicación de un programa de estiramiento mejora el ROM pero disminuye la rigidez de las estructuras músculo-tendinosas. Esta disminución de la rigidez se relaciona positivamente con una mayor capacidad de almacenar energía en las estructuras músculo-tendinosas y en el tejido conectivo, lo que aumentaría la capacidad de producir energía elástica en el ciclo de estiramiento-acortamiento (Behm, Blazevich, Kay & McHugh, 2016). En este sentido, Kubo, Kanehisa & Fukunaga (2006), tras aplicar un entrenamiento isométrico en prensa de piernas a 8 sujetos activos sanos, observaron una mayor rigidez del complejo aponeurótico-tendinoso en los extensores de rodilla, así como, encontraron mejoras significativas en la altura del salto en el test Squat Jump (SJ) pero no en el test Countermovement Jump (CMJ). Además, la diferencia relativa en la altura de salto entre SJ y CMJ disminuyó significativamente después del entrenamiento. Esto implica que la mejora de fuerza conseguida tras el entrenamiento isométrico permite mejorar el componente contráctil, pero no se manifiesta en una mejora en el aprovechamiento del ciclo de estiramiento-acortamiento, seguramente debida al incremento de la rigidez del tendón. Kubo, Kawakami & Fukunaga (1999) no encontraron relación significativa entre la rigidez del tendón con la altura absoluta en el SJ y CMJ, pero sí se correlacionó inversamente con la diferencia en la altura entre los saltos verticales SJ y CMJ. Ambos estudios encuentran relación entre una mayor rigidez de los elementos no contráctiles, una menor altura en el salto CMJ y una menor diferencia entre la altura entre los saltos verticales realizados con y sin contramovimiento. Estos resultados pueden apoyar una hipótesis de que a mayor rigidez del tendón menor aprovechamiento de la energía elástica. Estos resultados están apoyados por las conclusiones del trabajo publicado por Witvrouw, Mahieu, Danneels, & McNair (2004), que muestra que los deportes con elevada sollicitación de actividad muscular de ciclo estiramiento-acortamiento requieren estructuras tendinosas menos rígidas.

Para disminuir la rigidez músculo-tendinosa e incrementar el ROM, los programas de entrenamientos de la flexibilidad que utilizan técnicas de facilitación neuromuscular propioceptivas (FNP) han demostrado ser los más efectivos (Hindle, Whitcomb, Briggs & Hong, 2012). Kay, Husbands-Beasley

& Blazevic (2015) analizaron los efectos agudos de la técnica contracción-relajación (CR) en 17 deportistas recreacionales, y observaron significativas mejoras de ROM y reducción de la rigidez músculo-tendinosa. Similares resultados fueron encontrado sobre la rigidez de las propiedades viscoelásticas de estructuras tendinosas de 25 sujetos activos sanos en un trabajo de Konrad, Gad, & Tilp (2014) tras aplicar un programa de estiramiento durante 6 semanas la técnica contracción-relajación-agonista-contracción (CRAC) y CR.

El fútbol sala se trata de un deporte de elevada sollicitación del ciclo estiramiento-acortamiento de la musculatura del miembro inferior. Tras el análisis de la literatura científica se observa que la técnica de estiramiento CRAC, además de producir mejoras en el ROM, ésta puede ser la técnica más adecuada para disminuir la rigidez tendinosa y aumentarla capacidad de aprovechamiento de la energía elástica (EE), obteniendo un mayor rendimiento en el salto CMJ en jugadores del fútbol sala. El objetivo del presente trabajo fue analizar los efectos de un programa de estiramiento FNP con la técnica CRAC sobre el rango de movimiento y la capacidad de salto en jugadores profesionales del fútbol sala.

## Material y método

### Diseño del estudio

El diseño del estudio fue cuasi-experimental (Thomas y Nelson, 2001) con medidas pre-test y post-test. Ambos grupos realizaron entrenamientos técnicos, tácticos y físicos equivalentes en cuanto a volumen (10,3±1,2 h/semanales) e intensidad (70-90% frecuencia cardíaca máxima).

### Participantes

Un total de 21 jugadores de elite participaron en este estudio. Los jugadores competían en la Primera (n=13) y Segunda (n=8) División de la Liga Nacional de Fútbol Sala (Tabla 1). Tanto los jugadores como los entrenadores fueron verbalmente informados de la metodología a utilizar, así como de los propósitos y posibles riesgos del estudio respetando los principios establecidos en la declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2008), y un consentimiento informado fue firmado por cada uno de ellos. Los jugadores reunieron ambos requisitos básicos: (a) no presentar un historial médico de alteraciones en la cadera, rodilla, tobillo o espalda en los 6 meses previos al estudio y (b) ausencia de dolor muscular de aparición tardía (agujetas) durante cada una de las sesiones de valoración; además, los jugadores que durante la intervención no cumplieron con su rutina de entrenamientos durante 3 días o más de forma continua fueron excluidos del estudio (n=4). Finalmente, se determinó un grupo control (GC) y grupo experimental (GE) distribuyéndolos equitativamente según el rendimiento en el test CMJ.

**Tabla 1.** Características de la muestra según en CMJ.

Muestra	Edad (años)	Masa (kg)	Altura (cm)	Endo	Meso	Ecto
GC (n=8)	23,2±3,6	67,9±8,5	176,2±7,5	2,3±0,5	5,2±0,5	2,7±0,6
GE (n=9)	23,2±4,4	73,9±3,7	178,6±6,2	2,4±0,4	5,5±1,0	2,7±1,0
Total (n=17)	23,2±3,9	71,1±6,4	177,4±7,3	2,4±0,4	5,3±0,7	2,7±0,8

*Nota.* GC = Grupo Control; GE = Grupo Experimental.

### Procedimiento

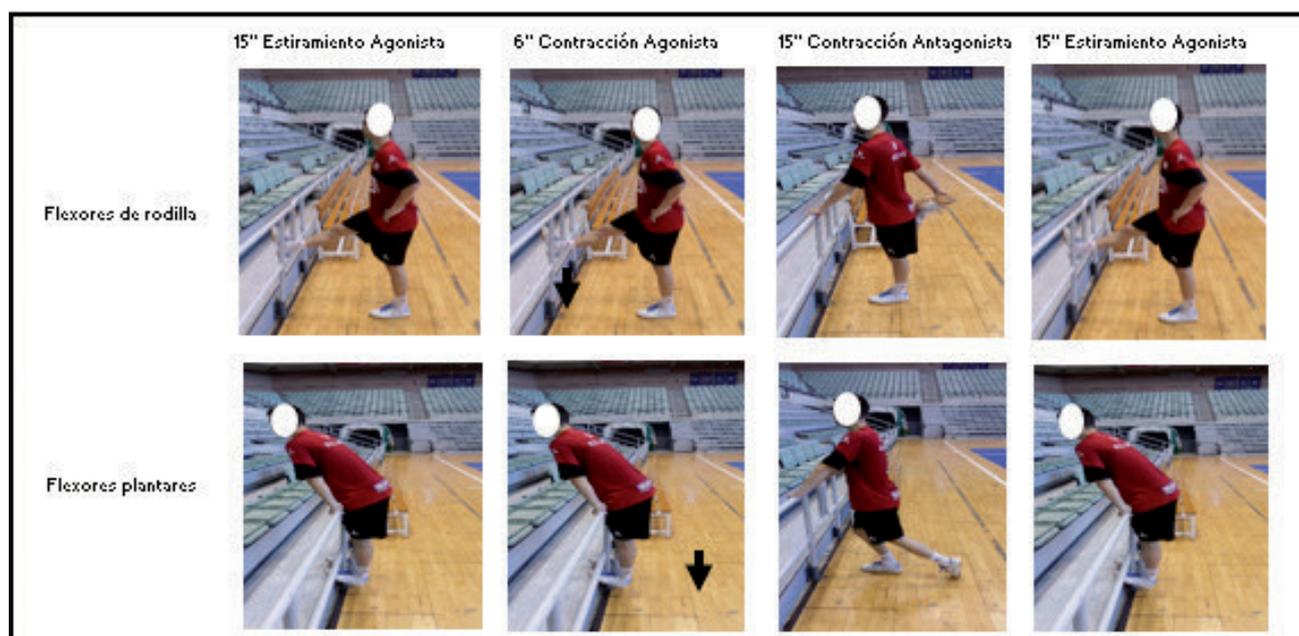
La intervención y la recogida de datos se efectuaron del 29 de marzo al 27 de abril de 2015, entre las semanas 35 y 39 (un total de 45 semanas) de entrenamiento. Antes de la intervención los jugadores acumulaban 1640±200 h de entrenamiento real y 207,53±26,29 min de competición.

Todos los jugadores completaron un proceso de familiarización verbal y visual con la técnica de estiramiento CRAC (2 sesiones); además, los jugadores realizaron ejercicios de concienciación pélvica y de aprendizaje de la correcta ejecución técnica de los ejercicios de estiramiento propuestos. Los jugadores, preparador físico y entrenador fueron instados a mantener sus actividades normales de entrenamiento durante el transcurso de esta investigación. Una semana después del protocolo de familiarización, todos los jugadores fueron valorados. Esta

serie de valoración fue repetida después de cuatro semanas de intervención con un programa de estiramientos.

### Programa de estiramientos

Durante la intervención, todos los jugadores llevaron a cabo ejercicios de estiramientos con una frecuencia de 5 días a la semana al final de la sesión matinal de entrenamiento (11:30 h) durante 4 semanas (un total de 20 sesiones). Los ejercicios de estiramiento se aplicaron en los isquiosurales y los gemelos utilizando la técnica de Konrad, Gad & Tilp (2014). Esta intervención consistió en la realización de una serie de 15 s de estiramiento estático pasivo del agonista; 6 s de contracción agonista; 15 s de contracción del antagonista; 15 s de estiramiento estático pasivo del agonista (Figura 1). El GC realizó estiramientos estáticos pasivos de forma no estandarizada.



**Figura 1.** Series de estiramientos utilizadas en la intervención.

## Metodología de valoración

Todas las mediciones fueron realizadas por los mismos dos examinadores experimentados. Las mediciones se realizaron antes de la sesión matinal de entrenamiento, en iguales condiciones de descanso, hora y temperatura. Todos los jugadores estaban familiarizados con el proceso de valoración, ya que las realizan regularmente durante la temporada, por ello, no fue necesaria una sesión de familiarización de las pruebas de valoración. Se llevó a cabo un calentamiento previo a las pruebas de valoración (Jiménez-Reyes, Pareja-Blanco, Balsa-lobre-Fernández et al., 2015).

Para valorar el ROM se utilizó el procedimiento descrito por Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala & Santonja (2015) para medir el ROM de la flexión de cadera con la rodilla extendida (FCRE) para los isquiosurales y la dorsi-flexión del tobillo con rodilla extendida (DFTRE) para los gemelos. Se utilizó un soporte lumbar (Lumbosant®, Murcia, Spain) y un inclinómetro ISOMED (Portland, Oregón). Los jugadores fueron instados a realizar dos intentos pasivos máximos para cada una de las pruebas de valoración y segmento corporal (dominante y no dominante) de forma aleatoria con el propósito de eliminar el sesgo que una secuencia específica podría presentar sobre los resultados obtenidos. Para valorar la CS se utilizaron los tests SJ y CMJ (Bosco, Luhtanen & Komi, 1983). Cada jugador fue instado a realizar un total de tres saltos seleccionando el mejor resultado para el posterior análisis estadístico. Para garantizar la fiabilidad de las mediciones intra-sujetos (Hopkins, 2000) se calculó el coeficiente de correlación intraclase (Bravo & Potvin, 1991) obteniendo valores altos ( $\geq 0,85$ ) en todos los participantes. Una plataforma de contacto Ergo Jump Bosco System (De Blas, Padullés, López del Amo & Guerra-Balic, 2012) conectada a un ordenador a través de un puerto USB fue utilizada para medir la altura de salto. Los datos fueron almacenados y procesados utilizando el software Chronojump 1.4.9 (Chronojump Bosco-System®, Barcelona, Spain). Para calcular el índice de aprovechamiento de la capacidad elástica (IACE) se utilizó la siguiente fórmula:  $IACE (\%) = (CMJ - SJ) / SJ * 100$  (Cavagna, Komarek, Citterio & Margaria, 1971). También, se aplicó la siguiente fórmula para estimar el pico de potencia (W):  $W = 60,7 \times (\text{altura de salto [cm]}) + 45,3 \times (\text{masa corporal [kg]}) - 2055$  (Sayer, Harackiewicz, Harman, Frykman & Rosenstein 1999).

## Análisis estadístico

Los datos fueron recogidos con el programa Microsoft Excel 2010 (Microsoft, Redmond, USA). Posteriormente se exportaron y analizaron con el software estadístico IBM SPSS (versión 20.0, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA).

Previo al análisis estadístico, la distribución normal de los datos fue confirmada a través de la prueba Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ). Se realizó un análisis descriptivo de cada una de las variables cuantitativas, que incluía la media y su correspondiente desviación típica. Además, una prueba t para muestras relacionadas fue empleada para determinar la existencia de asimetría de ROM. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA mixto) de dos factores ( $p = 0,05$ ), uno de ellos de medidas repetidas para conocer el efecto del programa de estiramientos y otro para conocer la posible existencia de diferencias entre ambos grupos en las variables analizadas. Para determinar el tamaño del efecto se usó la Eta parcial al cuadrado ( $h_p^2$ ). Ferguson, (2009) estableció valores  $\geq 0,64$  consideró un efecto fuerte,  $\geq 0,25$  un efecto moderado y  $\leq 0,04$  un efecto pequeño.

## Resultados

En la tabla 2 se presentan los valores medios ( $\pm$  desviación típica) de la valoración pre-intervención y post-intervención para cada uno de los grupos de trabajo y para cada una de las pruebas ROM. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos antes de iniciar el protocolo de estiramientos. Cuando se analizaron las diferencias bilaterales de ROM no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ). Por ello, se presenta los valores medios entre ambos lados corporales. Tras aplicar el programa de estiramientos, el análisis de varianza (ANOVA) observó diferencias significativas en la variable tiempo en el ROM FCRE y DFTRE en el GE. El cambio de ROM presenta un efecto fuerte ( $h_p^2 = 0,730$ ) para el ROM FCRE ( $p = 0,02$ ) y un efecto moderado ( $h_p^2 = 0,546$ ) para el ROM DFTRE ( $p = 0,01$ ). Este mismo análisis observó diferencias significativas entre ambos grupos en el ROM FCRE tras aplicar el programa de estiramientos ( $p = 0,01$ ).

**Tabla 2.** Resultados del rango de movimiento de los participantes del presente estudio.

ROM	Control		Experimental	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
FCRE (grados)	72,3 $\pm$ 7,9	69,8 $\pm$ 8,1	79,2 $\pm$ 10,3	83,8 $\pm$ 11,5 <b>a b</b>
DFTRE (grados)	35,4 $\pm$ 4,7	34,3 $\pm$ 5,9	36,5 $\pm$ 5,3	38,6 $\pm$ 6,2 <b>a</b>

FCRE: flexión de la cadera con la rodilla extendida; DFTRE: dorsi-flexión del tobillo con rodilla extendida; a: diferencias significativas entre pre- y post-intervención; b: diferencias significativas entre ambos grupos.

En la tabla 3 se presenta los valores medios ( $\pm$  desviación típica) de la valoración pre-intervención y post-intervención para cada uno de los grupos y para cada una de los tests de salto. El análisis de varianza (ANOVA) observó diferencias significativas en la variable tiempo en la altura del salto en el CMJ e IACE en el GE después del programa de estiramientos. La mejora de los valores CMJ ( $p = 0,03$ ) presenta un efecto fuerte ( $h_p^2 = 0,650$ ) y de los valores de IACE ( $p$

$= 0,04$ ) un efecto fuerte ( $h_p^2 = 0,742$ ). En el GC, también, se encontraron diferencias significativas en el CMJ y en el IACE después del periodo de intervención. El incremento de los valores del CMJ ( $p = 0,02$ ) presenta un efecto moderado ( $h_p^2 = 0,519$ ) e IACE ( $p = 0,04$ ) un efecto moderado ( $h_p^2 = 0,548$ ). Este mismo análisis observó diferencias significativas en el IACE entre ambos grupos tras aplicar el programa de estiramientos ( $p = 0,02$ ).

**Tabla 3.** Resultados de altura de salto, potencia y velocidad del Squat Jump y Countermovement Jump de los participantes del presente estudio.

Pruebas de salto	Control		Experimental	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
SJ (cm)	37.8 $\pm$ 3.4	37.3 $\pm$ 4.2	36.5 $\pm$ 3.2	35.1 $\pm$ 4.4
CMJ (cm)	40.2 $\pm$ 3.2	41.5 $\pm$ 3.4a	39.3 $\pm$ 3.5	41.4 $\pm$ 5.2a
IACE (cm)	6.5 $\pm$ 3.0	11.6 $\pm$ 5.5a	7.8 $\pm$ 8.5	17.9 $\pm$ 4.2ab
SJ (w)	5192.3 $\pm$ 455.5	5164.7 $\pm$ 552.1	5340.0 $\pm$ 395.7	5253.4 $\pm$ 377.4
CMJ (w)	5337.7 $\pm$ 459.3	5419.7 $\pm$ 475.2	5507.8 $\pm$ 381.0	5633.6 $\pm$ 411.6
SJ (m/s)	2.7 $\pm$ 0.1	2.7 $\pm$ 0.2	2.6 $\pm$ 0.1	2.6 $\pm$ 0.1
CMJ (m/s)	2.8 $\pm$ 0.1	2.8 $\pm$ 0.1	2.8 $\pm$ 0.1	2.8 $\pm$ 0.1

SJ: Squat Jump; CMJ; Countermovement Jump; IACE: Índice de Aprovechamiento de la Capacidad Elástica; a: diferencias significativas entre pre- y post-intervención; b: diferencias significativas entre ambos grupos.

## Discusión

El objetivo del presente trabajo fue determinar los efectos crónicos de un programa de estiramiento con la técnica CRAC sobre el ROM y en la capacidad de salto. El presente trabajo encontró un aumento del ROM FCRE y DFTRE en el GE por un aumento de la extensibilidad isquiosural y gemelos; también, se observó un aumento de la altura del CMJ e IACE, así como una disminución de la altura del salto SJ en ambos grupos. Mientras que los valores de potencia y velocidad no mostraron cambios significativos para el CMJ y SJ.

Los valores iniciales de ROM de los jugadores del presente trabajo muestran medias inferiores a los encontrados por Aya et al. (2010) en una muestra de 10 jugadores de la misma categoría federativa. Sin embargo, los jugadores del GE del presente estudio sí superaron los valores medios de este trabajo (80,5°) después de la intervención crónica de estiramiento. Teniendo en cuenta la propuesta de clasificación de Cejudo et al. (2017) en jugadores de la Segunda División Nacional de Fútbol Sala, los participantes del presente trabajo presentan valores “normales o limitados” de flexibilidad para el ROM FCRE y “normales” para el ROM DFTRE.

Un gran número de estudios han documentado similares cambios en el ROM tras la realización de programas de estiramientos con la técnica FNP, empleando diferentes parámetros de la carga en diferentes poblaciones. En el ROM DFTRE, Hindle et al. (2012) encontraron mejoras

de 2,1° usando la técnica CRAC en una población adultos jóvenes durante seis semanas. De igual forma, Konrad, Gad & Tilp (2014) encontraron mejoras de 2° en el ROM DFTRE usando la técnica CRAC en una población físicamente activa durante 6 semanas; También, Mahieu, Cools, De Wilde, Boon & Witvrouw (2009) encontraron mejoras de 5,9° en el ROM DFTRE usando la técnica CRAC en deportistas amateurs durante 6 semanas; mientras que, en el ROM FCRE se observaron mejoras de 4,6° en el presente trabajo; tras 2 sesiones de estiramiento durante 8 semanas, con la técnica de estiramientos CR, Akbulut & Agopyan (2015) observaron mejoras 7,2° en jóvenes futbolistas no profesionales. Pensamos que las distinciones en las características de la muestra y los valores bajos de extensibilidad iniciales pueden ser factores que influyan en los efectos crónicos positivos entre ambos estudios. Las mejoras en la extensibilidad después de programas cortos (4 a 8 semanas) de estiramiento han sido vinculadas a incrementos en el ROM como consecuencia del incremento de la tolerancia al estiramiento sin cambios aparentes en las propiedades musculares elásticas y actividad neuromuscular (LaRoche & Connolly, 2006). Es probable que el incremento del ROM observado en este estudio sea el resultado de una mejora en la tolerancia al estiramiento. Al igual que en investigaciones previas, el incremento de extensibilidad puede explicarse por factores neuromusculares mediante la estimulación de los propioceptores tras aplicar un programa de estiramiento

PNP (Knott & Voss, 1968). Concretamente, el uso de la técnica CRAC estimula el reflejo de inhibición recíproca al realizar la contracción del agonista, y el reflejo de inhibición recíproca al realizar la contracción del antagonista (Alter, 2004). La suma de estos dos reflejos facilita la relajación del agonista disminuyendo la tensión muscular en el estiramiento.

En este sentido, nos parece oportuno aplicar técnicas de estiramientos CRAC para mejorar la extensibilidad y el ROM en los jugadores profesionales de fútbol sala por tres motivos: 1) se han observado ROM limitado por la corteza muscular en este deporte (Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala, & Santonja, 2014; Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala, & Santonja, 2017; Sainz de Baranda, Santonja, Cejudo & Ayala, 2015), b) la eficacia de la técnica de estiramiento CRAC frente a otras (Hindle et al., 2012), y c) la técnica CRAC favorece la imitación del gesto técnico aumentando extensibilidad, fuerza y coordinación neuromuscular (Nelson & Bandy, 2005). Sin embargo, se recomienda aplicarla después de los entrenamientos o competición y/o alejadas de éstas, ya que Witvrouw, Mahieu, Danneels & McNair (2004) demostró una disminución aguda en la CS tras los efectos de las técnicas de FNP.

Con respecto a la altura, potencia aplicada, velocidad desarrollada y IACE en el CMJ y SJ, los resultados de este estudio han demostrado un aumento significativo de la altura en el CMJ y IACE en ambos grupos, observándose una mayor magnitud del efecto en el GE; también se ha encontrado una disminución en el SJ en ambos grupos.

De esta forma, podemos concluir que el aumento del IACE en ambos grupos se debe a un aumento significativo en el CMJ y una disminución (aunque no significativa estadísticamente) en el SJ. Este aumento del salto CMJ y disminución del SJ en ambos grupos puede ser explicado debido a las adaptaciones neuromusculares características de las cargas de entrenamiento utilizadas en esta parte de la temporada. Estas cargas tenían como objetivo desarrollar la parte inferior de la curva de fuerza-velocidad (Samozino, Edouard, Sangnier, Brughelli, Giménez & Morin, 2014; Jiménez-Reyes, Samozino, Cuadrado-Peñañiel, Conceição, González-Badillo, & Morin, 2014; Morin, & Samozino, 2016), al ser un periodo decisivo en la competición de los deportistas (play off). Recordemos que los jugadores de ambos grupos mantuvieron su planificación de los entrenamientos durante la intervención.

No obstante, se produjo un mayor aumento en el CMJ e IACE en el GE que en el GC. Este aumento fue cercano al 5% en el GE con respecto al aumento producido en el GC. Konrad, Gad & Tilp (2014) encontraron resultados similares después de aplicar la técnica CRAC durante 6 semanas en sujetos sanos. Al igual que en este estudio podemos inferir que el aumento del CMJ e IACE en el GE puede

ser debido al entrenamiento habitual de fútbol sala, pero también a la intervención de estiramientos. Estos resultados se encuentran apoyados por el tamaño del efecto asociado a ambos grupos experimentales. Los resultados del efecto del programa de estiramiento sobre el CMJ e IACE fueron considerados con un efecto fuerte y moderado para el GE y GC, respectivamente. Esta diferencia en el tamaño del efecto puede indicar que el efecto sobre el rendimiento neuromuscular podría estar explicado por la intervención de estiramientos FNP CRAC.

Concretamente, esta mejora del GE sobre el GC puede explicarse por las adaptaciones músculo-tendinoso producidas por la técnica CRAC. En este sentido los estudios de Kay, Husbands-Beasley & Blazeovich (2015) y Konrad, Gad & Tilp (2014) han demostrado que esta técnica disminuye la rigidez por adaptaciones músculo-tendinosas. Esta disminución de la rigidez puede estar producida por la carga mecánica de esta técnica, desencadenando una remodelación de la estructura músculo-tendinosa. Concretamente una mayor cantidad de fibras de elastina y menor cantidad de fibras de colágeno. De esta forma, un tendón con más fibras de elastina y menos fibras de colágeno no opondría demasiada resistencia al estiramiento producido en la fase excéntrica del salto, favoreciendo así el aprovechamiento de la energía elástica producida en la contracción concéntrica del ciclo estiramiento acortamiento (De Villarreal, Requena & Newton, 2010). No obstante, los resultados de este trabajo deben tomarse con cautela. En este estudio no se ha podido determinar mediante imágenes o técnicas invasivas la elasticidad del tendón. Para esto, se hubiera necesitado correlacionar la intervención realizada con las imágenes pre y post de las estructuras tendinosas. De esta forma, se sugieren investigaciones experimentales de intervención con estiramiento con CRAC observando los cambios por técnicas de imagen o biopsias.

A pesar que no es posible demostrar la hipótesis de este trabajo, los resultados del presente trabajo permite recomendar la aplicación de estiramiento con la técnica CRAC en jugadores profesionales de fútbol sala. Una intervención de estiramientos con esta técnica puede aumentar tanto la extensibilidad muscular y el ROM como el rendimiento en la CS. Por tanto, recomendamos incluir esta técnica de estiramiento en la planificación de la preparación física de los jugadores de fútbol sala en los mesociclos que se requiera ambos objetivos.

## Conclusiones

El presente estudio demuestra que un programa de estiramiento con la técnica CRAC se trata de una técnica eficaz crónica para mejorar la extensibilidad muscular y la capacidad del salto vertical en jugadores profesionales de fútbol sala.

## Bibliografía

- Akbulut, T., & Agopyan, A. (2015). Effects of an Eight-Week Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching Program on Kicking Speed and Range of Motion in Young Male Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(12), 3412-3423.
- Asociación Médica Mundial (AMM). Declaración de Helsinki. Principios éticos para las investigaciones con seres humanos. 59ª Asamblea General, Seúl, Corea, octubre de 2008 [en línea]. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2015]. Disponible en: [http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/17c\\_es.pdf](http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/17c_es.pdf)
- Ayala, F. & Sainz de Baranda, P. (2010). Effect of 3 different active stretch durations on hip flexion range of motion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 430-436.
- Ayala, F., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., & Santonja, F. (2013). Comparison of active stretching technique in males with normal and limited hamstring flexibility. *Physical Therapy in Sport*, 14(2), 98-104. doi:10.1016/j.ptsp.2012.03.013
- Behm, D.G., Blazevich, A. J., Kay, A.D., & McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(1), 1-11. doi:10.1139/apnm-2015-0235
- Bogdanis, G.C., Donti, O., Tsolakis, C., Smilios, I., & Bishop, D.J. (2017). Intermittent But Not Continuous Static Stretching Improves Subsequent Vertical Jump Performance In Flexibility-Trained Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. doi:10.1519/jsc.0000000000001870
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282.
- Bradley, P., Olsen, P.D. & Portas, M. (2007). The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 223-226.
- Bravo, G. & Potvin, L. (1991). Estimating the reliability of continuous measures with Cronbach's alpha or the intraclass correlation coefficient: toward the integration of two traditions. *Journal of clinical epidemiology*, 44(4-5), 381-390.
- Cavagna, G.A.; Komarek L., Citterio G. & Margaria, R. (1971). Power output of the previously stretched muscle. *Medicine and Sport*, 6, 159-167.
- Cejudo, A. (2015). Deporte y Flexibilidad: Rendimiento Deportivo sin Riesgo de Lesión (Tesis Doctoral). Universidad de Murcia, España.
- Cejudo, A., de Baranda, P. S., Ayala, F., & Santonja, F. (2017). Clasificación de los valores de rango de movimiento de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 6(1), 41-50.
- Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F. & Santonja, F. (2015). Test-retest reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscle flexibility in futsal and handball players. *Physical Therapy in Sport*, 16(2), 107-113.
- Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F. & Santonja, F. (2015). Test-retest reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscle flexibility in futsal and handball players. *Physical Therapy in Sport*, 16(2), 107-113.
- Cejudo, A.; Sainz de Baranda, P.; Ayala, F. & Santonja, F. (2014) Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 14(55), 509-525.
- De Blas, X., Padullés, J.M., del Amo, J.L.L. & Guerra-Balic, M. (2012). Creation and validation of Chronojump-Boscosystem: A free tool to measure vertical jumps. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 8(30), 334-356.
- De Villarreal, E., Requena, B. & Newton, R. U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 513-522.
- Ferguson, C.J. (2009). An effect size primer: A guide for clinicians and researchers. *Professional Psychology: Research and Practice*, 40(5), 532-538.
- Galazoulas, C. (2017). Acute effects of static and dynamic stretching on the sprint and countermovement jump of basketball players. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(1), 33, 219 - 223.
- Gunn, L. J., Stewart, J. C., Morgan, B., Metts, S. T., Magnuson, J.M., Iglowski, N.J., ... Arnot, C. (2018). Instrument-assisted soft tissue mobilization and proprioceptive neuromuscular facilitation techniques improve hamstring flexibility better than static stretching alone: a randomized clinical trial. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 1-9. doi:10.1080/10669817.2018.1475693
- Herda, T.J., Cramer, J.T., Ryan, E.D., McHugh, M.P. & Stout, J.R. (2008) Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 809-817.
- Hindle, K., Whitcomb, T., Briggs, W. & Hong, J. (2012). Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *Journal of human kinetics*, 31, 105-113.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30(1), 1-15.
- Iwata, M., Yamamoto, A., Matsuo, Y., Hatano, G., Miyazaki, M., Fukaya, T., Fujiwara, M., Asai, Y. & Suzuki, S. (2019). Dynamic Stretching Has Sustained Effects on Range of Motion and Passive Stiffness of the Hamstring Muscles. *Journal of Sports Science and Medicine*, (18), 13-20.
- Jiménez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Balsalobre-Fernández, C., Cuadrado-Peñafiel, V., Ortega-Becerra, M. A. & González-Badillo, J. J. (2015). Jump Squat Performance and Its Relationship With Relative Training Intensity in High-Level Athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 10(8),1036-1040.
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Cuadrado-Peñafiel, V., Conceição, F., González-Badillo, J. J. & Morin, J. B. (2014). Effect of countermovement on power-velocity profile. *European journal of applied physiology*, 114(11), 2281-2288.
- Kay, A. D., Husbands-Beasley, J. & Blazevich, A. J. (2015). Effects of Contract-Relax, Static Stretching, and Isometric Contractions on Muscle-Tendon Mechanics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(10), 2181-2190.
- Konrad, A., Gad, M. & Tilp, M. (2014). Effect of PNF stretching training on the properties of human muscle and tendon structures. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in sports*, 25(3), 346-355.
- Kubo, K., Kawakami, Y. & Fukunaga, T. (1999). Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 87(6), 2090-2096.
- Kubo, K., Yata, H., Kanehisa, H. & Fukunaga, T. (2006). Effects of isometric squat training on the tendon stiffness and jump performance. *European journal of applied physiology*, 96(3), 305-314.
- Lapresa, D., Álvarez, L., Arana, J., Garzón, B. & Caballero, V. (2013). Observational analysis of the offensive sequences that ended in a shot by the winning team of the 2010 UEFA Futsal Championship. *Journal of Sports Sciences*, 31(15), 1731-1739.
- LaRoche, D.P. & Connolly, D.J. (2006). Effects of stretching on passive muscle tension and response to eccentric exercise. *American Journal of Sports Medicine*, 34, 1001-1008.

33. Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 48(11), 871-877.
34. Mahieu, N.N., Cools, A., De Wilde, B., Boon, M. & Witvrouw, E. (2009). Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(4), 553-560.
35. Manoel, M.E., Harris-Love, M.O., Danoff, J.V. & Miller, T.A. (2008). Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5):1528-1534.
36. Mohammed, A., Shafizadeh, M. & Platt, G. K. (2014). Effects of the level of expertise on the physical and technical demands in futsal. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(2), 473-481.
37. Morin, J.B. & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 267-272.
38. Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., Ayala, F. & Santonja, F. (2015). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadoras senior de fútbol sala. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 409, 35-48.
39. Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Giménez, P. & Morin, J. B. (2014). Force-velocity profile: imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(06), 505-510.
40. Sayer, S.H., Harackiewicz, D.V., Harman, E.A., Frykman, P.N. & Rosenstein, M.T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31, 572-577.
41. Serrano, J., Shahidian, S., Sampaio, J. & Leite, N. (2013). The importance of sports performance factors and training contents from the perspective of futsal coaches. *Journal of Human Kinetics*, 38, 151-160.
42. Thomas, J. R. & Nelson, J. K. (2001). *Research methods in physical activity* (4<sup>a</sup> ed.). Campaing, Il.: Human Kinetics.
43. Wallmann, H.W., Mercer, J.A. & McWhorter, J.W. (2005). Surface electromyographic assessment of the effect of static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(3):684-688.
44. Witvrouw, E., Mahieu, N., Danneels, L. & McNair, P. (2004). Stretching and injury prevention, an obscure relationship. *Sports Medicine*, 34(7), 443-449.
45. Yamaguchi, T. & Ishii, K. (2005). Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 677-683.
46. Yamaguchi, T., Ishii, K., Yamanaka, M. & Yasuda, K. (2007). Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4):1238-1244.