

El perfil óptimo de flexibilidad en jóvenes jugadores de fútbol durante su periodo sensible del desarrollo físico. Batería ROM-SPORT

Optimum Flexibility Profile in Young Soccer Players During
their Sensitive Period of the Physical Development.
ROM-SPORT Battery

Antonio Cejudo 

Departamento de Actividad Física y Deporte, Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Murcia, España
antonio.cejudo@um.es

Resumen

Desde una perspectiva fundamental, se recomienda desarrollar la flexibilidad en su periodo sensible en el deporte base de acuerdo al modelo de desarrollo deportivo a largo plazo. Sin embargo, estudios previos no han analizado e interpretado el perfil de flexibilidad de jugadores de fútbol en su periodo sensible. El objetivo de este estudio fue determinar el perfil de flexibilidad óptimo en jugadores de fútbol sub-10. Un total de 22 jugadores de fútbol con edades comprendidas entre los 7 y 10 años (edad: $8,9 \pm 0,9$ años; peso: $33,5 \pm 6,3$ kg; talla: $136,4 \pm 6,7$ cm; $14,3 \pm 22,8$ kg/m²) participaron voluntariamente en este estudio. El perfil de flexibilidad de la extremidad inferior fue determinado del batería ROM-SPORT a través de sus 11 tests angulares pasivos máximos. Para el establecimiento del perfil óptimo de flexibilidad fue calculado el percentil 80. Los resultados establecen el perfil de óptimo flexibilidad de 22 jugadores de fútbol sub-10 en 21,8° para psoas-iliaco, 43,4° para piramidal, 35,0° para gemelo, 39,8° para sóleo, 37,4° para aductores, 62,4° para músculos rotadores externos de cadera, 67,2° para músculos rotadores internos de cadera, 69,0° para aductores monoarticulares, 80° para isquiosural, 145,8° para cuádriceps y 147,0° para glúteo mayor. El presente estudio aporta los primeros valores de referencia del perfil óptimo de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sub-10. Estos valores pueden ser utilizados como objetivos específicos cuantificables en el entrenamiento de la flexibilidad en el periodo sensible de esta cualidad física.

Palabras clave: rango de movimiento, deporte, periodo sensible de entrenamiento, habilidades motrices básicas, infancia, adolescencia.

Abstract

From a fundamental perspective, it is recommended to develop flexibility during the sensitive period in youth sports according to a long-term athlete development model. However, the flexibility profile of soccer players in their sensitive period has not been described yet. Therefore, the aim of this study was to determine the optimum profile of lower-limb muscle flexibility for under-10 soccer players. A total of 22 soccer players aged between 7 and 10 years old (age 8.9 ± 0.9 years; weight 33.5 ± 6.3 kg; height 136.4 ± 6.7 cm; BMI: 14.3 ± 22.8 kg/m²) voluntarily participated in this study. The flexibility of the major lower-limb muscles was evaluated by mean of 11 different maximum passive joint range of motion tests ROM-SPORT battery. For the establishment of the optimum flexibility profile the 80th percentile was calculated. The results established the optimum flexibility profile for these 22 soccer players in 21.8° for iliopsoas, 43.4° for piriformis, 35.0° for gastrocnemius, 39.8° for soleus, 37.4° for adductors, 62.4° for external hip rotation muscles, 67.2° for internal hip rotation muscles, 69.0° for monoarticular adductors, 80.0° for hamstrings, 145.8° for quadriceps and 147.0° for gluteus maximus. The present study presents the first reference values for the optimum lower limb flexibility profile in under-10 soccer players. These values can be used as specific quantifiable aims in the training of flexibility during its sensitive period.

Keywords: range of motion, sport, training sensitive period, general motor abilities, childhood, adolescence.

Recibido: 04 de mayo de 2020

Aceptado: 27 de mayo de 2020

Publicado: 14 de julio de 2020

Como citar (APA): Cejudo, A. (2020). El perfil óptimo de flexibilidad en jóvenes jugadores de fútbol durante su periodo sensible del desarrollo físico. Batería ROM-SPORT. *JUMP*, (2), 16-25. <https://doi.org/10.17561/jump.n2.2>

Introducción

La flexibilidad puede definirse como la "disposición de los tejidos corporales para permitir, sin lesionarse, movimientos de una o varias articulaciones" (Holt et al., 2009). El rango de movimiento "Range of Motion" (ROM) proporciona en términos cuantitativos (en grados) la medición indirecta de la flexibilidad. Los valores medios de ROM de los principales movimientos de la cadera (flexión [rodilla neutra y flexionada], extensión, aducción, abducción [rodilla neutra y flexionada], rotación interna y rotación externa), rodilla (flexión) y tobillo (dorsiflexión de tobillo [rodilla neutra y flexionada]) ha sido definido como el perfil de flexibilidad del miembro inferior (Cejudo, Robles-Palazón, & Sainz De Baranda, 2019; Cejudo, Robles-Palazón, Ayala, et al., 2019; López-Valenciano et al., 2019).

Dependiendo de las demandas físico-técnicas deportivas, cada deporte manifiesta un diferente grado de exigencia en el ROM de varios o todos los movimientos del perfil de flexibilidad. En este sentido, se han observado valores superiores de ROM en los deportistas con un nivel competitivo superior, lo que contribuye a un mayor rendimiento físico-técnico deportivo (Battista et al., 2007; De la Fuente & Gómez-Landero, 2019; Gannon et al., 1999; Sánchez-Sánchez et al., 2014). Estudios previos, que han evaluado la influencia del ROM sobre el rendimiento de determinados tests físico-técnicos, han observado que los deportistas (voleibol, fútbol) y adultos jóvenes físicamente activos con valores más altos de ROM en la cadera (flexión), rodilla (flexión) y tobillo (dorsiflexión) mostraban un mayor rendimiento en el salto vertical (Faiss et al., 2009; García-Pinillos et al., 2015; Lee et al., 1989; Rey et al., 2016), sprint (García-Pinillos et al., 2015), equilibrio dinámico (Aslan et al., 2018; Basnett et al., 2013; Kang et al., 2015; Overmoyer & Reiser, 2015), agilidad (García-Pinillos et al., 2015; Rey et al., 2016).

Desde una perspectiva fundamental, se recomienda desarrollar cada una de estas habilidades motoras generales y la flexibilidad en su correspondiente periodo sensible (niños: 6-19 años; niñas: 6-16 años) en las categorías inferiores del deporte base según el modelo de desarrollo deportivo a largo plazo (Balyi et al., 2013; Hooren & Croix, 2020). En este sentido, Van Hooren y De Ste Croix (Hooren & Croix, 2020) muestran el rango de edad entre los 6-10 años como el período biológico

y cronológico dependiente de la edad más sensible para entrenar la flexibilidad en niños y niñas. Grosser y Müller (1992) manifiestan que la etapa de desarrollo de una mayor flexibilidad se prolonga hasta los 12 años; mientras que Sánchez, Águila, y Rojas (2001) la establecen en un rango de edad comprendido entre los 10-14 años. Por otro lado, Delgado, Martín, Zurita, Antequera y Fernández (2009), tras valorar la flexibilidad mediante la prueba de flexión profunda de tronco en una muestra de sujetos entre 6 y 30 años, encuentran los mayores valores entre los 10-11 años. Sin embargo, se muestran tendencias contradictorias de la evolución de la flexibilidad, y algunos autores revelan que la flexibilidad no evoluciona de manera idéntica en los distintos periodos de la vida de una persona ni en cada movimiento (Di Santo, 2018) e incluso ha sido observada una tendencia general hacia la reducción de la flexibilidad con la edad en población no deportista (McKay et al., 2017). El conocimiento de los cambios de flexibilidad en relación con la edad de los jugadores de fútbol podría mostrar la variación de esta capacidad a través de las diferentes fases de la especialización deportiva, proporcionar a los entrenadores físicos información útil sobre las etapas críticas de flexibilidad y los músculos afectados primarios.

Ante estos hechos, los entrenadores personales, preparadores y readaptadores físicos precisan de valores de referencia del perfil de flexibilidad que determinen los objetivos cuantitativos de entrenamiento de la flexibilidad atendiendo a la especificidad de esta habilidad motora básica como el tipo de deporte (Hogg et al., 2018; Moreno et al., 2004), sexo (Cejudo, Robles-Palazón, & Sainz De Baranda, 2019; De la Fuente & Gómez-Landero, 2019; Hogg et al., 2018) y etapa federativa (Cejudo, Robles-Palazón, Ayala, et al., 2019) según el modelo de desarrollo deportivo a largo plazo citado previamente. El perfil de flexibilidad óptimo ha sido determinado previamente con valores iguales o superiores al percentil 80 en cada movimiento de una muestra de jugadores en deportistas (Cejudo et al., 2017; Sainz de Baranda et al., 2015a). Sin embargo, solamente ha sido encontrado un estudio científico que haya determinado los valores medios en jugadores de fútbol durante el periodo sensible de esta cualidad física (Cejudo, Robles-Palazón, Ayala, et al., 2019). El objetivo principal de este trabajo fue determinar el perfil de flexibilidad óptimo en jugadores de fútbol sub-10.

Método

El presente estudio fue revisado y aprobado por el Comité Ético y Científico de la Universidad de Murcia (España) (ID: 1702/2017). Un estudio descriptivo observacional de corte transversal (Thomas et al., 2001) fue diseñado para determinar cuantitativamente el perfil de flexibilidad del miembro superior en atletas.

Participantes

Un total de 22 jugadores de fútbol con edades comprendidas entre los 7 y 10 años participaron voluntariamente en este estudio (tabla 1). Todos los jugadores habían competido al menos un año en categoría prebenjamín, benjamín o alevín. Los datos fueron registrados durante la temporada 2018/19.

Los jugadores que presentaron problemas músculo-esqueléticos de la extremidad inferior en los 6 meses previos al procedimiento exploratorio o dolor muscular de aparición tardía (agujetas) en el momento de la valoración del rango de movimiento no fueron excluidos en el posterior análisis estadístico.

Procedimiento

Los datos objeto de investigación fueron tratados manteniendo la confidencialidad de los mismos, con anonimización de los equipos, y de acuerdo con las normas de la declaración de Helsinki para estudios descriptivos de corte transversal (World Medical Association, 2014). Los procedimientos y riesgos potenciales del presente estudio fueron explicados al presidente del Club de Fútbol, los entrenadores y padres de los jugadores antes de su participación y posteriormente, los padres expresaron su consentimiento informado por escrito.

Una semana antes del comienzo del estudio, todos los participantes fueron sometidos a una

sesión de familiarización de la ejecución técnica de los tests de ROM, y también completaron un cuestionario (datos personales, años de práctica de fútbol federado y práctica de otros deportes o actividades extraescolares). La extremidad inferior con la que golpea habitualmente la pelota fue designada como dominante.

Para el proceso de valoración del ROM pasivo máximo del miembro inferior se siguieron las recomendaciones establecidas por la American Medical Association [AMA] (Gerhardt et al., 2002). Todas las sesiones de evaluación fueron realizadas por dos examinadores con más de 10 años una experiencia en valoración músculo-esquelética. Un examinador principal conducía el tests y el examinador asistente controlaba la correcta posición del participante y los posibles movimientos compensatorios. Los jugadores fueron instados a realizar la sesión de evaluación del ROM en el mismo día y franja horaria de sus sesiones de entrenamiento habituales para reducir la variabilidad intrasujeto.

Previamente a cada sesión de valoración, todos los participantes realizaron su calentamiento habitual que estaba compuesto por 5 minutos de carrera moderada (6-7 escala Borg), 15 repeticiones de ejercicios de estiramientos dinámicos de los principales grupos musculares del miembro inferior y 3 minutos de rondo 5x3.

Procedimiento de valoración del ROM: batería ROM-SPORT

Una vez finalizado el calentamiento, el perfil de flexibilidad del miembro inferior fue determinado a través de la batería ROM-SPORT a través de sus 11 tests angulares pasivos máximos (Cejudo, Robles-Palazón, Ayala, et al., 2019). En la cadera se midió el ROM de flexión con rodilla extendida (FCRE) para isquiosurales, la flexión con rodilla flexionada (FC) para glúteo mayor, la extensión para psoas-íliaco, la aducción de la cadera con rodilla en flexión (ADC) para piramidal, glúteo medio y glúteo menor, la abducción con rodilla neutra (ABC) para aductores, la abducción con la rodilla en flexión (ABCF) para aductores monoarticulares (pectíneo, aductor menor, aductor mediano o largo y aductor mayor), la rotación interna (RIC) para rotadores externos de cadera (piramidal, obturador interno, obturador externo, gemelo superior, gemelo inferior, cuadrado femoral) y la rotación externa con rodilla flexionada (REC) para rotadores internos de cadera (glúteo

Tabla 1. Resultados descriptivos demográficos de los 22 jugadores de fútbol sub-10.

	Mínimo	Máximo	Media
Edad (años)	7,0	10,0	9,2±0,9
Masa corporal (kg)	26,0	47,2	34,9±6,6
Altura (cm)	126,0	159,0	139,5±8,7
IMC (kg/m ²)	14,3	22,8	17,8±1,9

IMC: Índice de masa corporal.

medio, glúteo menor y tensor de la fascia lata). En la rodilla, se midió su flexión para cuádriceps; y en el tobillo, se midió la dorsi-flexión con rodilla neutra (DFTRE) para gemelo y la dorsi-flexión con rodilla en flexión para sóleo (Figura 1) (Cejudo, Robles-Palazón, Ayala, et al., 2019).

Estos tests de ROM han sido considerados apropiados por las principales organizaciones médicas, American Academy of Orthopedic Association (Surgeons American Academy of Orthopaedic, 1965) y American Medical Association (Gerhardt et al., 2002), e incluidos en los principales manuales de valoración músculo-esquelética (Magee, 2013; Norkin & White, 2016; Palmer & Epler, 2002) basándose en estudios de fiabilidad (Bozic et al., 2010; Fouchet et al., 2013) y validez (Enwemeka, 1986; Gajdosik & Bohannon, 1987; Gogia et al., 1987), conocimientos anatómicos y una amplia experiencia clínica y deportiva. Además, los tests de la batería ROM-SPORT presentan excelentes valores de fiabilidad absoluta intra-examinador (ICC $\geq 0,90$ y MDC95 $\leq 6,9^\circ$) (Cejudo, Ayala, et al., 2015; Cejudo, Sainz de Baranda, et al., 2015).

Cada jugador realizó dos intentos máximos para cada tests de ROM 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. La aleatorización en la realización de los tests de valoración del ROM se llevó a cabo a través del empleo del software informático presente en <http://www.randomizer.org>.

Para la evaluación del ROM, se utilizó una camilla ajustable, un inclinómetro ISOMED (Portland, Oregon) Unilevel con varilla telescópica extensible, un goniómetro metálico de rama larga (Baseline® Stainless) y un lumbosant-soporte lumbar para estandarizar la curvatura lumbar- (Cejudo, Sainz de Baranda, et al., 2015; Santonja et al., 1995). Previo a cada sesión de valoración, el inclinómetro fue calibrado a 0° con la vertical o la horizontal (Cejudo, Ayala, et al., 2015; Cejudo, Sainz de Baranda, et al., 2015). Se registró el ángulo que forma el eje longitudinal del segmento movilizado (siguiendo su bisectriz) con la horizontal o vertical (Cejudo, Ayala, et al., 2015; Cejudo, Sainz de Baranda, et al., 2015; Gerhardt et al., 2002). Mientras que un goniómetro de rama larga ajustable fue utilizado para la valoración de la abducción de cadera.

Cada participante fue valorado con ropa deportiva y sin botas de fútbol. Cada jugador tuvo un tiempo de descanso de aproximado de 30 segundos entre cada uno de ambos intentos máximos, extremidad y test de ROM.

El final del test de ROM fue determinado por uno o ambos de los siguientes criterios: 1) el jugador avisaba de sentir tensión o una sensación de estiramiento muscular, sin alcanzar el umbral del dolor y 2) uno de los examinadores palpaba o apreciaban algún movimiento de compensación que incrementaba el ROM (Cejudo, Robles-Palazón, & Sainz De Baranda, 2019). El valor medio de ROM de los dos intentos fue utilizado para el posterior análisis estadístico (Cejudo, Robles-Palazón, & Sainz De Baranda, 2019). Sin embargo, cuando se observaba una diferencia mayor del 5% entre cada par de intentos, se repetía por tercera vez el test. En este caso, se seleccionaba el valor medio de los dos resultados más próximos (Cejudo, Robles-Palazón, & Sainz De Baranda, 2019). La justificación de este procedimiento para obtener el dato para el posterior análisis estadístico se fundamenta en los resultados de fiabilidad absoluta obtenidos previamente por los examinadores para cada uno de los test ROM (Cejudo, Ayala, et al., 2015; Cejudo, Sainz de Baranda, et al., 2015).

La potencia del tamaño muestral fue calculada a posteriori utilizando una metodología que ha sido publicada previamente (Faul et al., 2007). Tras añadir los parámetros de entrada, tamaño del efecto (d Cohen; diferencias de dos muestras dependiente -P50 vs P80 de cada test de la batería ROM-SPORT-), el tamaño muestra del estudio (n=22) y la probabilidad de error ($\alpha=0,05$) en el software G*Power 3.1.9.4 se obtuvo una potencia estadística de 0.86 ($1-\beta$ err prob).

Análisis estadístico

Previo a todo análisis estadístico, la distribución normal de los datos fue comprobada a través de la prueba Shapiro-Wilk. 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 entre los valores del lado dominante y no dominante. Además, se calculó el tamaño del efecto de Cohen de todos los resultados, y la magnitud del efecto era interpretado de acuerdo

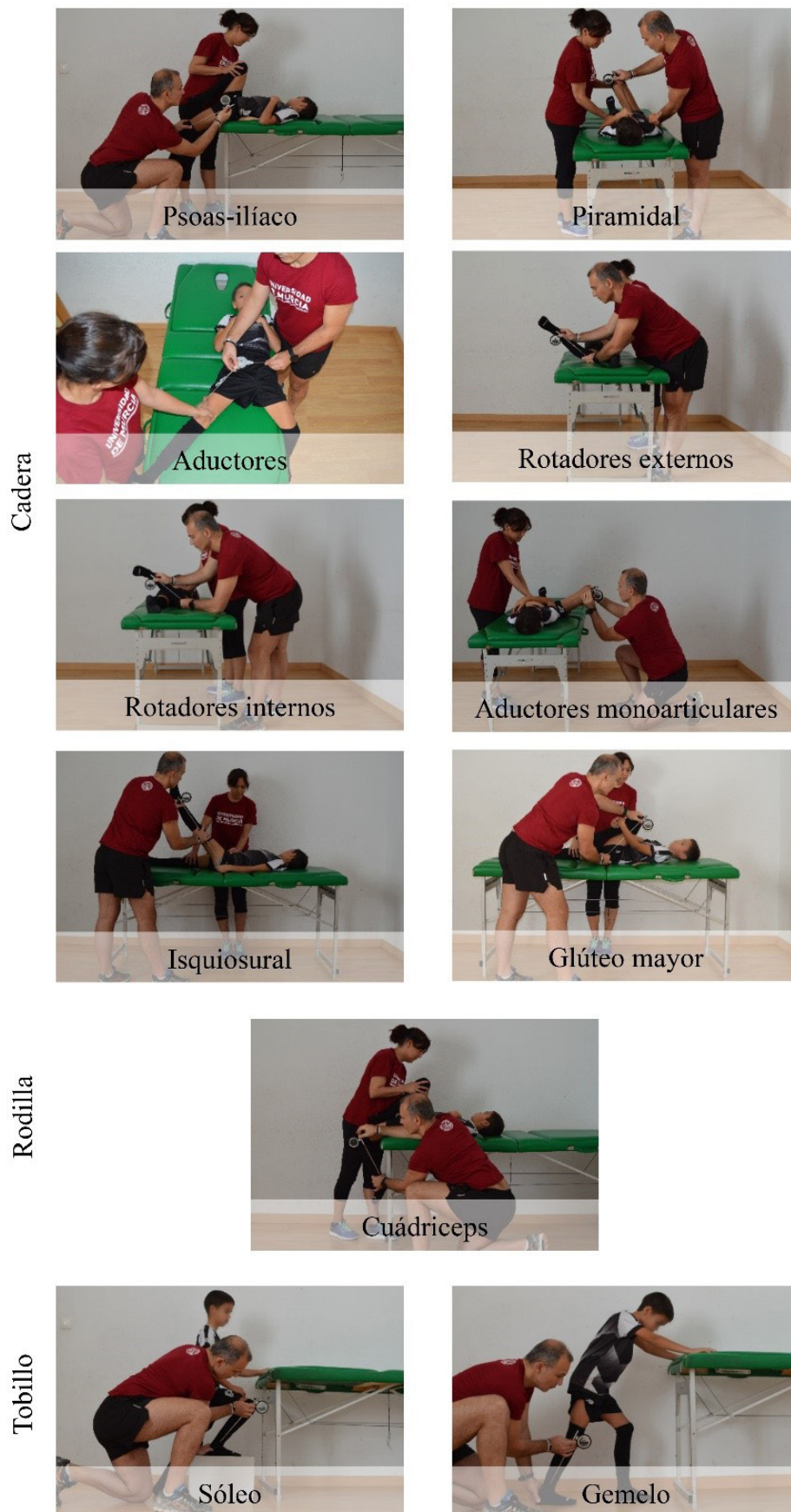


Figura 1. Evaluación de las 11 pruebas de valoración del rango de movimiento pasivo máximo de la batería ROM-SPORT (I): miembro inferior.

con los criterios de Hopkins (Hopkins et al., 2009), en el cual un tamaño de efecto menos de 0.2, de 0.2 a 0.59, de 0.6 a 1.19, de 1.20 a 2.00, de 2.00 a 3.99 y superior a 4.00 era considerado como trivial, pequeño, moderado, grande, muy grande y extremadamente grande, respectivamente. Los autores decidieron arbitrariamente "moderado" como el nivel mínimo de efecto relevante con aplicación práctica en los resultados.

Para el establecimiento del perfil óptimo de flexibilidad se siguió la propuesta de clasificación publicada previamente (Cejudo et al., 2017; Sainz de Baranda et al., 2015b), considerando el valor de cada ROM superior al percentil 80.

El análisis estadístico fue realizado mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences, v. 24.0, para Windows; SPSS Inc, Chicago) con un nivel de significación del 5% ($p < 0,05$).

Resultados

El análisis estadístico mostró valores normales en los datos de ROM analizados. También, fue observado diferencias estadísticas significativas de asimetría en la ADC ($p = 0,45$); sin embargo, la magnitud del tamaño del efecto fue "pequeña" en todos los valores de los tests ROM ($d < 0,2$). Por tanto, los valores medios de ambos lados corporales fueron utilizados para determinar el ROM de cada movimiento evaluado.

En la Figura 2 se observan los valores medios de ROM de cada movimiento evaluado de los 22 jugadores de fútbol sub-10. También, muestra los valores que determinan el perfil de flexibilidad óptimo; así como, esta misma figura incluye el número de jugadores sub-10 con valores de ROM óptimo.

Discusión

El presente estudio ha evaluado el ROM en 22 de jugadores de fútbol sub-10, cuyas edades coincide con el periodo sensible de la flexibilidad. El procedimiento de la batería ROM-SPORT ha determinado el perfil óptimo de flexibilidad en 21,8° para la EC, 43,4° para la ADC, 35,0° para la DTRE, 39,8° para la DTRF, 37,4° para la ABC, 62,4° para la RIC, 67,2° para la REC, 69,0° para la ABCF, 80,0° para la FCRE, 145,8° para la FR y 147,0° para la FC. Estos valores han sido obtenidos en los jugadores dentro del período biológico y cronológico dependiente de la edad más sensible de la flexibilidad. Por tanto, siguiendo las indicaciones de entrenamiento de Van Hooren y De Ste Croix (Hooren & Croix, 2020) se recomienda que los jugadores deben disponer de los valores óptimos de ROM solicitados por las demandas físico-técnicas deportivas de su deporte. En este sentido, 5 (22,7%) jugadores en DTRF, ABC, RIC, REC, FCRE, FR y FC, 6 (27,3%) jugadores en EC, ADC y ABCF, y 7 (31,8%) jugadores en DTRE del total de la muestra exhiben valores

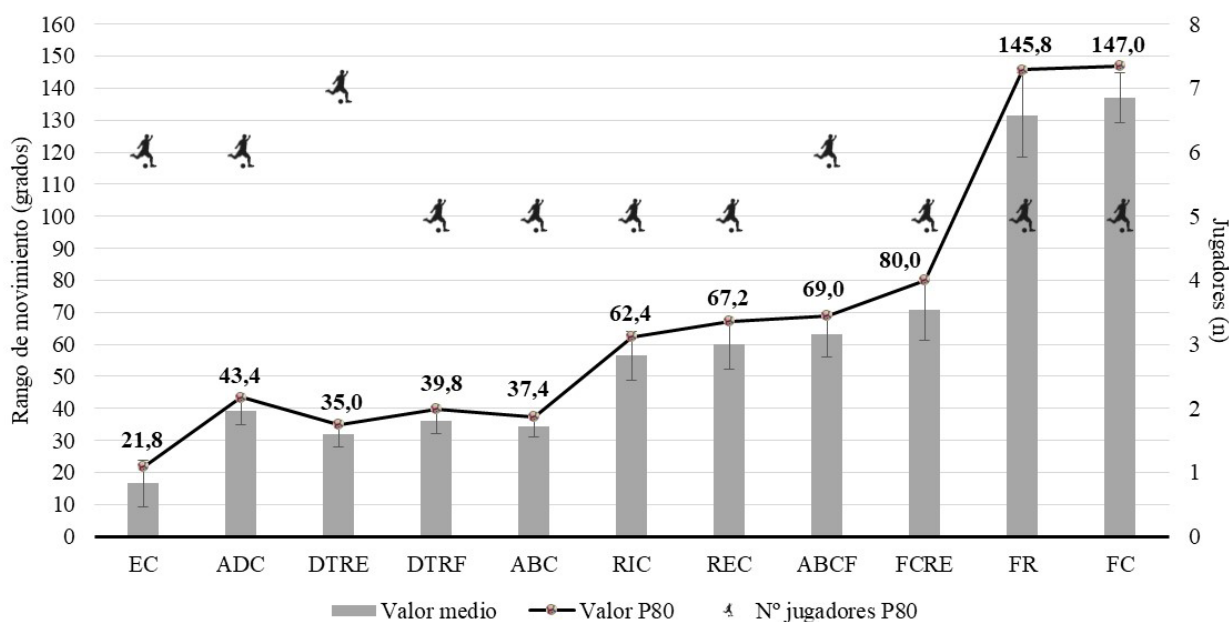


Figura 2. Perfil de flexibilidad óptimo de los jugadores sub-10 evaluados en el presente estudio.

apropiados en el perfil óptimo de flexibilidad del presente estudio.

La flexibilidad debe de entrenarse de manera prioritaria en edades comprendidas entre los 6 y 10 años, junto a la velocidad y las habilidades motrices y técnicas, de acuerdo al modelo de desarrollo deportivo a largo plazo. Por tanto, los entrenadores personales, preparadores y readaptadores físicos deben diseñar y aplicar un programa de flexibilidad para obtener los valores de referencia de flexibilidad de este deporte. Los jugadores de fútbol de élite son considerados los deportistas que deben de aportar los valores de referencia (Sainz de Baranda et al., 2015a), ya que éstos atletas manifiestan los parámetros óptimos del rendimiento deportivo. En la literatura científica se encuentra escasos estudios científicos que hayan valorado la flexibilidad (empleando pruebas de recorrido angular) en jugadores de fútbol de élite (o profesional) siguiendo un protocolo de valoración (Arnason et al., 2004; Bradley & Portas, 2007; Ekstrand et al., 1982; Manning & Hudson, 2009; Rahnama et al., 2005; Witvrouw et al., 2003). Ante la inexistencia de los valores óptimos del perfil de flexibilidad del fútbol de élite, éstos valores pueden ser tratados con "precaución" como valores de referencia a conseguir por los jugadores de fútbol base durante su periodo sensible para posibilitar un máximo rendimiento físico-técnico deportivo en el futuro.

Valores promedio de ROM de 1º para la EC (Arnason et al., 2004); 35,3º para el DTRE (Witvrouw et al., 2003); 33,5º (Ekstrand et al., 1982), 43,4º (Arnason et al., 2004), 50º (Manning & Hudson, 2009) o 53,3º (Witvrouw et al., 2003), 53,7º (Ibrahim et al., 2007) para el ABC; 76,7º (Henderson et al., 2010), 80,8º (Ekstrand et al., 1982), 90,6º (Rahnama et al., 2005), 94,6º (Witvrouw et al., 2003) para la FCRE; y 102º (Bradley & Portas, 2007; Ekstrand et al., 1982) o 117,5º (Manning & Hudson, 2009) para la FC han sido mostrados por jugadores que compiten en las principales categorías senior de fútbol en diferentes países europeos como Islandia (Arnason et al., 2004), Bélgica (Witvrouw et al., 2003) e Inglaterra (Henderson et al., 2010; Manning & Hudson, 2009; Rahnama et al., 2005).

Nuestros resultados del perfil óptimo de flexibilidad (P80) son inferiores a los valores promedio de ROM de los jugadores de fútbol elite o profesionales en ABC ([jugadores sub-10: 39,8º vs 50º (Manning & Hudson, 2009); 53,7º (Ibrahim et al., 2007); 53,3º (Witvrouw et

al., 2003)]) y FCRE ([jugadores sub-10: 80,0º vs 80,8º (Ekstrand et al., 1982); 90,6º (Rahnama et al., 2005); 94,6º (Witvrouw et al., 2003)]). Ante esta observación, parece ser que los jugadores de fútbol precisen una mayor extensibilidad de aductores (ABC) e isquiosurales (FCRE) para un mayor rendimiento físico-técnico deportivo en el fútbol requerido en cambios de dirección, sprints o golpes al balón (pases o tiros a puerta). Por el contrario, la restricción de la FCRE (<88,1º) y ABC (<28º) ha sido asociada con el esguince de tobillo y lesión muscular en jugadores de fútbol (Ekstrand et al., 1982; Witvrouw et al., 2003). Sin embargo, la disparidad de resultados de ROM en los diferentes estudios citados previamente debe de interpretarse con precaución debido al uso de diferentes procedimientos de evaluación en cada estudio.

En la FCRE, los autores (Bradley & Portas, 2007; Witvrouw et al., 2003) no informan acerca del control de los movimientos compensatorios durante el test pasivo máximo como la retroversión de la pelvis y el hundimiento de la hemipelvis contralateral. Tampoco se han aportado datos sobre el control del desplazamiento horario de la pelvis en sus procedimientos durante la ABC (Arnason et al., 2004; Bradley & Portas, 2007; Witvrouw et al., 2003). Lo mismo se observa en la FR, los estudios previos no detallan si los examinadores evitan o minimizan el movimiento acompañante de anteversión de la pelvis (Arnason et al., 2004; Bradley & Portas, 2007; Witvrouw et al., 2003); además, Bradley and Portas (2007) evalúan en este movimiento con la cadera en flexión, que posibilita un mayor limitación del tejido articular que del cuádriceps. Mientras que en otros autores (Arnason et al., 2004; Witvrouw et al., 2003) han optado por la posición decúbito prono para medir la FR sin mostrar el control o no de la anteversión de la pelvis (Ekstrand et al., 1982; Arnason et al., 2004). En estos tests de ROM de cadera, posiblemente resulte en un mayor valor del ROM debido al uso ineficaz de una cincha sobre la pelvis (Arnason et al., 2004; Ekstrand et al., 1982; Manning & Hudson, 2009) o no control de los movimientos acompañantes de la pelvis (Bradley & Portas, 2007; Witvrouw et al., 2003) para minimizar el movimiento de la región lumbosacra. En nuestro estudio, los examinadores intentan evitar los movimientos compensatorios de la región lumbosacra con la ayuda del segundo examinador y del uso del soporte lumbar. Al mismo tiempo, finaliza el test

cuando ambas maniobras no pueden contener las compensaciones comentadas anteriormente.

La rotación de la cadera (interna y externa) es valorada en decúbito supino con cadera y rodilla en flexión a 90° (Ibrahim et al., 2007). Estudios anatómicos han mostrado que los ligamentos limitan más los movimientos de rotación de cadera con ésta en flexión que en posición anatómica (Kapandji, 2007). Además, no se menciona en el artículo si los examinadores controlan los posibles movimientos compensatorios, lo que incrementa ambos ROM de cadera.

En la EC, algunos autores evalúan a sus participantes en una posición inicial con disminución total de la lordosis lumbar con la ayuda de la máxima flexión de cadera contralateral; esta maniobra posibilita un menor resultado en la EC gracias a un mayor alejamiento del origen del psoas- ilíaco (Arnason et al., 2004; Ekstrand et al., 1982). Otros autores decidieron evaluar la EC en decúbito prono, posición que dificulta realizar el movimiento pasivo; así como, esta posición dificulta la minimización de la compensación, anteversión pélvica (Bradley & Portas, 2007; Manning & Hudson, 2009).

El instrumento de medida y su ubicación también puede afectar al resultado del ROM en los movimientos evaluados, como el goniómetro (Ekstrand et al., 1982; Manning & Hudson, 2009; Witvrouw et al., 2003) o el análisis de imagen bidimensional (Arnason et al., 2004; Bradley & Portas, 2007; Henderson et al., 2010). En este sentido, la mayoría de los autores han utilizado diferentes reparos óseos en cada estudio para alinear los brazos del goniómetro (Arnason et al., 2004; Bradley & Portas, 2007; Ekstrand et al., 1982; Manning & Hudson, 2009). El ángulo formado por estos puntos no representa el mismo ROM que el eje longitudinal del segmento movilizado (bisectriz) con la posición anatómica de nuestro estudio. En este sentido, nosotros pensamos que nuestro procedimiento es más válido que los procedimientos descritos en los estudios citados. Parece ser que la bisectriz es más concordante con el eje longitudinal del fémur. Además, la sencillez de nuestro procedimiento ha contribuido a una excelente fiabilidad absoluta (Cejudo, Ayala, et al., 2015; Cejudo, Sainz de Baranda, et al., 2015).

Por último, aplicar una misma carga para realizar el movimiento pasivo con un tensiómetro (Arnason et al., 2004) o no realizar un calentamiento previo al procedimiento de evaluación del ROM

(Bradley & Portas, 2007; Witvrouw et al., 2003; Ekstrand et al., 1982) puede alcanzar resultados de ROM inferiores.

Uno de los puntos fuertes del presente estudio es el uso de un procedimiento de evaluación homogéneo como la batería ROM-SPORT, que se caracteriza por ser sencillo, rápido, por utilizar instrumentos de medida accesibles y económicos, y minimiza de manera más eficaz los posibles movimientos compensatorios gracias a la colaboración de un examinador asistente y la ayuda de un soporte lumbar "Lumbosant". Futuras investigaciones deberían considerar la intención de determinar el perfil óptimo de flexibilidad de fútbol en jugadores élite con este protocolo para disponer de los valores de referencia ideales, que facilite la interpretación de los resultados de ROM de los jugadores de fútbol base.

Aplicaciones prácticas

Una valoración en la pretemporada y un seguimiento al final de cada macrociclo del plan de entrenamiento podría ser una estrategia interesante para identificar a los jugadores con un ROM limitado según los valores de referencia del deporte.

De acuerdo con la evidencia actual, un programa de flexibilidad podría ser efectivo para aumentar la extensibilidad muscular y el ROM de los movimientos clasificados con ROM limitado y mejorar el equilibrio muscular en la articulación (Iwata et al., 2019; Law et al., 2009; Sato et al., 2017). El diseño de un programa de flexibilidad eficaz debe seguir las siguientes recomendaciones: ≥ 2 -3 días de frecuencia semanal, al menos una serie, entre 2 y 4 repeticiones, una intensidad de sensación de molestia muscular, técnicas de estiramiento variadas en función de la parte de la sesión de entrenamiento o el tipo de objetivo (estático -activo o pasivo, dinámico, balístico o facilitación neuromuscular propioceptiva) (Garber et al., 2011).

Conclusiones

El presente estudio ha determinado el perfil óptimo de flexibilidad de 22 jugadores de fútbol sub-10 en 21,8° para el psoas-ilíaco, 43,4° para el piramidal, 35,0° para el gemelo, 39,8° para el sóleo, 37,4° para los aductores, 62,4° para los músculos

rotadores externos de cadera, 67,2° para músculos rotadores internos de cadera, 69,0° para aductores monoarticulares, 80° para isquiosural, 145,8° para cuádriceps y 147° para glúteo mayor. Estos valores pueden ser utilizados como objetivos específicos cuantificables en el entrenamiento de la flexibilidad en el periodo sensible de esta cualidad física.

Financiación

Este estudio es parte del Proyecto de Investigación financiado por FEDER/ Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades - Agencia Estatal de Investigación/ Proyecto "Estudio del riesgo de lesión en jóvenes deportistas a través de redes de inteligencia artificial" (DEP2017-88775-P).

Referencias

- Arnason, A., Sigurdsson, S., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Risk Factors for Injuries in Football. *American Journal of Sports Medicine*, 32(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1177/0363546503258912>
- Aslan, H., Buddhadev, H., Suprak, D., & San Juan, J. (2018). Acute effects of two hip flexor stretching techniques on knee joint position sense and balance. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(5), 846–859. <https://doi.org/10.26603/ijsp20180846>
- Balyi, I., Way, R., & Higgins, C. (2013). Long-Term Athlete Development. Human Kinetics.
- Basnett, C., Hanish, M., Wheeler, T., Miriovsky, D., Danielson, E., Barr, J., & Grindstaff, T. (2013). Ankle dorsiflexion range of motion influences dynamic balance in individuals with chronic ankle instability. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(2), 121–128. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23593550>
- Battista, R., Pivarnik, J., Dummer, G., Sauer, N., & Malina, R. (2007). Comparisons of physical characteristics and performances among female collegiate rowers. *Taylor & Francis*, 25(6), 651–657. <https://doi.org/10.1080/02640410600831781>
- Bozic, P., Pazin, N., Berjan, B., Planic, N., & Cux, I. (2010). Evaluation of the field tests of flexibility of the lower extremity: reliability and the concurrent and factorial validity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2523–2531. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181def5e4>
- Bradley, P., & Portas, M. (2007). The relationship between preseason range of motion and muscle strain injury in elite soccer players. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 21, Issue 4).
- Cejudo, A., Ayala, F., Sainz de Baranda, P., & Santonja, F. (2015). Reliability of two methods of clinical examination of the flexibility of the hip adductor muscles. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(7), 976–983. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4675198/>
- Cejudo, A., Robles-Palazón, F., Ayala, F., De Ste Croix, M., Ortega-Toro, E., Santonja, F., & Sainz de Baranda, P. (2019). Age-related differences in flexibility in soccer players 8-19 years old. *PeerJ*, 2019(1), e6236. <https://doi.org/10.7717/peerj.6236>
- Cejudo, A., Robles-Palazón, F., & Sainz De Baranda, P. (2019). Fútbol sala de élite: diferencias de flexibilidad según sexo. E-Balonmano.Com: Revista de Ciencias Del Deporte, 15(1), 37–48. <http://dehesa.unex.es/handle/10662/9802>
- 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, 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.05.004>
- Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., 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.
- De la Fuente, A., & Gómez-Landero, L. (2019). Motor differences in cadet taekwondo athletes according to competition level. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 19(73), 63–75. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2019.73.005>
- Delgado, O., Martín, M.A., Zurita, F., Antequera, J.J. & Fernandez, M. (2009). Evolutividad de la capacidad flexora según el sexo y el nivel de enseñanza. *Apuntes. Medicina de l'Esport*, 44(161), 10-17.
- Di Santo, M. (2018). *Amplitud de movimiento*. Paidotribo.
- Ekstrand, J., Wiktorsson, M., Oberg, B., & Gillquist, J. (1982). Lower extremity goniometric measurements: a study to determine their reliability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 63(4), 171–175. <https://europepmc.org/abstract/med/7082141>
- Enwemeka, C. (1986). Radiographic verification of knee goniometry. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 18(2), 47–49.
- Faiss, R., Terrier, P., Praz, M., Fuchslocher, J., Gobelet, C., & Deriaz, O. (2009). Influence of Initial Foot Dorsal Flexion on Vertical Jump and Running Performance. *Article in The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2352–2357. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aff2cc>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Fourchet, F., Materne, O., Horobeanu, C., Hudacek, T., & Buchheit, M. (2013). Reliability of a novel procedure to monitor the flexibility of lower limb muscle groups in highly-trained adolescent athletes. *Physical Therapy in Sport*, 14, 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2012.02.004>
- Gajdosik, R., & Bohannon, R. (1987). Clinical measurement of range of motion: review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Physical Therapy*, 67(12), 1867–1872. <https://academic.oup.com/ptj/article-abstract/67/12/1867/2728156>
- Gannon, L. M., Bird, H. A., & Gan Non, L. M. (1999). The quantification of joint laxity in dancers and gymnasts: The quantiW cation of joint laxity in dancers and gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 17(9), 743–750. <https://doi.org/10.1080/026404199365605>
- Garber, C., Blissmer, B., Deschenes, M., Franklin, B., Lamonte, M., Lee, IM, ..., & Swain, D. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1334–1359. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318213feff>
- García-Pinillos, F., Ruiz-Ariza, A., Moreno del Castillo, R., & Latorre-Román, P. (2015). Impact of limited hamstring flexibility on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility in young football players. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1293–1297. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1022577>
- Gerhardt, J., Cocchiarella, L., & Lea, R. (2002). The practical guide to range of motion assessment. American Medical Association.
- Gogia, P., Braatz, J., Rose, S., & Norton, B. (1987). Reliability and Validity of Goniometric Measurements at the Knee. *Physical Therapy*, 67(2), 192–195. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ptj/67.2.192>
- Grosser, M., & Müller, H. (1992). Desarrollo muscular: un nuevo concepto de musculación. Barcelona: Ed. Hispano Europea.
- Henderson, G., Barnes, C., & Portas, M. (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. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.08.003>
- Hogg, J., Schmitz, R., Nguyen, A., & Shultz, S. (2018). Lumbo-Pelvic-Hip Complex Passive Hip Range-of-Motion Values Across Sex and Sport. *Journal of Athletic Training*, 53(6), 560–567. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-426-16>

- Holt, L., Pelham, T., & Holt, J. (2009). Flexibility: A Concise Guide To Conditioning, Performance Enhancement, Injury Prevention, and Rehabilitation. In G. C. and J. E. Herrera (Ed.), *Springer Science & Business Media*.
- Hooen, B., & Croix, M. (2020). Sensitive Periods to Train General Motor Abilities in Children and Adolescents: Do They Exist? A Critical Appraisal. *Strength & Conditioning Journal*, 1–8.
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Ibrahim, A., Murrell, G., & Knapman, P. (2007). Adductor Strain and Hip Range of Movement in Male Professional Soccer Players. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 15(1), 46–49. <https://doi.org/10.1177/230949900701500111>
- Iwata, M., Yamamoto, A., Matsuo, S., 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 Science and Medicine in Sport*, 18, 13–20. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6370952/>
- Kang, M.-H., Park, K.-H., & Oh, J.-S. (2015). Association of Ankle Kinematics and Performance on the Y-Balance Test With Inclinometer Measurements on the Weight-Bearing-Lunge Test. *Journal of Sport Rehabilitation*, 24, 62–67. <https://doi.org/10.1123/jsr.2013-0117>
- Kapandji, A. (2007). *Fisiología Articular T2: Miembro Inferior*. Médica Panamericana.
- Law, R., Harvey, L., Nicholas, M., Tonkin, L., Se Sousa, M., & Finniss, D. (2009). Stretch exercises increase tolerance to stretch in patients with chronic musculoskeletal pain: a randomized controlled trial. *American Physical Therapy Association*, 89(10), 1016–1026. <https://doi.org/https://doi.org/10.2522/ptj.20090056>
- Lee, E., Etnyre, B., & Poindexter, H. (1989). Flexibility characteristics of elite female and male volleyball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 29(1), 49–51.
- López-Valenciano, A., Ayala, F., Vera-García, F., De Ste Croix, M., Hernández-Sánchez, S., Ruiz-Pérez, I., Cejudo, A., & Santonja, F. (2019). Comprehensive profile of hip, knee and ankle ranges of motion in professional football players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(1), 102–109. <https://doi.org/10.23736/S00224707.17.079105>
- Magee, D. (2013). *Orthopedic physical assessment*. Elsevier Health Sciences.
- Manning, C., & Hudson, Z. (2009). Comparison of hip joint range of motion in professional youth and senior team footballers with age-matched controls: an indication of early degenerative change? *Physical Therapy in Sport*, 10(1), 25–29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2008.11.005>
- McKay, M., Baldwin, J., Ferreira, P., Simic, M., & Vanicek, N. (2017). Normative reference values for strength and flexibility of 1,000 children and adults. *Neurology*, 88, 36–43.
- Moreno, A., Gómez, E., & Martín, A. (2004). Valoración de la flexibilidad de tronco mediante el test del cajón en diferentes modalidades deportivas. *Selección: Revista Española e Iberoamericana de Medicina de La Educación Física y El Deporte*, 13(4), 148–154. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1068872>
- Norkin, C., & White, D. (2016). *Measurement Of Joint Motion: A Guide To Goniometry*. FA Davis.
- Overmoyer, G., & Reiser, R. (2015). Relationships between lower-extremity flexibility, asymmetries, and the Y balance test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(5), 1240–1247.
- Palmer, M., & Epler, M. (2002). *Fundamentos de Las Técnicas de Evaluación Musculoesquelética*. Paidotribo.
- Rahnama, N., Lees, A., & Bambaecichi, E. (2005). A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*, 48(11–14), 1568–1575. <https://doi.org/10.1080/00140130500101585>
- Rey, E., Padrón-Cabo, A., Barcala-Furelos, R., & Mecías-Calvo, M. (2016). Effect of High and Low Flexibility Levels on Physical Fitness and Neuromuscular Properties in Professional Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 37(11), 878–883. <https://doi.org/10.1055/s-0042-109268>
- Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., Ayala, F., & Santonja, F. (2015a). Perfil óptimo de flexibilidad del miembro inferior en jugadoras de fútbol sala. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 15(60), 647–662. <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2015.60.003>
- Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., Ayala, F., & Santonja, F. (2015b). Perfil óptimo de flexibilidad del miembro inferior en jugadoras de fútbol sala. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 15(60), 647–662. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2015.60.003>
- Sánchez, E. G., Águila, M. Q., & Rojas, J. Y. (2001). Consideraciones generales acerca del uso de la flexibilidad en el béisbol. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 7
- Sánchez-Sánchez, J., Pérez, A., Boada, P., García, M., Moreno, C., & Carretero, M. (2014). Estudio de la flexibilidad de luchadores de kickboxing de nivel internacional. *Arch Med Deporte*, 31(2), 85–91.
- Santonja, F., Ferrer, V., & Martínez, I. (1995). Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección*, 4(2), 81–91.
- Sato, M., Mase, Y., & Sairyo, K. (2017). Active stretching for lower extremity muscle tightness in pediatric patients with lumbar spondylolysis. *The Journal of Medical Investigation*, 64(1.2), 136–139. <https://doi.org/10.2152/jmi.64.136>
- Surgeons American Academy of Orthopaedic. (1965). *Joint Motion: Method of Measuring and Recording*. Churchill Livingstone.
- Thomas, J. R., Nelson, J. K., Silverman, S. J., & Silverman, S. J. (2001). *Research Methods in Physical Activity* 6th. Ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- 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. *American Journal of Sports Medicine*, 31(1), 41–46. <https://doi.org/10.1177/03635465030310011801>
- World Medical Association. (2014). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *The Journal of the American College of Dentists*, 81(3), 14–18. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199241323.003.0025>