



UNIVERSIDAD DE MURCIA
DEPARTAMENTO DE ACTIVIDAD FÍSICA Y
DEPORTE

Deporte y Flexibilidad:
Rendimiento Deportivo sin Riesgo de Lesión

D. Antonio Cejudo Palomo

2015



UNIVERSIDAD DE MURCIA

Departamento de Actividad Física y Deporte

Deporte y Flexibilidad:
Rendimiento Deportivo sin Riesgo de Lesión

Tesis para optar al grado de Doctor presentada por:

Antonio Cejudo Palomo

Directores:

Pilar Sainz de Baranda Andújar

Fernando Santonja Medina

Francisco Ayala Rodríguez

2015



UNIVERSIDAD DE MURCIA

**DEPARTAMENTO DE
ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE**

Facultad de Ciencias del Deporte

María del Pilar Sainz de Baranda Andújar

Doctora en Ciencias del Deporte y Profesora Contratada Doctor del
Departamento de Actividad Física y Deporte de la Universidad
de Murcia

AUTORIZA:

La presentación de la tesis doctoral titulada: “**Deporte y Flexibilidad: Rendimiento deportivo sin riesgo de lesión**”, realizada por **D. Antonio Cejudo Palomo**, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Y, para que surta los efectos oportunos al interesado, firmo la presente en Murcia, a veinticinco de Junio de dos mil quince.

D^a M^a Pilar Sainz de Baranda Andújar



UNIVERSIDAD DE MURCIA

**DEPARTAMENTO DE
ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE**

Facultad de Ciencias del Deporte

Fernando M. Santonja Medina

Doctor en Medicina y Cirugía y Profesor Titular del
Departamento de Cirugía, Pediatría, Obstetricia y Ginecología
de la Universidad de Murcia

AUTORIZA:

La presentación de la tesis doctoral titulada: “**Deporte y Flexibilidad: Rendimiento deportivo sin riesgo de lesión**”, realizada por **D. Antonio Cejudo Palomo**, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Y, para que surta los efectos oportunos al interesado, firmo la presente en Murcia, a veinticinco de Junio de dos mil quince.

D. Fernando Santonja Medina



UNIVERSIDAD DE MURCIA

**DEPARTAMENTO DE
ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE**

Facultad de Ciencias del Deporte

Francisco Ayala Rodríguez

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y Profesor
Ayudante Doctor del Departamento de Psicología de la Salud de la Universidad
Miguel Hernández de Elche

AUTORIZA:

La presentación de la tesis doctoral titulada: “**Deporte y Flexibilidad: Rendimiento deportivo sin riesgo de lesión**”, realizada por **D. Antonio Cejudo Palomo**, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Y, para que surta los efectos oportunos al interesado, firmo la presente en Murcia, a veinticinco de Junio de dos mil quince.

D. Francisco Ayala Rodríguez

Dedicado a...

Mis padres, D. Antonio Cejudo Cabello y Dña. M^a Nieves Palomo Trujillo, por cambiar mi vida con vuestro ejemplo y no con vuestra opinión "Antoñin ¿estudiar en Almería?"; espero que estéis orgullosos de cada decisión y etapa.

"Muévete y el camino aparecerá"

A mis hermanos, Juan Manuel, Verónica y José Ángel "Oche", por vuestro cariño y apoyo incondicional.

A mis sobrinos, José Ángel "Ochito" y Alejandra, espero que al igual que yo aprendáis la cultura del esfuerzo de los abuelos.

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis doctoral es el resultado de un proceso multidisciplinar, donde numerosas instituciones académicas y profesionales han trabajado conjuntamente en mi formación académica y humana.

Al Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y especialmente al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM) por haberme dado la oportunidad de introducirme activamente en la vida universitaria, y en concreto, de disponer de grandes profesionales, como los profesores Dra. Dña. Pilar Sainz de Baranda, Dr. D. Enrique Ortega Toro, Dr. D. José Manuel Palao Andrés, Dra. Dña. Gema Torres Luque, Dr. D. Eduardo Segarra Vicéns, Dr. D. Eduardo Armada Ros,... Así como, el Catedrático D. Andrés Martínez Almagro.

Al Grupo Investigación Aparato Locomotor, Fisioterapia y Deporte de la Universidad de Murcia, dirigido por el Dr. Fernando Santonja Medina, y al programa de doctorado de la Diplomatura de Fisioterapia de la Universidad de Murcia, por sus conocimientos del aparato locomotor, recursos materiales y contribución a mi proceso de formación científica.

Al Departamento de Actividad Física y Deporte, a la Comisión General de Doctorado y al Vicerrectorado de Planificación de Enseñanzas de la Universidad de Murcia por darme la oportunidad de presentar y defender la presente tesis doctoral.

A los clubes, Pozo Murcia Fútbol sala, Fútbol Sala Jumilla Montesinos, Universidad de Alicante Fútbol Sala femenino, UCAM Murcia Fútbol Sala femenino, Balonmano Puente-Genil Ángel Ximénez, Balonmano Maristas Murcia Ademur UCAM, UCAM Murcia Balonmano femenino, Real Murcia Club de Fútbol, UCAM Murcia Baloncesto, Baloncesto Jairis Alcantarilla, Triatlón Murcia, Triatlón Guerrita Alcantarilla, Gimnasia Trampolín Albacete y San Javier (Murcia), gracias por la ayuda prestada y colaboración en la determinación de los primeros valores de referencia del perfil de flexibilidad en el deporte.

A mi directora y hermana Dra. Dña. Pilar Sainz de Baranda Andújar por tus conocimientos, valores e ideas; mereces ser nuestra líder por tu profesionalidad, calidad humana, ilusión y generosidad. Además, a parte de nuestra amistad, me has dado junto al Ministro uno de los mayores tesoros de la vida, ser el Padrino de Jesús. A mi ahijado Jesús, por su grito de guerra y su gran abrazo a mis piernas en cada encuentro.

A mi director y maestro Dr. D. Fernando Santonja Medina por su sabiduría, experiencia y sabios consejos; el don de la sencillez y la aplicación práctica es la grandeza de tus enseñanzas. Además, no eres el mejor anfitrión sino de lo mejor eres el superior.

A mi director y hermano Dr. D. Francisco Ayala Rodríguez por tu generosidad científica y humana, rigor científico e inteligentes consejos; apuesto todo lo que soy, a que serás el futuro de la investigación en España. Además, eres mi “puma” y lo sabes.

A mis compañeros y amigos de investigación, a la Dr. Dña. Pilar Andújar Ortuño por tu amor de madre, a la Dra. Dña. Olga Rodríguez Ferrán por su amistad y ternura, a la Dra. Dña. Ana Ribas Pujante por su cariño y ánimo, a D. Guillermo y su hermano por ser p>80, a Dña. Jillian Elizabeth Frideres por su “Hello Antonio ¿Qué tal?” y su bonita sonrisa, a la Srta. María Rodríguez Iniesta por sus camillas elásticas y sus acrobacias humanas,... gracias por compartir estos años tan bonitos conmigo y junto a nuestra directora “Viva los Pilaristas”.

A mi hermano Dr. D. Enrique Ortega Toro en el recorrido desde “Cagigal a Ministro” y a su hijo mini-kike desde “Buyo a Casillas” por su apoyo estadístico e inteligentes consejos mientras degustamos los ricos encurtidos murcianos; también, por su amabilidad y hacerme sentir como uno más de la familia.

A los amigos, Segarras, Rodríguez, Peñalver, Díaz, Armadas, Lalos,... por acogerme bajo su regazo y ser mi familia cada domingo.

A mi gerente, D. Antonio Luna Guillamón, y a los directores deportivos, D. Félix M. Tremiño Gómez, D. David Mesonero Valverde, D. José Manuel Delgado Lozano y D. Jesús Morante Alcántara, por permitirme compatibilizar mi principal trabajo en el Centro Deportivo INACUA con la Universidad.

A mis amigos, Eduardo Morón Serrano, Inmaculada Aparicio Bajes y Juan Francisco García Martínez, por vuestra amistad, apoyo absoluto y sobretodo, ayudarme a ser más humano.

A mis monitores, Francisco J. Vallejos Torres, Alejandro Pérez Pérez, Ana Luisa Ruiz Fernández, Fernando Gómez Jiménez, Cristina Martínez Montoya,... por ocultar mis defectos y debilidades.

A mi Ángel Martínez Sánchez y mi Antonela Hernández Vicente por ser mis padres adoptivos murcianos “existís en mi corazón”.

A mis Abuel@s y tíos IN Murcian@s, y en especial a mi Victoria Arroyo Moreno por ofrecerse como sujetos experimentales, por quererme tanto “Ayyyyyyyyyy” y ser la alegría de la huerta murciana. También, a mi tita Merche Batalla Arroyo, por su cariño, ternura e inocencia.

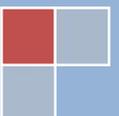
A mis amigos (Daniel Rodríguez “mi Dani”, José Antonio Hernández “Capea”, Eugenio Campos “Eu”, Oscar Aragón “Pavi” y Antonio Domínguez “Ñoño”) por enseñarme que la verdadera amistad no consiste en ser inseparables, se trata de estar distanciados y no cambiar nada.

A mis Ángeles Estrellas.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. PREÁMBULO.	3
CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN.	17
CAPÍTULO 3. OBJETIVOS.	75
CAPÍTULO 4. RESULTADOS: COMPENDIO DE PUBLICACIONES.	81
Línea de investigación I. Procedimientos exploratorios de la flexibilidad a través de test de recorrido angular en población deportista.	84
ARTÍCULO 1.	85
Línea de investigación II. Precisión de las pruebas de valoración: fiabilidad de la medida.	88
ARTÍCULO 2.	89
ARTÍCULO 3.	92
Línea de investigación III. Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en el deporte.	95
ARTÍCULO 4.	96
ARTÍCULO 5.	99
ARTÍCULO 6.	102
CAPÍTULO 5. APLICACIONES PRÁCTICAS.	105
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.	113
CAPÍTULO 7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.	119
CAPÍTULO 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	125
CAPÍTULO 9. GLOSARIO DE TÉRMINOS.	141
PUBLICACIONES DE LA TESIS DOCTORAL.	149

PREÁMBULO



1 PREÁMBULO

A lo largo de toda esta sección se va a realizar un recorrido cronológico de los acontecimientos científico-formativos más importantes que han marcado la historia y el devenir de la presente tesis doctoral, desde su inicio hasta su finalización.

Esta tesis doctoral tuvo su origen en el curso académico 2001-2002, cuando el doctorando Antonio Cejudo Palomo cursaba la Licenciatura de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte en la Universidad Católica San Antonio y decidió cambiar el itinerario de Gestión por el itinerario de Salud, al coincidir en las asignaturas de “Prescripción del Ejercicio Físico” y de “Recuperación Funcional del Deportista” con la profesora Dra. Pilar Sainz de Baranda Andújar.

A partir de este momento, por sus conocimientos, ideas y valores, la Dra. Pilar Sainz de Baranda Andújar y todo su equipo de trabajo han sido un referente y un apoyo fundamental para el alcance de los objetivos planteados, tanto a nivel profesional como a nivel académico.

El doctorando Antonio Cejudo Palomo inició su camino investigador formando parte del grupo de investigación “Raquis: Columna Vertebral y Actividad Física” dirigido por la Dra. Pilar Sainz de Baranda Andújar.

Durante los primeros años, como alumno interno del Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, el doctorando colaboró activamente en varios de los proyectos de investigación, tesis doctorales y tesis de máster que el grupo de trabajo liderado por la Dra. Sainz de Baranda tenía en desarrollo.

La actuación principal del doctorando fue la de colaborar en la fase de recogida de datos, mediante el registro de los resultados obtenidos en las distintas pruebas exploratorias a las que se vieron sometidos todos los sujetos experimentales.

Posteriormente, y tras finalizar sus estudios de “Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte”, el doctorando Antonio Cejudo Palomo se matriculó en el programa de doctorado “Bioantropología de la Salud y de la Longevidad” impartido en la Universidad Católica San Antonio de Murcia durante el bienio 2004-2006.

Con el objetivo de preparar el trabajo de campo que finalizaría con la obtención del Diploma de Estudios Avanzados, se analizaron las distintas líneas de investigación que hasta la fecha se habían desarrollado en la bibliografía en relación a la Flexibilidad y el Deporte.

La extensa revisión bibliográfica llevada a cabo por el doctorando identificó cinco líneas generales que se exponen a continuación:

- Línea 1: Efecto agudo de programas de optimización de la flexibilidad como parte del calentamiento pre-participación sobre el rendimiento deportivo posterior.
- Línea 2: Efecto agudo y crónico de programas de entrenamiento de la flexibilidad sobre el incremento del rango de movimiento "Range of Motion" (ROM).
- Línea 3: La valoración de la flexibilidad y la prescripción de programas de entrenamiento de la flexibilidad como estrategias de prevención de lesiones deportivas.
- Línea 4: La valoración de la flexibilidad y la prescripción de programas de entrenamiento de la flexibilidad como medidas de mejora del rendimiento físico-técnico deportivo.
- Línea 5: Influencia del entrenamiento y de la competición sobre la flexibilidad muscular, y su relación con la lesión deportiva.

Finalmente, el doctorando escogió la línea de investigación 5 relacionada con los "Efectos del entrenamiento y de la competición sobre la flexibilidad muscular de la extremidad inferior" tras la lectura del trabajo "Handball match effect on the flexibility of junior handball players", de los autores Zakas, Vergou, Zakas, Grammatikopoulou & Grammatikopoulou y publicado en el año 2002 en la revista *Journal of Human Movement Studies*.

Este estudio de investigación presentaba el objetivo de conocer los efectos agudos de una competición de balonmano sobre la flexibilidad de los principales grupos musculares de la extremidad inferior (glúteo mayor, isquiosural, aductores, psoas-iliaco, cuádriceps y sóleo) valorada a través del ROM (flexión de la cadera con rodilla en flexión, flexión de la cadera con la rodilla extendida, abducción de la cadera, extensión de la cadera, flexión de la rodilla y dorsi-flexión del tobillo) en condiciones de campo, justificando su estudio al estar relacionada un ROM limitado, por una menor extensibilidad muscular "extensibility" o cortedad "tightness", con la disminución del rendimiento deportivo y un incremento del riesgo de lesión muscular. El trabajo concluía que un partido de balonmano es un estímulo para mejorar la flexibilidad muscular de los jugadores.

Además, se encontraron otros trabajos, como el de Piliandis, Douda, Smilios, Nikolaidis, Tsarouchas & Tokmakidis (2002) titulado “Changes in muscular flexibility and performance during an Ultra-Marathon”. El objetivo era estudiar los cambios en la flexibilidad isquiosural después de una carrera de ultra-maratón, y examinar los efectos de dichos cambios sobre el rendimiento de los corredores. Además, se estudiaba el patrón de zancada en algunos corredores durante la carrera.

Los parámetros evaluados fueron: a) ROM de extensión de la rodilla desde la posición de flexión de tronco antes y después de la carrera; b) magnitudes de disminución del ROM de la rodilla calculado de la diferencia entre la medida antes y después de la carrera; c) ratio de disminución del ROM calculado entre las diferencias entre las mediciones antes y después de la carrera dividida por distancia corrida por cada sujeto. La medición se realizó al comienzo y final de la carrera (250 km) o cuando se producía el abandono. Se comparó entre los atletas que habían terminado la carrera y quienes no la terminaron.

Los resultados de los efectos de una ultra-maratón fueron: a) el ROM de la rodilla disminuía 12° (de $167^\circ \pm 15,8^\circ$ antes de la carrera a $155,5^\circ \pm 19,2^\circ$ al finalizar la prueba); b) no se encontraron diferencias entre los atletas que terminaron la carrera y quienes no la completaron. Aunque, los sujetos que completaron la carrera tenían un ratio de disminución menor en el ROM de la rodilla ($p < 0,05$); c) la frecuencia del paso era similar al principio y al final de la carrera en los corredores que completaron la prueba, aunque la longitud de zancada disminuyó 20 centímetros de promedio e incluso 40 centímetros en corredores que no completaron la carrera.

Los autores discuten los cambios de flexibilidad y rendimiento en la prueba justificando que los corredores que preserven mejor su flexibilidad serán capaces de cubrir más distancia, tendrán más opciones de finalizar la prueba y, por tanto, recorrerán mayor distancia antes de abandonar o finalizar la ultra-maratón, dado que existe correlación entre la disminución temporal de la extensibilidad o acortamiento muscular “tightness” y la distancia recorrida.

Para la obtención del Diploma de Estudio Avanzados, el doctorando Antonio Cejudo Palomo, finalmente realizó un estudio denominado “Efectos de una competición de baloncesto sobre el rango de movimiento de la extremidad inferior”. La lectura de este trabajo se realizó el 07 de noviembre de 2006.

Durante el curso académico 2005/2006, y con el objetivo de aumentar la formación en la materia de recuperación funcional, el doctorando realizó el Postgrado de "Readaptación al esfuerzo" en la Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud (Fundación Universitaria del Bages) impulsado por el Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña y la Universidad de Barcelona.

Tras estos primeros años de trabajo, el grupo de investigación se planteó profundizar en la metodología utilizada para la valoración de la flexibilidad muscular a través del ROM, ya que se encontraron numerosas discrepancias en los test angulares empleados, así como una ausencia de valores de referencia tanto en la población general como para la población deportista.

En este punto, se sumaron al proceso dos compañeros y amigos, los Doctores Fernando Santonja Medina y Francisco Ayala Rodríguez, ambos fundamentales en el proceso de formación y de asesoramiento científico en lo relativo al diseño y la descripción de los procedimientos exploratorios del ROM empleados en la presente tesis doctoral.

Tanto el Dr. Santonja como el Dr. Ayala, han contribuido en la base y realidad del diseño de un procedimiento exploratorio aplicable al ámbito deportivo para la valoración de la flexibilidad muscular a través del ROM de la extremidad inferior que se ha denominado ROM-SPORT. Este protocolo es una propuesta específica de pruebas de valoración del ROM de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo en base a criterios de validez y fiabilidad, sencillez del procedimiento exploratorio y austeridad en los recursos humanos y materiales, que facilita la medición de una muestra amplia en un tiempo reducido. Además, el estudio de la fiabilidad absoluta, en cada una de las pruebas de valoración en diferentes muestras ha contribuido a dar un salto cualitativo en el tratamiento estadístico de los resultados.

Por lo tanto, es posible establecer que la presente tesis doctoral es el resultado de un proceso formativo por diferentes instituciones académicas y disciplinas de conocimiento, el cual fue llevado a cabo en un principio en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Católica San Antonio de Murcia y que posteriormente, se continuó en el programa de doctorado de la Facultad de Medicina de la Universidad de Murcia y ha finalizado en la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Murcia.

Este trabajo en equipo ha permitido el desarrollo de un nuevo conocimiento científico en lo relativo al: (a) diseño de un procedimiento exploratorio para la valoración de la flexibilidad muscular a través del ROM, específico para el ámbito

deportivo, (b) grado de fiabilidad absoluta de las medidas de cada uno de los tests de valoración en deportistas, y (c) establecimiento de los valores de referencia de flexibilidad en varios deportes.

Todo este conocimiento permitirá a los profesionales del ámbito de las Ciencias del Deporte y de la Salud, disponer de información suficiente para adoptar un juicio de valor científicamente justificado sobre qué pruebas de valoración se pueden utilizar en la categorización de la flexibilidad de los deportistas y/o en el control de la eficacia de los programas de entrenamiento, ya sea desde el prisma del rendimiento físico-técnico deportivo o de la prevención de lesiones.

A modo de resumen, el trabajo científico desarrollado durante los 10 años de investigación aplicada desde que se realizaron los cursos de doctorado en el bienio 2004-2006 ha dado lugar a:

- 26 artículos científicos, publicados, aceptados o en proceso de revisión en revistas indexadas en ISI en "Subject Category Listing" del Journal Citation Reports del Science Citation Index (SCI) y del Social Sciences Citation Index (SSCI) o en otras bases de datos como Scopus, Catálogo Latindex, Ins-Rec o DICE.
- 3 ponencias invitadas (Máster de la Cátedra de riesgo Cardiovascular de la UCAM, Máster de Deportes Cíclicos de la Universidad de Murcia y el Máster Internacional en entrenamiento personal, prevención y readaptación físico-deportiva).
- 27 comunicaciones orales y 4 posters en congresos internacionales y nacionales.
- Colaboración en el proyecto titulado "Estudio del morfotipo raquídeo en gimnastas especialistas en la modalidad de trampolín (06/UPR20/08)", financiado por el Consejo Superior de Deportes.
- Colaboración en el proyecto titulado "Valoración del plano sagital de la columna vertebral en deportistas de élite (PAMAFI-PI-04/1C/07)", financiado por la Universidad Católica San Antonio de Murcia.
- Colaboración en el proyecto titulado "Valoración de la columna vertebral en actividades de la vida diaria y actividades deportivas (ejercicios de fortalecimiento y estiramientos) (PAMAFI-PI-08/1C/05)", financiado por la Universidad Católica San Antonio de Murcia.
- Colaborador del proyecto titulado "Valoración de un programa de ejercicio físico para la mejora de la densidad ósea, la disposición sagital de la columna vertebral y la prevención de caídas en personas mayores (PRSAN/06/FN/03)", financiado por la Fundación Séneca.

- Un premio de investigación a la 2ª mejor comunicación oral del VII Congreso Internacional de Fútbol, Cartagena Puerto de Culturas, celebrado en Cartagena el año 2011, por el trabajo “Perfil de flexibilidad del jugador de fútbol sala”.
- Un premio de investigación a la mejor comunicación oral del I Congreso Nacional de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, celebrado en Murcia el año 2007, por el trabajo “Densidad mineral ósea en mujeres posmenopáusicas activas y sedentarias”.

Además, el doctorando ha desarrollado docencia universitaria en tres departamentos como:

- profesor asociado de la Facultad de Ciencias de la Salud, la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Católica San Antonio de Murcia, durante los cursos académicos: 2006/2007, 2007/2008 y 2008/2009. Impartiendo docencia en las asignaturas de (a) Actividad Física en Adultos y Mayores; (b) Prescripción del Ejercicio Físico para la Salud; y (c) Prácticum en el itinerario de Actividad Física y Salud, como coordinador y profesor del mismo.
- profesor asociado de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Católica San Antonio de Murcia, durante el curso académico: 2008/2009. Impartiendo docencia en la asignatura de (a) Biomecánica Humana.
- profesor sustituto de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Murcia, durante el curso académico: 2012/2013. Impartiendo docencia en la asignatura de (a) Planificación y Control del Rendimiento Deportivo.

Actualmente, ha sido nombrado Profesor Honorario de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Murcia.

Por último destacar que estos 10 años de trabajo académico, también han servido para mejorar la calidad del ámbito profesional que el doctorando lleva desarrollando, desde su salida de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, en el Centro Deportivo INACUA (Grupo Ferrovial).

En el Centro Deportivo INACUA, el doctorando ha evolucionado desde el puesto de “Monitor de la sala de Fitness” hasta el actual, siendo “Coordinador del Área Fitness y del Área Salud” y “Director técnico” de la instalación deportiva. También durante estos años ha desempeñado funciones de Director técnico del contrato público “Cursos de Gerontogimnasia en los Centros Sociales de Mayores” promovido por el Ayuntamiento de Murcia (1.900 personas mayores realizando ejercicio físico en cada uno de los 67 Centros Sociales de Mayores de la región).

ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA PRESENTE MEMORIA DE TESIS DOCTORAL

Siguiendo la normativa establecida por la Comisión General de Doctorado de la Universidad de Murcia, en lo relativo a los requerimientos formales y de estilo que deben seguir las tesis doctorales estructuradas como compendio de publicaciones, el presente trabajo está dividido en:

1. Una introducción general en la que se presentan los trabajos y se justifica la unidad científica de la tesis.
2. Un resumen global de los objetivos de la investigación.
3. Una copia de los artículos. Señalando la referencia completa, los datos personales de todos los autores y de la revista en que han sido aceptados o publicados, y especificando cuál ha sido la aportación del doctorando en los trabajos incluidos.
4. Un resumen global de las conclusiones.

A su vez, se ha añadido un apartado de: (a) Preámbulo, (b) Aplicaciones prácticas, (c) Futuras líneas de investigación, (d) Referencias bibliográficas y (e) Glosario de términos.

El compendio de trabajos científicos del que forma parte la presente tesis doctoral se presenta a continuación en el formato en que han sido previamente publicados o aceptados. Estos artículos han sido seleccionados de entre todos los que se han desarrollado hasta la realización de la presente memoria de tesis doctoral, por ser los que mejor representan las diferentes líneas de investigación que han sido objeto de estudio.

En este sentido, en esta tesis doctoral se han establecido tres líneas de investigación:

- Línea de investigación 1 titulada: "Procedimientos exploratorios de la flexibilidad a través de test de recorrido angular en población deportista".
- Línea de investigación 2 titulada: "Precisión de las pruebas de valoración: Fiabilidad de la medida".
- Línea de investigación 3 titulada: "Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en el deporte".

La Comisión General de Doctorado vistos el informe previo del Director del Departamento de Actividad Física y Deporte, y el visto bueno de la Comisión de Ramas de Conocimiento de Ciencias de la Salud, permite la presentación de la presente tesis doctoral como compendio de publicaciones con los siguientes 6 artículos seleccionados y propuestos por el doctorando, de los cuales un artículo corresponde a la línea de investigación 1, dos artículos corresponden a la línea de investigación 2 y tres artículos corresponden a la línea de investigación 3.

Los 6 artículos han sido publicados y las características de los mismos se presentan en las tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1. Compendio de publicaciones relativas a la Línea de investigación 1: Procedimientos exploratorios de la flexibilidad a través de test de recorrido angular en población deportista.

Tipo de estudio	Título	Objetivo principal	Revista	Estado actual
Diseño				
Descriptivo	A simplified version of the weight-bearing ankle lunge test: Description and test-retest reliability.	<p>a) Describir una nueva versión del test de la zancada, que es sencillo de ejecutar, que permite evaluar directamente el rango de movimiento de la dorsi-flexión del tobillo en grados en un periodo de tiempo corto adoptando una cómoda posición de exploración.</p> <p>b) Estimar la fiabilidad test-retest de la medida del rango de movimiento de la dorsi-flexión obtenida de la nueva versión del test de la zancada.</p>	Manual Therapy	Publicado
Medidas repetidas				

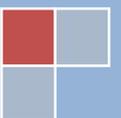
Tabla 2. Compendio de publicaciones relativas a la Línea de investigación 2: "Precisión de las pruebas de valoración: Fiabilidad de la medida".

Tipo de estudio	Título	Objetivo principal	Revista	Estado actual
Diseño				
Medidas repetidas	Fiabilidad absoluta de 2 pruebas clínicas para la estimación de la flexibilidad del tríceps sural.	Examinar la fiabilidad absoluta inter-sesión de las pruebas de estimación de la flexibilidad de la musculatura del tríceps sural rango de movimiento-sóleo y rango de movimiento-gemelo en jugadores/as profesionales de fútbol sala.	Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte	Publicado
Medidas repetidas	Reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscles flexibility in futsal and handball players.	Determinar la fiabilidad intra-examinador inter-sesión de 7 pruebas de estimación de la flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala y balonmano.	Physical Therapy in Sport	Publicado

Tabla 3. Compendio de publicaciones relativas a la Línea de investigación 3: “Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en el deporte”.

Tipo de estudio	Título	Objetivo principal	Revista	Estado actual
Diseño Observacional Descriptivo	Rango de movimiento de la extremidad inferior en atletas de Duatlón.	Establecer cuantitativamente los valores de referencia de rango de movimiento normal de un deporte y así, establecer su perfil de flexibilidad normal.	SportK Revista Euroamericana de Ciencias del Deporte	Publicado
Observacional Descriptivo	Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores sénior de balonmano.	Definir cuantitativamente los valores normativos del perfil de flexibilidad en jugadores sénior de balonmano.	Cuadernos de Psicología del Deporte	Publicado
Observacional Descriptivo	Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala.	Definir cuantitativamente los valores de referencia del perfil de flexibilidad en veinte jugadores profesionales de fútbol sala.	Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte	Publicado

INTRODUCCIÓN



2 INTRODUCCIÓN

2.1. PROPUESTA DE PROTOCOLO DE VALORACIÓN DEL RANGO DE MOVIMIENTO DE LA EXTREMIDAD INFERIOR: PROTOCOLO “ROM-SPORT”

Resumen

Un rango de movimiento “range of motion” limitado ha sido considerado como uno de los principales factores de riesgo intrínseco y modificable de las lesiones deportivas de mayor prevalencia. Además, en determinados deportes, el disponer de elevados valores de rango de movimiento en la mayoría de los movimientos es fundamental para la ejecución de los gestos técnicos que más puntúan los jueces. Así, la valoración del rango de movimiento es fundamental no sólo como medida preventiva de lesiones, sino también en ciertos deportes, como objetivo cuantificable del entrenamiento y factor fundamental de rendimiento físico-técnico deportivo. Sin embargo, y a pesar del gran número de pruebas de valoración del rango de movimiento descritas en la literatura científica, no existe un consenso sobre cuáles son las más apropiadas para este fin. El objetivo principal de este trabajo es presentar una propuesta específica de pruebas de valoración del rango de movimiento de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo en base a criterios de validez y fiabilidad, sencillez del procedimiento exploratorio y austeridad en los recursos humanos y materiales.

Palabras clave: prevención de lesiones, deporte, evaluación, movilidad, flexibilidad.

2.1.1. INTRODUCCIÓN.

La práctica deportiva posee un rol predominante en la sociedad actual (Baarveld, Visser, Kollen & Backx, 2011). Son muchas las razones por las que millones de personas en todo el mundo practican algún tipo de deporte (recreativo o élite). Sin embargo, toda práctica deportiva lleva inherente un incremento significativo del riesgo de sufrir una lesión deportiva (Bahr & Home, 2003). En este sentido, estudios previos informan de que las lesiones relacionadas con la práctica deportiva constituyen ya el 10-19% de todas las lesiones atendidas en los Servicios de Urgencias (Baarveld et al., 2011; Lindqvist, Timpka & Bjurulf, 1996; Ytterstad, 1996). Además, esta preocupante tasa de lesiones deportivas podría verse incrementada notablemente como consecuencia del aumento exponencial en el número de deportistas que se está experimentando en los últimos años en todo el mundo.

Numerosos estudios científicos e instituciones relacionadas con la Medicina y las Ciencias del Deporte, enfatizan la importancia de realizar evaluaciones pre-participación y controles periódicos de aquellos factores potencialmente causantes de lesión deportiva (American College of Sports Medicine [ACSM], 2013; Baechle & Earle, 2008). Esta medida permitirá identificar a las personas expuestas a un alto riesgo de lesión y poder así aplicar acciones preventivas específicas (van Mechelen, Hlobil & Kemper, 1992; Emery & Meeuwisse, 2001).

El rango de movimiento "Range of Motion" (ROM) limitado por la menor extensibilidad muscular (cortedad muscular "tightness"), ha sido considerado como uno de los principales factores de riesgo intrínseco y modificable en algunas de las lesiones deportivas con mayor prevalencia. Así, la pubalgia ha sido relacionada con la restricción de la abducción (Verrall, Slavotinek, Barnes, Esterman, Oakeshott & Spriggins, 2007; Arnason, Sigurdsson, Gudmundsson, Holme, Engebretsen & Bahr, 2004) y de la rotación interna de la cadera (Ibrahim, Murrell & Knapman, 2007); la rotura de fibras de la musculatura isquiosural ha sido relacionada con la restricción de la flexión de la cadera (Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have & Cambier, 2003); la rotura de fibras del cuádriceps ha sido relacionada con la restricción de la flexión de la rodilla (Witvrouw et al., 2003); la tendinopatía rotuliana ha sido relacionada con la restricción de la flexión de la cadera (Witvrouw, Bellemans, Lysens, Danneels & Cambier, 2001) y la tendinopatía Aquilea con la restricción de la flexión dorsal del tobillo (Wilder & Sethi, 2004).

También, el dolor lumbar inespecífico ha sido relacionado con la restricción de la flexión, extensión y rotación interna de la cadera (Biering-Sorensen, 1984; Vad, Gebeh, Dines, Altchek & Norris, 2003; Kolber & Fiebert, 2005) y el dolor fémoro-patelar con la restricción de la flexión de la cadera (Witvrouw, Van Tiggelen & Willems, 2011).

Por otro lado, en el contexto del rendimiento físico-técnico deportivo, disponer de valores de ROM elevados se antoja esencial en determinados deportes tales como la gimnasia rítmica y artística, la modalidad de saltos de natación y el patinaje artístico, donde se requiere una amplitud de movimiento extrema en la mayoría de las articulaciones para la ejecución de los gestos técnicos que más puntúan los jueces (Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala & Santonja, 2014c).

Por lo tanto, parece clara la necesidad de valorar el ROM (especialmente de las principales articulaciones de la extremidad inferior por su elevada tasa de lesiones) no sólo como medida preventiva de lesiones sino también y en ciertos deportes, como objetivo cuantificable del entrenamiento y factor fundamental del rendimiento físico-técnico deportivo.

Para realizar una valoración precisa del ROM es necesario que la selección de pruebas diagnósticas esté basada en los siguientes criterios ordenados jerárquicamente: (1) elevado grado de validez y fiabilidad, (2) procedimiento exploratorio sencillo, (3) material accesible y económico, (4) reducido tiempo para realizar la medición; y (5) que se precise un máximo de 1 ó 2 examinadores (Hopkins, 2000).

En la literatura científica se encuentra descritas un gran número de pruebas para valorar el ROM de las articulaciones de la extremidad inferior (cadera, rodilla y tobillo) (American Academic of Orthopedic Surgeon [AAOS], 1965; Bennell, Talbot, Wajswelner, Techovanich & Kelly, 1998; Gerhardt, Cocchiarella & Lea, 2002; Harvey, 1998; Magee, 2002; Peterson, Kendall & Geise, 2005; Prentice, 2003). Sin embargo, y a pesar de la gran variedad de pruebas de valoración, cuando se analizan en profundidad los procedimientos exploratorios y el equipamiento necesario para llevarlas a cabo, numerosas limitaciones son identificadas. Por ejemplo, muchas pruebas basadas en medidas lineales involucran el movimiento de más de una articulación (ej.: sit and reach) y/o requieren de ecuaciones de estimación para expresar los resultados en grados (ej.: weight-bearing ankle lunge test), factores ambos que limitan el grado de validez de sus resultados. Además, las pruebas de valoración activas (ej.: active straight leg raise test, hip joint angle test...) requieren que la persona explorada posea una elevada coordinación intermuscular que conlleve la activación de la musculatura agonista al movimiento y la relajación simultánea de la musculatura antagonista y evaluada (Fredriksen, Dagfinrud, Jacobsen & Maehlum, 1997), aspecto éste que limita su aplicación en poblaciones que posean un bajo nivel de condición

física (Ayala, Sainz de Baranda, De Ste Croix & Santonja, 2012). La medida activa está fuertemente influenciada por el dolor, esfuerzo, motivación y actitud (American Medical Association [AMA], 2001). Además, no posibilita la comparación de los resultados de la valoración del ROM entre deportes por los diferentes valores de fuerza (Hahn, Foldspang, Vestergaard & Ingemann-Hansen, 1999). Finalmente, ciertas pruebas requieren del empleo de cámaras de video de alta resolución y software informáticos específicos para cuantificar en grados el movimiento de las articulaciones, circunstancia ésta que limita su utilidad hacia contextos con bajos recursos económicos.

El diseño de un protocolo de valoración del ROM compuesto por pruebas que cumplan los requisitos anteriormente citados sería de gran ayuda para los profesionales de la Medicina y de Ciencias del Deporte, ya que les permitiría identificar de forma precisa y rápida aquellos deportistas que se encuentran en situación más vulnerable de sufrir una lesión deportiva y poder así aplicar programas de flexibilidad preventivos de mejora de la extensibilidad muscular y del ROM, además de controlar y realizar su seguimiento durante una temporada deportiva. Asimismo, en el contexto científico, el disponer de protocolos de valoración basados en la evidencia científica permitirá progresar en el conocimiento de la importancia del ROM como factor de riesgo intrínseco y modificable de lesiones derivadas de la práctica deportiva, el establecimiento de valores de referencia normativos y lesivos, así como en la evaluación de la eficacia de programas de intervención para modificar y/o mantener los valores iniciales.

El objetivo principal de este trabajo es presentar una propuesta específica de pruebas de valoración del ROM de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo en base a criterios de validez y fiabilidad, sencillez del procedimiento exploratorio y austeridad en los recursos humanos y materiales.

2.1.2. PROTOCOLO DE VALORACIÓN “ROM-SPORT” DE LA EXTREMIDAD INFERIOR.

El presente protocolo de valoración ha quedado formado por 7 pruebas de valoración en su versión corta y 11 pruebas de valoración en su versión larga (figura 1):

- La flexión de cadera con rodilla flexionada para valorar la flexibilidad del glúteo mayor.
- La flexión de cadera con rodilla extendida o test de Elevación de la Pierna Recta para valorar la flexibilidad de la musculatura isquiosural.
- La extensión de la cadera con rodilla flexionada o Test de Thomas Modificado para valorar la flexibilidad del psoas-iliaco.
- La abducción de la cadera en flexión o la abducción de la cadera con rodilla estirada para valorar la flexibilidad de los aductores (pectíneo, aductor corto, aductor mediano o largo, aductor mayor y recto interno o “gracilis”).
- La aducción de la cadera en flexión para valorar la flexibilidad de los abductores (piramidal o “piriforme”, glúteo medio, glúteo menor y tensor de la fascia lata).
- La rotación interna de la cadera para valorar la flexibilidad de los rotadores externos (piramidal, obturador interno y externo, gemelo superior e inferior y cuadrado femoral).
- La rotación externa de la cadera para valorar la flexibilidad de los rotadores internos (glúteo medio, glúteo menor y tensor de la fascia lata).
- La flexión de la rodilla para valorar la flexibilidad del cuádriceps.
- La flexión dorsal del tobillo con la rodilla extendida para valorar la flexibilidad del gemelo.
- La flexión dorsal del tobillo con la rodilla flexionada para valorar la flexibilidad del sóleo.



Glúteo mayor



Isquiosural



Psoas iliaco



Aductores

Aductores
monoarticulares

Cuádriceps



Rotadores internos



Abductores



*Rotadores externos



Sóleo



Gemelo

Figura 1. Representación gráfica de las 11 pruebas de valoración del rango de movimiento pasivo máximo utilizadas en el protocolo "ROM-SPORT".

2.1.3. VALIDEZ DEL PROTOCOLO “ROM SPORT”.

La validez de una prueba de evaluación podría ser definida como el grado de precisión con el cual ésta mide exactamente aquello que se ha propuesto medir, es decir, el grado con el cual se cumple su objetivo (Hopkins, 2000). En este sentido, todas las pruebas de evaluación seleccionadas para el protocolo ROM-SPORT han sido aceptadas como válidas por las más prestigiosas Organizaciones Americanas de Medicina (AAOS, 1965; AMA, 2001) e incluidas en los manuales más acreditados del área de la Medicina y Ciencias del Deporte (Magee, 2002; Palmer & Epler, 2002; Prentice, 2003; Clarkson, 2003; Peterson et al., 2005), basándose en los conocimientos anatómicos, en las habilidades y en una amplia experiencia práctica.

Un aspecto importante tras la evaluación del ROM e íntimamente ligado al concepto de validez, es la interpretación de los resultados obtenidos. En este sentido, es fundamental el establecimiento de valores o límites/punto de corte que permitan a clínicos, preparadores físicos y demás profesionales de la Medicina y Ciencias del Deporte identificar a deportistas que se encuentran en una situación más vulnerable para sufrir una lesión. Este conocimiento permitirá la aplicación temprana de programas de entrenamiento individualizados destinados a la mejora (deportistas con valores limitados -cortedad muscular- o con alto riesgo de lesión) o mantenimiento (deportistas con valores de normalidad o con bajo riesgo de lesión) de los valores iniciales de ROM y así poder minimizar el impacto de uno de los principales factores de riesgo de lesión de la extremidad inferior.

En la tabla 4 se presentan para cada una de las 11 pruebas de valoración seleccionadas en el protocolo ROM-SPORT los valores de normalidad y limitados (cortedad muscular) que podrán ser utilizados por los profesionales de la Medicina y Ciencias del Deporte para categorizar el ROM de acuerdo a la evidencia científica existente. Sin embargo, es necesario destacar que no existe unanimidad al fijar dichos valores limitados y de normalidad para las diferentes pruebas de valoración del ROM, de ahí que varias de ellas presenten diferentes puntos de corte y que su interpretación se deba de realizar con cautela.

Tabla 4: Valores-límites de normalidad y limitado (cortedad muscular) de las pruebas de valoración seleccionadas para el protocolo "ROM-SPORT".

Prueba de valoración (grados)	Normalidad / Bajo Riesgo de Lesión	Limitado (cortedad)/ Alto Riesgo de Lesión
Flexión de la cadera con rodilla flexionada	120-135° ^{1,4,5,8-10}	<120° ⁹
		<114° ¹⁴
		<111° ²²
Flexión de la cadera con rodilla extendida	≥90° ² ≥80° ^{3,4,12} ≥75° ⁷ >70° ⁹ ≥80° ¹⁶	≤70-80° ⁹
		≤74° ⁷
		≤70° ^{17,23}
		≤83,7° ²⁰
		≤68° ¹⁵
Extensión de la cadera	≥0° ^{4,9,10}	<0° ^{4,8-10}
		<13° ¹⁵
Abducción de la cadera	45° ^{1,6,8-10,13} 50° ⁵	<45° ¹⁰
		<28° ¹⁵
Abducción de la cadera en flexión	45°-60° ¹ 50° ⁵	-
		-
Aducción de la cadera en flexión	20° ⁴ 30° ⁵	-
		-
Rotación interna de la cadera con rodilla flexionada	30° ^{5,9} 40° ⁸ 45° ¹	-
		-
		-
Rotación externa de la cadera con rodilla flexionada	30-45° ⁹ 45°-50° ^{1,5,8,10}	<25° ²²
		<25° ²²
Flexión de la rodilla	-	<80° ^{4,9}
		≤110° ¹⁷
Flexión dorsal del tobillo con rodilla extendida	≥30° ^{11,10}	<30° ¹¹
		<11,5° ¹⁹
		<17° ¹⁵
Flexión dorsal del tobillo con rodilla flexionada	≥40° ¹¹	<40° ¹¹
		<18,5° ¹⁹
		<34° ¹⁸
		<45° ²¹

Nota: los superíndices hacen reseñan el número de la referencia bibliográfica expuesta a continuación: (a) Población general: 1: American Academia of Orthopaedic Surgeons (1965); 2: Cosentino (1985); 3: Goeken & Hof (1993); 4: Peterson et al. (2005); 5: Gerhardt (1994); 6: Norhin & White (1995); 7: Ferrer (1998); 8: Gerhardt et al. (2002); 9: Palmer & Epler (2002); 10: Clarkson (2003); 11: Norris (2004); 12: Travell & Simon (2004); 13: Taboadela (2007); 14: Holla, van der Leeden, Roorda, Bierma-Zeinstr, Damen, Dekker & Steultjens (2012), y (b): Población activa y deportista: 15: Ekstrand & Gillquist (1982); 16: Hellsing (1988); 17: Kibler, McQueen & Uhl (1988); 18: Pope, Herbert & Kirwan (1998); 19: Kaufman, Brodine, Shaffer, Johnson & Cullison (1999); 20: Witvrouw et al. (2001); 21: Malliaras, Cook & Kent (2006); 22: L'Hermette, Polle, Tourny-Chollet & Dujardin (2006); 23: Okamura, Wada, Tazawa, Sohmiya, Ibe, Shimizu, Usuda, & Shirakura (2014).

2.1.4 FIABILIDAD DEL PROTOCOLO "ROM-SPORT".

El concepto de fiabilidad hace referencia a la repetitividad de una medida, esto es, si la aplicación del instrumento de evaluación reporta consistentemente los mismos resultados bajo las mismas condiciones. La fiabilidad de una medida está determinada por factores humanos (experiencia del examinador o grado de entrenamiento a la hora de administrar la prueba, variaciones en la metodología de evaluación y la variabilidad individual del examinado) y/o el instrumento de medición utilizado. Dado que los instrumentos de medición más empleados para valorar el ROM (inclinómetro y goniómetro) han demostrado ser fiables (Clapper & Wolf, 1988; Tousignant, Boucher, Bourbonnais, Gravelle, Quesnel, & Brosseau, 2001), la fiabilidad de las medidas obtenidas en las pruebas de evaluación dependerá principalmente de factores humanos (Hayen, Dennis, & Finch, 2007). Dos aspectos diferentes relacionados con los factores humanos que influyen en la fiabilidad deben ser abordados antes de considerar una medida apropiada para fines clínicos, físico-deportivos y científicos: (a) la fiabilidad inter-examinador y (b) la fiabilidad intra-examinador (Kottner et al., 2011)

La fiabilidad inter-examinador proporciona información relativa al grado por el cual las medidas registradas por diferentes examinadores son similares. La fiabilidad inter-examinador de las pruebas de evaluación del ROM seleccionadas para el protocolo ROM-SPORT ha sido examinada por numerosos estudios (Aalto, Airaksinen, Härkönen, & Arokoski, 2005; Bennell et al., 1998; Boland & Adams, 2000; Clapis, Davis, & Davis, 2007; Gabbe, Bennell, Wajswelner, & Finch, 2004; Piva et al., 2006; Prather, Harris-Hayes, Hunt, Steger-May, Mathew & Clohisy, 2010), mostrando valores moderados-altos (la variabilidad oscila entre 2 y 9 grados).

La fiabilidad intra-examinador proporciona información relativa al grado por el cual distintas medidas tomadas en diferentes momentos por el mismo examinador son similares (Hayen et al., 2007). La fiabilidad intra-examinador puede ser determinada utilizando periodos de tiempo cortos (generalmente menos de 3 horas: intra-sesión) o largos (generalmente más de 24 horas: inter-sesión) entre sesiones de evaluación consecutivas.

Ciertos estudios han evaluado la fiabilidad intra-examinador de las medidas obtenidas a través de las pruebas de evaluación seleccionadas para el protocolo ROM-SPORT, utilizando periodos cortos de tiempo (< 3 horas) (tabla 5), mostrando altos valores de fiabilidad (variabilidad < 3-4 grados).

Los periodos de tiempo entre sesiones de evaluación más largos (ej. dos semanas), son muy importantes en el contexto clínico y físico-deportivo ya que permiten monitorizar el rendimiento y estado de salud de los deportistas y/o pacientes, para así poder tomar decisiones científicamente justificadas sobre si un cambio real ha ocurrido entre sesiones de evaluación tras la aplicación de un programa de entrenamiento (Hopkins, 2000). Los trabajos que han abordado el estudio de la fiabilidad intra-examinador empleando periodos relativamente largos de tiempo entre sesiones de evaluación (> 24 horas) informan de altos valores de fiabilidad (tabla 6), donde cambios en los valores iniciales de ROM en torno a 4-9 grados podrían ser considerados como reales (determinado a través del estadístico mínimo cambio detectable con un intervalo de confianza del 95% [MDC₉₅]).

Tabla 5. Estudios científicos que determinan la fiabilidad intra-examinador utilizando periodos cortos de tiempo entre sesiones de valoración consecutivas (<3 horas), de las pruebas de rango de movimiento seleccionadas para el protocolo "ROM-SPORT" (ordenados cronológicamente).

Referencia	Prueba de valoración	Recursos humanos y materiales	Procedimiento exploratorio	Nº medidas e intervalo de tiempo	Resultados
Prather et al. (2010) H (n = 18) M (n = 10) Adultos	a) Flexión de la cadera con rodilla flexionada. b) Abducción de la cadera. c) Rotación interna de la cadera. d) Rotación externa de la cadera.	Un explorador Goniómetro	No calentamiento	3 medidas 5 minutos	a) ICC = 0,95 b) ICC = 0,85 c) ICC = 0,94 d) ICC = 0,85
Bozic et al. (2010) H (n= 8) Adultos jóvenes	a) Flexión de la cadera con rodilla extendida. b) Abducción de la cadera.	Dos examinadores Análisis cinemático	10 min calentamiento. 10 min de estiramiento.	3 medidas 2-5 minutos	a) CV= 1,2%; ICC= 0,97 b) CV= 2,0%; ICC= 0,96
Nussbaumer et al. (2010) H (n = 8) M (n = 7)	a) Flexión de la cadera con rodilla flexionada. b) Abducción de cadera.	Un examinador Goniómetro	5 min cicloergómetro	2 medidas 2-5 minutos	a) ICC = 0,91 b) ICC = 0,92
Clapis et al. (2008) H (n = 16) M (n = 26) Adultos	Extensión de la cadera.	Un examinador a) Goniómetro b) Inclinómetro	No detalla	2 medidas	a) SEM = 1,9°; ICC = 0,92 b) SEM = 2,1°; ICC = 0,89

Tabla 5 (continuación). Estudios científicos que determinan la fiabilidad intra-examinador utilizando periodos cortos de tiempo entre sesiones de valoración consecutivas (< 3 horas) de las pruebas de rango de movimiento seleccionadas para el protocolo "ROM-SPORT" (ordenados cronológicamente).

Referencia	Prueba de valoración	Recursos humanos y materiales	Procedimiento exploratorio	Nº medidas e intervalo de tiempo	Resultados
Aalto et al. (2005) H (n = 8) M (n = 12) Adultos jóvenes	a) Flexión de la cadera con rodilla extendida. b) Extensión de la cadera. c) Flexión de la rodilla.	Dos exploradores. Goniómetro	No calentamiento	2 medidas 2-3 minutos	a) CV= 3,6%; ICC= 0,94 b) CV= 3,2%; ICC= 0,93 c) CV= 4,4%; ICC= 0,88
Ekstrand et al. (1982) H (n=12) Estudiantes de medicina	a) Flexión de la cadera con rodilla extendida. b) Extensión de la cadera. c) Abducción de la cadera. d) Flexión dorsal del tobillo con la rodilla flexionada.	Dos examinadores. Flexómetro Myrin	No calentamiento	2 medidas 2-3 minutos	a-d) CV= 1,4%

SEM: estándar error de la medida; ICC: índice de correlación intraclass; CV: coeficiente de variación; H: hombres; M: mujeres.

Tabla 6. Estudios científicos que determinan la fiabilidad intra-examinador utilizando periodos largos de tiempo entre sesiones de valoración consecutivas (>24 horas) de las pruebas de rango de movimiento seleccionadas para el protocolo "ROM-SPORT" (ordenados cronológicamente).

Referencia	Prueba de valoración	Recursos humanos y materiales	Procedimiento exploratorio	Nº sesiones e intervalo de tiempo	Resultados
Cejudo et al. (2014b) H (n = 24) M (n = 26) Deportistas recreativos	Flexión dorsal del tobillo con rodilla flexionada.	Un explorador Inclinómetro	No calentamiento 2 intentos y la media	3 sesiones 2 semanas	SEM = 1,3° MDC ₉₅ = 3,8° ICC = 0,95
Cejudo et al. (2015) H (n = 60) ^{1,2} M (n = 30) ¹ ¹ Jugadores fútbol sala ² Jugadores balonmano	a) Flexión de la cadera con rodilla flexionada. b) Flexión de la cadera con rodilla extendida. c) Extensión de la cadera. d) Abducción de la cadera. e) Flexión de la rodilla.	2 exploradores Inclinómetro Lumbosant	5 min jogging y estiramientos. 2 intentos y la media	3 sesiones 2 semanas	a) SEM = 2,5°; MDC ₉₅ = 6,9° b) SEM = 1,9°; MDC ₉₅ = 5,3° c) SEM = 1,3°; MDC ₉₅ = 3,6° d) SEM = 1,8°; MDC ₉₅ = 5,0° e) SEM = 2,8°; MDC ₉₅ = 7,8°
Fourcher et al. (2013) H (n = 10) Adolescentes deportistas	a) Abducción de la cadera. b) Extensión de la cadera. c) Flexión de la rodilla. d) Rotación interna de la cadera. e) Rotación externa de la cadera.	Un explorador Cámaras de video	No calentamiento 1 intento	2 sesiones 3 días	a) %ET = 7,2%; ICC = 0,85 b) %ET = 2,6%; ICC = 0,51 c) %ET = 8,3%; ICC = 0,86 d) %ET = 9,6%; ICC = 0,92 e) %ET = 12,4%; ICC = 0,91

Tabla 6 (continuación). Estudios científicos que determinan la fiabilidad intra-examinador utilizando periodos largos de tiempo entre sesiones de valoración consecutivas (>24 horas) de las pruebas de rango de movimiento seleccionadas para el protocolo "ROM-SPORT" (ordenados cronológicamente).

Referencia	Prueba de valoración	Recursos humanos y materiales	Procedimiento exploratorio	Nº sesiones e intervalo de tiempo	Resultados
Ayala et al. (2012) H (n = 70) Deportistas recreativos	Flexión de cadera con rodilla extendida.	2 exploradores Inclinómetro Lumbosant	5 min cicloergómetro y estiramientos. 2 intentos y la media.	3 sesiones 4 semanas	ET = 4,1° ICC = 0,88
Nussbaumer et al. (2010) H (n = 8) M (n = 7) Síndrome de compresión de cadera	a) Flexión de cadera con rodilla flexionada. b) Abducción de cadera.	Un explorador Goniómetro	5 min. cicloergómetro. 2 intentos y la media.	2 sesiones 1 semana	a) SEM = 3,9°; ICC = 0,91 b) SEM = 2,3°; ICC = 0,92
Pua et al. (2008) H (n = 10) M (n = 12) Osteoartritis de cadera	a) Flexión de cadera con rodilla flexionada. b) Extensión de cadera.	Un explorador Goniómetro	No calentamiento. 2 intentos y la media.	2 sesiones 1 semana	a) SEM = 3,5°; ICC = 0,97 b) SEM = 4,5°; ICC = 0,86

SEM: estándar error de la medida; MDC₉₅: mínimo cambio detectable con un 95% intervalo de confianza; ICC: índice de correlación intraclase; ET: error típico; H: hombres; M: mujeres.

Tabla 6 (continuación). Estudios científicos que determinan la fiabilidad intra-examinador utilizando periodos largos de tiempo entre sesiones de valoración consecutivas (>24 horas) de las pruebas de rango de movimiento seleccionadas para el protocolo "ROM-SPORT" (ordenados cronológicamente).

Referencia	Prueba de valoración	Recursos humanos y materiales	Procedimiento exploratorio	Nº sesiones e intervalo de tiempo	Resultados
Steinberg et al. (2006) H y M (n=20) Adultos	a) Flexión de cadera con rodilla extendida. b) Abducción de cadera. c) Rotación interna de cadera. d) Rotación externa de cadera.	Dos exploradores Goniómetro	No detalla	2 sesiones 1 día	a) ICC = 0,95 b) ICC = 0,96 c) ICC = 0,89 d) ICC = 0,89
Gabbe et al. (2004) H (n = 6) M (n = 9) Adultos jóvenes	a) Flexión de cadera con rodilla extendida b) Extensión de cadera c) Flexión de rodilla.	Un explorador Goniómetro	Calentamiento y estiramientos. 2 intentos y la media.	2 sesiones 1 semana	a) SEM = 4°; ICC = 0,91 b) SEM = 5°; ICC = 0,75 c) SEM = 5°; ICC = 0,69
Bennell et al. (1998) H (n=8) M (n=5) Adultos jóvenes	Dorsi-flexión del tobillo con rodilla extendida.	Un examinador Inclinómetro	No calentamiento. 2 intentos.	2 sesiones 1 semana	SEM = 1,1° ICC= 0,98
Wang et al. (1993) H (n = 10) Adultos	a) Flexión de la cadera con rodilla extendida. b) Extensión de la cadera. c) Flexión de la rodilla.	Dos exploradores Goniómetro	No detalla	2 sesiones 1 o 2 días	a) ICC = 0,91 b) ICC = 0,97 c) ICC = 0,96

SEM: estándar error de la medida; MDC₉₅: mínimo cambio detectable con un 95% intervalo de confianza; ICC: índice de correlación intraclase; ET: error típico; H: hombres; M: mujeres.

2.1.5. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES PARA LA REALIZACIÓN DEL PROTOCOLO "ROM SPORT".

Para la puesta en práctica del protocolo "ROM-SPORT" son necesarios dos exploradores entrenados (uno para controlar la correcta posición del participante durante todo el proceso exploratorio [explorador auxiliar] y el otro para conducir la prueba [explorador principal]). La labor del explorador auxiliar es proporcionar una adecuada estabilización de la posición inicial, de algún segmento o de la pelvis durante la exploración, evitando movimientos compensatorios que puedan incrementar el resultado final. En este sentido, y con relación a la pelvis, se ha documentado que durante los movimientos de flexión de la cadera se produce una notable retroversión de la pelvis y durante la extensión de la cadera se produce una notable anteversión de la misma, de tal forma que estos movimientos de la pelvis pueden alterar la validez de los resultados obtenidos (Bohannon, 1982; Bohannon, Gajdosik & LeVeau, 1985; Cameron, Bohannon & Owen, 1994; Peterson et al., 2005). Además, se ha observado que la retroversión de la pelvis comienza al iniciar la maniobra de elevación de la pierna y continúa su aumento progresivo durante la misma (Bohannon, 1982; Bohannon et al., 1985).

Como material, se precisa una camilla ajustable, un cajón con una altura entre 30-45 cm, un soporte lumbar o lumbosant (Santonja, Ferrer & Martínez 1995; Ayala et al., 2012) y como instrumento de medición un inclinómetro ISOMED Unilevel con varilla telescópica y un goniómetro de rama larga (valoración del ROM de la abducción de la cadera) (figura 12). El lumbosant se utilizará en las pruebas de valoración del ROM de la cadera y rodilla para estandarizar el grado de curvatura lumbar (Santonja et al., 1995; Santonja, Sainz de Baranda, Rodríguez, López & Canteras, 2007).

La elección del inclinómetro como instrumento de medida, está motivada porque permite al examinador principal localizar cómodamente la misma posición inicial (bisectriz de la extremidad valorada) en sucesivas mediciones sin estimar el eje de giro articular (Clapis et al., 2007), es decir, la posición inicial se puede identificar con precisión sistemática y repetidamente (Gerhardt, 1994).

Además, la extensión de la varilla telescópica del inclinómetro hace que éste se convierta en un goniómetro de un sólo brazo, con la ventaja de tener un indicador de gravedad que permite una precisión superior y reproducibilidad de las medidas, y por otro lado, se incrementa la velocidad de medición (Gerhardt, 1994; Gerhardt et al., 2002). Este hecho, se ha confirmado en varios trabajos, donde el inclinómetro presenta una excelente fiabilidad (índice de correlación intraclase [ICC] > 0,90) en la medición del ROM en las extremidades inferiores, y no presenta la desventaja de posicionar los

brazos del goniómetro con precisión y mover el goniómetro a la vez que la extremidad (AMA, 2001; Reese & Bandy, 2003). Finalmente, y a diferencia de otros dispositivos más sofisticados (cámaras de video, dinamómetros isocinéticos), el coste económico de un inclinómetro es relativamente bajo (aproximadamente 200 €).



Figura 2. Material necesario para el protocolo ROM-SPORT: A) inclinómetro con varilla telescópica; B) soporte lumbar o lumbosant; C) cajón de 30-45 cm; D) camilla.; E) goniómetro de rama larga

2.1.6. PROCEDIMIENTO.

Para una evaluación precisa del ROM se recomienda que el sujeto explorado no haya realizado actividad física intensa en las 48 horas previas.

Previo a la valoración del ROM, se recomienda que el sujeto explorado realice un calentamiento aeróbico y una serie de ejercicios de estiramiento estandarizados. El principal objetivo del calentamiento aeróbico y la secuencia estandarizada de estiramientos, es minimizar la variabilidad y el error estándar de la medida al reducir el efecto que el estiramiento y la diferente temperatura muscular poseen sobre las propiedades viscoelásticas de los tejidos blandos (Dixon & Keating, 2000).

El calentamiento aeróbico consistirá en 8-10 minutos de carrera o cicloergómetro (50-70W y 60-80rpm) a intensidad ligera (10-12 escala Borg). La duración e intensidad del calentamiento aeróbico han sido seleccionadas de acuerdo a las recomendaciones establecidas por Bishop (2003), quien tras realizar una revisión bibliográfica sobre el calentamiento concluye que para maximizar el incremento de la temperatura muscular y optimizar el rendimiento posterior es necesario ejecutar acciones de movilidad global durante aproximadamente 8-10 minutos a una intensidad del 40-60% del $VO_{2máximo}$.

Después del calentamiento aeróbico, se recomienda realizar ejercicios de estiramiento estático activos de los principales grupos musculares de la extremidad inferior (glúteo mayor, isquiosurales, psoas ilíaco, cuádriceps, aductores, abductores de la cadera, rotadores externos de la cadera, rotadores internos de la cadera, gemelo y sóleo). Las posiciones adoptadas para la realización de los estiramientos deben ser similares a la posición que será adoptada durante las diferentes pruebas seleccionadas (figura 3). El propósito es reducir el posible sesgo de aprendizaje sobre los resultados. Además, estudios previos sugieren que las modificaciones que el estiramiento provoca

sobre las propiedades viscoelásticas de la musculatura permanecen estables durante al menos 20-30 minutos tras la aplicación de una carga de estiramientos de entre 60 y 180 segundos (Ford & McChesney, 2007; Magnusson, Aagard, Simonsen & Bojsen-Moller, 1998; Murphy, Di Santo, Alkanani & Behm, 2010; Power, Behm, Cahill, Carroll & Young, 2004). Así, y para asegurar la estabilidad en las propiedades de la musculatura durante todo el proceso de valoración, la secuencia de estiramientos debería tener un volumen total de 60-90 segundos por grupo muscular (2-3 series de 30 segundos por ejercicio y extremidad inferior).



Figura 3. Ejercicios de estiramientos estáticos activos de la extremidad inferior (2-3 series de 30 segundos por ejercicio/lado corporal).

Una vez finalizado el calentamiento con los estiramientos, se llevarán a cabo las pruebas de valoración del ROM. El sujeto explorado será instado a realizar dos intentos máximos para cada una de las pruebas de valoración y segmento corporal (dominante y no dominante). El valor medio de cada par de intentos para cada prueba de valoración será seleccionado como medida final del ROM (Ayala & Sainz de Baranda, 2011; Gabbe et al., 2004). Sin embargo, si se encuentra una diferencia mayor del 5% entre las dos medidas obtenidas en una prueba, se realizará una tercera medición. Si el valor de la tercera medición es similar a alguno de los dos valores obtenidos en las primeras 2 mediciones (diferencia <5%), entonces se utilizará la media de estos dos valores próximos como indicador del ROM. Por el contrario, si las 3 medidas realizadas presentan una notable diferencia entre sí (>5%), entonces los examinadores deberían revisar el procedimiento exploratorio realizado en busca de

algún error o circunstancia que pudiese explicar dicha variabilidad. Se permitirá un descanso de aproximadamente 10 segundos entre cada uno de los dos intentos máximos para cada prueba y de 30 segundos entre las pruebas de valoración. El sujeto será valorado en ropa interior o pantalón muy corto y descalzo sin calcetines.

El final de las pruebas de valoración, se determinará por uno o varios de los siguientes criterios: (1) el explorador principal es incapaz de continuar el estiramiento debido a la elevada resistencia desarrollada por el/los grupo/s muscular/es estirados (AAOS, 1965; Zakas, 2005; Aalto et al., 2005); (2) el sujeto explorado avisa de sentir una sensación de estiramiento muscular que acarrea un disconfort importante (Ekstrand et al., 1982; Zakas, Vergou, Grammatikopoulou, Sentelidis & Vamvakoudis, 2003); (3) uno o ambos examinadores (principal y auxiliar) aprecian algún movimiento de compensación que incremente el ROM (Ekstrand et al., 1982; Clark, Christiasen, Hellman, Winga & Meiner, 1999) y/o (4) por la aparición de algias en la articulación explorada.

Para un mejor entendimiento del método de evaluación de cada una de las pruebas de valoración del ROM seleccionadas para el protocolo ROM-SPORT (posición inicial, calibración del inclinómetro, movimiento, estabilización, posición final y medición) se presenta una descripción visual de cada una en las figuras 4-14.

Figura 4. Prueba de valoración de la flexión de la cadera con rodilla extendida.



Aclaración: La imagen izquierda detalla la posición neutra o 0° , que permite una mejor comprensión del método de medición. Durante la valoración, solamente se requiere la lectura del final del rango de movimiento tras colocar la varilla telescópica sobre la bisectriz de la extremidad.

1. **Posición inicial:** El explorado se tumba sobre la camilla con las rodillas extendidas. El lumboasent se coloca bajo la columna lumbar para estandarizar su curvatura
2. **Calibración y colocación del inclinómetro:** El evaluador debe calibrar el inclinómetro con la horizontal. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca sobre la cara externa de la pierna-muslo siguiendo su bisectriz.
3. **Movimiento:** El examinador principal realiza una flexión máxima de la extremidad evaluada de manera lenta y progresiva, evitando la flexión de la rodilla y la rotación externa del miembro.
4. **Estabilización:** El examinador auxiliar debe evitar que la extremidad contralateral flexione la rodilla, gire la pelvis (retroversión), así como que realice una rotación horaria o antihoraria de la pelvis (despegue de la camilla la hemipelvis del lado explorado o descenso de la hemipelvis del lado contrario).
5. **Posición final:** Se seguirán las pautas establecidas a través de los criterios descritos en el apartado procedimiento. Los posibles movimientos de compensación son la flexión de rodilla de la extremidad explorada, la pérdida de contacto del muslo con la camilla y/o la elevación del iliaco homolateral.
6. **Medición:** Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal de la extremidad inferior con la horizontal.

Figura 5. Prueba de valoración de la flexión de la cadera con rodilla flexionada.



Aclaración: En la imagen derecha el explorado no abraza su extremidad inferior con ambas manos para observar el uso del lumbofant y visualizar mejor el rango de movimiento medido.

1. **Posición inicial:** El explorado se coloca sentado sobre la camilla con las rodillas extendidas. El lumbofant se coloca sobre la camilla de forma que quede bajo la columna lumbar para estandarizar su curvatura. Se pide al explorado que se tumbe sobre la camilla hasta que contacte la zona lumbar con el lumbofant.
2. **Calibración y colocación del inclinómetro:** El evaluador debe calibrar el inclinómetro con la horizontal. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca sobre la cara externa del muslo siguiendo su bisectriz.
3. **Movimiento:** El explorado abraza con sus manos el muslo/pierna de la extremidad explorada y realiza una máxima flexión de la cadera de manera lenta y progresiva con la rodilla flexionada. El examinador principal controla que este movimiento se realice en el plano sagital evitando los movimientos de abducción o aducción de cadera.
4. **Estabilización:** El examinador auxiliar controla que el muslo contralateral contacte con la camilla y la pelvis con el lumbofant.
5. **Posición final:** Se seguirán las pautas establecidas a través de los criterios descritos en el apartado procedimiento. Los posibles movimientos de compensación son la retroversión de la pelvis (puede apreciarse el despegue de los glúteos de la camilla), la abducción de la cadera explorada o la flexión de la cadera y/o rodilla de la extremidad no explorada.
6. **Medición:** Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal del muslo con la horizontal.
7. **Notas:** Existe una tendencia de los explorados a realizar una ligera abducción de cadera.

Figura 6. Prueba de valoración de la extensión de la cadera.



Aclaración: El dial del inclinómetro siempre se orienta hacia el movimiento evaluado a excepción de esta prueba para facilitar la comodidad del examinador durante la lectura de la medida.

1. **Posición inicial:** El explorado se sienta en la camilla apoyando el inicio del pliegue glúteo sobre su borde superior. El lumbosant se coloca sobre la camilla de forma que quede bajo la columna lumbar para estandarizar su curvatura. Se pide al explorado que se tumbe sobre la camilla y flexione la cadera contralateral lo suficiente para mantener el contacto de la zona lumbar con el lumbosant con la ayuda del examinador auxiliar sin que se despegue el glúteo de la camilla de la extremidad evaluada.
2. **Calibración y colocación del inclinómetro:** El evaluador debe calibrar el inclinómetro con la horizontal. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca sobre la cara externa del muslo siguiendo su bisectriz.
3. **Movimiento:** El examinador principal aplica una presión sobre la cara anterior del muslo para extenderlo al máximo de manera lenta y progresiva
4. **Estabilización:** El examinador auxiliar debe controlar la cadera flexionada de la extremidad no evaluada y mantener en contacto de los glúteos con la camilla
5. **Posición final:** Se seguirán las pautas establecidas a través de los criterios descritos en el apartado procedimiento. Un posible movimiento de compensación es la anteversión de la pelvis con hiperlordosis lumbar
6. **Medición:** Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal del muslo con la horizontal

Figura 7. Prueba de valoración de la abducción de la cadera en flexión.



Aclaración: La colocación de la varilla telescópica del inclinómetro en la posición de partida (imagen izquierda) se incluye para visualizar la posición inicial neutra o 0° , no se requiere en la medición.

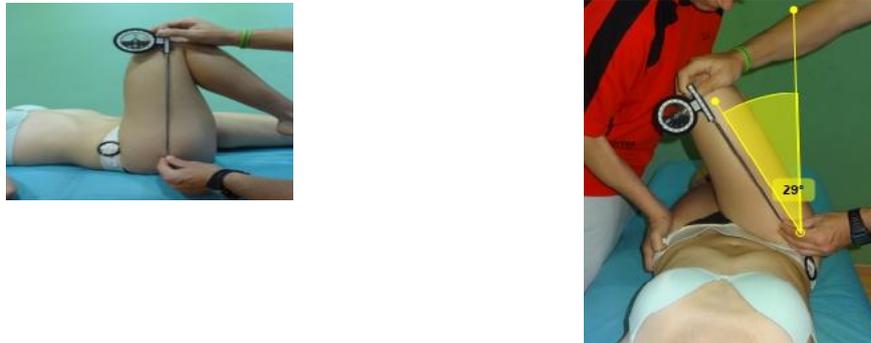
1. **Posición inicial:** El explorado se tumba en decúbito supino; La cadera que va a ser valorada se coloca en flexión de 90° con la rodilla en flexión cómoda.
2. **Calibración y colocación del inclinómetro:** El evaluador debe calibrar el inclinómetro con la vertical. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca sobre la cara anterior del muslo siguiendo su bisectriz.
3. **Movimiento:** El examinador principal realiza de forma lenta y progresiva una abducción de la cadera con la rodilla flexionada.
4. **Estabilización:** El examinador auxiliar presiona sobre la cara anterior de la hemipelvis contraria para evitar su rotación, así como ha de mantener la extremidad inferior no explorada en posición neutra apoyada sobre la camilla.
5. **Posición final:** Se seguirán las pautas establecidas a través de los criterios descritos en el apartado procedimiento. Un posible movimiento de compensación es la elevación de la hemipelvis contralateral al producirse una rotación horaria o antihoraria.
6. **Medición:** Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal anterior del muslo con la vertical.
7. **Notas:** En el movimiento de la flexión de cadera se relajan los ligamentos isquio-femoral, pubo-femoral e ilio-femoral. La limitación de la abducción de la cadera en flexión se deberá fundamentalmente a los músculos y en menor medida a los ligamentos. Si la abducción se realiza en posición neutra, los ligamentos están tensos, pudiendo limitar el movimiento antes que los músculos. Si existiese una gran extensibilidad músculo-tendinosa y la abducción aumentase más, el movimiento se limitará por el contacto entre el cuello del fémur y la ceja cotiloidea.

Figura 8. Prueba de valoración de la abducción de la cadera.



1. **Posición inicial:** El explorado se tumba en decúbito supino. La pierna de la extremidad no evaluada se deja colgando por el lateral de la camilla. La extremidad que va a ser valorada se coloca sobre la camilla con la rodilla extendida.
2. **Calibración y colocación del inclinómetro:** Una rama del goniómetro se coloca uniendo ambas espinas iliacas ántero-superiores y la otra rama se apoya sobre la cara anterior del muslo evaluado siguiendo su bisectriz.
3. **Movimiento:** El examinador auxiliar realiza de forma lenta y progresiva una abducción de la cadera con la rodilla extendida (posición neutra o 0°).
4. **Estabilización:** El examinador auxiliar debe evitar la rotación de la extremidad inferior. La extremidad no explorada se fija a la camilla mediante una flexión de rodilla de 90° aproximadamente.
5. **Posición final:** Se seguirán las pautas establecidas a través de los criterios descritos en el apartado procedimiento. Los posibles movimientos de compensación son la inclinación lateral de la pelvis contralateral, la extensión de la rodilla de la extremidad no explorada y/o la rotación de la extremidad evaluada.
6. **Medición:** Se registra el ángulo que forman ambas ramas del goniómetro.

Figura 9. Prueba de valoración de la aducción de la cadera en flexión.



Aclaración: La colocación de la varilla telescópica del inclinómetro en la posición de partida (imagen izquierda) se incluye para visualizar la posición inicial neutra o 0°, no se requiere en la medición.

1. **Posición inicial:** El explorado se tumba en decúbito supino. La cadera que va a ser valorada se coloca en flexión de 90° con la rodilla en flexión cómoda.
2. **Calibración y colocación del inclinómetro:** El evaluador debe calibrar el inclinómetro con la vertical. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca sobre la cara anterior del muslo siguiendo su bisectriz.
3. **Movimiento:** El examinador principal realiza de forma lenta y progresiva una aducción de la cadera con la rodilla flexionada.
4. **Estabilización:** El examinador auxiliar sujeta la hemipelvis contraria para evitar su rotación, así como ha de mantener la extremidad no explorada apoyada sobre la camilla.
5. **Posición final:** Se seguirán las pautas establecidas a través de los criterios descritos en el apartado procedimiento. Un posible movimiento de compensación es la elevación del iliaco homolateral al producirse una rotación antihoraria.
6. **Medición:** Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal anterior del muslo con la vertical.
7. **Notas:** El ROM de aducción es mayor cuando la cadera se flexiona. El movimiento es limitado además de por los músculos abductores, por el ligamento ileofemoral y por la cabeza del fémur (Alter, 2004). Además, se evita el contacto con la extremidad opuesta. Este movimiento realizado en decúbito lateral es conocido como el Test del piramidal, que se emplea para determinar si la tensión del piramidal es responsable del dolor en la nalga y, posiblemente, de cialgia secundaria (Palmer & Epler, 2002).

Figura 10. Prueba de valoración de la rotación interna de la cadera con rodilla flexionada.



Aclaración: La colocación de la varilla telescópica del inclinómetro en la posición de partida (imagen izquierda) se incluye para visualizar la posición inicial neutra o 0°, no se requiere en la medición. El dial del inclinómetro siempre se orienta hacia el movimiento evaluado.

1. **Posición inicial:** El explorado se tumba en decúbito prono. La rodilla de la extremidad explorada se coloca a 90° de flexión con la pierna vertical.
2. **Calibración y colocación del inclinómetro:** El evaluador debe calibrar el inclinómetro con la vertical. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca en la cara anterior de la pierna siguiendo su bisectriz.
3. **Movimiento:** El examinador principal realiza de forma lenta y progresiva una rotación interna de la cadera con la rodilla flexionada.
4. **Estabilización:** El examinador auxiliar debe evitar la elevación de la hemipelvis contralateral y la abducción de la cadera.
5. **Posición final:** Se seguirán las pautas establecidas a través de los criterios descritos en el apartado procedimiento. Los posibles movimientos de compensación son la rotación de la hemipelvis (elevación de la hemipelvis contralateral).
6. **Medición:** Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal anterior de la pierna con la vertical.

Figura 11. Prueba de valoración de la rotación externa de la cadera con rodilla flexionada.



Aclaración: La colocación de la varilla telescópica del inclinómetro en la posición de partida (imagen izquierda) se incluye para visualizar la posición inicial neutra o 0° , no se requiere en la medición.

1. **Posición inicial:** El explorado se tumba en decúbito prono. La rodilla de la extremidad explorada se coloca a 90° de flexión con la pierna vertical.
2. **Calibración y colocación del inclinómetro:** El evaluador debe calibrar el inclinómetro con la vertical. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca en la cara anterior de la pierna siguiendo su bisectriz.
3. **Movimiento:** El examinador principal realiza de forma lenta y progresiva una rotación externa de la cadera con la rodilla flexionada a 90° .
4. **Estabilización:** El examinador auxiliar debe evitar la elevación de la hemipelvis del mismo lado y la abducción de la cadera.
5. **Posición final:** Se seguirán las pautas establecidas a través de los criterios descritos en el apartado procedimiento. Los posibles movimientos de compensación son la rotación de la hemipelvis (elevación de la hemipelvis del mismo lado).
6. **Medición:** Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal anterior de la pierna con la vertical.

Figura 12. Prueba de valoración de la flexión de la rodilla.



Aclaración: El dial del inclinómetro siempre se orienta hacia el movimiento evaluado a excepción de esta prueba para facilitar la comodidad del examinador durante la lectura de la medida.

1. **Posición inicial:** El explorado se sienta en la camilla dejando la mitad de ambos muslos fuera de la camilla. El lumbofant se coloca sobre la camilla de forma que quede bajo la columna lumbar para estandarizar su curvatura. Se pide al explorado que se tumbe sobre la camilla y flexione la cadera contralateral hasta que contacte la zona lumbar con el lumbofant y el muslo de la extremidad evaluada esté en contacto con la camilla.
2. **Calibración y colocación del inclinómetro:** El evaluador debe calibrar el inclinómetro con la horizontal. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca sobre la cara externa de la pierna siguiendo su bisectriz.
3. **Movimiento:** El examinador principal flexiona al máximo la rodilla del lado evaluado de manera lenta y progresiva.
4. **Estabilización:** El examinador auxiliar controla que apoye la zona lumbar, que la flexión de la cadera se realice sin movimientos acompañantes (flexión neutra) y que el muslo evaluado mantenga el contacto con la camilla.
5. **Posición final:** Será establecida a través de los criterios descritos en el apartado aspectos metodológicos. Los posibles movimientos de compensación son la hiperlordosis lumbar y/o la pérdida de contacto del muslo con la camilla.
6. **Medición:** Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal de la pierna con la horizontal.
7. **Notas:** Una ligera abducción o aducción de cadera no influye sobre el resultado final.

Figura 13. Prueba de valoración de la flexión dorsal del tobillo con rodilla extendida.



1. **Posición inicial:** El explorado en bipedestación frente a la pared o a una camilla, con los pies paralelos y separados como máximo a la anchura de las caderas.
2. **Calibración y colocación del inclinómetro:** El evaluador calibra el inclinómetro con la vertical. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca sobre la cara externa de la pierna siguiendo su bisectriz.
3. **Movimiento:** El explorado realiza un paso hacia delante con la extremidad no explorada, apoyando las manos sobre la camilla (o pared), y realiza un desplazamiento hacia delante de la pelvis y del tronco con flexión de la rodilla contralateral, dorsi-flexionando el tobillo (reduciendo el ángulo entre la pierna y el suelo) y manteniendo en todo momento el talón en contacto con el suelo.
4. **Estabilización:** El examinador auxiliar debe controlar en la extremidad evaluada que la rodilla permanezca extendida, la cadera sin rotación, el pie perpendicular a la camilla (o pared) y que el talón no pierda el contacto con el suelo.
5. **Posición final:** Se seguirán las pautas establecidas a través de los criterios descritos en el apartado procedimiento. Los posibles movimientos de compensación son la elevación del talón, la flexión de rodilla, la rotación de la cadera de la extremidad explorada y/o el valgo del calcáneo.
6. **Medición:** Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal de la pierna con la vertical.
7. **Notas:** La longitud del paso hacia delante dependerá de la sensación de tirantez del explorado, y será a elección del mismo, ya que no influye en el resultado final.

Figura 14. Prueba de valoración de la flexión dorsal del tobillo con rodilla flexionada.



1. **Posición inicial:** El explorado en bipedestación de frente al cajón. Se coloca la pierna explorada sobre un cajón (altura 30-45 cm.) para mantener la rodilla flexionada.
2. **Calibración y colocación del inclinómetro:** El evaluador debe calibrar el inclinómetro con la vertical. La varilla telescópica del inclinómetro se coloca sobre la cara externa de la pierna siguiendo su bisectriz.
3. **Movimiento:** El explorado realiza un desplazamiento hacia delante de la pelvis y el tronco con flexión de la rodilla y dorsi-flexión del tobillo (reduciendo el ángulo entre la pierna y el cajón), manteniendo en todo momento el talón en contacto con el cajón.
4. **Estabilización:** El examinador auxiliar controla que la rodilla de la extremidad evaluada permanezca sin rotaciones con el pie perpendicular a la camilla (o pared), además de controlar que el talón no pierda el contacto con el cajón.
5. **Posición final:** Será establecida a través de los criterios descritos en el apartado aspectos metodológicos. Los posibles movimientos de compensación son la elevación del talón y/o el valgo del calcáneo.
6. **Medición:** Se registra el ángulo que forma el eje longitudinal de la pierna con la vertical.
7. **Notas:** El explorado puede apoyarse en un soporte (camilla, pared, espaldera) para obtener una mayor estabilidad. La extremidad inferior no explorada puede rotarse y flexionarse la rodilla a comodidad del sujeto evaluado. La altura del cajón no influye en la medición del test, aunque se recomienda un cajón entre 30 cm y 45 cm (a mayor altura del cajón mayor comodidad del explorador).

2.1.7. CONSIDERACIONES FINALES.

Todas las pruebas de valoración del rango de movimiento anteriormente descritas han sido ampliamente empleadas en la literatura científica como herramientas para categorizar la flexibilidad a un sujeto o grupo de ellos y evaluar la eficacia de la respuesta ante programas de mejora de flexibilidad.

Tras el análisis de la bibliografía y teniendo en cuenta parámetros procedimentales, se puede concluir que las pruebas de recorrido angular descritas parecen las más apropiadas de acuerdo a criterios de validez y fiabilidad, sencillez del procedimiento exploratorio y austeridad en los recursos humanos y materiales.

Todas las pruebas del protocolo ROM-SPORT cumplen los siguientes criterios definidos:

1. Las pruebas angulares son realizadas por dos exploradores para minimizar las posibles compensaciones, lo que permite obtener valores específicos del rango de movimiento evaluado. Además, la precisión de las mediciones aumenta al controlar las compensaciones, de tal forma que se han elegido aquellas pruebas en las que es fácil identificar y controlar estos movimientos que podrían alterar el resultado el rango de movimiento.
2. El inclinómetro se caracteriza por su comodidad de uso y sencillez ya que no requiere estimar el eje de giro de la articulación ni la posición de partida, lo cual reduce el potencial error de la medida al permitir al examinador localizar sistemática y repetidamente la misma posición inicial (bisectriz de la extremidad valorada) del instrumento en las sucesivas mediciones.
3. Se recomienda la utilización de la varilla telescópica para facilitar el uso del inclinómetro, así como para mejorar la precisión y reproducibilidad de la medición.
4. El soporte lumbar "lumbosant" ayuda a estandarizar la posición de la columna lumbar, evitando obtener un mayor rango de movimiento por la retroversión de la pelvis y la inversión de la curvatura lumbar.

2.2. VALORES DE REFERENCIA PARA LA VALORACIÓN ANGULAR DE LA EXTREMIDAD INFERIOR EN EL DEPORTE: PROTOCOLO “ROM-SPORT”

Resumen

La valoración del rango de movimiento de la extremidad inferior es una práctica habitual en el ámbito de la salud y del deporte debido a una limitada movilidad ha sido relacionada con un incremento en la probabilidad de sufrir: lesiones musculares, lesiones por sobrecarga y lesiones ligamentosas. El protocolo ROM-SPORT está compuesto por 11 pruebas para la valoración del rango de movimiento de las articulaciones de la extremidad inferior (cadera, rodilla y tobillo), en base a criterios de validez y fiabilidad, sencillez del procedimiento exploratorio y austeridad en los recursos humanos y materiales. Para poder interpretar el dato resultado de la valoración del rango de movimiento se precisa comparar con los valores de referencia de la población objeto. El objetivo del presente trabajo es aportar valores de referencia que puedan ser utilizados por los profesionales de la Medicina y Ciencias del Deporte para determinar el grado de flexibilidad, detectar factores de riesgo de lesión y conocer la posibilidad de rendimiento físico-técnico de un individuo de acuerdo a la evidencia científica existente.

Palabras clave: rango de movimiento, inclinómetro, flexibilidad, extremidad inferior, deporte.

2.2.1. INTRODUCCIÓN.

La valoración del rango de movimiento “Range of Motion” (ROM) o expresión cuantitativa (en grados) de la flexibilidad muscular de la extremidad inferior es una práctica habitual en el ámbito científico, clínico, de la salud y del deporte (Alter, 2004), debido a que una limitación del ROM por una menor extensibilidad muscular (cortedad “tightness”) ha sido relacionado con una mayor predisposición a sufrir: lesiones musculares (Witvrouw et al., 2003; Arnason et al., 2004; Bradley & Portas, 2007); lesiones por sobrecarga como la tendinopatía Aquilea, isquiosural y rotuliana, síndrome de la cintilla iliotibial, pubalgia, fascitis plantar, dolor fémoro-patelar, periostitis tibial, fractura tibial y del pie por estrés; dolor lumbar (Pope et al., 1998; Kaufman, Brodine, Shaffer, Johnson & Cullison, 1999; Witvrouw, Lysens, Bellemans, Cambier & Vanderstraeten, 2000; Witvrouw et al., 2001; McGill, 2002; Witvrouw, Mahieu, Roosen & McNair, 2007; Verrall et al., 2007); y lesiones ligamentosas como el esguince de tobillo (Ekstrand et al., 1982; Pope et al., 1998; Okamura et al., 2014) o la rotura del ligamento cruzado anterior (Ellera, Vieira & Becker, 2008).

Para la valoración del ROM habitualmente se utilizan pruebas de valoración pasivas basadas en medidas angulares. La razón principal de su gran popularidad reside en que, a diferencia de las pruebas exploratorias activas o las mediciones lineales, no requieren una elevada coordinación intermuscular que conlleve la activación de la musculatura agonista y la relajación simultánea de la musculatura antagonista (Fredriksen et al., 1997); además de que tan sólo involucran el movimiento de una articulación y permiten un mayor control de los movimientos compensatorios; lo cual las hace que sean más precisas y aplicables a poblaciones con diferente condición física (sedentarios, físicamente activos o deportistas) (Peterson et al., 2005).

La interpretación de los resultados obtenidos tras valorar el ROM de la extremidad inferior interesa a los profesionales del ámbito de la Salud y del Deporte debido a tres motivos: 1º para determinar el nivel de flexibilidad de un individuo (categorizar a un deportista); 2º para detectar factores de riesgo que predisponen a la lesión deportiva (ROM limitado -cortedad muscular-, asimetría bilateral de flexibilidad e hipermovilidad) y 3º para conocer la posibilidad de rendimiento físico-técnico del deportista. Para ello, es necesario valorar el ROM que presenta un deportista y comparar el resultado con el valor normativo (Palmer & Epler, 2002) o de referencia en su deporte (Cejudo et al., 2014a). Sólo así, se podrán tomar decisiones científicamente justificadas para la planificación y el diseño de programas de entrenamiento de la flexibilidad muscular.

En los manuales de valoración músculo-esquelética y en la literatura científica se suelen emplear dos categorías para clasificar la flexibilidad: la normalidad y la cortedad (Gerhardt et al., 2002; Palmer & Epler, 2002; Clarkson, 2003; Peterson et al., 2005). Aunque, algunos autores como Santonja (1992) y Santonja et al. (1995) proponen dividir los valores de cortedad en dos subcategorías. En el caso específico de la musculatura isquiosural, proponen el grado I o leve cuando existe una limitación y cortedad de la musculatura isquiosural, y el grado II o marcado, cuando la cortedad es notablemente mayor por lo que, con una elevada frecuencia, provocan repercusiones sobre la columna vertebral (Santonja & Martínez, 1992; Santonja & Genovés, 1992; Ferrer, 1888).

Cejudo et al. (2014 a,c) proponen categorizar la flexibilidad en los deportistas en tres tipos de ROM: a) limitado (cortedad); b) normal y c) óptimo. De tal forma que el rango "óptimo" estaría relacionado con el grado específico de flexibilidad muscular necesario para cada deporte y con un riesgo de lesión bajo, mientras que el rango "limitado" estaría relacionado con un nivel bajo de flexibilidad, la más que probable presencia de cortedad de la musculatura y un riesgo alto de sufrir lesión.

Desafortunadamente, hoy en día no existe unanimidad o consenso al fijar cuantitativamente los límites del ROM normal y limitado en población general. De igual forma, tampoco se dispone de los valores de referencia de flexibilidad específicos para cada deporte, su relación con el rendimiento físico-técnico y la predisposición a la lesión deportiva. El protocolo ROM-SPORT está compuesto por 11 pruebas para la valoración del ROM de las articulaciones de la extremidad inferior (cadera, rodilla y tobillo), en base a criterios de validez y fiabilidad, sencillez del procedimiento exploratorio y austeridad en los recursos humanos y materiales.

El objetivo del presente trabajo es aportar valores de referencia y/o de normalidad para que puedan ser utilizados por los profesionales del Deporte y de la Salud e interpretar el valor resultado de la medición del ROM de acuerdo a la evidencia científica existente.

2.2.2. MÉTODO.

2.2.2.1. Estrategia de búsqueda bibliográfica.

La localización de artículos se realizó en las bases de datos informatizadas on-line más importantes en el ámbito de las áreas de la Medicina y Ciencias del Deporte, incluyendo: Medline, Cochrane Library, ENFISPO, SportsDiscus, Lilacs Teseo, OVID, así como el metabuscador Google.

La palabra “rango de movimiento” fue siempre utilizada como criterio de búsqueda, de tal forma que, en las diversas búsquedas bibliográficas efectuadas, el término “rango de movimiento” siempre estuvo presente en uno de los campos de búsqueda, quedando el resto de campos subordinados con la preposición “and” y completos por una de las siguientes palabras clave: flexibility, inclinometer, goniometer, measurement, lower extremity, fitness, injury, physical performance y pain.

También, se analizaron los manuales de valoración músculo-esquelética más importantes. No fue aplicada limitación en el año de publicación. La búsqueda finalizó en abril de 2015. Los artículos encontrados fueron categorizados por articulación valorada, test utilizado y características de la población analizada.

2.2.2.2. Criterios de inclusión y de exclusión.

La selección de los estudios científicos estuvo basada en los siguientes criterios de inclusión: a) estudios de revisión; b) estudios descriptivos; c) estudios correlacionales); d) utilización del ROM como variable diferenciadora; e) pruebas de valoración utilizadas para la estimación del ROM similares a las utilizadas en el protocolo ROM-SPORT. No se estableció limitación alguna en cuanto a la edad de los participantes, así como en lo referente a su nivel de condición física (sedentario, físicamente activo, deportista de élite), etc.

Por otro lado, como criterios de exclusión se establecieron: a) estudios científicos publicados en forma de resumen y/o comunicaciones cortas; b) redactados en idioma distinto al inglés, español o portugués.

2.2.3. RESULTADOS.

Tras la realización de la revisión de la literatura y el análisis de los trabajos que han utilizado alguna prueba de las que componen el protocolo ROM-SPORT, se muestra en los siguientes apartados los valores de flexibilidad establecidos por diversos autores en población general y los encontrados en diferentes deportes.

Prueba de valoración de la flexión de la cadera con rodilla flexionada. Medición indirecta de la flexibilidad del glúteo mayor.

Los autores cifran el límite de la normalidad en la población general en 100° (American Medical Association [AMA], 2001; Gerhardt et al., 2002), en 120° (American Academia of Orthopaedic Surgeons [AAOS], 1965; Norkin & White, 1995; Clarkson, 2003; Alter, 2004; Taboadela, 2007), en más de 120° (Kapandji, 2007), en 115°/125° (Palmer & Epler, 2002), en 125° (Peterson et al., 2005), en más de 120° (Kapandji, 2007), en 135° (Gerhardt, 1994), variando si el movimiento es pasivo (Gerhardt, 1994) o activo (Clarkson, 2003). En la misma población, Palmer & Epler (2002) establecen la normalidad en 115°/120° considerando la cortedad del glúteo mayor por debajo de esa cifra. La mayor restricción de la flexión de la cadera puede ser debida a la fibrosis glútea como principal factor limitante (González, Recarte, Galindo & González, 1974; Beriguistain, González, Valenti, Reparaz & Cañadell, 1975; Hang, 1979; Juliá, Juliá & Cazalla 1980; Mesa, 1989). El Colegio Americano de Reumatología considera el ROM de flexión de la cadera como uno de los criterios para clasificar la osteoartritis. Valores inferiores a 114° presentan una mayor capacidad discriminativa para las características radiográficas de osteoartritis (Altman, Alarcon, Appelrouth, Bloch, Borenstein, Brandt, et al., 1991; Holla et al., 2012) (tabla 7).

Tabla 7. Valores de referencia de normalidad y cortedad del glúteo mayor medidos a través de la flexión de la cadera en población general.

	Sanos	Osteoartritis
Normalidad	Cortedad	Cortedad
120°-135°	<120°	< 114°

A nivel descriptivo, diversas investigaciones que han valorado la flexión de cadera en deportistas han encontrado valores medios entre 117,5° y 167° (tabla 8).

En futbolistas, Manning & Hudson (2009) observaron valores medios de 117,5° y 127° en 20 jugadores sénior profesionales y en 20 jugadores juveniles entre 16-18 años respectivamente. Mientras que Cejudo et al. (2012) observan valores medios de 146,6° en 22 jugadores de la 3ª División Nacional Española.

En fútbol sala, Cejudo et al. (2014c) observan valores medios de 143,4° en 17 jugadores de la 2ª División Nacional.

En balonmano, Cejudo et al. (2014a) encuentran valores medios de 123,5° en 22 jugadores de la 1ª División Nacional Española y 126,8° en 28 jugadores de la 2ª División Nacional Española.

En duatlón, Cejudo et al. (2013) observan valores medios de 145,9° en 15 atletas sénior.

En bailarinas, Steinberg, Hershkovitz, Peleg, Dar, Masharawi, Heim, & Siev-Ner (2006) encuentran valores medios de 143° en 1360 bailarinas de ballet clásico, danza y jazz. Mientras que Reid, Burnham, Saboe & Kushner (1987) encuentran valores medios de 167° en 30 bailarinas adolescentes de ballet clásico.

Tabla 8. Valores medios obtenidos en el deporte tras la valoración de la flexión de cadera para el glúteo mayor.

Deporte	Categoría	ROM medio
Fútbol	16-18 años	127°
	3ª DNE	146,6°
	Sénior profesional	117,5°
Fútbol sala	2ª DNE	143,4°
Balonmano	2ª DNE	126,8°
	1ª DNE	123,5°
Duatlón	Sénior	145,9°
Ballet clásico, danza y jazz	Adolescentes	143°
Ballet clásico	Adolescentes	167°

DNE: División Nacional Española.

Para el ROM limitado, Cejudo et al. (2013) establece el punto de corte en valores iguales e inferiores a 142° en 15 atletas sénior de duatlón. L'Hermette et al. (2006) establecen la cortedad en valores inferiores a 111°, al encontrar correlación entre valores inferiores a ese punto de corte y la osteoartritis de la cadera en 20 jugadores de balonmano de élite.

Prueba de valoración de la flexión de cadera con rodilla extendida o test de Elevación de la Pierna Recta. Medición indirecta de la flexibilidad isquiosural.

En el test de Elevación de la Pierna Recta (EPR), los autores cifran la normalidad para la población general entre los 70° y 90°. Palmer & Epler (2002) establecen los valores de normalidad entre los 70° y 80° en adultos. Peterson et al. (2005), Clarkson (2003), Kuo, Chung, Bates & Stephen (1997), Gerhardt (1994), Hellsing (1988), Goeken & Hof (1993) y Travell & Simon (2004) fijan la normalidad en valores iguales o mayores a 80°. Por su parte, Cosentino (1985), Kapandji (2007) y Alter (2004) marcan la normalidad en valores iguales o superiores a 90°. En la misma población, Feland & Marin (2004) y Li, McClure & Pratt (1996) fijan la cortedad en valores inferiores o iguales a 70°, y Palmer & Epler (2002) en valores iguales o inferiores a 80°. Sin embargo, ninguno de los autores anteriores establece una graduación de acuerdo a su gravedad (tabla 9).

Santonja en 1990 y 1993, tras analizar a más de 700 universitarios de Murcia, propone como normalidad los valores iguales o superiores a 75°, como cortedad leve o de grado I los valores entre los 61° y los 74° y la cortedad marcada o de grado II cuando los valores son iguales o inferiores a 60°. Ferrer (1998) en un estudio con 919 niños y adolescentes confirmó estos límites al evaluar mediante un estudio radiográfico las repercusiones existentes en la columna vertebral y su relación con la cortedad isquiosural (tabla 9).

Tabla 9. Categorías y valores de referencia de la musculatura isquiosural medidos a través de la valoración de la flexión de cadera con rodilla extendida, versión "Elevación de la Pierna Recta", en población general.

Estudio		Categorías propuestas		
Autor	Muestra	I	II	III
Varios	Población general	Normalidad 70°-90°		
Li et al. (1996) Feland & Marin (2004)			Cortedad ≤70°	
Palmer & Epler (2002)	Población general		Cortedad ≤80°	
Santonja (1993)	Universitarios	Normalidad ≥75°	Cortedad G-I 61°-74°	Cortedad G-II ≤60°
Ferrer (1998)	Escolares	Normalidad ≥75°	Cortedad G-I 61°-74°	Cortedad G-II ≤60°

I: normal; II: cortedad grado I o leve; III: cortedad grado II o marcada.; G-I= grado I; G-II: grado II.

A nivel descriptivo, los trabajos que han valorado la musculatura isquiosural a través de la flexión de la cadera con rodilla extendida en deportistas han encontrado valores medios entre 65,9° y 124,3° (tabla 10).

En balonmano, Zakas et al. (2002) y Zakas et al. (2003) observan valores medios de 76,2° y 79,8° respectivamente en jugadores de categoría junior. Gruić et al. (2011), en jugadores junior de élite, observan valores medios de 82,8° en hombres y 85,9° mujeres, y en jugadores de categoría sénior profesional observan valores medios de 95,3° en hombres y 95,1° en mujeres. Mientras que Cejudo et al. (2014a) observan valores de 79,5° en 22 jugadores de la 1ª División Nacional y 86,4° en 28 jugadores de la 2ª División Nacional.

En fútbol, se ha encontrado valores medios de 82,6° en 50 jugadores adolescentes (Zakas et al., 2005), 79,3° en 80 jugadores adolescentes (Zakas et al., 2006), 80,8° en 180 jugadores sénior (Ekstrand et al., 1982), 91,7° en 22 jugadores de la 3ª División Nacional Española (Cejudo et al., 2012), 88,9° en 150 jugadores junior de élite [defensas 88,5°, centrocampistas 90,5° y delanteros 88,5°] (Sporis et al., 2010), 90,6° en 41 jugadores de élite y sub-élite (Rahnama et al., 2005), 94,6° en 146 jugadores profesionales (Witvrouw et al., 2003) y 102,1° en 32 jugadores élite (Bradley & Portas, 2007).

En fútbol sala, se han observado valores medios de 79,3° en 46 jugadores de fútbol sala élite (Ayala et al., 2012) y 91,1° en 17 jugadores de 2ª División Nacional (Cejudo et al., 2014c).

En tenis, Kibler y Chandler (2003) encuentran valores medios de 65,9° en 29 jugadores y 77,1° en 22 jugadoras junior de élite. Zakas et al. (2005) observan valores medios de 68,5° en 24 jugadores junior de élite y Chandler et al. (1990) encuentran valores medios de 77,1° en 86 jugadores de élite (66 hombres, 20 mujeres).

En corredores de fondo (pruebas iguales o superiores a 1500 metros) federados se han observado valores medios de 71° en 10 atletas masculinos y 78° en 10 atletas femeninas (Wang et al., 1993) y 82,5° en 15 atletas sénior de duatlón de ambos sexos (Cejudo et al., 2013).

En esquiadores, Alricsson, Harms-Ringdahl, Eriksson & Werner (2003) observan valores medios de 98,5° en 20 esquiadores adolescentes (10 hombres, 10 mujeres). Mientras que Alricsson & Werner (2004) encuentran valores medios de 98,9° en 26 esquiadores universitarios de élite (12 hombres, 14 mujeres).

En bailarines de danza (5 hombres, 27 mujeres), Koutedakis, Hukam, Metsios, Nevill, Giakas, Jamurtas & Myszkewycz (2007) observan valores medios de 124,3°.

Tabla 10. Valores medios obtenidos en el deporte tras la valoración de la flexión de cadera con rodilla extendida versión "Elevación de la Pierna Recta" para la musculatura isquiosural.

Muestra	Categoría	ROM medio
Fútbol	Adolescentes	82,6°
	Junior elite	88,2°
	Sénior	80,8°
	Elite y sub-élite	90,6°
	Elite	102,1°
	Profesional	94,6°
Fútbol Sala	Elite	79,3°
	2ª DNE	91,1°; P: 103,2°
Balonmano	Junior	H: 76,2° a 82,8°; M: 85,8°
	2ª DNE	86,4°
	1ª DNE	79,5°
	Profesional	H: 95,3°; M: 95,1°
Tenis	Junior elite	H: 65,9° a 77,5°; M: 77,1°
Duatlón	Sénior	82,5°
Corredores de fondo	Federados	H: 71°; M: 78°
Esquí	Adolescentes elite	98,5°
	Junior	98,9°
Danza	Estudiantes	124,3°

H: hombres; M: mujeres; P: jugadores porteros; DNE: División Nacional Española.

Por otro lado, Kibler et al. (1988) categorizan la flexibilidad isquiosural en: a) pobre $<60^\circ$, b) insuficiente 61° a 70° , c) bueno 71° a 80° y d) excelente $>81^\circ$ en 97 tenistas de elite junior. Mientras que Cejudo et al. (2013) categorizan los valores de flexibilidad en óptimos ($\geq 92^\circ$), normales (71° - 91°) y limitados ($\leq 70^\circ$) en 15 atletas sénior de duatlón.

En este sentido, varios autores han establecido un punto de corte para fijar la normalidad y la cortedad isquiosural. Ekstrand & Gillquist (1982) establecen en 68° el límite de cortedad al encontrar una correlación positiva entre valores inferiores a ese punto de corte con el esguince de tobillo y lesiones musculares en el muslo e ingle en 180 futbolistas sénior.

Witvrouw et al. (2001) fijan la cortedad en $83,7^\circ$ al encontrar correlación entre valores inferiores a ese punto de corte con la tendinitis rotuliana en 17 estudiantes de Educación Física.

Okamura et al. (2014) utilizan los 70° como punto de corte y encuentran una correlación positiva con la entesitis de rodilla (incluye la tendinitis rotuliana y del cuádriceps) y la lesión ligamentosa del tobillo en 192 patinadores adolescentes (92 hombres, 100 mujeres) de categoría nacional (tabla 11).

Tabla 11. Categorías y valores de referencia de la musculatura isquiosural en el deporte medidos a través de la flexión de cadera con rodilla extendida, versión "Elevación de la Pierna Recta".

Estudio		Categorías propuestas			
Autor	Muestra	I	II	III	IV
Cejudo et al. (2013)	Duatlón Sénior	Óptimo $\geq 92^\circ$	Normal $71^\circ-91^\circ$	Limitado $\leq 70^\circ$	
Kibler et al. (1988)	Tenis Junior élite	Excelente $>81^\circ$	Buena $71^\circ-80^\circ$	Insuficiente $61^\circ-70^\circ$	Pobre $<60^\circ$
Witvrouw et al. (2001)	Estudiantes Educación Física			Cortedad $83,7^\circ$	
Okamura et al. (2014)	Patinaje Nacional Adolescentes			Cortedad $<70^\circ$	
Ekstrand & Gillquist (1982)	Fútbol Sénior		Normalidad $>68^\circ$	Cortedad 68°	

Prueba de valoración de la extensión de la cadera con rodilla flexionada o Test de Thomas Modificado. Medición indirecta de la flexibilidad del psoas-iliaco.

En los manuales de evaluación músculo-esquelética, para valorar el ROM de la extensión de la cadera se suele utilizar la posición decúbito prono (AMA, 2001; AAOS, 1965). Palmer & Epler (2002) colocan al explorado en decúbito lateral, mientras que la cadera contralateral se coloca en posición anatómica (Clarkson, 2003; AAOS, 1965) o en flexión de 90° (Palmer & Epler, 2002; Gerhardt, 1994; AAOS, 1965; Gerhardt, Cocchiarella & Lea, 2002).

Los autores cifran el límite de normalidad en la población general en 0° (Palmer & Epler, 2002), en 10° (Peterson et al., 2005), en 20° (Gerhardt, 1994) y en 30° (AAOS, 1965; Gerhardt et al., 2002; Clarkson, 2003; Alter, 2004; Taboadela, 2007).

Para medir la flexibilidad del psoas-iliaco, varios autores recomiendan utilizar el test de Thomas modificado que parte de la posición de decúbito supino. La normalidad en población general para esta variante se ha fijado en valores iguales o superiores a 0° respecto a la horizontal. Mientras que la cortedad, se ha fijado en valores inferiores a 0° , es decir, cuando el muslo esté por encima de la horizontal (Palmer & Epler, 2002; Clarkson, 2003; Gerhardt et al., 2002; Peterson et al., 2005).

Los trabajos que han utilizado el test de Thomas modificado y que han valorado a deportistas han observado valores medios entre 1° y $14,3^\circ$ (tabla 13). En balonmano, se han encontrado valores de $8,2^\circ$ y $8,8^\circ$ en 67 jugadores junior (Zakas et al., 2002;

Zakas et al., 2003), 17,8° en 22 jugadores de la 1ª División Nacional Española y 19,1° en 28 jugadores de la 2ª División Nacional Española (Cejudo et al., 2014a).

En fútbol, se han observado valores medios de 14,3° en 50 jugadores adolescentes (Zakas et al., 2005), 10,8° en 22 jugadores de la 3ª División Nacional Española (Cejudo et al., 2012), 9,1° en 180 jugadores sénior (Ekstrand et al., 1982) y 1° en 153 jugadores de élite (Arnason et al., 2004).

En fútbol sala, Cejudo et al. (2014c) observaron valores medios de 12,4° en 17 jugadores de campo y 17,5° en porteros de la 2ª División Nacional Española. En otro estudio, Cejudo et al. (2013) observan valores medios de 10,4° en 15 atletas de duatlón de ambos sexos.

En corredores de fondo (pruebas superiores a 1500 metros), Wang et al. (1993) encuentran valores medios de 7,5° en hombres y 10,5° en mujeres (tabla 12).

Tabla 12. Valores medios obtenidos en el deporte tras la valoración de la extensión de cadera usando el test de Thomas modificado para el psoas-iliaco.

Muestra	Categoría	ROM medio
Balonmano	Juvenil	18,1°
	Junior	8,8° y 8,2°
	2ª DNE	19,1°
	1ª DNE	17,8°
Fútbol	Adolescentes	6,8° y 14,3°
	Sénior	9,1°
	Élite	1°
Fútbol sala	2ª DNE	12,4° y 17,5°
Tenis	Junior élite	24,8°
Duatlón	Sénior	10,4°
Corredores de fondo	Federados	H: 7,5°; M: 10,5°

H: hombres; M: mujeres; DNE: División Nacional Española.

Para el ROM limitado, Cejudo et al. (2013) establece el punto de corte en valores iguales e inferiores a 8° en 15 atletas sénior de duatlón. Mientras que Ekstrand & Gillquist (1982), en un estudio con 180 futbolistas sénior, establecieron en 13° el límite de cortedad en el test modificado de Thomas, tras encontrar una correlación positiva entre valores inferiores a ese punto de corte con el esguince de tobillo y lesiones musculares en muslo e ingle.

Pruebas de valoración de la abducción de la cadera. Medición indirecta de la flexibilidad de los aductores (pectíneo, aductor corto, aductor mediano, aductor mayor y recto interno “gracilis”).

Los diferentes manuales de evaluación músculo-esquelética proponen para la población general el límite de la normalidad entre 40° y 45° (Gerhardt et al., 2002), en 45° (AAOS, 1965; Palmer & Epler, 2002; Clarkson, 2003; Alter, 2004; Norkin & White, 1995; Taboadela, 2007) y en 50° (Gerhardt, 1994).

La posición inicial más utilizada para la valoración de la abducción de cadera es la de decúbito supino con la pierna contralateral colgando por el lateral de la camilla para fijar la pelvis (Clarkson, 2003; Alricsson & Werner, 2004). Otras posiciones utilizadas son la posición de decúbito lateral con la cadera neutra (Gerhardt, 1994; Gerhardt et al., 2002), y la posición en decúbito supino con la cadera en flexión de 90°. En esta última posición se realiza el movimiento en el plano transversal (AAOS, 1965; Gerhardt, 1994; Alter, 2004) para medir la flexibilidad de los aductores monoarticulares (Kapandji, 2007).

La normalidad para la abducción de la cadera en flexión ha sido propuesta hasta los 50° (Gerhardt, 1994), de 45° a 60° (AAOS, 1965) y hasta los 80° (Debruner SUVA citado en Gerhardt (1994)). La abducción con la cadera en flexión presenta valores superiores en comparación con la abducción de cadera en posición anatómica debido a que existe una menor limitación cápsulo-ligamentosa coxo-femoral. Solamente Clarkson (2003) detalla que el ROM de abducción de la cadera en posición neutra está restringido por limitación de los aductores cuando el rango es inferior a la normalidad, 45° (tabla 13).

Tabla 13. Valores de normalidad y cortedad de los aductores medidos a través de la valoración de la abducción de cadera en población general.

Normalidad			Cortedad
Decúbito supino		Decúbito lateral	Decúbito supino
Cadera 0°	Cadera a 90°	Cadera a 0°	Cadera 0°
40-45°	50-80°	40-50°	< 45°

Todos los estudios realizados con deportistas han valorado la abducción de la cadera en posición neutra observando valores medios entre los 33,5° y 57,3° (tabla 14).

En balonmano, se han encontrado valores medios de 45,3° y 46,4° en 67 jugadores junior (Zakas et al., 2002; Zakas et al., 2003); 45° en 16 jugadores juveniles, 48,5° en 28 jugadores de la 2ª División Nacional Española, 48,5° en 22 jugadores de la 1ª División Nacional Española (Cejudo et al., 2014a) y 39,5° en 20 jugadores de élite (L'Hermette et al., 2006).

En fútbol, se han encontrado valores medios de 46,3° en 50 jugadores adolescentes (Zakas et al., 2005), 55° en 20 jugadores adolescentes profesionales (Manning & Hugson, 2009), 33,5° en 180 jugadores sénior (Ekstrand et al., 1982), 41,1° en 22 jugadores de la 3ª División Nacional Española (Cejudo et al., 2012), 43,4° en 153 jugadores de élite (Arnason et al., 2004) y 53,3° en 146 jugadores profesionales (Witvrouw et al., 2003).

En fútbol sala, Cejudo et al. (2014c) encuentran valores medios de 51,7° en 17 jugadores de campo y 57,3° en 3 jugadores porteros de la 2ª División Nacional Española.

En tenis, Zakas et al. (2005) observan valores medios de 41,6° tras valorar a 24 jugadores junior de élite.

En duatlón, Cejudo et al. (2013) encuentran valores medios de 50,7° tras valorar a 15 atletas sénior.

En hockey hielo, Tyler, Nicholas, Campbell & McHugh (2001) observan valores medios de 45,8° en 47 jugadores profesionales.

Tabla 14. Valores medios obtenidos en deportistas tras la valoración de la abducción de cadera con rodilla extendida para los aductores.

Muestra	Categoría	ROM medio
Balonmano	Élite	39,5°
	Juvenil	45°
	Junior	45,3° y 46,4°
	1ª DNE	46°
	2ª DNE	48,5°
Fútbol	Sénior	33,5°
	Adolescentes	39,8° y 46,3°
	Élite	43,4°
	Profesional	50,0° y 53,3°
Fútbol sala	Junior elite	55°
Fútbol sala	2ª DNE	51,7°; P: 57,3°
Duatlón	Sénior	50,7°
Ballet clásico, danza y jazz	Adolescentes	H: 54,0°
		M: 55,0°
Hockey hielo	Profesional	45,8°

H: hombres; M: mujeres; P: jugadores porteros DNE: División Nacional Española.

Con relación a valores de ROM limitado, Cejudo et al. (2013) establece el punto de corte en valores iguales e inferiores a 43° en 15 atletas sénior de duatlón. Mientras que Ekstrand & Gillquist (1982), tras realizar un estudio con 180 futbolistas sénior, establecen en 28° el límite de cortedad en el test de la abducción de cadera con rodilla extendida, tras encontrar una correlación positiva entre valores inferiores a ese punto de corte con el esguince de tobillo y lesiones musculares en el muslo e ingle.

Valoración de la aducción de la cadera. Medición indirecta de la flexibilidad de los abductores (piramidal, glúteo medio, glúteo menor y tensor de la fascia lata).

En los manuales de valoración músculo-esquelética, el movimiento de aducción de la cadera suele estar descrito en decúbito supino partiendo de dos posiciones diferentes: a) con la extremidad inferior en posición neutral se fija la normalidad en 10° (Peterson et al., 2005), en 20°/30° (Palmer & Epler, 2002) y en 30° (Norkin & White, 1995; AAOS, 1965; Clarkson, 2003; Taboadela, 2007), y b) con la cadera flexionada a 90°, con valores de normalidad en 20° (Peterson et al., 2005), en 30° (Gerhardt, 1994) y en 60° (Alter, 2004) en población general.

Para valorar esta musculatura, también suele emplearse el test de Ober modificado (rodilla a 0°) que parte de una posición en decúbito lateral, estableciendo la normalidad cuando la bisectriz del muslo es inferior a 10° por debajo de la horizontal; y el test de Ober (rodilla flexionada a 90°) que parte de una posición en decúbito lateral, estableciendo la normalidad cuando la bisectriz del muslo cae ligeramente por debajo de la horizontal (0°). La cadera y rodilla no explorada se suele colocar en ligera flexión y la pelvis está estabilizada en posición neutra.

Gerhardt (1994) cifra la normalidad en 35° de aducción de la cadera siguiendo un procedimiento similar al test de Ober modificado pero con la cadera de la extremidad no explorada a 90° y la rodilla a 120° de flexión. La American Medical Association (Gerhardt et al., 2002) cifra la normalidad en 20°/30° en decúbito lateral con la rodilla extendida y la cadera explorada en una flexión de 30°.

Con relación al ROM limitado, la cortedad del tensor de la fascia lata y de la banda iliotibial valorada mediante el test de Ober (rodilla flexionada), Peterson et al. (2005) propone la cortedad en valores inferiores a 0°, es decir, cuando la cadera permanece en abducción.

Clarkson (2003) categoriza los resultados en cortedad máxima (muslo abducido), cortedad moderada (muslo en la horizontal) y cortedad mínima (muslo en ligera aducción). En el test de Ober modificado (rodilla extendida), Peterson et al. (2005) establecen la cortedad cuando el muslo cae por debajo de la horizontal hasta 10° (tabla 15).

Tabla 15. Valores de normalidad y cortedad de los músculos abductores de la cadera medidos a través de la valoración de la aducción de cadera en población general.

	Decúbito supino		Decúbito lateral
	Posición neutra 0°	Cadera en flexión a 90°	
Normalidad	30°	30°(60°)	0° * 10°† 35°
Cortedad	-	-	<0° *

† test de Ober modificado (rodilla en extensión completa); * test de Ober (rodilla flexionada a 90°).

Ferber, Kendall & McElroy (2010) tras valorar la aducción de la cadera usando el test de Ober encuentran valores de -24,5° en 300 individuos activos (125 hombres, 175 mujeres) (mínimo 30 minutos de ejercicio físico, 3 días a la semana).

Kibler et al. (1988) clasifican la aducción de la cadera usando el test de Ober modificado midiendo la distancia entre la rótula de la rodilla y la camilla en 4 categorías: 1) Pobre >10 cm; 2) Escasa 6 a 10 cm; 3) Buena 2 a 6 cm; y 4) Excelente <2 cm, y observan en un estudio con 97 tenistas junior de élite una correlación entre valores mayores o iguales a 6-10 cm con lesiones de sobrecarga (dolor lumbar, tendón de Aquiles, rodilla e isquiosural), lesiones ligamentosas (esguinces de rodilla y tobillo) y fracturas.

Valoración de la rotación de la cadera. Medición indirecta de la flexibilidad de los rotadores internos (glúteo medio, glúteo menor y tensor de la fascia lata) y externos (piramidal "piriforme", obturador interno y externo, gemelo superior e inferior y cuadrado femoral) de la cadera.

En los manuales de valoración músculo-esquelética se describe la valoración de la rotación de la cadera en tres posiciones: a) decúbito supino; b) decúbito prono y c) sedentación.

En decúbito supino se describen dos procedimientos: a) con la cadera a 0° y rodilla a 90° (Gerhardt, 1994; Palmer & Epler, 2002) y b) con la cadera y rodilla a 90° de flexión (AAOS, 1965; Clarkson, 2003; Alter, 2004). En esta posición, la AAOS (1965) y Alter (2004) realizan el movimiento de rotación con la extremidad en posición neutra.

En decúbito prono, con la cadera neutra y la rodilla a 90° de flexión (AAOS, 1965; Gerhardt, 1994; Clarkson, 2003; Alter, 2004; Gerhardt et al., 2002), y en sedentación, con la cadera y rodilla en flexión a 90° (Gerhardt, 1994; Palmer & Epler, 2002; Clarkson, 2003; Taboadela, 2007). El límite de normalidad en población general se cifra en 45° y

en 60° para el movimiento de la rotación interna y rotación externa de la cadera, respectivamente.

Valoración de la rotación interna de la cadera.

El límite de normalidad de la rotación interna de la cadera en población general se cifra en 30° (Gerhardt, 1994; Palmer & Epler, 2002; Kapandji, 2007), en 40° (Gerhardt et al., 2002; Kapandji, 2007) y en 45° (American Academia of Orthopaedic Surgeons, 1965; Palmer & Epler, 2002; Clarkson, 2003; Alter, 2004; Taboadela, 2007).

Para clasificar la gravedad de la coxartrosis, uno de los diez criterios clínicos es tener una limitación de la rotación interna con valores inferiores a 15° (Holla et al., 2011). Recientemente, Holla et al. (2012) han recomendado modificar este punto de corte a 24° en personas con síntomas precoces de coxartrosis (tabla 16).

Tabla 16. Valores de normalidad y cortedad de los músculos rotadores externos de la cadera medidos a través de la valoración de la rotación interna de la cadera en población general.

Normalidad		Cortedad
Decúbito prono	Decúbito supino, decúbito prono y sedentación	Sedentación Coxartrosis
30°-40°	45°	< 24°

En investigaciones realizadas con deportistas que han valorado la rotación interna en decúbito prono, han encontrado valores medios de 16° en 20 jugadores de balonmano de élite (L'Hermette et al., 2006). En tenis, Kibler & Chandler (2003) tras valorar a 51 tenistas junior de élite (29 hombres y 22 mujeres) encuentran valores medios de 34,6° y 40,3° respectivamente. Mientras que Young, Dakic, Stroia, Nguyen, Harris & Safran (2014) tras valorar a 125 jugadoras de tenis observa valores medios de 39,5°. En 1360 bailarinas de ballet clásico, danza moderna, jazz, etc. se observaron valores medios de 55° (Steinberg et al., 2006).

Con relación al ROM limitado, L'Hermette et al. (2006) establecen en 14° el límite de cortedad en la rotación interna en 20 jugadores de balonmano al encontrar una correlación positiva entre valores inferiores a ese punto de corte con la coxartrosis (tabla 17).

Tabla 17. Valores medios obtenidos en el deporte tras la valoración de la rotación interna de la cadera (decúbito prono) para los músculos rotadores externos de la cadera.

Muestra	Categoría	ROM medio
Balonmano	Élite	16,0°
Tenis	Junior élite	H: 34,6°; M: 40,3°
	Profesional	M: 39,5°
Danza	Adolescentes	55°

H: hombres; M: mujeres.

Valoración de la rotación externa de la cadera.

El rango de movimiento de la rotación externa de la cadera suele ser mayor que el rango de la rotación interna de la cadera (Palmer & Epler, 2002; Clarkson, 2003). En población general, la normalidad de la rotación externa de la cadera se cifra en 30° (Palmer & Epler, 2002), en 45° (American Academia of Orthopaedic Surgeons, 1965; Gerhardt, 1994; Palmer & Epler, 2002; Clarkson, 2003; Alter, 2004; Taboadela, 2007), en 50° (Gerhardt, 1994; Gerhardt et al., 2002) y hasta 60° (Kapandji, 2007) (tabla 18).

Tabla 18. Valores de normalidad de los músculos rotadores internos de la cadera medidos a través de la valoración de la rotación externa de la cadera en población general.

Normalidad	
Decúbito supino, decúbito prono y sedentación	No detalla posición inicial
30°	
45°	60°
50°	

En investigaciones realizadas con deportistas que han valorado la rotación externa de la cadera en decúbito prono, se han encontrado valores medios entre 29° y 39,2° (tabla 19).

En balonmano, L'Hermette et al. (2006) encuentra valores medios de 29° en 20 jugadores de élite.

En tenis, Kibler & Chandler (2003) tras valorar a 51 jugadores junior de élite (29 hombres y 22 mujeres) encuentran valores medios de 39,2° y 39,1° respectivamente. Mientras que Young et al. (2014) tras valorar a 125 jugadoras de tenis observan valores medios de 23,5°.

En 1360 bailarinas de ballet clásico, danza moderna, jazz, etc. se observaron valores medios de 57° (Steinberg et al., 2006).

Tabla 19. Valores medios obtenidos en el deporte tras la valoración de la rotación externa de la cadera (decúbito prono) para los músculos rotadores internos de la cadera.

Muestra	Categoría	ROM medio
Balonmano	Élite	29°
Tenis	Junior élite	H: 39,2°; M: 39,1°
Danza	Adolescentes	M: 57°

H: hombres; M: mujeres.

Valoración de la flexión de la rodilla. Medición indirecta de la flexibilidad del cuádriceps.

El rango de movimiento de la flexión de la rodilla ha sido descrito en posición de decúbito supino con la cadera flexionada (Palmer & Epler, 2002; American Academia of Orthopaedic Surgeons, 1965; Norkin & White, 1995; Clarkson, 2003), en decúbito supino con cadera neutra utilizando el test modificado de Thomas (AAOS, 1965; Clarkson, 2003; Palmer & Epler, 2002; Taboadela, 2007), en posición de decúbito prono con cadera neutra a 0° mediante el test de Ely (Clarkson, 2003; Norkin & White, 1995; Gerhardt et al., 2002) y en posición de decúbito lateral con la cadera a unos 90° (Palmer & Epler, 2002).

En población general, la normalidad en decúbito supino y lateral con la cadera en flexión (no detalla los grados) ha sido fijada en 120°/130° (Palmer & Epler, 2002), en 135° (American Academia of Orthopaedic Surgeons, 1965; Norkin & White, 1995; Clarkson, 2003) y en 160° (Alter, 2004; Kapandji, 2007).

En decúbito supino o lateral con la cadera flexionada a 90°, Palmer & Epler (2002) cifran la normalidad en valores superiores a 125°. En el test de Ely (posición decúbito prono) se considera el punto de corte de normalidad en 120° (Alter, 2004), en 140° (Gerhardt, 1994) y en 150° (Gerhardt et al., 2002).

Para el ROM limitado, Peterson et al., (2005) y Palmer & Epler (2002) proponen la cortedad del cuádriceps en valores inferiores a 80° utilizando el test de Thomas modificado. Holla et al. (2012) establecen la cortedad en valores iguales o inferiores a 132° (en decúbito supino, flexión de la cadera a 90°) al observar una correlación de estos valores con la osteoartritis en personas entre 45 a 65 años. En un trabajo similar, Peat et al. (2007) observan una correlación de la cortedad del cuádriceps cuantificada en valores inferiores a 120° con el dolor de rodilla y la gonartrosis en personas mayores (tabla 20).

Tabla 20. Valores de normalidad y cortedad del cuádriceps medidos a través de la flexión de rodilla en población general.

Normalidad		Cortedad	
Decúbito supino	Decúbito prono	Decúbito supino	
Cadera flexionada *	Test de Ely	Cadera a 90°	Test de Thomas modificado
120/130°			
>125°		<132°†	
135°	150°	<120°††	<80°
160°			

* Autores no detallan el grado de flexión; † osteoartritis; †† dolor de rodilla y gonartrosis.

A nivel descriptivo, en investigaciones realizadas con deportistas y utilizando el test de Thomas modificado se han encontrado valores medios entre los 116,7° y los 146,5° (tabla 21).

En fútbol, Cejudo et al. (2012) observan valores medios de 137,8° en 22 jugadores de la 3ª División Nacional Española. En fútbol sala, Cejudo et al. (2014c) obtienen valores medios de 139,1° en 17 jugadores de campo y 146,5° en 3 porteros de la 2ª División Nacional Española.

En balonmano, Cejudo et al. (2014a) obtienen valores medios de 136,3° en 16 jugadores juveniles, 126,8° en 28 jugadores de la 2ª División Nacional Española y 123,5° en 22 jugadores de la 1ª División Nacional Española.

En tenis, Chandler et al. (1990) encuentran valores medios de 123° en 86 jugadores junior élite (66 hombres, 20 mujeres), y Kibler & Chandler (2003) 123,1° en 29 hombres y 127,6° en 22 mujeres de categoría junior élite.

En duatlón, Cejudo et al. (2013) encuentran valores medios de 116,7° en 15 atletas sénior.

Tabla 21. Valores medios obtenidos en el deporte mediante el test de Thomas modificado para el cuádriceps.

Muestra	Categoría	ROM medio
Balonmano	Juvenil	136,3°
	2ª DNE	126,8°
	1ª DNE	123,5°
Fútbol	3ª DNE	137,8°
Fútbol sala	2ª DNE	139,1°; P: 146,5°
Duatlón	Sénior	116,7°
Tenis	Junior élite	123°
	Junior élite	H: 123,1°; M: 127,6°

H: hombres; M: mujeres; P: jugadores porteros; DNE: División Nacional Española.

Varios autores han establecido un punto de corte para definir el ROM limitado en el deporte.

Para el ROM limitado, Cejudo et al. (2013) establece el punto de corte en valores iguales e inferiores a 104° en 15 atletas sénior de duatlón.

Ekstrand & Gillquist (1982) establecen en 132° el límite de cortedad de la flexión de rodilla utilizando el test de Ely, tras encontrar una correlación positiva entre valores inferiores a ese punto de corte con el esguince de tobillo y lesiones musculares en el muslo e ingle en un estudio realizado con 180 futbolistas sénior.

Witvrouw et al. (2001) utilizando el test de Ely modificado, establecen la cortedad en 86° al encontrar correlación con la tendinitis rotuliana en 17 estudiantes de Educación Física. En la misma prueba, Okamura et al. (2014) encuentran correlación entre valores mayores a 0 cm (distancia entre el talón y el glúteo) con la entesitis de rodilla (incluye la tendinitis rotuliana y del cuádriceps), y la lesión ligamentosa del tobillo en 192 patinadores (92 hombres, 100 mujeres) adolescentes de nivel nacional.

En 97 tenistas junior de élite, Kibler et al. (1988) encuentran correlación entre valores inferiores a 110° de flexión de la rodilla -no detalla la posición inicial- con lesiones de sobrecarga como el dolor lumbar y la tendinopatía aquilea e isquiosural, así como las lesiones ligamentosas de rodilla y tobillo.

Valoración de la flexión dorsal del tobillo con la rodilla extendida. Medición indirecta de la flexibilidad del gemelo.

En los manuales de valoración músculo-esquelética se evalúa este ROM predominantemente en decúbito supino (Peterson et al., 2005; Palmer & Epler, 2002; Clarkson, 2003). Para la población general, el límite de la normalidad se considera en 20° (American Academia of Orthopaedic Surgeons, 1965; Gerhardt et al., 2002; Clarkson, 2003; Alter, 2004). Peterson et al. (2005) y Palmer & Epler (2002) establecen la normalidad en 10°, al ser este el rango de movimiento necesario para una marcha normal, pero informan que se requiere un mayor rango para subir escaleras, arrodillarse o para actividades deportivas. Rome (1996) propone la normalidad entre 8°-26° y Di Giovanni et al. (2002) tras evaluar a 34 adultos definen la cortedad por debajo de 5° al correlacionar el ROM con el dolor del antepié y del mediopié.

Actualmente, se recomienda el test modificado de la zancada “Modified Lunge Test” que parte de una posición de bipedestación con auto-carga corporal para medir la flexibilidad del gemelo por su simplicidad y localización de la limitación muscular (Clarkson, 2003; Krause, Cloud, Forster, Schrank & Hollman, 2011; Cejudo et al., 2014b). Norris (2004) categoriza como “buena” flexibilidad del gemelo valores mayores

o iguales a 30°, mientras que valores inferiores como “mala” flexibilidad. Este autor no indica la población objeto de este estudio. Tabrizzi, McIntyre, Quesnel & Howard (2000) encuentra en 82 adolescentes con lesión del tobillo (esquince y fractura) valores medios de 5,7° en la flexión dorsal del tobillo –no detalla la posición inicial- (tabla 22).

Tabla 22. Valores de normalidad y cortedad del gemelo medidos a través de la dorsi-flexión del tobillo en población general.

Normalidad		Cortedad
Decúbito supino	Bipedestación	Decúbito supino
20°		
8-26°	≥30°	<5°†
>20°		

†: Dolor del antepié y mediopié.

A nivel descriptivo, en investigaciones realizadas con deportistas y utilizando el test modificado de la zancada se han encontrado valores medios entre los 21,4° y los 43,3° (tabla 23).

En balonmano, Cejudo et al. (2014a) encuentran valores medios de 43,3° en 16 jugadores juveniles, 42,3° en 28 jugadores de la 2ª División Nacional Española y 40° en 22 jugadores de la 1ª División Nacional Española.

En fútbol, Ekstrand et al. (1982) observan valores medios de 21,4° en 180 jugadores sénior. Cejudo et al. (2012) observan valores medios de 38,1° en 22 jugadores de la 3ª División Nacional Española. Witvrouw et al. (2003) encuentran valores medios de 35,3° en 146 jugadores profesionales.

En fútbol sala, Cejudo et al. (2014c) encuentran valores medios de 40° en 17 jugadores de 2ª División Nacional Española y 48,3° en 3 porteros de la misma categoría.

En duatlón, se han observado valores medios de 40,3° en 15 atletas sénior (Cejudo et al., 2013).

En esquí, se han observado valores medios de 38° en 20 esquiadores (10 varones, 10 mujeres) de élite adolescentes (Alricsson et al., 2003) y 35,5° en 26 esquiadores (12 varones, 14 mujeres) de élite de 19 años (Alricsson & Werner, 2004) (tabla 23).

Con relación a la categorización del ROM, Lindsjo et al. (1985) creen que los atletas necesitan una flexión dorsal del tobillo con autocarga con valores entre 20° y 30°, pero no informan de si este rango de movimiento es realizado con la rodilla flexionada o extendida.

Tabla 23. Valores medios obtenidos en el deporte mediante el test modificado de la zancada para el gemelo.

Muestra	Categoría	ROM medio
Balonmano	Juvenil	43,3°
	2ª DNE	42,3°
	1ª DNE	40°
Fútbol	Sénior	21,4°
	3ª DNE	38,1°
	Profesional	35,3°
Fútbol sala	2ª DNE	40°
Duatlón	Sénior	40,3°
Esquí	Adolescentes élite	38°
	Élite	35,5°

H: hombres; M: mujeres; P: jugadores porteros; DNE: División Nacional Española.

Con relación al ROM limitado, varios autores han establecido un punto de corte para definir la cortedad del gemelo utilizando el test modificado de la zancada.

Cejudo et al. (2013) establece el punto de corte en valores iguales e inferiores a 32° en 15 atletas sénior de duatlón.

En 409 militares activos, Kaufman et al. (1999) fijan la cortedad en valores inferiores a 11,5° al encontrar correlación entre valores inferiores a ese punto de corte con la tendinitis aquilea. Mientras que Ekstrand & Gillquist (1982) establecen en 17° el límite de la cortedad del gemelo en esta prueba en 180 jugadores sénior de fútbol.

Valoración de la flexión dorsal del tobillo con la rodilla flexionada. Medición indirecta de la flexibilidad del sóleo.

La flexión dorsal del tobillo se suele valorar en decúbito supino con la rodilla en flexión a 20 o 30° (American Academia of Orthopaedic Surgeons, 1965; Palmer & Epler, 2002; Clarkson, 2003; Alter, 2004), en decúbito prono con la rodilla en flexión a 90° (Gerhardt, 1994; Gerhardt et al., 2002; Taboadela, 2007), sentado (Norkin & White, 1995; Clarkson, 2003; Palmer & Epler, 2002) y de rodillas sobre una silla o camilla (Gerhardt et al., 2002).

El límite de normalidad para la población general ha sido propuesto en 20° (American Academia of Orthopaedic Surgeons, 1965; Gerhardt et al., 2002; Palmer & Epler, 2002; Alter, 2004; Peterson et al., 2005), en 25° (Gerhardt, 1994) y en 20°/30° (Kapandji, 2007).

Peterson et al. (2005), así como Clarkson (2003), establecen la normalidad en valores superiores a 20°. En 409 militares activos, Kaufman et al. (1999) definen la

normalidad en valores entre 18,5-23° al no encontrar correlación entre valores inferiores a ese rango –no detalla el procedimiento- con la tendinitis aquilea. Mientras que Di Giovanni et al. (2002) definen la cortedad del soleo en valores inferiores a 10° por su correlación con el dolor del antepié y mediopié, tras evaluar a 34 pacientes en posición decúbito supino.

Actualmente, se recomienda el test de la zancada “Lunge Test” en bipedestación con auto-carga corporal por su sencillez para medir la flexibilidad del sóleo (Clarkson, 2003; Cejudo et al., 2014b). En esta prueba, Norris (2004) considera una “buena” flexibilidad del sóleo cuando la dorsi-flexión sea superior o igual a 40°, mientras que valores inferiores indican una “mala” flexibilidad (tabla 24).

Tabla 24. Valores medios obtenidos en población general tras la valoración de la dorsi-flexión del tobillo para el sóleo.

Decúbito supino	Normalidad		Cortedad	
	No detalla	Bipedestación con autocarga	Decúbito supino	Test de la zancada
20°				
>20°	18,5-23,0°	≥40°	<10°†	<39°
25°				
20/30°				

† dolor del antepié y mediopié.

A nivel descriptivo, en investigaciones realizadas con deportistas que han valorado la dorsi-flexión del tobillo usando el test de la zancada, se han encontrado valores medios entre los 29,8° y los 47,3° (tabla 25).

En balonmano, Cejudo et al. (2014a) encuentran valores medios de 46,6° en 16 jugadores juveniles, 43,7° en 28 jugadores de la 2ª División Nacional Española y 42,2° en 22 jugadores de la 1ª División Nacional Española. Mientras que Zakas et al. (2002) y Zakas et al. (2003) observan valores medios de 29,8° y 29,2° en jugadores junior de balonmano.

En fútbol, Zakas et al. (2002) encuentran valores medios de 37,5° en 50 jugadores adolescentes. Zakas et al. (2006) encuentra valores medios de 26,1° en 80 jugadores adolescentes; Mientras que Cejudo et al. (2012) observan valores medios de 26,1° en 22 jugadores de la 3ª División Nacional Española.

En fútbol sala, Cejudo et al. (2014c) tras valorar a 17 jugadores de campo y 3 porteros de 2ª División Nacional, encuentran valores medios de 30,7° y 49,3° respectivamente.

En tenis, Zakas (2005) tras valorar a 24 tenistas junior de élite encuentra valores medios de 27,7°.

En duatlón, Cejudo et al. (2013) tras evaluar a 15 atletas sénior observan valores medios de 47,3°.

En voleibol, Malliaras et al. (2006) tras valorar a 190 jugadores encuentran valores medios de 46,1°.

Tabla 25. Valores de normalidad y cortedad del sóleo medido mediante el test de la zancada en población general; Valores medios obtenidos en el deporte mediante el test de la zancada para el sóleo.

Muestra	Categoría	ROM medio
Balonmano	Junior	29,8°
Fútbol	Adolescentes	26,1°
	Adolescentes	37,5°
	3ª DNE	26,1°
Fútbol sala	2ª DNE	30,7°
Voleibol	Liga Nacional	45,1°-47,2°
Duatlón	Sénior	47,3°

H: hombres; M: mujeres; P: jugadores porteros; DNE: División Nacional Española.

Varios autores han establecido un punto de corte para fijar el ROM limitado. Cejudo et al. (2013) establece el punto de corte en valores iguales e inferiores a 41° en 15 atletas sénior de duatlón.

Pope et al. (1998), tras evaluar a 1093 militares activos con el test de la zancada, establecen la cortedad en valores inferiores a 34° al encontrar correlación entre valores inferiores a ese punto de corte con lesiones de sobrecarga (esguince de tobillo, fractura por estrés tibial y del pie, periostitis tibial, tendinopatía aquilea y síndrome compartimental anterior). Mientras que, Malliaras et al. (2006) tras evaluar a 190 jugadores de voleibol (124 hombres, 66 mujeres) fijan la cortedad en valores inferiores a 45° al encontrar correlación entre valores inferiores a ese punto de corte con la tendinopatía rotuliana.

2.2.4. CONSIDERACIONES FINALES.

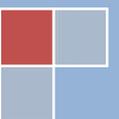
Son numerosas las propuestas que han sido realizadas para valorar la flexibilidad a través del rango de movimiento. Las pruebas que componen el Protocolo ROM-SPORT han sido seleccionadas por cumplir los siguientes criterios jerarquizados: (1) elevado grado de validez y fiabilidad; (2) procedimiento exploratorio sencillo, (3) material accesible y económico, (4) reducido tiempo para realizar la medición; así como (5) que se precise un máximo de 1 o 2 examinadores. Además, otro criterio a destacar es que el explorado note la sensación de estiramiento como indicador de la máxima amplitud de movilidad pasiva.

El rango de movimiento óptimo, puede definirse como el rango de movimiento normal y específico que se alcanza en una articulación determinada, considerando que el músculo que cruza esa articulación presenta una adecuada extensibilidad y además que permite generar la máxima fuerza y un correcto movimiento técnico (Klee & Wiemann, 2010).

El conocimiento de los valores de rango de movimiento podrán utilizarse para: a) fijar objetivos específicos cuantificables en el entrenamiento de la flexibilidad para optimizar el rendimiento físico-técnico y b) prevenir lesiones deportivas asociadas a la cortedad muscular, a la hipermovilidad o a la asimetría bilateral de flexibilidad entre músculos agonistas-antagonistas o contra laterales.

Se plantea la necesidad de aplicar el protocolo ROM-SPORT para cuantificar el ROM en diferentes poblaciones, y determinar valores de referencia que marquen el criterio de normalidad y de cortedad para cada prueba. Futuras investigaciones deben ir encaminadas a definir los valores de referencia de rango de movimiento "limitado" (cortedad muscular), rango de movimiento "normal" y rango de movimiento "óptimo" de cada prueba para cada una de las articulaciones, atendiendo a su especificidad de forma que guíen a los profesionales del deporte y de la salud en el proceso de prevención de las lesiones.

OBJETIVOS



3 OBJETIVOS

Con base a la introducción anteriormente expuesta, la presente memoria de tesis doctoral fija los siguientes objetivos generales y específicos para cada una de las líneas de investigación abordadas.

Con respecto a la **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 1: “Procedimientos exploratorios de la flexibilidad a través de test de recorrido angular en población deportista”**, los objetivos generales son:

- Presentar una propuesta específica de pruebas de valoración del rango de movimiento de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo en base a criterios de validez, fiabilidad, sencillez del procedimiento exploratorio y austeridad en los recursos humanos y materiales.
- Aportar valores de referencia que puedan ser utilizados por los profesionales del deporte y de la salud para categorizar el rango de movimiento como normal, limitado u óptimo de acuerdo a la evidencia científica existente.

Teniendo en cuenta las publicaciones presentadas, los objetivos específicos de cada publicación son:

ARTÍCULO 1. A simplified version of the weight-bearing ankle lunge test: description and test-retest reliability.

- Describir una nueva versión del Test de la zancada anterior modificado para sóloleo que es simple de realizar, que permite medir directamente la dorsi-flexión del tobillo en grados y en un corto periodo de tiempo adoptando una posición confortable.

Con respecto a la **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 2: “Precisión de las pruebas de valoración: Fiabilidad de la medida”**, el objetivo general es:

- Determinar la fiabilidad absoluta de las 7 pruebas que conforman el protocolo ROM-SPORT para la valoración angular de la extremidad inferior en deportistas.

Teniendo en cuenta las publicaciones presentadas, los objetivos específicos de cada publicación son:

ARTÍCULO 2. Fiabilidad absoluta de 2 pruebas clínicas para la estimación de la flexibilidad del tríceps sural.

- Examinar la fiabilidad absoluta inter-sesión de las pruebas de estimación de la flexibilidad de la musculatura del tríceps sural ROM-sóleo y ROM-gemelo en jugadores/as profesionales de fútbol sala.

ARTÍCULO 3. Reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscles flexibility in futsal and handball players.

- Examinar la fiabilidad absoluta inter-sesión en 7 pruebas de estimación de la flexibilidad (1. Test de Elevación de la pierna recta para la musculatura isquiosural; 2. Test de flexión de cadera para el glúteo mayor; 3. Test de Thomas modificado para el psoas iliaco; 4. Test para aductores con rodilla estirada; 5. Test de Thomas modificado para cuádriceps; 6. Test de la zancada anterior para gemelo; 7. Test de la zancada anterior para sóleo) en jugadores de fútbol sala y balonmano.

Con respecto a la **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 3: “Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en el deporte”**, los objetivos generales son:

- Definir cuantitativamente los niveles de flexibilidad en deportistas, en función del rango de movimiento en las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo.
- Categorizar los niveles de flexibilidad en función del rango de movimiento en las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo en base a un análisis de percentiles para establecer los valores limitados, de normalidad y óptimos.

Teniendo en cuenta las publicaciones presentadas, los objetivos específicos de cada publicación son:

ARTÍCULO 4. Rango de movimiento de la extremidad inferior en atletas de Duatlón.

- Definir cuantitativamente los valores de ROM en atletas de duatlón senior, valorando indirectamente la flexibilidad de los principales grupos musculares de la extremidad inferior a través de 7 pruebas exploratorias de ROM pasivo máximo.

ARTÍCULO 5. Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores sénior de balonmano.

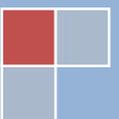
- Definir cuantitativamente los valores de referencia del perfil de flexibilidad en jugadores sénior de balonmano, valorando para ello la flexibilidad de los principales grupos musculares del miembro inferior a través de pruebas exploratorias de ROM pasivo máximo.

ARTÍCULO 6. Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala.

- Definir cuantitativamente los valores de referencia del perfil de flexibilidad en 20 jugadores profesionales de fútbol sala, valorando para ello la flexibilidad de los principales grupos musculares de la extremidad inferior a través de pruebas exploratorias de ROM pasivo máximo.

RESULTADOS

Compendio de publicaciones



4 RESULTADOS

El compendio de trabajos científicos del que forma parte la presente tesis doctoral, se presenta a continuación e en que han sido previamente publicados o aceptados. Estos artículos han sido seleccionados de entre todos los que han formado parte del periodo de investigación que se ha desarrollado hasta la realización de la presente memoria de tesis doctoral por ser los que mejor representan las diversas líneas de investigación que han sido objeto de estudio.

En este sentido, y para la **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 1 “Procedimientos exploratorios de la flexibilidad a través de test de recorrido angular en población deportista”**, se presenta el siguiente artículo:

1. A simplified version of the weight-bearing ankle lunge test: Description and test-retest reliability.

Para la **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 2 “Precisión de las pruebas de valoración: Fiabilidad de la medida”**, se presentan los siguiente artículos:

2. Fiabilidad absoluta de dos pruebas clínicas para la estimación de la flexibilidad del tríceps sural.
3. Reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscles flexibility in futsal and handball players.

Por último, para la **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 3 “Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en el deporte”**, se presentan los siguientes artículos:

4. Rango de movimiento de la extremidad inferior en atletas de Duatlón.
5. Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores sénior de balonmano.
6. Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala.

LÍNEA I

PROCEDIMIENTOS EXPLORATORIOS DE LA FLEXIBILIDAD A TRAVÉS DE TEST DE RECORRIDO ANGULAR EN POBLACIÓN DEPORTISTA.

ANTONIO CEJUDO PALOMO

ARTÍCULO 1

Título: A simplified version of the weight-bearing ankle lunge test: Description and test-retest reliability.

Autores: Antonio Cejudo^a, Pilar Sainz de Baranda^b, Francisco Ayala^{c,d}, Fernando Santonja^{e,f}.

^aINACUA Sports Centre, Murcia, Spain.

^bFaculty of Sport Sciences and Physical Activity. University of Murcia, Spain.

^cSports Research Centre, Miguel Hernández University of Elche, Alicante, Spain.

^dISEN University Formation, Center Affiliate to the University of Murcia, Spain.

^eFaculty of Medicine. University of Murcia, Spain.

^fDepartment of Traumatology, V. de la Arrixaca University Hospital, Murcia, Spain.

Revista: Manual Therapy (ISSN: 1356-689X).

Volumen/páginas/editorial: 19/ 355-359/ Elsevier B.V.

País de publicación:/Año de publicación: Scotland/2014.

Indicios de calidad: Impacto: 1.761; Base: JCR (ISI); Año: 2013; Área: Rehabilitation, 21 de 63 (Q2).

Aportación del doctorando:

- Realización de búsqueda bibliográfica específica en diferentes bases de datos.
- Participación en el diseño y localización de la muestra.
- Toma de datos y valoración de los deportistas.
- Análisis estadístico.
- Redacción del artículo.

Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., Santonja, F. (2014). **A simplified version of the weight-bearing ankle lunge test: Description and test-retest reliability.** *Manual Therapy*, 19, 355-359.

Dirección url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1356689X14000423>.

Abstract:

The purpose of this study was twofold: (1) to describe a new version of the weight-bearing ankle lunge test (WBLT) that is simple to administer, that allows clinicians and sports medicine practitioners to directly assess (in degrees) the ankle dorsiflexion range of motion in a very short period of time while adopting a comfortable testing position; as well as (2) to determine the test-retest reliability of the ankle dorsiflexion range of motion measure obtained from the new version of the WBLT. A total of 50 active adults completed this study. All participants performed the new version of the WBLT on three different occasions, with a two-week interval between testing sessions. Reliability was examined through the change in the mean between consecutive pairs of testing sessions (ChM), standard error of measurement (SEM), minimal detectable change at 95% confidence interval (MDC₉₅), and intraclass correlation coefficient (ICC_{2,k}). The findings showed negligible or trivial ChM values for all the flexibility measures analysed (<1°). Furthermore, the SEM and MDC₉₅ scores for the ankle dorsiflexion measure were 1.3 and 3.8 respectively, and the ICC_{2k} was 0.95. Therefore, this study demonstrated that the ankle dorsiflexion measure obtained from the new version of the WBLT has excellent test-retest reliability scores. Thus, an observed change larger than 3.8° from baseline scores after performing a treatment would indicate that a real change in ankle dorsiflexion range of motion was likely.

Manual Therapy 33 (2014) 355–359

Contents lists available at ScienceDirect

Manual Therapy

journal homepage: www.elsevier.com/math

Technical and measurement report

A simplified version of the weight-bearing ankle lunge test: Description and test-retest reliability

Antonio Cejudo^a, Pilar Sainz de Baranda^b, Francisco Ayala^{c,d,e}, Fernando Santonja^{c,f}

^aINCLIA Sports Centre, Murcia, Spain
^bFaculty of Sport Sciences and Physical Activity, University of Murcia, Spain
^cSports Research Centre, Miguel Hernández University of Elche, Alicante, Spain
^dSpain University Network, Center of Excellence in the University of Murcia, Spain
^eFaculty of Medicine, University of Murcia, Spain
^fDepartment of Dermatology, U. de la concepción University Hospital, Murcia, Spain

ARTICLE INFO

Article history:
 received 15 October 2013
 received in revised form 17 February 2014
 accepted 21 March 2014

Keywords:
 Range of motion
 Reproducibility
 Sports training
 Dorsiflexion

ABSTRACT

The purpose of this study was twofold: (1) to describe a new version of the weight-bearing ankle lunge test (WBLT) that is simple to administer, that allows clinicians and sports medicine practitioners to directly assess (in degrees) the ankle dorsiflexion range of motion in a very short period of time while adopting a comfortable testing position; as well as (2) to determine the test-retest reliability of the ankle dorsiflexion range of motion measure obtained from the new version of the WBLT. A total of 50 active adults completed this study. All participants performed the new version of the WBLT on three different occasions, with a two-week interval between testing sessions. Reliability was examined through the change in the mean between consecutive pairs of testing sessions (ChM), standard error of measurement (SEM), minimal detectable change at 95% confidence interval (MDC₉₅), and intraclass correlation coefficient (ICC_{2,k}). The findings showed negligible or trivial ChM values for all the flexibility measures analysed (<1°). Furthermore, the SEM and MDC₉₅ scores for the ankle dorsiflexion measure were 1.3 and 3.8 respectively, and the ICC_{2k} was 0.95. Therefore, this study demonstrated that the ankle dorsiflexion measure obtained from the new version of the WBLT has excellent test-retest reliability scores. Thus, an observed change larger than 3.8° from baseline scores after performing a treatment would indicate that a real change in ankle dorsiflexion range of motion was likely.

© 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.

LÍNEA II

PRECISIÓN DE LAS PRUEBAS DE VALORACIÓN: FIABILIDAD DE LA MEDIDA.

ANTONIO CEJUDO PALOMO

ARTÍCULO 2

Título: Fiabilidad absoluta de 2 pruebas clínicas para la estimación de la flexibilidad del tríceps sural.

Autores: Antonio Cejudo¹, Pilar Sainz de Baranda², Francisco Ayala³, Fernando Santonja⁴.

¹ Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia (España). acpcejudo@gmail.com

² Doctora en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Murcia (España). psainzdebaranda@gmail.com

³ Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche. (España). ISEN formación universitaria, centro adscrito a la Universidad de Murcia (España). fayala@umh.es

⁴ Doctor en Medicina y Cirugía. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Servicio de Traumatología. Hospital Universitario. V. de la Arrixaca. Murcia (España). fernando@santonjatrauma.es

Revista: Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (ISSN: 1577-0354).

Volumen/páginas/editorial: 14 (54)/291-305/ RED IRIS.

País de publicación:/Año de publicación: España/2014.

Indicios de calidad: Impacto: 0.167; Base: JCR (ISI); Año: 2013; Área: Sport Sciences, 79 de 81 (Q4).

Aportación del doctorando:

- Realización de búsqueda bibliográfica específica en diferentes bases de datos.
- Participación en el diseño y localización de la muestra.
- Toma de datos y valoración de los deportistas.
- Análisis estadístico.
- Redacción del artículo.

Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., Santonja, F. (2014). **Fiabilidad absoluta de 2 pruebas clínicas para la estimación de la flexibilidad del tríceps sural.** Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, 14 (54): 291-305.

Dirección url: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista54/artfiabilidad465.pdf>

Resumen:

El objetivo de este estudio fue examinar la fiabilidad absoluta de las pruebas de estimación de la flexibilidad de la musculatura del tríceps sural ROM-sóleo y ROM-gemelo a través de un diseño de medidas repetidas. 40 jugadores profesionales de fútbol sala completaron 3 sesiones de evaluación del ROM de la dorsi-flexión del tobillo con rodilla flexionada (ROM-sóleo) y extendida (ROM-gemelo) con un intervalo de 2 semanas entre sesiones consecutivas. La fiabilidad absoluta fue examinada mediante el cálculo de los estadísticos cambio en la media (CM) entre sesiones de valoración, porcentaje del error típico (CV_{ET}) e índice de correlación intraclase (ICC). Los resultados del actual estudio demuestran que las pruebas ROM-sóleo y ROM-gemelo presentan una elevada fiabilidad absoluta (CM < 2%; CV_{ET} < 6.5%; ICC > 0.8).

Rev.int.med.cienc.act.fis.deporte - vol. 14 - número 54 - ISSN: 1977-0354

Cejudo, A.; Sainz de Baranda, P.; Ayala, F. y Santonja, F. (2014). Fiabilidad absoluta de dos pruebas clínicas para la estimación de la flexibilidad del tríceps sural / Absolute reliability of TWO clinical tests for assessing triceps surae flexibility. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 14 (54) pp. 291-305. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista54/artfiabilidad465.htm>

ORIGINAL

**FIABILIDAD ABSOLUTA DE DOS PRUEBAS CLÍNICAS
PARA LA ESTIMACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD DEL
TRÍCEPS SURAL**

**ABSOLUTE RELIABILITY OF TWO CLINICAL TESTS
FOR ASSESSING TRICEPS SURAE FLEXIBILITY**

Cejudo, A.¹; Sainz de Baranda, P.²; Ayala, F.³ y Santonja, F.⁴

¹ Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia (España). accejudo@gmail.com

² Doctora en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Murcia (España). psainzdebaranda@gmail.com

³ Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche. (España). (ISEN formación universitaria, centro adscrito a la Universidad de Murcia (España)). fayala@umh.es

⁴ Doctor en Medicina y Cirugía. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Servicio de Traumatología. Hospital Universitario. V. de la Amica. Murcia (España). fernando@santonjatrauma.es

Código UNESCO / UNESCO Code: 5099 Educación Física y Deporte / Physical Education and Sports

Clasificación Consejo de Europa / Council of Europe Classification: 11. Medicina del Deporte / Sports Medicine

Recibido 24 de noviembre de 2011 Received November 24, 2011

Aceptado 31 de octubre de 2013 Accepted October 31, 2013

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue examinar la fiabilidad absoluta de las pruebas de estimación de la flexibilidad de la musculatura del tríceps sural ROM-sóleo y ROM-gemelo a través de un diseño de medidas repetidas. 40 jugadores profesionales de fútbol sala completaron 3 sesiones de evaluación del ROM articular de la dorsi-flexión del tobillo con rodilla flexionada (ROM-sóleo) y extendida (ROM-gemelo) con un intervalo de 2 semanas entre sesiones consecutivas. La fiabilidad absoluta fue examinada mediante el cálculo de los estadísticos cambio en la media (CM) entre sesiones de valoración, porcentaje del error típico (CV_{ET}) e índice de correlación intraclase (ICC). Los resultados del actual estudio demuestran que las pruebas ROM-

ARTÍCULO 3

Título: Test-retest reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscles flexibility in futsal and handball players.

Autores: Antonio Cejudo^a, Pilar Sainz de Baranda^b, Francisco Ayala^{c,d}, Fernando Santonja^{e,f}.

^aINACUA Sports Centre, Murcia, Spain.

^bFaculty of Sport Sciences and Physical Activity. University of Murcia, Spain.

^cSports Research Centre, Miguel Hernández University of Elche, Alicante, Spain.

^dISEN University Formation, Center Affiliate to the University of Murcia, Spain.

^eFaculty of Medicine. University of Murcia, Spain.

^fDepartment of Traumatology, V. de la Arrixaca University Hospital, Murcia, Spain.

Revista Physical Therapy in Sport (ISSN: 1356-689X).

Volumen/páginas/editorial: 16 (2)/107-113/ Elsevier Ltd.

País de publicación:/Año de publicación: England/2015.

Indicios de calidad:

Impacto: 1.367; Base: JCR (ISI); Año: 2013; Área: Sport Sciences, 45 de 81 (Q3)

Impacto: 1.367; Base: JCR (ISI); Año: 2013; Área: Rehabilitation, 34 de 63 (Q3)

Aportación del doctorando:

- Realización de búsqueda bibliográfica específica en diferentes bases de datos.
- Participación en el diseño y localización de la muestra.
- Toma de datos y valoración de los deportistas.
- Análisis estadístico.
- Redacción del artículo.

Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., Santonja, F. (2015). **Test-retest reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscles flexibility in futsal and handball players.** *Physical Therapy in Sport*, 16 (2)/107-113.

Dirección url: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466853X14000376>.

Abstract:

Objective. To determine the intra-tester (inter-session) reliability of seven lower limb muscle flexibility measures obtained from the passive hip extension test (PHE), passive hip flexion test (PHF), passive hip abduction test (PHA), passive straight leg raise test (PSLR), modified Thomas test (MTh), the ankle dorsi-flexion with knee extended (ADF_{KE}) and flexed (ADF_{KF}) tests.

Design. Repeated measures design. **Setting.** Controlled laboratory environment. **Participants.** 60 futsal and 30 handball players.

Main outcome measures. All participants performed each measurement test on three different occasions, with a 2-week interval between testing sessions. Reliability was examined through the change in the mean between consecutive pairs of testing sessions (ChM), standard error of measurement expressed in absolute values (SEM) and as a percentage of the mean score (%SEM), minimal detectable change at 95% confidence interval (MDC95), and intraclass correlation coefficient (ICC_{2,k}).

Results. The findings showed negligible or trivial ChM values for all the flexibility measures analyses (<1°). Furthermore, the SEM and MDC95 for each flexibility measure ranged from 1.3° to 2.5° and from 3.8° to 6.9°, respectively, with %SEM scores lower than 10% and ICC scores higher than 0.88.

Conclusions. All of the seven lower limb flexibility measures have good intra-tester reliability in futsal and handball players. Thus, clinicians can be 95% confident that an observed change between 2 measures larger than 3.7°, 6.2°, 5.5°, 6.1°, 6.9°, 4.7°, and 5.0° for the flexibility measures obtained from the PHE, PHF, PHA, PSLR, MTh, ADF_{KE} and ADF_{KF}, respectively, likely indicates a real change in muscle flexibility.

Physical Therapy in Sport xxx (2014) 1–7

Contents lists available at ScienceDirect

Physical Therapy in Sport

journal homepage: www.elsevier.com/ptsp

Original research

Test-retest reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscles flexibility in futsal and handball players

Antonio Cejudo^a, Pilar Sainz de Baranda^b, Francisco Ayala^{c,d,*}, Fernando Santonja^{e,f}

^aINACTA Sports Centre, Murcia, Spain
^bFaculty of Sport Sciences and Physical Activity, University of Murcia, Spain
^cSports Research Centre, Miguel Hernández University of Elche, Alicante, Spain
^dISEN University Foundation, Center Affiliate to the University of Murcia, Spain
^eFaculty of Medicine, University of Murcia, Spain
^fDepartment of Traumatology, V. de la Arboleda University Hospital, Murcia, Spain

A B T I C L E I N F O A B S T R A C T

LÍNEA III

PERFIL DE FLEXIBILIDAD DE LA EXTREMIDAD INFERIOR EN EL DEPORTE.

ANTONIO CEJUDO PALOMO

ARTÍCULO 4

Título: Rango de movimiento de la extremidad inferior en atletas de Duatlón.

Autores: Antonio Cejudo¹, Iñaki Ruiz², Pilar Sainz de Baranda³, Francisco Ayala⁴, Fernando Santonja⁵.

¹Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia. Centro Deportivo INACUA, Murcia, España.

²Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

³Facultad de Ciencias del Deporte de San Javier. Universidad de Murcia, España.

⁴Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche. Instituto Superior de Enseñanzas. Universidad de Murcia, España.

⁵Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Servicio de Traumatología. Hospital Universitario. V. de la Arrixaca, Murcia, España.

Revista SporTK (ISSN: 2254-4070).

Volumen/páginas/editorial: 2(2)/31-40/Universidad de Murcia.

País de publicación:/Año de publicación: España/2014.

Indicios de calidad: Indexada en Catálogo Latindex, cumple 33 criterios. Indexada en E-revistas. Indexada en la base de datos de Ciencias Sociales del CSIC (CCHS).

Aportación del doctorando:

- Realización de búsqueda bibliográfica específica en diferentes bases de datos.
- Participación en el diseño y localización de la muestra.
- Toma de datos y valoración de los deportistas.
- Análisis estadístico.
- Redacción del artículo.
- Envío del documento.

Cejudo, A., Ruiz, I., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., Santonja, F. (2013). **Rango de movimiento de la extremidad inferior en atletas de Duatlón**. SporTK, 2(2), 31-40.

Dirección url: <http://revistas.um.es/sportk/article/view/194591/159691>

Resumen:

El objetivo de este estudio fue valorar la flexibilidad de la musculatura de la extremidad inferior en una muestra de atletas sénior de duatlón. Para ello, se evaluó el rango de movimiento de las principales articulaciones. 15 atletas (edad: 32,7±7,85 años; peso: 67,1±4,8 Kg; talla: 172,9±2,8 cm) tomaron parte en este estudio. Se valoró la flexibilidad de los principales grupos musculares de la extremidad inferior (gemelo, sóleo, isquiosurales, cuádriceps, psoas iliaco, glúteo mayor y aductores), a través de 7 pruebas de rango de movimiento pasivo máximo. Los resultados muestran los siguientes valores medios: 10,4° para el psoas-iliaco, 40,3° para el gemelo, 47,3° para el sóleo, 50,7° para los aductores, 82,5° para la musculatura isquiosural, 116,7° para el cuádriceps y 145,9° para el glúteo mayor. Asimetría de flexibilidad no fueron encontrados entre ambos lados corporales.

RANGO DE MOVIMIENTO DE LA EXTREMIDAD INFERIOR EN ATLETAS DE DUATLÓN **RANGE OF MOTION OF LOWER-LIMB IN SENIOR MALE DUATHLON ATHLETES**

Cejudo, A.¹, Ruiz, I.², Sainz de Baranda, P.³, Ayala, F.⁴, Santonja, F.⁵
psainzdebaranda@um.es

¹ Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia. Centro Deportivo INACUA, Murcia, España.

² Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

³ Facultad de Ciencias del Deporte de San Javier. Universidad de Murcia, España.

⁴ Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche. Instituto Superior de Enseñanzas. Universidad de Murcia, España.

⁵ Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Servicio de Traumatología. Hospital Universitario. V. de la Arrixaca, Murcia, España.

Recibida: Octubre/2013 - Aceptada: Noviembre/2013.

Resumen

El objetivo de este estudio fue valorar la flexibilidad de la musculatura de la extremidad inferior en una muestra de atletas sénior de duatlón. Para ello, se evaluó el rango de movimiento de las principales articulaciones. 15 atletas (edad: 32,7±7,85 años; peso: 67,1±4,8 Kg; talla: 172,9±2,8 cm) tomaron parte en este estudio. Se valoró la flexibilidad de los principales grupos musculares de la extremidad inferior (gemelo, sóleo, isquiosurales, cuádriceps, psoas iliaco, glúteo y aductores), a través de 7 pruebas de rango de movimiento pasivo máximo. Los resultados muestran los siguientes valores medios: 10,4° para el psoas-iliaco, 40,3° para el gemelo, 47,3° para el sóleo, 50,7° para los aductores, 82,5° para la musculatura isquiosural, 116,7° para el cuádriceps y 145,9° para el glúteo. Desequilibrios musculares no fueron encontrados entre ambos lados corporales.

Palabras clave: Flexibilidad, rango de movimiento, condición física, deportes.

Abstract

The purpose of this study was to measure the lower-limb flexibility data in senior duathlon athletes. For it, the flexibility of the major lower-limb muscles was evaluated throughout 7 different peak joint ROM assessment tests (gastrocnemius, soleus, hamstrings, quadriceps, iliopsoas, gluteus and adductors). 15 in senior duathlon athletes took part in this study (32.7±7.85 years; 67.1±4.8 Kg; 172.9±2.8 cm). The results of this study define the normative data as: 10.4° for the iliopsoas, 40.3° for the gastrocnemius, 47.3° for the soleus, 50.7° for the adductors, 82.5° for the hamstrings, 116.7° for the quadriceps and 145.9° for the gluteus. No significant differences were found between both legs and therefore muscle imbalances have been rejected.

Keywords: Flexibility, range of motion, physical fitness, sport.

ARTÍCULO 5

Título: Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores sénior de balonmano.

Autores: Antonio Cejudo¹, Pilar Sainz de Baranda², Francisco Ayala³, Fernando Santonja⁴.

¹Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia. Centro Deportivo INACUA (Murcia).

²Facultad de Ciencias del Deporte de San Javier. Universidad de Murcia.

³Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche. Instituto Superior de Enseñanzas. Universidad de Murcia.

⁴Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Servicio de Traumatología. Hospital Universitario. V. de la Arrixaca, Murcia.

Revista: Cuadernos de Psicología del Deporte (ISSN: 1578-8423).

Volumen/páginas/editorial: 14(2)/111-120/Universidad de Murcia.

País de publicación:/Año de publicación: España/2014.

Indicios de calidad: Impacto: Indexada en Scopus (SJR= 0.209, h=2), SCIELO, InRECS FI 2011: 0.633 Primer Cuartil, Índice H Google Scholar: 10, Primer Cuartil. Catálogo Latindex cumpliendo 33 criterios. Indexada en E-revistas y en las bases de datos de Ciencias Sociales del CSIC (CCHS), PSYCINFO, SPORTDISCUS, REDALYC, ISOC-Psicología (CINDOC-CSIC).

Aportación del doctorando:

- Realización de búsqueda bibliográfica específica en diferentes bases de datos.
- Participación en el diseño y localización de la muestra.
- Toma de datos y valoración de los deportistas.
- Análisis estadístico.
- Redacción del artículo.
- Envío del documento.

Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., Santonja, F. (2014). **Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores senior de balonmano**. Cuadernos de Psicología del Deporte, 14(2), 111-120.

Dirección url: <http://revistas.um.es/cpd/article/view/199571/162441>.

Resumen:

El objetivo de este estudio fue definir los valores de referencia del perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores sénior de balonmano. Para ello, se valoró la flexibilidad de los principales grupos musculares de la extremidad inferior (psoas iliaco, cuádriceps, aductores, isquiosurales, glúteo mayor, gemelo y soleo). 56 jugadores sénior de balonmano con más de 9 años de experiencia tomaron parte en este estudio. Los resultados del presente estudio definen como perfil de flexibilidad de la muestra los siguientes valores de referencia: 41,2° para el gemelo, 43,1° para el sóleo, 147,8° para el glúteo mayor, 82,9° para la musculatura isquiosural, 47,5° para los aductores, 18,5° para el psoas iliaco y 125,2° para el cuádriceps. A su vez, los resultados del presente estudio demuestran que los jugadores de balonmano analizados presentan un perfil de flexibilidad de la extremidad inferior superior a los valores propuestos para población general, a los valores encontrados en sujetos sanos sedentarios, o en personas físicamente activas. De la misma forma, los valores de flexibilidad de los jugadores de balonmano del presente estudio son superiores o similares a los observados en otros deportes (tenis, fútbol, corredores de larga distancia), excepto para la flexibilidad de la musculatura isquiosural y del psoas iliaco. Finalmente, no se han encontrado asimetrías de flexibilidad entre ambos lados corporales en ninguno de los músculos evaluados.

Cuadernos de Psicología del Deporte, vol. 14, 2, 111-120
Recibido: 21/02/2014
Aceptado: 25/04/2014

© Copyright 2014: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia
Murcia (España)
ISSN edición impresa: 1578-8423
ISSN edición web (http://revistas.um.es/cpd): 1989-5879

Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores senior de balonmano

Normative data of Lower-limb muscle flexibility in senior handball players

Antonio Cejudo¹, Pilar Sainz de Baranda¹, Francisco Ayala² y Fernando Santonja¹

¹ Universidad de Murcia; ² Universidad Miguel Hernández de Elche

Resumen: El objetivo de este estudio fue definir los valores de referencia del perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores sénior de balonmano. Para ello, se valoró la flexibilidad de los principales grupos musculares de la extremidad inferior (psoas iliaco, cuádriceps, aductores, isquiosurales, glúteo mayor, gemelo y soleo). 56 jugadores sénior de balonmano con más de 9 años de experiencia tomaron parte en este estudio. Los resultados del presente estudio definen como perfil de flexibilidad de la muestra los siguientes valores de referencia: 41,2° para el gemelo, 43,1° para el sóleo, 147,8° para el glúteo mayor, 82,9° para la musculatura isquiosural, 47,5° para los aductores, 18,5° para el psoas iliaco y 125,2° para el cuádriceps. A su vez, los resultados del presente estudio demuestran que los jugadores de balonmano analizados presentan un perfil de flexibilidad de la extremidad inferior superior a los valores propuestos para población general, a los valores encontrados en sujetos sanos sedentarios, o en personas físicamente activas. De la misma forma, los valores de flexibilidad

Palabras clave: Flexibilidad, rango de movimiento, condición física, deportistas.
Abstract: The purpose of this study was to define the normative lower limb flexibility data in senior handball players. For it, the flexibility of the senior lower limb muscle was evaluated throughout 7 different peak load ROM assessment tests (psoas, quadriceps, adductors, hamstring, gluteus, gastrocnemius, soleus). 56 senior handball players with more than 9 years of sports experience took part in this study. The results of this study define the normative data as: 41,2° for the gastrocnemius, 43,1° for the soleus, 147,8° for the gluteus, 82,9° for the hamstring, 47,5° for the adductors, 18,5° for the psoas, and 125,2° for the quadriceps. The results of the current study demonstrate that the senior handball players assessed have higher normative data of lower limb flexibility than the previously established flexibility normative data for general population, healthy sedentary adults, as well as for recreationally active adults. Likewise, the normative lower limb

ARTÍCULO 6

Título: Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala.

Autores: Antonio Cejudo¹, Pilar Sainz de Baranda², Francisco Ayala³, Fernando Santonja⁴.

¹ Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia (España). acpcejudo@gmail.com

² Doctora en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla La Mancha (España). pilar.sainzdebaranda@uclm.es

³ Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche. (España). ISEN formación universitaria, centro adscrito a la Universidad de Murcia (España). fayala@umh.es

⁴ Doctor en Medicina y Cirugía. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Servicio de Traumatología. Hospital Universitario. V. de la Arrixaca. Murcia (España). fernando@santonjatrauma.es

Revista: Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (ISSN: 1577-0354).

Volumen/páginas/editorial: en prensa/ RED IRIS.

País de publicación:/Año de publicación: España/2014.

Indicios de calidad: Impacto: 0.167; Base: JCR (ISI); Año: 2013; Área: Sport Sciences, 79 de 81 (Q4).

Aportación del doctorando:

- Realización de búsqueda bibliográfica específica en diferentes bases de datos.
- Participación en el diseño y localización de la muestra.
- Toma de datos y valoración de los deportistas.
- Análisis estadístico.
- Redacción del artículo.

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.

Dirección url: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista55/artperfil503.pdf>

Resumen:

El objetivo de este estudio fue definir cuantitativamente los valores de referencia del perfil de flexibilidad en 20 jugadores profesionales de fútbol sala. Para ello se valoró la flexibilidad de los principales grupos musculares de la extremidad inferior a través de 7 pruebas de rango de movimiento articular pasivo máximo. Los resultados obtenidos demuestran que los jugadores de fútbol sala analizados presentan un perfil de flexibilidad de la extremidad inferior superior a los valores propuestos para población general, a los valores encontrados en sujetos sanos sedentarios, así como en personas físicamente activas. De la misma forma, los valores de flexibilidad de los jugadores de fútbol sala seleccionados son superiores a los observados en otros deporte).

Rev.int.med.cienc.act.fis.deporte - vol. 14 - número 55 - ISSN: 1577-0354

Cejudo, A.; Sainz de Baranda, P.; Ayala, F. y Santonja, F. (2014) Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala / Normative data of Lower-limb muscle flexibility in futsal players. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, vol. 14 (55) pp. 509-525. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista55/artperfil503.htm>

ORIGINAL

**PERFIL DE FLEXIBILIDAD DE LA EXTREMIDAD INFERIOR
EN JUGADORES DE FÚTBOL SALA**

**NORMATIVE DATA OF LOWER-LIMB MUSCLE
FLEXIBILITY IN FUTSAL PLAYERS**

Cejudo, A.¹; Sainz de Baranda, P.²; Ayala, F.³ y Santonja, F.⁴

¹ Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia (España). accejudo@gmail.com

² Doctora en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla La Mancha (España). pilar.sainzdebaranda@uclm.es

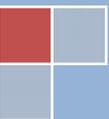
³ Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche. (España). ISEN formación universitaria, centro adscrito a la Universidad de Murcia (España). rayala@umh.es

⁴ Doctor en Medicina y Cirugía. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. Servicio de Traumatología. Hospital Universitario. V. de la Arrixaca. Murcia (España). femando@santonja-trauma.es

Código UNESCO / UNESCO Code: 5899 Educación Física y Deporte / Physical Education and Sports

Clasificación Consejo de Europa / Council of Europe Classification: 11. Medicina del Deporte / Sports Medicine

APLICACIONES PRÁCTICAS



5 APLICACIONES PRÁCTICAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 1. “Procedimientos exploratorios de la flexibilidad a través de test de rango de movimiento en población deportista”.

- El protocolo ROM-SPORT y sus valores de referencia sirven de base para que los profesionales del deporte evalúen el nivel de flexibilidad muscular en sus deportistas.
- Las pruebas de recorrido angular de este protocolo se caracterizan por medir específicamente la flexibilidad del tejido tendido-muscular. En cada prueba se realiza el/los movimiento/s contrarios a la/s acciones del músculo explorado para que el tejido tendido-muscular sea el principal tejido corporal limitador del movimiento pasivo máximo en la articulación. El motivo fundamental se basa en el interés en el ámbito deportivo por detectar la cortedad/acortamiento y la asimetría bilateral de flexibilidad muscular.
- El inclinómetro es un instrumento de valoración del ROM poco utilizado en la práctica físico-deportiva, clínica y científica. Sin embargo, es un instrumento sencillo que con la ayuda del indicador de gravedad y de la varilla telescópica incrementa la velocidad de medición; permite evaluar un alto número de deportistas y de movimientos en poco tiempo, con una excelente precisión y reproducibilidad de la medida. Además, presenta un bajo coste.
- La formación de los profesionales en el área de evaluación de la flexibilidad muscular empleando el protocolo ROM-SPORT y el uso del inclinómetro proporcionará un salto de calidad en el proceso de entrenamiento deportivo, de la prevención y/o de la readaptación física del deportista, optimizando el rendimiento competitivo de los deportistas.
- Los científicos disponen de una herramienta sencilla para utilizarla en las diferentes líneas de investigación relacionadas con la flexibilidad muscular.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 2. "Precisión de las pruebas de valoración: Fiabilidad de la medida".

- Los test de valoración del protocolo ROM-SPORT utilizando el inclinómetro como herramienta de valoración presentan excelentes valores de fiabilidad. La sencillez del procedimiento de exploración y del método de medición y el seguimiento de las instrucciones claves de la medición (preparación del explorado, posición de valoración, utilización o no del calentamiento, familiarización, etc.) son componentes fundamentales en la obtención de unas medidas precisas y reproducibles.
- El empleo de los nuevos métodos estadísticos aporta información sobre el error de la medida. Un error de la medida por encima de los valores encontrados en los trabajos realizados en la presente tesis doctoral deberá interpretarse como una medida poco precisa y requerirá un mayor entrenamiento por parte de los evaluadores.
- El empleo de los nuevos métodos estadísticos también aporta información sobre la "eficacia real" o "cambio real" que puede obtenerse tras la realización de una intervención sobre los valores iniciales de la flexibilidad muscular, independientemente del cambio debido al error de la medida.
- Un eficiente control y un seguimiento de la flexibilidad (evaluada a través del ROM) y una clara identificación de los factores de riesgo intrínsecos de las lesiones deportivas depende de la precisión de las medidas. El cumplimiento del proceso evaluativo del protocolo ROM-SPORT ayudará a clínicos, entrenadores, preparadores físico y/o readaptadores físicos a influir positivamente sobre la precisión de las medidas.
- Se recomienda a los profesionales que quieran evaluar la flexibilidad muscular de sus deportistas, que realicen previamente un estudio sobre la fiabilidad de sus medidas. Así, podrán conocer el margen de error de la medida, en grados o en porcentaje y saber si las medidas son suficientemente sensibles para valorar el ROM con precisión o detectar variabilidad de la medida más allá del error de la misma.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 3. “Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en el deporte”.

- El presente estudio proporciona los primeros valores de ROM que definen el perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en diferentes deportes. Estos valores de referencia pueden ser utilizados como objetivos específicos cuantificables del entrenamiento de la flexibilidad como cualidad física básica.
- El establecimiento del perfil de flexibilidad es una herramienta necesaria para:
1) conocer los valores de referencia específicos de un deporte; 2) optimizar el rendimiento físico-técnico deportivo con un menor riesgo de lesión, y 3) recuperar el ROM óptimo durante el proceso de prevención y/o la readaptación física de una lesión deportiva.
- La valoración de la flexibilidad mediante el protocolo ROM-SPORT permitirá en el futuro disponer de unos valores de referencia de flexibilidad categorizados en un ROM limitado, normal y óptimo.

Perfil de flexibilidad “NORMAL”.

- El establecimiento del perfil de flexibilidad normativo es una herramienta básica que debe incluirse en cualquier protocolo que valore la condición física del deportista.
- El perfil de flexibilidad normativo será útil para comparar la especificidad de la flexibilidad en cada deporte (categoría competitiva, dominancia lateral, puesto táctico, sexo, etc.) y entre diferentes deportes.
- Los valores de rango de normalidad definirán el perfil de flexibilidad del deporte, que marcarán el límite superior del rango limitado y el límite inferior del rango óptimo.

Perfil de flexibilidad “ÓPTIMO”.

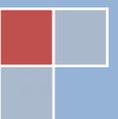
- Los valores óptimos de ROM, definirán el perfil de flexibilidad del deporte que marcarán el límite superior del rango normal y el límite inferior del rango extremo.
- Los valores de flexibilidad, resultado de al valorar el ROM en los deportistas de élite en periodo competitivo en ausencia de lesión, permitirá a los profesionales establecer y disponer de los valores de referencia óptimos – normales y específicos– de la flexibilidad en cada deporte que son necesarios alcanzar para conseguir una optimización del rendimiento físico-técnico deportivo con una menor predisposición a la lesión deportiva.
- Los profesionales del ámbito físico-deportivo podrán plantear en su planificación deportiva unos objetivos en cada etapa formativa de aprendizaje vinculando el bloque de flexibilidad con el ROM a alcanzar en cada etapa formativa, teniendo de referencia los valores normativos óptimos de su nivel competitivo.
- La aplicación de un programa de flexibilidad para lograr los valores óptimos debe ir acompañado de una adecuada combinación con el entrenamiento de fuerza para permitir al músculo desarrollar la máxima tensión en el ROM necesario en cada gesto técnico deportivo.

Perfil de flexibilidad LIMITADO.

- El primer paso del proceso de prevención de la lesión deportiva, se inicia al aplicar las sesiones de valoración del ROM en la pretemporada y al inicio de cada macrociclo de la periodización.
- Estas sesiones de valoración ayudarán a tener un control y seguimiento del nivel de flexibilidad de cada deportista. El principal objetivo será la detección del ROM limitado “cortedad muscular” y la asimetría bilateral. También servirá de referencia para contrastar el ROM actual con los valores de rango de movimiento previos a una lesión y a los valores óptimos del deporte y así recuperar el ROM óptimo durante la readaptación física de una lesión deportiva. Sólo así se podrá establecer un trabajo de flexibilidad específico e individualizado para optimizar el rendimiento físico-técnico deportivo y minimizar el riesgo de lesión deportiva.

- El conocimiento de los valores de referencia del ROM limitado es de vital importancia para los profesionales del deporte, ya que permitirá poder tomar decisiones científicamente justificadas a la hora de diseñar programas de prevención de lesiones adaptados a las necesidades particulares de cada uno de los deportistas.
- Cuando un deportista presente una asimetría en los valores de flexibilidad, la medida preventiva más recomendada será la aplicación de un programa de estiramientos para aumentar el ROM y/o equiparar la diferencia de extensibilidad entre ambos lados corporales.
- La sugerencia no es otra, que la de prestar más atención al desarrollo proporcional y equilibrado de la flexibilidad desde un trabajo individual y específico con cada deportista desde una perspectiva integral, donde todas las capacidades físicas básicas (resistencia, fuerza, flexibilidad y técnica) gocen de una expresión óptima.

CONCLUSIONES



6 CONCLUSIONES

A continuación se presentan las principales conclusiones obtenidas en cada una de las tres líneas de investigación abordadas en la presente tesis doctoral.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 1. “Procedimientos exploratorios de la flexibilidad a través de test de recorrido angular en población deportista”:

ARTÍCULO 1. A simplified version of the weight-bearing ankle lunge test: description and test-retest reliability.

- El presente estudio proporciona información importante sobre la descripción del test de la zancada anterior para el tobillo o test WBLT (Weight-bearing Ankle Lunge Test). Se presenta una modificación de la prueba original que simplifica el proceso de evaluación. En concreto, esta nueva versión permite medir directamente, en grados, el rango de flexión dorsal del movimiento del tobillo en un período muy corto de tiempo (aproximadamente 30 segundos), mientras que se adopta una posición cómoda. Además, este estudio demuestra que la nueva versión del test WBLT tiene excelentes valores de fiabilidad test-retest.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 2. “Precisión de las pruebas de valoración: Fiabilidad de la medida”:

ARTÍCULO 2. Fiabilidad absoluta de 2 pruebas clínicas para la estimación de la flexibilidad del tríceps sural.

- Los resultados del presente estudio demuestran que las pruebas de valoración del ROM de la dorsi-flexión del tobillo con rodilla flexionada (ROM-sóleo) y extendida (ROM-gemelo) poseen una elevada fiabilidad absoluta ($CV_{ET} < 10\%$; $ICC > 0.8$), calculada por medio del método recientemente descrito por Hopkins (2009). Por ello, se recomienda el uso de las pruebas de valoración ROM-sóleo y ROM-gemelo para monitorizar el nivel de flexibilidad de la musculatura del tríceps sural.
- Desde el punto de vista del entrenamiento deportivo, un cambio en los valores iniciales de flexibilidad del tríceps sural mayor del 6% para las prueba ROM-gemelo y ROM-sóleo tras la realización de un programa de intervención podría indicar que se ha producido un “cambio real” (80-90% probabilidad) y no simplemente debido al error de la medida.

ARTÍCULO 3. Test-retest reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscles flexibility in futsal and handball players.

- Los resultados del presente estudio sugieren que las siete pruebas del protocolo ROM-SPORT tienen una buena fiabilidad relativa y absoluta. Desde el punto de vista del entrenamiento deportivo, un cambio mayor en los valores iniciales de 3,7° para el test PEC (test Pasivo de Extensión de la Cadera), 6,2° para el test PFC (test Pasivo de Flexión de la Cadera), 5,5° para el test PAC (test Pasivo Abducción de la Cadera), 6,1° para el test PEPR (test Pasivo Elevación de Pierna Recta), 6,9° para el test MTh (Test Modified Thomas), 4,7° para el test PDT_{RE} (test Pasivo de Dorsi-flexión del tobillo con rodilla extendida) y 5° para el test PDT_{RF} (test Pasivo de Dorsi-flexión del tobillo con rodilla en flexión), indicará un cambio real en la flexibilidad muscular.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 3. “Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en el deporte”:

ARTÍCULO 4. Rango de movimiento de la extremidad inferior en atletas de Duatlón.

- Los resultados del presente estudio muestran para un grupo de atletas senior de duatlón los siguientes valores de referencia: 10,4° para el psoas-iliaco, 40,3° para el gemelo, 47,3° para el sóleo, 50,7° para los aductores, 82,5° para la musculatura isquiosural, 116,7° para el cuádriceps y 145,9° para el glúteo mayor.
- Los atletas analizados presentan valores de flexibilidad de la extremidad inferior superior a los valores propuestos para población general, a los valores encontrados en sujetos sanos sedentarios, o en personas físicamente activas. De la misma forma, los valores de flexibilidad de los atletas de duatlón son superiores a los observados en otros deportes para las pruebas de gemelo, sóleo, aductores y glúteo. Asimetría de flexibilidad no han sido observados entre ambos lados corporales.

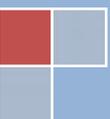
ARTÍCULO 5. Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores sénior de balonmano.

- Los resultados del presente estudio definen como perfil de flexibilidad de los jugadores sénior de balonmano evaluados los siguientes valores de referencia: 41,2° para el gemelo, 43,1° para el sóleo, 147,8° para el glúteo mayor, 82,9° para la musculatura isquiosural, 47,5° para los aductores, 18,5° para el psoas-iliaco y 125,2° para el cuádriceps.
- Los jugadores de balonmano analizados presentan un perfil de flexibilidad superior a los valores propuestos para la población general, a los valores encontrados en sujetos sanos sedentarios o en personas físicamente activas. De la misma forma, los valores de flexibilidad son superiores o similares a los observados en otros deportes (tenis, fútbol, corredores de larga distancia), excepto para la musculatura isquiosural y el psoas iliaco. Finalmente, no se han encontrado diferencias contralaterales de flexibilidad entre la extremidad dominante y no dominante en los músculos evaluados.

ARTÍCULO 6. Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala.

- Los resultados del presente estudio demuestran que los jugadores de fútbol sala analizados presentan un perfil de flexibilidad de la extremidad inferior superior a los valores propuestos para la población general, a los valores encontrados en sujetos sanos sedentarios o en personas físicamente activas. De la misma forma, los valores de flexibilidad de los jugadores de fútbol sala seleccionados son superiores a los observados en otros deportes (fútbol, tenis, balonmano, corredores de larga distancia). Finalmente, no se han encontrado asimetrías de flexibilidad entre la pierna dominante y no dominante en ninguno de los movimientos evaluados.

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN



7 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El protocolo ROM-SPORT está compuesto por 11 pruebas de valoración pasivas máximas del ROM de la extremidad inferior que han sido seleccionadas en base a criterios de validez y fiabilidad, sencillez del procedimiento exploratorio y austeridad en los recursos humanos y materiales.

Todas las pruebas han sido ampliamente utilizadas en la literatura científica como herramientas para: a) valorar el grado de flexibilidad; b) categorizar a un sujeto o grupo de ellos; c) evaluar la eficacia de la respuesta ante programas de entrenamiento de la flexibilidad; y d) relacionar el nivel de flexibilidad con la predisposición a la lesión.

La interpretación de los resultados obtenidos tras valorar el ROM de la extremidad inferior interesa a los profesionales del ámbito de la salud y del deporte debido a tres motivos: 1) para determinar el nivel de flexibilidad de un individuo (categorizar a un deportista); 2) para detectar factores de riesgo que predisponen a la lesión deportiva (cortedad muscular, asimetría bilateral de flexibilidad o hipermovilidad); y 3) para conocer la posibilidad de rendimiento físico-técnico del deportista. Para ello, es necesario valorar el ROM que presenta un deportista y comparar el resultado con los valores normativos (Palmer & Epler, 2002) o de referencia en su deporte (Cejudo et al., 2014a). Sólo así, se podrán tomar decisiones científicamente justificadas para la planificación y el diseño de programas de entrenamiento de la flexibilidad.

Como futuras líneas de investigación, se plantea la necesidad de un mayor número de estudios que utilicen este protocolo en distintos grupos poblacionales y poder definir así el perfil de flexibilidad específico de cada deporte, nivel de condición física, edad, etc. Además, para definir los valores de referencia categorizados en un ROM limitado, normal y óptimo se hace necesario relacionar estos valores con las lesiones y el rendimiento deportivo.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 1: “Procedimientos exploratorios de la flexibilidad a través de test de recorrido angular en población deportista”.

La flexibilidad definida como la “disposición de los tejidos corporales para permitir, sin lesionarse, movimientos de una o varias articulaciones” (Holt, Pelham & Holt, 2008), es uno de los componentes básicos del fitness físico-deportivo (Alricsson & Werner, 2004; Hahn et al., 1999). Más concretamente, Kraemer & Gómez (2001) defienden que la flexibilidad es uno de los elementos fundamentales de la condición física para los deportistas de élite. Operativamente, el ROM es la expresión cuantitativa en grados de la flexibilidad muscular.

Investigaciones previas sobre la valoración del rango de movimiento en deportistas, han observado diferencias en los valores de flexibilidad en función del deporte practicado (Cejudo et al., 2014 a,d; Gleim & McHugh, 1997). Así, se demuestra que la flexibilidad es específica de cada articulación, acción muscular o movimiento (Hahn et al., 1999; Zakas et al., 2002), sexo (Canda, Heras y Gómez, 2004; Kibler & Chandler, 2003), puesto táctico (Cejudo et al., 2014a, Oberg, Ekstrand, Möller & Gillquist, 1984), dominancia lateral (Manning & Hudson, 2009; Witvrouw et al., 2003) y nivel competitivo (Battista, Pivarnik, Dummer, Sauer & Malina, 2007; Gannon & Bird, 1999).

Futuros trabajos de investigación deben ir encaminados a:

- Definir la versión completa del Protocolo ROM-SPORT para la extremidad inferior (14 pruebas).
- Definir el Protocolo ROM-SPORT para la extremidad superior (12 pruebas).
- Definir el Protocolo ROM-SPORT para la columna vertebral (3 posturas).
- Plantear un sistema de acreditación mediante el cual se pueda conseguir el título de experto en valoración del ROM de las extremidades inferiores, superiores y de la columna vertebral.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 2. “Precisión de las pruebas de valoración: Fiabilidad de la medida”.

A pesar de que el diseño de los trabajos realizados en la presente tesis doctoral responden a las demandas mínimas establecidas por Hopkins (2009) (50 participantes y 3 sesiones de evaluación), futuras investigaciones deberían considerar:

- Realizar estudios de fiabilidad en las pruebas de valoración que componen el protocolo ROM-SPORT extenso y cuya fiabilidad no ha sido analizada en la presente tesis doctoral.
- Utilizar un mayor número de sujetos y de sesiones de valoración del ROM.
- Conocer si el nivel de fiabilidad de las medidas del protocolo ROM-SPORT son extrapolables a otras poblaciones (deportes, categoría federativa o nivel de condición física, sujetos lesionados o con patología, etc.).
- Determinar la influencia del grado de experiencia del examinador.
- Determinar en la valoración de la flexibilidad muscular la influencia de la fuerza aplicada por el examinador para llegar al final del ROM pasivo, utilizando para ello un dinamómetro en el momento de la valoración como proponen Davis, Quinn, Whiteman, Williams y Young (2008).

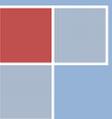
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 3. “Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en el deporte”.

El establecimiento del perfil de flexibilidad es una herramienta necesaria para: 1) Conocer los valores de referencia específicos de un deporte; 2) optimizar el rendimiento físico-técnico deportivo con un menor riesgo de lesión, y 3) recuperar el ROM óptimo durante el proceso de prevención y/o la readaptación física de una lesión deportiva. Además, estos valores de referencia pueden ser utilizados como objetivos específicos cuantificables del entrenamiento de la flexibilidad como cualidad física básica (Cejudo et al., 2014a).

Futuras investigaciones deben ir encaminadas a:

- Aumentar el tamaño de la muestra en los deportes evaluados en la presente tesis doctoral para poder así generalizar los resultados encontrados.
- Utilizar el protocolo ROM-SPORT en otras poblaciones y poder definir el perfil de flexibilidad específico de cada deporte, categoría federativa, edad, etc.
- Establecer los puntos de corte que definan los perfiles de flexibilidad limitado, normal y óptimo en correlación al rendimiento deportivo y a la lesión deportiva empleando estadística de lógica difusa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aalto, T.J., Airaksinen, O., Härkönen, T.M. & Arokoski, J.P. (2005). Effect of passive stretch on reproducibility of hip range of motion measurements. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86, 549-557.

Allen, M.A. (2002): Dynamic flexibility training. *National Strength & Conditioning Association*, 22(5): 33-38.

Alricsson, M. & Werner, S. (2004). The effect of pre-season dance training on physical indices and back pain in elite cross-country skiers: a prospective controlled intervention study. *British Journal of Sports Medicine*, 38(2), 148-153.

Alricsson, M., Harms-Ringdahl, K., Eriksson, K. & Werner, S. (2003). The effect of dance training on joint mobility, muscle flexibility, speed and agility in young cross-country skiers-a prospective a controlled intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(4), 273-243.

Alter, M.J. (2004). *Los estiramientos. Desarrollo de ejercicios*. Barcelona, España: Paidotribo.

Altman, R., Alarcon, G., Appelrouth, D., Bloch, D., Borenstein, D., Brandt, K, et al. (1991). The American College of Rheumatology criteria for the classification and reporting of osteoarthritis of the hip. *Arthritis and Rheumatism*, 34(5), 505-514.

American Academy of Orthopaedic Association [AAOS]. (1965). *Joint Motion: Method of Measuring and Recording*. Chicago: Park Ridge.

American College of Sports Medicine [ACSM]. (2013). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.

American Medical Association [AMA]. (2001). *Guides to the evaluation of permanent impairment*. 4th ed. Milwaukee, WI: Author.

Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. (2004). Risk factors for injuries in football. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(1 suppl), 5S-16S.

Ayala, F. & Sainz de Baranda, P. (2011). Reproducibilidad inter-sesión de las pruebas distancia dedos planta y distancia dedos suelo para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores adultos de fútbol sala de primera división. *Revista Andaluza de Medicina Deporte*, 4(2), 47-51.

- Ayala, F., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M. & Santonja, F. (2012). Reproducibility and criterion-related validity of the sit and reach test and toe touch test for estimating hamstring flexibility in recreationally active young adults. *Physical Therapy in Sport*, 13(4), 219-226.
- Baarveld, F., Visser, C.A., Kollen, B. J. & Backx, F. J. (2011). Sports-related injuries in primary health care. *Family Practice*, 28(1), 29-33.
- Baechle, T.R. & Earle, R.W. (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign, IL: Human kinetics.
- Bahr, R. & Holme, I. (2003). Risk factors for sports injuries—a methodological approach. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5), 384-392.
- Battista, R.A., Pivarnik, J.M., Dummer, G.M., Sauer, N. & Malina, R.M. (2007). Comparisons of physical characteristics and performances among female collegiate rowers. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 651-657.
- Bennell, K., Talbot, R., Wajswelner, H., Techovanich, W., Kelly, D. & Hall, A. J. (1998). Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Australian Journal of physiotherapy*, 44(3), 175-180.
- Beriguistain, J.L., González Iturri, J.J., Valenti, J., Reparaz, B. & Cañadell, J. (1975). Técnica quirúrgica en la fibrosis de los glúteos. *Revista española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 19, 795-780.
- Biering-Sørensen, F. I. N. (1984). Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*, 9(2), 106-119.
- Bishop, G. (2003). Warm-up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm-up. *Sports Medicine*, 33(7), 483-498.
- Bohannon, R., Gajdosik, R. & LeVeau, B.F. (1985). Contribution of pelvic and lower limb motion to increases in the angle of passive straight leg raising. *Physical Therapy*, 65, 474-476.
- Bohannon, R.W. (1982). Cinematographic analysis of the passive straight-leg-raising test for hamstring muscle length. *Physical Therapy*, 62(9), 1269-1274.
- Boland, R.A. & Adams, R.D. (2000). Effects of ankle dorsiflexion on range and reliability of straight leg raising. *Australian Journal of Physiotherapy*, 46, 191-200.
- Bozic, P.R., Pazin, N.R., Berjan, B.B., Planic, N.M. & Cuk, I.D. (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.

Bradley, P. & Portas, M. (2007). The relationship between preseason range of motion and muscle strain injury in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1155-1159.

Cameron, D.M., Bohannon, R. & Owen, S.V. (1994). Influence of hip position on measurements of the straight leg raise test. *Journal of Orthopaedic and Sport Physical Therapy*, 19(3), 168-172.

Canda, A.S., Heras, E. & Gómez, A. (2004). Valoración de la flexibilidad de tronco mediante el test del cajón en diferentes modalidades deportivas. *Selección*, 13(4), 148-154.

Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F. & Santonja, F. (2013). Rango de movimiento de la extremidad inferior en atletas de duatlón. *SporTK*, 2(2), 31-40.

Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F. & Santonja, F. (2014a). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores sénior de balonmano. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 14(2), 111-120.

Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F. & Santonja, F. (2014b). A simplified version of the weight-bearing ankle lunge test: Description and test-retest reliability. *Manual Therapy*, 36(2), 278-285.

Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F. & Santonja, F. (2014c). 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.

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), 107-13.

Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., Gómez, P. & Santonja, F. (2012). Perfil de flexibilidad óptimo en jugadores de fútbol de 3ª División Nacional. VII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte.

Cejudo, A.; Sainz de Baranda, P.; Ayala, F. y Santonja, F. (2014). Fiabilidad absoluta de dos pruebas clínicas para la estimación de la flexibilidad del tríceps sural. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 14 (54), 291-305.

Clapis, P.A., Davis, S.M. & Davis, R.O. (2008). Reliability of inclinometer and goniometric measurements of hip extension flexibility using the modified Thomas test. *Physiotherapy Theory and Practice*, 24(2), 135-141.

Clapper, M.P. & Wolf, S.L. (1988). Comparison of the reliability of the orthoranger and the standard goniometer for assessing active lower extremity range of motion. *Physical Therapy*, 68, 214-218.

Clark, S., Christiasen, A., Hellman, D.F., Winga, J. & Meiner, K. (1999). Effects of ipsilateral anterior thigh soft tissue stretching on passive unilateral straight-leg raise. *Journal Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 29(1), 4-12.

Clarkson, HM. (2003). *Proceso evaluativo músculoesquelético*. Barcelona, España: Paidotribo.

Cosentino, R. (1985). *Raquis: semiología con consideraciones clínicas y terapéuticas*. Buenos Aires: El Ateneo.

Davis, D.S., Quinn, R.O., Whiteman, C.T., Williams, J.D. & Young, C.R. (2008). Concurrent validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 583-588.

Di Giovanni, C.W., Kuo, R., Tejwani, N., Price, R., Hansen, S.G., Cziernecki, J., and Sangeorzan, B.J. (2002). Isolated gastrocnemius tightness. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 84, 962-970.

Di Santo, M. (2012). *Amplitud de movimiento*. Badalona, España: Paidotribo.

Dixon, J. & Keating, J.L. (2000). Variability in straight leg raise measurements. *Physiotherapy*, 86(7), 361-370.

Ekstrand, J. & Gillquist, J. (1982). The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 10(2), 75-78.

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.

Ellenbecker, T.S., Ellenbecker, G.A., Roetert, E.P., Silva, R.T., Keuter, G. & Sperling, F. (2007). Descriptive profile of hip rotation range of motion in elite tennis players and professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(8), 1371-1376.

Ellera, J., Vieira, J. & Becker, R. (2008). Decreased Hip Range of Motion and Noncontact Injuries of the Anterior Cruciate Ligament. *Arthroscopy. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 24(9), 1034-1037.

Emery, C.A. & Meeuwisse, W. H. (2001). Risk factors for groin injuries in hockey. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(9), 1423-1433.

Feland, J.B. & Marin, H.N. (2004). Effect of submaximal contraction intensity in contract relax PNF stretching. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 18-20.

Ferber, R., Kendall, K.D. & McElroy, L. (2010). Normative and Critical Criteria for Iliotibial Band and Iliopsoas Muscle Flexibility. *Journal of Athletic Training*, 45(4), 344-348.

Ferrer V. (1998). *Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis*. [Tesis doctoral]. Murcia: Universidad de Murcia.

Ford, P. & McChesney, J. (2007). Duration of Maintained hamstring ROM following termination of three stretching protocols. *Journal of Sports Rehabilitation*, 16, 18-27.

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 highlytrained adolescent athletes. *Physical Therapy in Sport*, 14, 28-34.

Fredriksen, H., Dagfinrud, H., Jacobsen, V. & Maehlum, S. (1997). Passive knee extension test to measure hamstring muscle tightness. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 7(5), 279-282.

Gabbe, B., Bennell, K., Wajswelner, H. & Finch, C. (2004). The reliability of commonly used lower limb musculoskeletal screening tests. *Physical Therapy in Sport*, 5, 90-97.

Gannon, L.M. & Bird, H.A. (1999). The quantification of joint laxity in dancers and gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 17(9), 743-50.

Gerhardt, J. (1994). *Documentation of Joint Motion*. Oregon: Isomed.

Gerhardt, J., Cocchiarella, L. & Lea, R. (2002). *The Practical Guide to Range of Motion Assessment*. Chicago: American Medical Association.

Gleim, G.W. & Mchugh, M.P. (1997). Flexibility and its effects on sports injury and performance. *Sports Medicine*, 24(5), 289-299.

Goeken, L.N. & Hof, A.L. (1993). Instrumental straight-leg raising: results in healthy subjects. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 74, 194-203.

González Peña, F., Recarte Gracia Andrade, E., Galindo Andújar, E., González Ortega, J.J. (1974). Fibrosis glútea bilateral. *Revista Española de Cirugía Ostearticular*, 9, 41-46.

Grace, T.G., Sweetser, E.R. & Nelson, M.A. (1984). Isokinetic muscle imbalance and knee-joint injuries. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 66, 734-739.

Gruić, I., Ohnjec, K. & Vuleta, D. (2011). Comparison and analyses of differences in flexibility among top-level male and female handball players of different ages. *Facta Universitatis Series: Physical Education and Sport*, 9(1), 1-7.

Hahn, T., Foldspang, A., Vestergaard, E. & Ingemann-Hansen, T. (1999). Active knee joint flexibility and sports activity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9(2), 74-80.

Halbertsma, J.P.K., Mulder, I., Goeken, L.N.H., Willem, H. & Eisman, W.H. (1999). Repeated passive stretching: acute effect on the passive muscle moment and extensibility of short hamstrings. *Arch Phys Med Rehabil*, 80, 407-414.

Hang, Y.S. (1979). Contracture of the Hip secondary to fibrosis of the gluteus maximus muscle. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 61A, 52-55.

Harvey, D. (1998). Assessment of the flexibility of elite athletes using the Modified Thomas Test. *British Journal of Sports Medicine*, 32, 68-70.

Hayen, A., Dennis, R. J. & Finch, C. F. (2007). Determining the intra- and inter-observer reliability of screening tools used in sports injury research. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10, 201-210.

Hellsing, A.L. (1988). Tightness of hamstring and psoas mayor muscles. A prospective study of back pain in young men during their military service. *Upsala Journal of Medical Sciences*, 93(3), 267-276.

Holla, J. F. M., Steultjens, M. P. M., van der Leeden, M., Roorda, L. D., Bierma-Zeinstra, S. M. A., den Broeder, A. A. & Dekker, J. (2011). Determinants of range of joint motion in patients with early symptomatic osteoarthritis of the hip and/or knee: an exploratory study in the CHECK cohort. *Osteoarthritis and Cartilage*, 19(4), 411-419.

Holla, J. F., van der Leeden, M., Roorda, L. D., Bierma-Zeinstra, S., Damen, J., Dekker, J. & Steultjens, M. P. (2012). Diagnostic accuracy of range of motion measurements in early symptomatic hip and/or knee osteoarthritis. *Arthritis Care & Research*, 64(1), 59-65.

Holt, L.E., Pelham, T.W. & Holt, J. (2008). *Flexibility: A Concise Guide*. Totowa, NJ: Springer-Humana.

Hopkins, W.G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30, 1-15.

Hopkins, W.G. (2009). *Calculating the reliability intraclass correlation coefficient and its confidence limits* (Excel spreadsheet). newstats.org/xICC.xls

Ibrahim, A., Murrell, G. A. & Knapman, P. (2007). Adductor strain and hip range of movement in male professional soccer players. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 15(1), 46-49.

Johanson, M., Baer, J., Hovermale, H., & Phouthavong, P. (2008). Subtalar Joint Position During Gastrocnemius Stretching and Ankle Dorsiflexion Range of Motion. *Journal of Athletic Training*, 43(2), 172-178.

Juliá Juliá, R., Juliá Bueno, J. & Cazalla Benedicto, F. (1980). Fibrosis Glútea bilateral. *Revista Española de Cirugía Osteoarticular*, 15, 281-285.

Kapandji, A.I. (2007). *Fisiología articular: miembro inferior*. Madrid: Editorial Panamericana.

Kaufman, K.R., Brodine, S.K., Shaffer, R.A., Johnson, C.W. & Cullison, T.R. (1999). The Effect of Foot Structure and Range of Motion on Musculoskeletal Overuse Injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 27(5), 585-593.

Kendall, F.P., McCreary, E.K. & Provance, P.G. (1993). *Muscle Testing and Function* (4th ed.). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.

Kibler, W.B. & Chandler, T.J. (2003). Range of movement in junior tennis player participating in an injury risk modification program. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(1), 51-62.

Kibler, W.B., McQueen, C. & Uhl, T. (1988). Fitness evaluations and fitness findings in competitive junior tennis players. *Clin. Sports Med*, 7, 403-416.

Klee, A. & Wiemann, K. (2010). *Movilidad y Flexibilidad: Método práctico de estiramientos*. Barcelona, España: Paidotribo.

Kolber, M. J. & Fiebert, I. M. (2005). Addressing flexibility of the rectus femoris in the athlete with low back pain. *Strength & Conditioning Journal*, 27(5), 66-73.

Kottner, J., Audige, L., Brorson, S., Donner, A., Gajewski, B. J., Hróbjartsson, A. & Streiner, D. L. (2011). Guidelines for reporting reliability and agreement studies (GRRAS) were proposed. *International Journal of Nursing Studies*, 48(6), 661-671.

Koutedakis, Y., Hukam, K., Metsios, G., Nevill, A., Giakas, G., Jamurtas, A. & Myszkewycz, L. (2007). The effects of three months of aerobic and strength training on selected performance and fitness-related parameters in modern dance students. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3): 808-812.

Kraemer, W.J. & Gómez, A.L. (2001). *Establisihing a Solid Fitness Base*. In B. Foran (ed). *High-Performance Sports Conditioning*, (pp.3-17). Champaign, IL: Human Kinetics.

Krause, D.A., Cloud, B.A., Forster, L.A., Schrank, J.A. & Hollman, J.H. (2011). Measurement of ankle dorsiflexion: a comparison of active and passive techniques in multiple positions. *Journal of Sports Rehabilitation*, 20: 333-344.

Kuo, L., Chung, W., Bates, E. & Stephen, J. (1997). The hamstring index. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 17(1), 78-88.

L'Hermette, M., Polle, G., Tourny-Chollet, C. & Dujardin, F. (2006). Hip passive range of motion and frequency of radiographic hip osteoarthritis in former elite handball players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(1), 45-49.

Li Y., McClure P.W. & Pratt Neal (1996). The effect on hamstring muscle stretching on standing posture and on lumbar and hip motions during forward bending. *Physical Therapy*, 76(8), 836-845.

Lindqvist, K.S., Timpka, T. & Bjurulf, P. (1996). Injuries during leisure physical activity in a Swedish municipality. *Scandinavian Journal of Public Health*, 24(4), 282-292.

Magee, D.J. (2002). *Orthopedic physical assessment*, (4th ed.), vol. 11. W.B. Saunders Company: Philadelphia, Pennsylvania.

Magnusson, S.P., Aagard, P., Simonsen, E. & Bojsen-Moller, F. (1998). A biomechanical evaluation of cyclic and static stretch in human skeletal muscle. *International Journal of Sport Medicine*, 19, 310-316.

Malliaras, P., Cook, J. L. & Kent, P. (2006). Reduced ankle dorsiflexion range may increase the risk of patellar tendon injury among volleyball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 304-309.

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, 25-29.

McGill SM. (2002). *Low back disorders. Evidence-based prevention and rehabilitation*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Mesa Ramos, M. (1989). *Fibrosis glútea*. Barcelona, España: Ediciones JIMS.

Miralles, R.C. & Miralles, I. (2008). *Biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones del aparato locomotor*. Barcelona, España: Elsevier-Masson.

Murphy, J.R., Di Santo, M.C., Alkanani, T. & Behm, D.G. (2010). Aerobic activity before and following short-duration static stretching improves range of motion and performance vs. a traditional warm-up. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(5), 679-690.

Nelson, R.T. & Bandy, W.D. (2005). An update on flexibility. *Strength and Conditional Journal*. 27 (1):10-16.

Norkin, C. & White, J. (2006). *Goniometría. Evaluación de la Movilidad Articular*. Madrid, España: Marban.

Norris, C.M. (2004). *La guía completa de los estiramientos*. Barcelona, España: Paidotibo.

Nussbaumer, S., Leunig, M., Glatthorn, J.F., Stauffacher, S., Gerber, H. & Maffiuletti, N. A. (2010). Validity and test-retest reliability of manual goniometers for measuring passive hip range of motion in femoroacetabular impingement patients. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11(1), 194-205.

Oberg, B., Ekstrand, J., Möller, M. & Gillquist, J. (1984). Muscle strength and flexibility in different positions of soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 5(4), 213-216.

Okamura, S., Wada, N., Tazawa, M., Sohmiya, M., Ibe, Y., Shimizu, T., Usuda, S. & Shirakura, K. (2014). Injuries and disorders among young ice skaters: relationship with generalized joint laxity and tightness. *Journal of Sports Medicine*, 5, 191-195.

Palmer, M.L. & Epler, M.E. (2002). *Fundamentos de las Técnicas de la Evaluación Musculoesquelética*. Barcelona, España: Paidotribo.

Peeler, J. & Anderson, J.E. (2008). Reliability Limits of the Modified Thomas Test for Assessing Rectus Femoris Muscle Flexibility About the Knee Joint. *Journal of Athletic Training*, 43 (5): 470-476.

Peterson, F., Kendall, E. & Geise P. (2005). *Músculos, Pruebas, funciones y dolor postural*. (4ª ed). Madrid: Marbán, S.L.

Piva, S.R., Fitzgerald, K., Irrgang, J.J., Jones, S., Hando, B.R., Browder, D.A. & Childs, J.D. (2006). Reliability of measures of impairments associated with patellofemoral pain syndrome. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 7(1), 33.

Pope, R., Herbert, R. & Kirwan, J. (1998). Effects of ankle dorsiflexion range and rand pre-exercise calf muscle stretching on injury risk in army recruits *Australian Journal of Physiotherapy*, 44(3), 165-177.

Power, K., Behm, D., Cahill, F., Carroll, M. & Young, W. (2004). An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1389-1396.

Prather, H., Harris-Hayes, M., Hunt, D.M., Steger-May, K., Mathew, V. & Clohisy, J.C. (2010). Reliability and agreement of hip range of motion and provocative physical examination tests in asymptomatic volunteers. *PM&R*, 2(10), 888-895.

Prentice, W.E. (2003). *The Thigh, Hip, Groin, and Pelvis*. In: *Arnheim's Principles of Athletic Training: A Competency-Based Approach* (11th ed). New York, NY: McGraw Hill.

Pua, Y.H., Wrigley, T.W., Cowan, S.M. & Bennell, K.L. (2008). Intrarater test-retest reliability of hip range of motion and hip muscle strength measurements in

persons with hip osteoarthritis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(6), 1146-1154.

Rahnama, N., Lees, A. & Bambaecchi, E. (2005). Comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*, 48(11-14), 1568-1575.

Reese, N.B. & Bandy, W.D. (2003). Use of an inclinometer to measure flexibility of the iliotibial band using the Ober test and the modified Ober test: differences in magnitude and reliability of measurements. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(6), 326-330.

Reid, D.C., Burnham, R.S., Saboe, L.A. & Kushner, S.F. (1987). Lower extremity flexibility patterns in classical ballet dancers and their correlation to lateral hip and knee injuries. *The American Journal of Sports Medicine* 15(4), 347-352.

Rome, K. (1996). Ankle joint dorsiflexion measurement studies. A review of the literature. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 86(5), 205-211.

Sainz de Baranda, P., Cejudo, A. & Ayala, F. (2012). Fiabilidad absoluta del test de elevación de la pierna recta en jugadores de fútbol sala. *KRONOS*, 11(2), 54-60.

Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., Ayala, F. & Santonja, F. (2015). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadoras sénior de fútbol sala. *REEFD*, 409, 35-48.

Santonja, F. & Martínez, I. (1992). Valoración médico deportiva del escolar. Murcia: Universidad de Murcia.

Santonja, F. (1990). *Alteraciones axiales sagitales del raquis. Estudio de la población deportista universitaria de Murcia*. Trabajo fin de especialidad. Escuela profesional de Medicina de la educación Física y el Deporte. Universidad Complutense de Madrid.

Santonja, F. (1993). Exploración clínica y radiográfica del raquis sagital: sus correlaciones. Murcia: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Murcia (microficha).

Santonja, F., Ferrer, V. & Martínez, I. (1995). Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección*, 4(2), 81-91.

Santonja, F., Sainz de Baranda, P., Rodríguez, P.L., López, P.A. & Canteras, M. (2007). Effects of frequency of static stretching on straight-leg raise in elementary school children. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(3), 304-308.

Sporis, G., Vucetic, V., Jovanovic, M., Jukic, I. & Omrcen, D. (2010). Reliability and factorial validity of flexibility tests for Team Sports: method paper. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4), 1168-1176.

Steinberg, N., HersHKovitz, I., Peleg, S., Dar, G., Masharawi, Y., Heim, M. & Siev-Ner, I. (2006). Range of Joint Movement in Female Dancers and Nondancers Aged 8 to 16 Years Anatomical and Clinical Implications. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(5), 814-823.

Taboadela, C. (2007). *Goniometría: Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales*. Buenos Aires, Argentina: Asociart Art.

Tabrizi, P., McIntyre, W.M.J., Quesnel, M.B. & Howard, A.W. (2000). Limited dorsiflexion predisposes to injuries of the ankle in children. *J Bone Joint Surg [Br]*, 82: 1103-6.

Tousignant, M., Boucher, N., Bourbonnais, J., Gravelle, T., Quesnel, M. & Brosseau, L. (2001). Intratester and intertester reliability of the Cybex electronic digital inclinometer (EDI-320) for measurement of active neck flexion and extension in healthy subjects. *Manual Therapy*, 6(4), 235-241.

Travell, T. & Simons, F. (2004). *Dolor y disfunción miofascial. El manual de los puntos gatillo*. Volumen 2. Extremidades inferiores. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Tyler, T.F., Nicholas, S.J., Campbell, R.J. & McHugh, M.P. The association of hip strength and flexibility with the incidence of adductor muscle strains in professional ice hockey players. *Am J Sports Med*, 29: 124-128, 2001.

Vad, V.B., Gebeh, A., Dines, D., Altchek, D. & Norris, B. (2003). Hip and shoulder internal rotation range of motion deficits in professional tennis players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(1), 71-75.

Van Mechelen, W., Hlobil, H. & Kemper, H.C. (1992). Incidence, severity, a etiology and prevention of sports injuries. *Sports Medicine*, 14(2), 82-99.

Verrall, G.M., Slavotinek, J.P., Barnes, P.G., Esterman, A., Oakeshott, R.D. & Spriggins, A.J. (2007). Hip joint range of motion restriction precedes athletic chronic groin injury. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(6), 463-466.

Wang, S.S., Whitney, S.L., Burdett, R.G. & Janosky J.E. (1993). Lower extremity muscular flexibility in long distance runners. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17(2), 102-107.

Weerapong, P., Hume, P.A. & Kolt, G.S. (2004). Stretching: mechanisms and benefits for Sport performance and injury prevention. *Physical Therapy Reviews*, 9: 189-206.

Weineck, J. (2004) *Entrenamiento óptimo*. Barcelona, España: Hispano Europea.

Weppler CH & Magnusson SP. (2010). Increasing Muscle Extensibility: A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation? *Physical Therapy*, 90(3): 438-449.

Wilder, R.P. & Sethi, S. (2004). Overuse injuries: tendinopathies, stress fractures, compartment syndrome, and shin splints. *Clinics in Sports Medicine*, 23(1), 55-81.

Williford, H.N., East, J.B., Smith, F.H. & Burry, L.A. (1986). Evaluation of warm up for improvement in flexibility. *The American Journal of Sports Medicine*, 14 (4), 316-319.

Winters, M.V., Blake, C.G., Trost, J.S., Marcello-Binker, T.B., Lowe, L., Garber, M.B. & Wainner, R.S. (2004). Passive versus active stretching of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: A randomized clinical trial. *Physical Therapy*, 84(9), 800-807.

Witvrouw, E. (2007). Effect of static and ballistic stretching on the muscle-tendon tissue properties. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(3), 494-501.

Witvrouw, E., Bellemans, J., Lysens, R., Danneels, L. & Cambier, D. (2001). Intrinsic Risk Factors for the Development of Patellar Tendinitis in an Athletic Population A Two-Year Prospective Study. *American Journal of Sports Medicine*, 29(2), 190-195.

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.

Witvrouw, E., Lysens, R., Bellemans, J., Cambier, D. & Vanderstraeten, G. (2000). Intrinsic risk factors for the development of anterior knee pain in an athletic population. A two-year prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 480-489.

Witvrouw, E., Mahieu, N., Roosen, P. & McNair, P. (2007). The role of stretching in tendon injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 41(4), 224-226.

Witvrouw, E., Van Tiggelen, D. & Willems, T. (2011). Risk Factors and Prevention of Anterior Knee Pain. In *Anterior knee pain and patellar instability*. 2nd ed., Valencia, Springer, 2011.

Young, S.W., Dakic, J., Stroia, K., Nguyen, M.L., Harris, A.H. & Safran, M.R. (2014). Hip range of motion and association with injury in female professional tennis players. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(11), 2654-2658.

Ytterstad, B. (1996). The Harstad injury prevention study: the epidemiology of sports injuries. An 8 year study. *British Journal of Sports Medicine*, 30(1), 64-68.

Zakas, A. (2005). The effect of warming up on the flexibility of adolescent elite tennis players. *Journal of Human Movement Studies*, 48, 133-146.

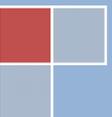
Zakas, A., Galazoulas, C., Zakas, N., Vamvakoudis, E. & Vergou, A. (2005). The Effect of stretching duration on flexibility during warming up in adolescent soccer players. *Physical Training*, 48, 133-146.

Zakas, A., Grammatikopoulou, M.G., Zakas, N., Zahariadis, P. & Vamvakoudis, E. (2006). The effect of active warm-up and stretching on the flexibility of adolescent soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(1), 57-61.

Zakas, A., Vergou, A., Zakas, N., Grammatikopoulou, M.G. & Grammatikopoulou, G.T. (2002). Handball match effect on the flexibility of junior handball players. *Journal of Human Movement Studies*, 43, 321-330.

Zakas, A., Vergou, M., Grammatikopoulou, N., Sentelidis, T. & Vamvakoudis, S. (2003). The effect of stretching during warming up on the flexibility of junior handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, 145-149.

GLOSARIO DE TÉRMINOS



9 GLOSARIOS DE TÉRMINOS

Conceptos relacionados con el término “FLEXIBILIDAD”.

Flexibilidad: se define como la “disposición ^(a) de los tejidos corporales ^(b) para permitir, sin lesionarse^(c), movimientos ^(d) de una o varias articulaciones” (Holt et al., 2008).

- a) La disposición es susceptible al cambio (varios factores como la edad, sexo, lesión y estilo de vida pueden afectarla). La limitación del rango de movimiento por falta de extensibilidad muscular o cortedad “tightness” puede normalizarse tras la aplicación de un programa de estiramientos u otros medios.
- b) El tejido incluye: músculo, tendón, fascia, cápsula articular, cartílago, ligamentos, huesos y varios componentes del sistema nervioso (incluyendo los husos neuromusculares).
- c) Existe una capacidad de restitución implícita, que protege la funcionalidad.
- d) Por diseño, cada articulación o grupo de ellas posibilitan movimientos específicos.

Chandler et al. (1990) define esta cualidad física básica como “la capacidad de mover una articulación a través del rango de movimiento normal sin excesivo estrés en la unidad músculo-tendinosa”. La flexibilidad, es conjuntamente con la fuerza, resistencia y la velocidad, uno de los componentes de la condición física más importantes para el rendimiento deportivo (Allen, 2002; Weineck, 2004).

Los componentes de la flexibilidad son cuatro: a) Movilidad; b) Extensibilidad; c) Elasticidad y d) Plasticidad.

- a) Movilidad: Propiedad que poseen las articulaciones de realizar determinados tipos de movimiento, dependiendo de su estructura morfológica (Di Santo, 2012).
- b) Extensibilidad: Propiedad que poseen algunos componentes musculares de deformarse por influencia de una fuerza externa, aumentando su longitud.
- c) Elasticidad: la capacidad que posee un tejido para recuperar su forma original tras haber sido deformado por un estímulo de tracción.
- d) Plasticidad: la capacidad que posee un tejido de cambiar de forma y conservar esta de modo permanente sin recuperar su forma original, tras haber sido deformado por un estímulo de tracción, a diferencia de los componentes elásticos.

Conceptos relacionados con las propiedades mecánicas y dinámicas de los tejidos blandos.

Deformación: se refiere a un cambio en la forma y tamaño “cambio en las dimensiones” de un cuerpo por la aplicación de una fuerza, por ejemplo, una presión o un estiramiento (Alter, 2004).

Tensión: resistencia interna a una fuerza externa (Alter, 2004).

Rigidez: La relación entre estrés mecánico (compresión, tracción y cizallamiento) y deformación. Este valor aporta una idea del nivel de rigidez de un objeto o material (Miralles & Miralles, 2008).

Estiramiento: movimiento aplicado por una fuerza interna y/o externa para incrementar la extensibilidad tendino-muscular y/o ROM articular. (Weerapong, Hume & Kolt, 2004).

Extensibilidad muscular o distensibilidad “extensibility”: es la capacidad del tejido tendino-muscular de aumentar su longitud “estirarse” en respuesta a una carga aplicada interna o externamente (Rodríguez & Santonja, 2000; Alter, 2004; Weppeler & Magnusson, 2010). Generalmente, la falta de extensibilidad de los músculos y del tejido conectivo que saltan y rodean a una articulación limita el rango de movimiento (Winters, Blake, Trost, Marcello-Binker, Lowe, Garber & Wainner, 2004; Kolber & Fiebert, 2005). Cuanto más débiles sean las fuerzas generadas dentro del músculo, mayor será el grado de estiramiento (Alter, 2004).

Elasticidad “comportamiento elástico”: es la propiedad de un tejido que lo capacita para volver a su longitud original (forma o tamaño) después del cese de la carga (Halbertsma, Mulder, Goeken, Willem & Eisman, 1999) o la resistencia a la distorsión o a la deformación, es lo contrario a la extensibilidad (Alter, 2004). Se mide mediante la cantidad de fuerza de resistencia del mismo material (Alter, 2004).

Límite elástico: es el valor mínimo de carga requerida para producir una distensión permanente en el cuerpo (Alter, 2004).

Plasticidad: es la propiedad que posee algunos componentes musculares de adoptar formas distintas a las originales por el efecto de fuerzas y permanecer así mucho tiempo después de cesar éstas (Di Santo, 2012).

Criterio para medir la flexibilidad.

Rango de movimiento “Range of Motion” (ROM): es la manera más válida (Gerhardt et al., 2002; Clarkson, 2003) y fiable (Fourchet, Materne, Horobeanu, Hudacek, & Buchheit, 2013; Cejudo et al., 2015) de valorar cuantitativamente el arco de movimiento de una determinada articulación al realizar un movimiento, independientemente de la velocidad de ejecución (Holt et al., 2008); mientras que otros autores indican que el ROM representa operativamente la medición indirecta (términos cuantitativos, en grados) de la extensibilidad tendino-muscular (Williford, East, Smith & Burry, 1986; Rodríguez & Santonja, 2000; Peeler & Anderson, 2008; Johanson, Baer, Hovermale & Phouthavong, 2008; Weppler & Magnusson, 2010).

ROM normal: Es el rango de movimiento específico de cada articulación condicionado por la propia relación anatómica entre los tejidos de la estructura articular (Hoult et al., 1995). De forma general, permite la realización de la mayoría de gestos técnicos propios del deporte aunque con cierta limitación para los gestos técnicos más complejos y exigentes como los necesarios en deportes como la gimnasia artística, natación modalidad saltos, patinaje artístico, etc. Un deportista con un rango inferior al límite inferior del rango de movimiento normal presentan una mayor predisposición a la lesión deportiva.

ROM funcional: Es el rango de movimiento dinámico y específico que se alcanza durante la ejecución real de un gesto técnico deportivo.

ROM limitado: Es el rango de movimiento inferior al rango de movimiento normal. El movimiento puede estar limitado por tejidos corporales como músculos, tendones, fascia, cápsula articular, ligamentos, superficies articulares óseas e incluso por el sistema nervioso. Las patologías que pueden limitar el movimiento son por problemas mecánicos articulares, por inflamación de los tejidos periarticulares, por dolor o por rigidez muscular. El ROM limitado por la cortedad muscular restringe la realización de determinados gestos técnicos propios del deporte, de tal forma que el deportista compensa esta limitación forzando ésta y otras articulaciones, y consecuentemente aplicando un mayor estrés físico sobre los tejidos corporales. Por ello, este rango limitado se ha relacionado con una disminución del rendimiento físico-técnico deportivo y con una mayor predisposición a la lesión deportiva.

- **Cortedad muscular “tightness o shortness”**: se define como la disminución de la extensibilidad muscular o “capacidad de deformarse un músculo” (Zachezewski, 1989 citado en Nelson & Bandy, 2005) que limita el rango de movimiento solicitado por un gesto técnico deportivo. Debe utilizarse el término de cortedad, cuando exista una limitación del ROM debida a una menor extensibilidad sin conocer el ROM previo. Este término debe diferenciarse del “acortamiento”.
- **Acortamiento**: se define como una disminución temporal “a corto plazo” de la extensibilidad muscular que limita el ROM tras aplicar una carga, por ejemplo, una competición deportiva. Para poder asegurar que se ha producido un acortamiento, es necesario tener una medición previa con un mayor valor angular.
- **Hipomovilidad**: cuando el rango de movimiento de una articulación es menor que el rango de normalidad (Palmer & Epler, 2002)
- **Insuficiencia pasiva de un músculo (sinónimo de cortedad muscular)**: aparece cuando la longitud de un músculo impide el rango de movimiento completo de una articulación/es (Palmer & Epler, 2002).

ROM extremo, también conocido como “hipermóvil” puede encontrarse en deportes donde la flexibilidad es una cualidad determinante para el máximo rendimiento. Los deportistas entrenan la flexibilidad sobrepasando el rango de movimiento anatómico e incrementando la extensibilidad de diferentes tejidos corporales (muscular, fascia y tendones) para alcanzar el gesto técnico requerido. Con frecuencia estos deportistas también tienen hiperlaxitud articular, que es una excesiva extensibilidad capsular y ligamentosa. El rango de movimiento extremo predispone a la inestabilidad, a la osteoartritis prematura, a esguinces, roturas meniscales y cartilaginosa, tendinopatías y espondilólisis) (Hudson et al., 1995; Gannon & Bird, 1999).

Hipermovilidad: cuando los límites de la movilidad normal son superados bajo determinadas condiciones, normalmente no fisiológicas, anormales o patológicas (Palmer & Epler, 2002; Klee & Wiemann, 2010).

ROM lesivo: puede ser considerado aquel rango que agrupa los diferentes factores de riesgo de la lesión deportiva relacionados con la flexibilidad, el rango de movimiento limitado, el rango de movimiento extremo y/o asimetría bilateral de flexibilidad.

ROM óptimo: Es definido por los valores normales y específicos de flexibilidad en cada articulación para el deporte que se practica. El deportista dispone de un rango óptimo para favorecer el máximo rendimiento físico-técnico deportivo con un bajo riesgo de lesión deportiva (Kolber & Fiebert, 2005; Riewald, 2004; Santana, 2004). El rango óptimo favorece la realización del gesto técnico propio del deporte, sin lesión ni estrés físico añadido sobre los tejidos corporales. Popularmente se suele hablar de elegancia gestual.

Longitud óptima: es la longitud de un músculo que determina un ángulo articular donde el músculo es capaz de generar la máxima fuerza (Klee & Wiemann, 2010).

Perfil de flexibilidad: definido por los valores de referencia de cada uno de los principales rangos de movimientos de las articulaciones de las extremidades. Atendiendo a la característica de especificidad de la flexibilidad, será necesario definir un perfil de flexibilidad para cada deporte, y dentro de cada deporte valorar si existen diferencias entre años de entrenamiento, categoría, puesto táctico, sexo, edad, etc. En cada deporte podrá diferenciarse un perfil normal de flexibilidad, un perfil óptimo de flexibilidad y un perfil lesivo de flexibilidad, que incluye el perfil limitado de flexibilidad.

Lateralidad “Laterality”: Preferencia en el uso de los órganos situados al lado derecho o izquierdo del cuerpo, como los brazos, las piernas, etc. (RAE, 2015). Harris (1961), la define como la utilización preferente y la superior aptitud de un lado del cuerpo frente al otro. Existe una aptitud superior de un lado del cuerpo frente al otro. Le Boulch (1969), la considera como la traducción de una predominancia motriz general manifestada a través de los segmentos derecho e izquierdo. Rodríguez (2004), dice que dicho predominio está determinado por la supremacía que un hemisferio cerebral ejerce sobre el otro. Bilbao & Oña (2000) concluyen que: “La lateralización puede entenderse como un conjunto de conductas, que se adquieren cada una de ellas independientemente, por un proceso general de entrenamiento y aprendizaje...”

- **Extremidad dominante:** Extremidad preferida en la ejecución de gestos técnicos del deporte como el golpeo a un balón (Witvrouw et al., 2003). Footedness (1988) y Chin, So, Yuan, Li y Wong (1994) determinan la pierna dominante por el uso de las siguientes tareas: golpear una pelota, pisar un objeto y suavizar la arena. La extremidad con la que realizan al menos dos tareas es designada como dominante. Mientras que Wang et al. (1993) proponer una similar metodología: 1) saltar sobre una pierna; 2) golpear una pelota y 3) subirse a un taburete con una pierna.

- **Dominancia lateral “Lateral dominance”:** el uso preferido y un rendimiento superior de un lado del cuerpo en comparación con el otro (Harris, 1952).

Asimetría “Asymmetry”: desequilibrio, desigualdad y desproporción (Agre & Baxgter, 1987).

- **Asimetría bilateral de flexibilidad:** Diferencia significativa de extensibilidad entre ambos lados corporales, entre el lado derecho e izquierdo o entre el segmento dominante y no dominante consecuencia del uso frecuente de la extremidad preferida (Rahnama et al., 2005). El criterio cuantitativo para definir la asimetría bilateral en el deporte en relación a la lesión deportiva ha sido establecido en 10° (Grace, Sweetser, & Nelson, 1984; Ellenbecker, Ellenbecker, Roetert, Silva, Keuter & Sperling, 2007; Young et al., 2014). Mientras que Rahnama et al. (2005) considera positivo una asimetría cuando se encuentra una diferencia bilateral mayor del 5%.

ARTÍCULOS DE LA TESIS DOCTORAL

El compendio de trabajos científicos que forma parte del marco la presente tesis doctoral se presenta a continuación en la forma completa que han sido publicados en revistas científicas:

1. Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F. & Santonja, F. (2014b). A simplified version of the weight-bearing ankle lunge test: Description and test-retest reliability. *Manual Therapy*, 36(2), 278-285.
2. Cejudo, A.; Sainz de Baranda, P.; Ayala, F. y Santonja, F. (2014). Fiabilidad absoluta de dos pruebas clínicas para la estimación de la flexibilidad del tríceps sural. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 14 (54), 291-305.
3. 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), 107-13.
4. Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F. & Santonja, F. (2013). Rango de movimiento de la extremidad inferior en atletas de duatlón. *SporTK*, 2(2), 31-40.
5. Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F. & Santonja, F. (2014a). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores sénior de balonmano. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 14(2), 111-120.
6. Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F. & Santonja, F. (2014c). 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.

