

# **Diseño de nuevos protocolos de valoración de la resistencia de la musculatura del tronco mediante dinamometría.**

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.



Alumno: José María Cañaveras Raña.  
Tutor académico: María del Pilar García Vaquero.  
Curso 2017/2018.

## ÍNDICE

1. RESUMEN. ....	2
2. INTRODUCCIÓN .....	3
3. BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA.....	4
4. MÉTODO.....	8
4.1. Participantes.....	8
4.2. Instrumentos y registro .....	8
4.3. Protocolos .....	9
4.4. Procedimiento. ....	9
4.5. Justificación del diseño de los nuevos protocolos.....	10
4.6. Variables.....	11
5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	12
6. DISCUSIÓN.....	13
7. CONCLUSIÓN .....	15
8. PROPUESTAS DE MEJORA.....	16
9. BIBLIOGRAFÍA.....	17

## 1. Resumen.

Introducción: La resistencia de la musculatura del tronco ha demostrado ser una capacidad fundamental para el ser humano, tanto en las actividades deportivas como de la vida diaria. A pesar que los test de campo son utilizados habitualmente para valorar la resistencia de la musculatura del tronco, estos presentan muchas limitaciones que ponen en duda la fiabilidad de sus datos. Es por ello, que la fiabilidad y validez mostrada por la dinamometría isocinética hace que se presente como una herramienta de valoración alternativa, tanto para el ámbito clínico como deportivo. No obstante, y a pesar de que ofrece una amplia variedad de posibilidades de registro, son pocos los estudios que han analizado la resistencia de la musculatura del tronco mediante el uso de esta herramienta. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de fin de grado fue diseñar nuevos protocolos de valoración de la resistencia de la musculatura del tronco mediante el uso de la dinamometría isocinética.

Método: En este estudio participaron tres estudiantes del grado de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, físicamente activos y sin ningún tipo de patología del raquis o dolor lumbar. Se diseñaron tres protocolos de valoración de la resistencia de la musculatura del tronco. Un protocolo dinámico, que consistió en realizar 40 repeticiones concéntricas máximas y consecutivas de flexo-extensión del tronco (*ISOKET Isocinético 40 rep.*), y dos protocolos isométricos. Uno de ellos consistió en realizar 20 repeticiones isométricas máximas de cinco segundos de duración, valorando de forma separada la musculatura flexora y extensora del tronco (*ISOKET 20rep. isométricas*). El otro, consistió en mantener una contracción isométrica máxima durante 90 segundos, valorando también de forma separada la musculatura flexora y extensora del tronco (*ISOKET Isométrico mantenido*). Todos los participantes fueron evaluados dos veces en cada uno de los test, con una separación de 48 horas entre prueba y de una semana entre cada mismo test.

Análisis estadístico: Las variables utilizadas para evaluar la resistencia muscular de los participantes han sido “Endurance Ratio Window”, “Endurance Ratio5/3”, “Endurance Ratio5” y “Endurance Ratio3”. Se analizó tanto la fiabilidad relativa mediante el estadístico el coeficiente de correlación intraclase (CCI) y la fiabilidad absoluta mediante el error típico (ET), para las variables de cada uno de los protocolos.

Conclusión: Los valores obtenidos indican que los protocolos que mejor reflejan una pérdida de la resistencia muscular de la musculatura del tronco son *ISOKET Isocinético 40 rep.* e *ISOKET 20 rep. isométricas*, para la fase de flexión y extensión del tronco. El protocolo *ISOKET Isométrico mantenido* no mostró un claro porcentaje de pérdida de fuerza. Es importante que los participantes aprendan las pruebas y que se les diga que tienen que hacer el máximo esfuerzo desde el principio.

Palabras clave: “Trunk”, “dynamometry”, “protocol” y “endurance”.

## 2. Introducción.

En la actualidad se hicieron diversos programas de acondicionamiento de la musculatura del tronco. En el ámbito deportivo o del fitness, estos programas son diseñados con el fin de optimizar y maximizar la fuerza y resistencia de dicha zona muscular, ya que parece permitir una mejor producción, control y transferencia de la fuerza desde miembros inferiores a superiores y viceversa, ayudando a la ejecución de movimientos en actividades atléticas o acciones de la vida diaria (Evans, Refshauge y Adams, 2007; Hildenbrand y Noble, 2004; Juan-Recio, Barbado y López-Valenciano, 2014; Naclerio y Forte, 2006; Rebullido y Lameiro, 2012). Además, el acondicionamiento de la musculatura del tronco también ha captado el interés en el ámbito clínico y preventivo. En este sentido, los programas se desarrollan con el objetivo principal de evitar o tratar lesiones relacionadas con las estructuras osteomusculares del raquis (Juan-Recio, López-Plaza, Barbado, García-Vaquero y Vera-García, 2018; Juan-Recio et al., 2014; Kibler, Press y Sciascia, 2006; Reed, Ford, Myer y Hewett, 2012).

Dentro de las cualidades de la musculatura del tronco, la resistencia muscular, definida como la capacidad del músculo de ejercer una fuerza externa durante un periodo de tiempo o por la capacidad de realizar esfuerzos sucesivos y/o multitud de repeticiones luchando contra la fatiga muscular (Bompa, 2006; Caspersen, Powell y Christenson, 1985), ha creado un especial interés tanto en el ámbito clínico como deportivo (García-Vaquero, Barbado, Juan-Recio, López-Valenciano y Vera-García, 2016; Juan-Recio et al., 2018). En ámbito clínico, los niveles mínimos de resistencia de la columna lumbar pueden ayudar a prevenir la aparición de lumbalgia o a mejorar la sintomatología (Biering-Sørensen, 1984; Lindsay y Horton, 2006; Rebullido y Lameiro, 2012). En el rendimiento deportivo, la fatiga de la musculatura del tronco parece tener un efecto perjudicial sobre la coordinación muscular, control postural y estabilidad del raquis, pudiendo originar riesgo de lesión y pérdida de rendimiento (García-Vaquero et al., 2016; Juan-Recio et al., 2018). Además, recientes investigaciones coinciden en la necesidad de disponer de niveles mínimos de fuerza y resistencia de la musculatura de la zona anterior del tronco para ayudar a mantener una adecuada estabilización del esqueleto axial, que garantice un eficiente equilibrio y movimiento de los miembros superiores e inferiores al realizar diversas actividades deportivas o de la vida cotidiana (Hildenbrand y Noble, 2004; Naclerio y Forte, 2006). Es por ello que entrenadores clínicos y rehabilitadores se han preocupado en conocer y valorar el nivel de resistencia que presenta el estado de la musculatura del tronco.

Habitualmente, la evaluación de la musculatura del tronco se ha llevado a cabo mediante un test de campo, debido a una serie de virtudes como su coste más económico al no requerir de gran instrumental, ser de fácil ejecución, permitir la evaluación de varias personas durante un corto periodo de tiempo, etc. (García-Vaquero et al., 2016; Juan-Recio et al., 2014). Sin embargo, la falta de especificidad de los protocolos para un deporte en particular (Clayton et al., 2011; Hibbs, Thompson, French, Wrigley y Spears, 2008), la influencia antropométrica del individuo (Juan-Recio et al., 2014), las limitaciones en cuanto a la necesidad de práctica de la prueba, requiriendo al menos tres ensayos de práctica, para asumir el aprendizaje de ésta (Brotons-Gil, García-Vaquero, Peco-González y Vera-García, 2013), así como la falta de fiabilidad absoluta de este tipo de protocolos, que pone en duda su capacidad para detectar mejoras reales en la población (Gusi y Fuentes, 1999; Juan-Recio, et al., 2014; Mayer, Gatchel, Betancur y Bovasso, 1995; Moreland, Finch, Stratford, Balsor y Gill, 1997), da lugar a que se cuestione la fiabilidad de los datos obtenidos a partir de los test de campo. Es importante recordar que la fiabilidad esta conceptualizada como la consistencia de la medida en el tiempo, distinguiéndose la fiabilidad relativa, que se refiere a la consistencia de la posición de los individuos en el grupo en relación con los demás, o la fiabilidad absoluta, refiriéndose a la consistencia de las puntuaciones de los individuos (Weir, 2005).

Por otro lado, desde hace décadas, la dinamometría se ha utilizado como herramienta de laboratorio para evaluar la musculatura del tronco, debido principalmente a los excelentes valores de fiabilidad y validez que presenta como herramienta (Delitto, Rose, Crandell y Strube, 1991; Drouin, Valovich-mcLeod, Shultz, Gansneder y Perrin, 2004; Dvir y Keating, 2001; Laughlin, Lee, Loehr y Amonette, 2009). La dinamometría isocinética está considerada como el “gold standard” para medir la capacidad de generar fuerza (Feiring, Ellenbecker y Derscheid, 1990; Juan-Recio et al., 2018; Stark, Walker, Phillips, Fejer y Beck, 2011). Además, la dinamometría permite una evaluación controlada de diferentes grupos musculares, regulando el tipo de contracción, rango de movimiento, velocidad, posición, número de repeticiones y series, etc. (Gómez, et al., 2005; Kannus, 1994). No obstante, a pesar de las virtudes de esta herramienta de valoración, la mayoría de estudios se han centrado en la evaluación de la fuerza de la musculatura del tronco (Karatas, Gögüs y Meray, 2002; Müller et al., 2014; Newton y Waddell, 1993; Wessel y Ford, 1994), existiendo pocos protocolos que valoren la resistencia de esta musculatura. Además, aquellos que han analizado la resistencia del tronco, han presentado valores de fiabilidad menos adecuados que los encontrados en los protocolos de fuerza (García-Vaquero et al., 2016; Grabiner y Jeziorowski, 1991; Hager et al., 2006; Juan-Recio et al., 2018; Mayer et al., 1995). Por ejemplo, García-Vaquero et al. (2016), realizó un diseño de protocolo para evaluar la fuerza y resistencia en un solo test de flexión-extensión del tronco, mostrando valores de fiabilidad relativa alta, a través del coeficiente de fiabilidad intraclass (CCI), en las variables que midieron fuerza ( $0.74 <CCI <0.91$ ). En cambio, en la valoración de la resistencia muscular, se obtuvieron valores moderados-altos ( $0.57 <CCI <0.82$ ), mejorando los valores de resistencia que Mayer et al. (1995), quien obtuvo peores resultados ( $0.35 <CCI <0.42$ ). No obstante, en el protocolo realizado por García-Vaquero et al. (2016), obtuvo valores de fiabilidad absoluta altos, por debajo del 10% del erro típico (ET), tanto en las variables que midieron la fuerza como las que midieron la resistencia de la musculatura del tronco.

Por lo tanto, dada la importancia de conocer los niveles de resistencia de la musculatura del tronco que presenta un individuo, y debido a las limitaciones de fiabilidad mostrados por los protocolos de valoración de la misma evaluados mediante dinamometría, el objetivo de este trabajo de fin de grado es proponer tres protocolos nuevos de valoración de la resistencia de la musculatura del tronco. Éstos serán evaluados mediante dinamometría y se valorará la fiabilidad de los mismos.

### **3. Búsqueda bibliográfica.**

Con el objetivo de conocer cuántos estudios habían analizado la musculatura del tronco mediante dinamometría, se utilizaron los términos “isokinetic trunk protocol” en el buscador GOOGLE ACADEMY. Se obtuvo un total de 30 artículos. Seguidamente para comprobar cuántos estudios habían analizado la fiabilidad de los protocolos, se añadió a la primera búsqueda la palabra “reliability”. De estos artículos previamente encontrados se seleccionaron ocho, de los cuales tan solo cuatro analizaban la fiabilidad de las variables de resistencia de los protocolos (García-Vaquero et al., 2016; Juan-Recio et al., 2018; Laughlin et al., 2009; Mayer et al., 1995). El resto fue descartado porque solo analizaban la fiabilidad de las variables fuerza de la musculatura del tronco (Dvir y Keating, 2001; Karatas et al., 2002; Delitto et al., 1991; Müller et al., 2014).

A continuación, teniendo en cuenta que la gran mayoría de los protocolos encontrados valoraban la fuerza de la musculatura del tronco, se decidió ahondar en la temática buscando protocolos que mediante dinamometría isocinética valorasen la resistencia de la musculatura del tronco. Se utilizaron las siguientes palabras claves “isokinetic trunk endurance protocol”. Se encontraron escasos documentos que valoraran la resistencia muscular del tronco. Se

obtuvo un total de siete artículos (Corin, Strutton y McGregor, 2005; García-Vaquero et al., 2016; Grabiner y Jeriorowski, 1991; Hager et al., 2006; Juan-Recio et al., 2018; Laughlin et al., 2009; Mayer et al., 1995). Con objeto de conocer la fiabilidad de los protocolos de valoración de la resistencia de la musculatura del tronco, se decidió añadir a la segunda búsqueda de nuevo, la palabra “reliability”. Se seleccionaron cinco artículos que analizan la fiabilidad, como García-Vaquero et al. (2016), Juan-Recio et al. (2018) o Laughlin et al. (2009). El resto fue descartado porque no se analiza la fiabilidad de las variables de resistencia.

Debido a las limitaciones encontradas en la literatura, se decidió buscar protocolos de valoración mediante dinamometría realizados en otra musculatura. Se utilizó el término “isokinetic endurance test”, y se encontró 40 artículos que desarrollaron un protocolo para medir la resistencia de la musculatura de diferentes articulaciones como rodilla, codo y hombro (Maffiuletti, Bizzini, Desbrosses, Babault y Munzinger, 2007; Motzkin, Cahalan, Morrey, An y Chao, 1991; Perrin, 1986; Pincivero, Lephart y Karunakara, 1997). Posteriormente se introdujo el término “reliability”, obteniéndose 10 artículos, donde se escogieron 4 que mostraban una alta fiabilidad de los protocolos (Burdett y Swearingen, 1987; Gleeson y Mercer, 1992; Maffiuletti et al., 2007; Perrin, 1986). Los restantes se descartaron por tener una fiabilidad baja.

Siguiendo esta línea, se decidió buscar de forma específica artículos que analizaran específicamente la musculatura que contribuye a la acción de flexión y extensión de la rodilla, ya que el peso de la masa que moviliza esta articulación se aproxima más a la del tronco. El término utilizado fue “knee measure using isokinetic” y se localizaron 40 artículos. Para hacer una mejor criba, se le añadió el término “reliability” a la búsqueda anterior. De 20 artículos observados se seleccionaron cinco, alguno de ellos ya se habían encontrado anteriormente (Burdett y Swearingen, 1987; Gleeson y Mercer, 1992; Manou, Arseniou, Gerodimos y Kellis, 2002; Maffiuletti et al., 2007; Perrin (1986).

Además, se quiso investigar sobre artículos que hubieran utilizado otro tipo de contracción al margen de la isocinética. Para ello se utilizaron las palabras clave “fatigue isometric testing dynamometer”. Se encontraron cuatro artículos que utilizan la fuerza isométrica para evaluar la resistencia de la musculatura del tronco a sus participantes (Corin et al., 2005; Udermann, Mayer, Graves y Murray, 2003) o para evaluar la resistencia de otras musculaturas (McCarthy, Callaghan y Oldham, 2008; Motzkin et al., 1991; White, Dixon, Samuel y Stokes, 2013).

**Tabla 1: Datos generales de los 8 artículos principales analizados para la creación de los protocolos.**

AUTORES Y AÑO	TÍTULO	VALORACIÓN	CONTRACCIÓN	PROTOCOLO	POBLACIÓN	VELOCIDAD DE DINAMOMETRO	VARIABLES DE RESISTENCIA	FIABILIDAD
(García-Vaquero et al., 2016).	Isokinetic trunk flexion-extension protocol to assess trunk muscle strength and endurance: Reliability, learning effect, and sex differences.	Musculatura flexora y extensora del tronco.	Concéntrica máxima.	El protocolo se realizará cinco veces, separado por una semana desde su inicio. Consiste en realizar 4 series de 15 repeticiones concéntricas máximas continuas de extensión y flexión de tronco, con descanso entre series un minuto.	57 jóvenes físicamente activos y sanos (28 hombres y 29 mujeres).	120°/s.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Endurance ratio (ER).</li> <li>- Modified endurance ratio (MER).</li> <li>- Fatigue final ratio (FFR).</li> <li>- Recovery ratio (RR).</li> <li>- Modified recovery ratio (MRR).</li> </ul>	Valores moderados altos de fiabilidad relativa (0.57 <CCI <0.82) y fiabilidad absoluta por debajo del 10% (4% < ET < 10%).
(Mayer et al., 1995).	Trunk muscle endurance measurement. Isometric contrasted to isokinetic testing in normal subjects.	Musculatura extensora de la espalda (lumbar).	Concéntrica máxima.	Se realiza un test y un re-test, con un intervalo nunca inferior a 48 horas entre test. El protocolo consiste en realizar 2 series de 15 repeticiones concéntricas máximas continuas de extensión y flexión de tronco, con descanso entre series de 30 segundos.	152 adultos sanos (76 hombres y 76 mujeres).	120°/s.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Endurance ratio (ER).</li> <li>- Fatigue final ratio (FFR).</li> <li>- Recovery ratio (RR).</li> </ul>	Fiabilidad relativa baja (0.35 <CCI <0.42).
(Manou et al., 2002).	Test-retest reliability of an isokinetic muscle endurance test.	Musculatura flexora y extensora del muslo, pierna derecha.	Concéntrica máxima.	El protocolo de resistencia consistió en 40 repeticiones seguidas concéntricas máximas continuas de flexores y extensores de rodilla. El test se realizó dos veces con cinco días de separación.	12 adultos sanos sin problemas en la rodilla y ningún problema en la musculatura de la rodilla.	120°/s.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Total work.</li> <li>- Total work/body mass.</li> <li>- Endurance ratio.</li> <li>- 50% fatigue work.</li> <li>- 50% fatigue time</li> <li>- 50% fatigue repetitions.</li> </ul>	Los coeficientes de fiabilidad (r) están por encima de 0.819. El parámetro más fiable tanto para la extensión de la rodilla y la flexión fue total work/body mass (r = 0.925 y 0.969 respectivamente).
(Maffiuletti et al., 2007).	Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer.	Musculatura flexora y extensora de la rodilla.	Concéntrica máxima.	Los participantes fueron evaluados en dos sesiones idénticas separados por siete días. Para la prueba de resistencia los participantes completaron un test de 20 repeticiones concéntricas máximas continuas de extensores y flexores de rodilla.	30 adultos atletas sanos (15 hombres y 15 mujeres).	180°/s.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caída del trabajo (Valores asociados con las primeras 4 repeticiones y las últimas 4 repeticiones de la serie, promediadas y se consideraron como datos de pre-fatiga y post-fatiga).</li> </ul>	La fiabilidad de los índices de fatiga isocinética fue moderado alto con CCI superiores a 0.78.

<b>(Gleeson y Mercer, 1992).</b>	Reproducibility of isokinetic leg strength and endurance characteristics of adult men and women.	Musculatura flexora y extensora de la pierna dominante.	Concéntrica máxima.	Realizaron tres sesiones de medición con una separación de descanso entre ellos de cinco días. El protocolo de resistencia consistió en realizar 30 repeticiones máximas continuas de flexión y extensión de la rodilla	18 adultos saludables. (8 mujeres y 10 hombres).	180°/s.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peak torque (N-m).</li> <li>- Average peak torque (N-m).</li> <li>- Total work (J).</li> <li>- Fatigue (%).</li> </ul>	La fiabilidad para la variable de resistencia fue de un CCI de 0.84 para la extensión de rodilla y 0.49 para la flexión. La variable "total work" fue la más fiable, con CCI de 0.93 para los extensores y 0.88 para los flexores.
<b>(Burdett y Swearinge, 1987).</b>	Reliability of Isokinetic Muscle Endurance Tests.	Musculatura flexora y extensora de la rodilla.	Concéntrica máxima.	El mismo protocolo se realizó a dos velocidades diferentes. Se utilizaron 4 días para evaluar, dos días para el pre-test y otros dos para el post-test. El protocolo de resistencia consistió en realizar 25 contracciones máximas dinámicas consecutivas tanto de flexores como de extensores de rodilla, todo ello en una sola serie. Entre test un margen de dos días de recuperación.	36 adultos sanos, sin ningún problema en la rodilla.	180°/s. y 240°/s.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peak torque.</li> <li>- Torque acceleration.</li> <li>- Total work.</li> <li>- Average power.</li> <li>- Work ratio.</li> <li>- Number of contractions.</li> </ul>	Total work a 180°/sec., fue la variable que obtuvo resultados altos de fiabilidad tanto para cuádriceps e isquiotibiales (CCI de 0.98 y 0.91, respectivamente).
<b>(White et al., 2013).</b>	Handgrip and quadriceps muscle endurance testing in young adults.	Musculatura extensora de rodilla y flexora de mano.	Isométrica máxima.	El protocolo para medir la resistencia muscular consistió en 12 contracciones isométricas mantenidas durante 3 segundos separadas por 5 segundos de descanso. Se busca la comparación de dos diferentes grupos musculares, con el objetivo de determinar las características de resistencia de la mano y el cuádriceps, examinando la asociación entre la fatigabilidad de los dos músculos	21 adultos sanos (13 mujeres y 8 hombres).		- Índice de fatiga (calculado a través del primer pico de torque máximo menos la última repetición multiplicado por 100).	No se evaluó fiabilidad.
<b>(Corin et al., 2005).</b>	Establishment of a protocol to test fatigue of the trunk Muscles.	Flexores y extensores de la musculatura de la espalda.	Isométrica y concéntrica máxima.	Se realizó cuatro protocolos (A, B, C, D), separados por una semana. A: mediciones isocinéticas antes y después del protocolo de fatiga (10 repeticiones concéntricas máximas). B: mediciones isocinéticas antes y después del protocolo de fatiga (isométrica de 45 seg.) C: mediciones isométricas antes y después del protocolo de fatiga (10 repeticiones concéntricas máximas). D: mediciones isométricas antes y después del protocolo de fatiga (isométrica de 45 seg.)	16 jugadores de rugby universitarios.	60°/s.	- Índice de la fatiga.	No se evaluó fiabilidad. No obstante el protocolo que produjo una diferencia significativa en los valores después de la fatiga tanto en flexión como en extensión fue el protocolo D.

## **4. Método.**

### **4.1. Participantes.**

Un total de tres participantes, un hombre (edad: 23 años; altura: 174 cm.; masa 75 kg.) y dos mujeres (edad: 24  $\pm$ 0 años; altura: 154  $\pm$ 5 cm.; masa 52.5  $\pm$ 2.5 kg.) accedieron a realizar este estudio de forma voluntaria. Todos los participantes eran físicamente activos, practicando actividad física entre 3-5 días a la semana. Los participantes continuaron con su práctica regular de actividad física, pero se les explicó que no deberían hacer ejercicio vigoroso en las 24h anteriores a cada medición. Los participantes completaron un cuestionario sobre su historial médico y deportivo para evaluar su estado de salud y actividad física regular. Ninguno de los participantes informó sobre alguna historia reciente de lesiones de espalda, cirugía abdominal o hernia inguinal y todos los participantes fueron libres de trastornos neurológicos, cardiorrespiratorios o musculoesqueléticos. Todos fueron informados de los riesgos de este estudio y firmaron un formulario de consentimiento informado basado en la Declaración de Helsinki 2013 y aprobada por la Ética Comité de la Universidad.

### **4.2. Instrumentos y registro.**

Los protocolos de medición de la musculatura del tronco se llevaron a cabo en un dinamómetro isocinético Biodex (Modelo 2000, Sistema 4 Pro; Biodex Corporation, Shirley, NY, EE.UU.). Los participantes fueron cinchados en un módulo de tronco articulado (Dual Position Back Ex/Flex Attachment, Biodex Corporation, Shirley, NY, EE.UU.), acoplado al eje de rotación del dinamómetro isocinético antes de comenzar el test, siguiendo el procedimiento diseñado por que García-Vaquero et al. (2016).

Una vez correctamente cinchados, antes de cada prueba isométrica se realizaron dos contracciones máximas voluntarias isométricas o "maximal voluntary isometric contraction" (MVC) en 70° para la flexión de tronco y otras dos en 120° para la extensión de tronco. La elección de estas angulaciones se debió a que en la fase del estudio piloto, donde previamente el participante realizó cuatro MVC en cada angulación, dos para la extensión y dos para la flexión, se produjo más porcentaje de fuerza en la angulación de 120° para el movimiento de extensión y para la acción de flexión en 70°. Se utilizaron estos límites por coincidir con los del protocolo dinámico de García-Vaquero et al. (2016). Estas MVC se usaron para compararlas con los resultados de las primeras repeticiones o primeros segundos de los test isométricos, y de este modo poder verificar que los participantes generan el pico de fuerza máximo en el inicio de la prueba (Maffiuletti et al., 2007). El protocolo de MVC consistió en mantener la posición de flexión o extensión durante 3-4 segundos mediante una fuerza isométrica máxima. Primero se realizaron dos MVC hacia la flexión en 70°, con 30 segundos de descanso entre repeticiones, y después dos MVC hacia la extensión en 120°, con el mismo tiempo de descanso. Entre MVC de diferente angulación, estará separado con un descanso de 5 minutos, se utilizará también este tiempo de descanso para el inicio del siguiente protocolo. Una vez descansado el participante, se llevó a cabo el protocolo que correspondía en cada sesión y que se explicarán detalladamente en el siguiente apartado.

Antes de cada sesión de evaluación se realizó un calentamiento específico de la musculatura del tronco, que consistió en realizar 10 repeticiones de circunducción de cadera (cinco repeticiones a cada lado), 10 repeticiones de anteversión y retroversión de la pelvis, 10 repeticiones del ejercicio cat and camel, 10 flexiones de tronco, 10 repeticiones de extensores de tronco en camilla y 15 segundos de plancha frontal, lateral y puente lumbar.

Además, antes del inicio del protocolo dinámico *ISOKET Isocinético 40 rep.*, se realizó un calentamiento de 20 repeticiones submáximas a la misma velocidad de ejecución (90°/s),

exigiendo un carácter sub-máximo del esfuerzo estimado, aumentando la intensidad aplicada de forma progresiva.

### **4.3. Protocolos:**

#### *Protocolo 1: ISOKET Isocinético 40 rep.*

El protocolo consistió en realizar una única serie de 40 repeticiones concéntricas máximas tanto en flexión como en extensión, siendo el primer movimiento iniciado hacia la extensión. La velocidad de ejecución fue de 90°/s. El rango de movimiento fue de 50°. Tomando como valor de 0° la referencia anatómica, en posición de flexión de 90° de cadera, y realizándose a 30° (-30°) de flexión del tronco y 20° (+ 20°) de extensión del tronco, siendo el resultado final con el límite de movimiento hacia la flexión de unos 120° y del movimiento hacia la extensión de unos 70°.

#### *Protocolo 2: ISOKET 20 rep. isométricas.*

Este protocolo consistió en realizar dos test de 20 repeticiones isométricas máximas y consecutivas, donde en cada uno de ellos se mantuvo el esfuerzo durante cinco segundos, seguidos de un descanso entre repeticiones de también cinco segundos. En uno de los test se valoró la musculatura extensora del tronco en una angulación de 120° y en el otro test se valoró la musculatura flexora en una angulación de 70°. Hubo cinco minutos de recuperación entre ambos test. Se escogió la angulación de 120° para la prueba extensora y 70° para la medición de la musculatura flexora del tronco, siguiendo el mismo criterio por el que se realizó en el test de la MVC explicado anteriormente.

#### *Protocolo 3: ISOKET Isométrico mantenido.*

El protocolo consistió en realizar dos test de fuerza isométrica máxima para la musculatura del tronco de una duración de 90 segundos, uno para la musculatura flexora y otro para la musculatura extensora del tronco. El test de flexión se realizó en una angulación de 70° y el test de extensión en 120°, siguiendo la misma justificación desarrollada en el protocolo anterior. Entre cada test se estableció un tiempo de recuperación de cinco minutos.

### **4.4. Procedimiento.**

Cada participante realizó cada una de las tres pruebas diseñadas en tres sesiones diferentes (un protocolo cada día) con un mínimo de descanso de 48 horas entre sesiones. Cada uno de los protocolos se repitió dos veces. Se hizo de forma aleatoria el orden de las pruebas para cada participante, manteniendo el mismo orden para el segundo registro de cada prueba que en la primera semana. Cada participante realizó la prueba a la misma hora del día y fueron examinados por el mismo investigador. En la primera sesión de evaluación, se anotó en una hoja de registro las diferentes posiciones de ajuste del dinamómetro para cada participante, con el objetivo de reproducirlo en las posteriores pruebas. Además, durante el registro de cada test, se comprobaron y reajustaron las almohadillas y correas, con el fin de garantizar la fiabilidad del protocolo (García-Vaquero et al., 2016).

En cada evaluación de protocolo asignado, se les dijo a los participantes que mantuvieran las manos y brazos cruzados sobre el pecho durante el protocolo. Además, se les instruyó para realizarán el máximo esfuerzo desde el principio del primer segundo y de mantenerlo hasta el final de la prueba. También, se les animó verbalmente para que mantuvieran la intensidad durante todo el protocolo y realizaran el máximo esfuerzo.

#### 4.5. Justificación del diseño de los nuevos protocolos

En el estudio realizado por García-Vaquero et al. (2016), se propuso realizar un protocolo de valoración de la resistencia y fuerza de la musculatura flexo-extensora del tronco, basándose en el realizado por Mayer et al. (1995), el cual consistió en realizar dos series de 15 repeticiones concéntricas consecutivas máximas de flexo-extensión de tronco a  $120^\circ/s$ , con 30 segundos de descanso entre series, obteniendo una fiabilidad de ( $0.35 < CCI < 0.42$ ) en las variables de resistencia. El diseño de García-Vaquero et al. (2016), consistió en cuatro series de 15 repeticiones concéntricas máximas consecutivas de flexión y extensión del tronco a  $120^\circ/s$ , con un minuto de descanso entre series. Los resultados de fiabilidad obtenidos en cinco sesiones de medición para las variables de resistencia, oscilaron entre valores moderados y altos ( $0.57 < CCI < 0.82$ ) de fiabilidad relativa, obteniéndose para la fase de extensión de la musculatura del tronco los valores más altos (0.82) y en la fase de flexión, los más bajos (0.57). Además, la fiabilidad absoluta de la mayoría de las variables isocinéticas, obtuvo un error típico (ET) inferior al 10% ( $4\% < ET < 10\%$ ), dato muy significativo porque algunos autores han sugerido que una variabilidad de una medida menor del 10% podría considerarse apropiado para la clínica y la investigación (Atkinson y Nevill, 1998). Por tanto, los resultados de García-Vaquero et al. (2016) fueron más favorables que los obtenidos por Mayer et al. (1995), que sólo evaluaron la musculatura extensora del tronco, obteniendo peores resultados en las variables de resistencia. Sin embargo, en su discusión, García-Vaquero et al. (2016) describe que los valores más bajos de fiabilidad relativa obtenidos con respecto a las variables de resistencia, podrían deberse a que algunos participantes adoptaron estrategias conservadoras durante el protocolo, no realizando el máximo esfuerzo desde el inicio de éste, al conocer que hay un total de cuatro series de trabajo.

Por otro lado, debido a que los protocolos que han analizado la resistencia de la musculatura del tronco son escasos y no todos analizan la fiabilidad de las variables utilizadas, se realizó una búsqueda científica sobre protocolos que hayan valorado la resistencia de la musculatura en otras articulaciones. Para ello, se seleccionaron aquellos protocolos que evalúan la musculatura que contribuye a la acción de flexión y extensión de la articulación de la rodilla, principalmente, porque el peso de la masa que se moviliza se aproxima más a la del tronco que el de la musculatura que se localiza en otras articulaciones como la del tobillo o codo. Además, se localiza un mayor número de estudios que han analizado mediante dinamometría isocinética esta articulación y que a su vez han analizado la fiabilidad de sus protocolos. La mayoría de estos estudios han utilizado protocolos de flexo-extensión de la musculatura de la rodilla, con un número de repeticiones que van desde 20 hasta 40 contracciones dinámicas máximas. Las velocidades de ejecución están comprendidas desde  $120^\circ/s$  hasta  $180^\circ/s$ . En todos ellos se ha valorado la fiabilidad relativa mediante el estadístico CCI obteniendo los mejores resultados para la variable trabajo total (TT), con valores comprendidos entre 0.88 hasta 0.96 (Burdett y Swearingen, 1987; Gleeson y Mercer, 1992; Maffiuletti et al., 2007; Manou et al., 2002; Perrin, 1986). Sin embargo, ninguno de estos protocolos ha valorado la fiabilidad absoluta, por lo que no se pueden presentar datos al respecto.

En base a estos protocolos analizados se ha decidido diseñar el siguiente método de valoración, *ISOKET Isocinético 40 rep.*:

Se realizaron 40 repeticiones de flexo-extensión concéntricas máximas y consecutivas porque es un número de repeticiones elevado que se aproxima al protocolo inicial realizado por García-Vaquero et al. (2016), donde se realizan 60 repeticiones en total y a su vez supera el número de repeticiones llevadas a cabo por Mayer et al. (1995) siendo de un total de 30 repeticiones. Sin embargo, al no existir descansos se decidió no ampliar la serie a 60 repeticiones debido a que las exigencias del test podían dar lugar a estrategias de conservación de energía (García-Vaquero et al., 2016). En esta misma línea de actuación, sólo

se realizará una única serie, para evitar que el participante se recupere fisiológicamente entre series. Debido a este número elevado de repeticiones se espera poder observar un descenso en la capacidad del participante de ejercer una fuerza-resistencia de la acción de flexo-extensión de la musculatura del tronco. A diferencia del protocolo de García-Vaquero et al. (2016), se decidió disminuir la velocidad de ejecución del dinamómetro, de 120°/s a 90°/s, ya que debido al reducido rango de movimiento (ROM) que se utilizó (50°), se esperaba obtener de forma más eficiente y controlada la fuerza ejecutada durante todo el recorrido del movimiento. Se decidió mantener el mismo rango de movimiento que el propuesto por García-Vaquero et al. (2016), siendo este de 50°, ya que los rangos de movimiento del tronco mayores a dicha gradación no aislarían el movimiento lumbar y aumentaría la participación de la flexión-extensión de la cadera (Grabiner y Jeziorowski, 1991).

Por otro lado, aunque la gran mayoría de estudios han analizado la resistencia muscular desarrollando protocolos dinámicos mediante dinamometría isocinética, también han sido diseñados, aunque de forma más escasa, protocolos de carácter isométrico. Es por ello, que en los dos siguientes protocolos desarrollados, se ha optado por incluir la contracción de tipo isométrica con el fin de poder observar la pérdida de la resistencia de la musculatura o aparición de la fatiga. En este sentido, los estudios presentan dos tipos de protocolos, uno basado en mantener la posición durante un tiempo determinado, pudiendo ser desde 45 segundos hasta 60 segundos (Corin et al., 2005; McCarthy et al., 2008) y otro que consiste en realizar varias contracciones isométricas máximas, de 2 hasta 12 repeticiones, con un mínimo período de descanso entre ellas, que suele ser de cinco segundos (Roth, Donath, Kurz, Zahner y Faude, 2017; White et al., 2013). También se encontraron protocolos que consisten en realizar una contracción isométrica mantenida y valorar la resistencia una vez que la fuerza muscular realizada, muestra valores por debajo del 50% del pico máximo de fuerza inicial (Motzkin et al., 1991) o cuantificar el tiempo hasta llegar al fallo muscular (Udermann et al., 2003). Ninguno de estos protocolos ha valorado la fiabilidad relativa y absoluta, por lo que no se pueden presentar datos al respecto.

A continuación, en base a los protocolos isométricos analizados, se han desarrollado las siguientes pruebas:

En base al protocolo de varias repeticiones isométricas, se desarrollará el protocolo *ISOKET 20 rep. isométricas*, donde se realizarán un total de 20 repeticiones. Se han aumentado las cifras habituales de los protocolos estudiados, ya que se considera que al evaluar una musculatura de mayor tamaño, es aconsejable utilizar un número mayor de repeticiones, con un periodo de descanso de cinco segundos entre repeticiones.

En lo referido a los estudios que utilizan un protocolo isométrico, manteniendo la posición durante un determinado tiempo, se ha desarrollado el protocolo *ISOKET Isométrico mantenido*, donde se ha decidido aumentar el tiempo de ejecución, debido a que se considera que los 45 que en los protocolos de referencia se utilizan, podrían ser insuficientes para obtener una pérdida de resistencia en algunos sujetos entrenados (Corin et al., 2005).

#### **4.6. Variables.**

Analizando los diferentes estudios utilizados como referencia para el diseño de los protocolos, se extraen una serie de variables de evaluación de la resistencia de la musculatura del tronco, que podrían ser usadas para el análisis de los datos obtenidos en las sesiones de registro. Por ejemplo, Burdett y Swearingen (1987), utilizaron la variable trabajo total o “total work” (TW), el porcentaje de caída de resistencia o “endurance ratio” (ER) y el número de repeticiones hasta que la máxima fuerza realizada al inicio presenta una pérdida que cae por debajo del 50% del pico de fuerza máximo inicial, variable nombrada como “50% fatigue repetition”. Autores como Gleeson y Mercer (1992), utilizaron también la variable ER, para

medir la resistencia muscular. Otros utilizan las primeras cuatro o cinco y las últimas cuatro o cinco repeticiones de la serie y las promedian, obteniendo datos considerados como de pre-fatiga y post-fatiga, calculando la caída del trabajo como la diferencia porcentual entre los datos de post-fatiga y pre-fatiga (Maffiuletti et al., 2007; Pincivero et al., 1997).

A continuación, en base a estos estudios, se detallan las variables que se han usado para medir la resistencia muscular del tronco:

- **Endurance Ratio3 (ER3):** Se llevó a cabo un promedio de las 3 últimas repeticiones respecto a la repetición que mostró el pico de fuerza máximo obtenido en la serie. Esta variable se utilizó para obtener el porcentaje de caída en los protocolos de *ISOKET 20 rep. isométricas* y *ISOKET Isocinético 40 rep.*

**ER3:** (promedio últimas 3 repeticiones × 100)/ pico máximo.

- **Endurance Ratio5 (ER5):** Se llevó a cabo un promedio de las 5 últimas repeticiones respecto a la repetición que mostró el pico de fuerza máximo obtenido en la serie. Esta variable se utilizó para obtener el porcentaje de caída en los protocolos de *ISOKET 20 rep. isométricas* y *ISOKET Isocinético 40 rep.*

**ER5:** (promedio últimas 5 repeticiones × 100)/ pico máximo.

- **Endurance Ratio5/3 (ER3/5):** Se llevó a cabo un promedio de las 5 últimas repeticiones respecto al promedio de las 3 primeras repeticiones. Esta variable se utilizó para obtener el porcentaje de caída en los protocolos de *ISOKET 20 rep. isométricas* y *ISOKET Isocinético 40 rep.*

**ER3/5:** (promedio últimas 5 repeticiones × 100)/ promedio 3 primeras repeticiones.

- **Endurane Ratio Window (ERW):** Promedio de los últimos 5, 10, 15 y 20 segundos respecto a la repetición que mostró el pico de fuerza máximo obtenido en la serie. Esta variable se utilizó para obtener el porcentaje de caída en el protocolo *ISOKET Isométrico mantenido*.

**ERW:** (últimos 5, 10, 15 o 20 segundos × 100)/ pico máximo.

Los primeras tres repeticiones del protocolo *ISOKET Isocinético 40 rep.* se descartaron para evitar ejecuciones máximas no reales relacionadas con el inicio de la prueba isocinética, porque la mayoría de los participantes alcanzaron sus valores máximos de resistencia después de la cuarta repetición, al igual que el estudio de García-Vaquero et al. (2016).

## 5. Análisis estadístico.

Mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ), se comprobará la distribución normal de los datos. La estadística descriptiva, que incluye las medias y las desviaciones estándar, se calcularán por separado para cada variable, tanto para hombres y mujeres. Se realizará un análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas con el objetivo de analizar las diferencias entre variables y/o sexos, para cada protocolo: 3 (protocolos) × 4 (variables de resistencia) × 2 (sesiones de prueba) × 2 (hombres y mujeres). Para las comparaciones múltiples

“post-hoc” se utilizará el ajuste de Bonferroni con la corrección de Lilliefors y para comprobar el supuesto de esfericidad de los datos se utilizará la prueba de Mauchly.

Para analizar la fiabilidad absoluta de cada variable entre sesiones se utilizará el error típico (variación dentro del sujeto) y el cambio en la media (entre las repeticiones consecutivas de las sesiones) con sus respectivos límites de confianza del 90% y el mínimo cambio detectable (MCD;  $1,5 \times ET$ ), se calcularán utilizando el método previamente descrito por Hopkins (2000) y Hopkins, Marshall, Batterham y Hanin (2009). La fiabilidad absoluta se calculará para promediar la fiabilidad del pre-test y post-test. El ET fue establecido usando la siguiente fórmula:  $DS_{diff} / \sqrt{2}$ , donde  $DS_{diff}$  es la desviación estándar de la diferencia entre sesiones. El cambio en la media fue calculado como la diferencia media entre las sesiones. Se analizará la fiabilidad relativa de las diferentes medidas utilizando el coeficiente de correlación intraclase, calculando 90% de límites de confianza. De acuerdo con Hopkins (2000) y Hopkins et al. (2009), el CCI se calculó a partir del análisis de la varianza  $(F - 1) / (F + k - 1)$ . Los valores del CCI serán categorizados de la siguiente manera: excelente (0.90-1.00), alto (0.70-0.89), moderado (0.50-0.69) y bajo ( $<0.50$ ) (Hopkins et al., 2009).

El análisis estadístico se realizará con los estadísticos de SPSS software (Versión 18.0 para Windows 7; SPSS Inc., Chicago, IL, USA), estableciendo una significancia de  $p \leq 0.05$ .

## 6. Discusión.

La resistencia de la musculatura del tronco ha demostrado ser una capacidad fundamental para el ser humano, tanto en las actividades deportivas como de la vida diaria. La dinamometría se ha utilizado para conocer el estado de la misma, sin embargo, a pesar de sus virtudes, la mayoría de protocolos se centran en evaluar la fuerza de la musculatura del tronco, siendo escasos los que se centran en evaluar la resistencia. Además, del reducido número de estudios que examinan la resistencia, son pocos los que evalúan la fiabilidad de la resistencia sin obtener una alta fiabilidad en sus variables. Por ello, el objetivo de este trabajo de final de grado, es diseñar tres protocolos para evaluar la resistencia de la musculatura del tronco.

### *-ISOKET Isocinético de 40 rep.*

Este protocolo se ha desarrollado con el objetivo de mejorar los valores de los resultados obtenidos por García-Vaquero et al. (2016) y Mayer et al. (1995). En la realización de este test, se ha podido observar, que al inicio de la prueba, los participantes no alcanzan el pico de fuerza máximo hasta que no han realizado un mínimo de cuatro repeticiones. Esta situación, que también se dio en el protocolo creado por García-Vaquero et al. (2016), y que puede ser debida a que los participantes necesitan un mínimo de repeticiones para adaptarse a la velocidad y dinámica de la prueba, ha motivado la decisión de eliminar las tres primeras repeticiones del test. De este modo, se espera que los valores de las variables sean más fiables y representativos del esfuerzo.

Este protocolo, en comparación con el protocolo de García-Vaquero et al. (2016) y Mayer et al. (1995) que llevaron a cabo cuatro y dos series respectivamente, se ha diseñado llevando a cabo una única serie, aumentando por lo tanto el número de repeticiones de la misma, para que el número total de éstas se asemeje al total de la suma de las series que estos autores emplean. Es quizás, por este motivo, que en los resultados se puede observar, que una vez los sujetos han alcanzado la velocidad y el pico de fuerza máximo, se produzca una clara pérdida de la fuerza en todos los participantes, por lo que se podría concluir, que realizar una única serie, en vez de dos o cuatro, puede ser clave en la pérdida de resistencia. De lo contrario, como ya ha presentado García-Vaquero et al. (2016), un diseño con mayor número de series podría dar lugar a que de forma inconsciente, los participantes reserven fuerzas en

las primeras series con el objetivo de finalizar el protocolo con éxito. No obstante, de forma puntual, se ha observado que en la parte final del test, algunos de los participantes han realizado alguna repetición en la que han generado valores de fuerza mayores que las repeticiones que le precedían, pudiendo deberse a la motivación intrínseca de estar terminando el test, a la motivación extrínseca por parte del evaluador o porque el participante ha utilizado una estrategia de conservación de energía. De cualquier modo, los valores son inferiores a los de la fuerza máxima obtenida tanto al inicio de la serie como en el 50% de desarrollo del test.

Tanto el participante masculino como las mujeres, han generado más fuerza en el movimiento originado hacia la extensión, casi doblando los valores recogidos en la acción de flexión. Esto puede deberse a que los soportes que presenta la propia estructura de la herramienta te permiten bloquear las piernas y apoyar bien la espalda para hacer más fuerza hacia la extensión, pero en la flexión no se origina este bloqueo. Esta situación también es reflejada en los resultados que aporta García-Vaquero et al. (2016) en sus registros. El porcentaje medio de caída de la resistencia de este protocolo, en el movimiento de extensión, ha sido alrededor de un 30% para el hombre y 35% para las mujeres. Para la flexión se tienen valores de caída de la resistencia alrededor de un 25% para el hombre y 45% para las mujeres.

#### *-ISOKET 20 rep. isométricas.*

Los valores mínimos de fuerza obtenidos en las últimas repeticiones de este protocolo, en comparación con los alcanzados en las repeticiones realizadas al inicio de la prueba, parecen indicar que este protocolo sería válido para evaluar la pérdida de la fuerza en los participantes. Comparando las pruebas realizadas para la musculatura flexora y extensora, las variables de resistencia han mostrado una pérdida de fuerza del 72% en el hombre y 75% en mujeres, con respecto a la repetición máxima para la extensión y una pérdida del 60% en el hombre y 65% en mujeres para la flexión. Aunque no es el mismo tipo de contracción que la utilizada en García-Vaquero et al. (2016), en su estudio también se muestra una mayor pérdida de resistencia para el movimiento de extensión que para el de flexión. Por lo tanto, se podría considerar que el número de repeticiones desarrolladas para alcanzar una caída en la fuerza realizada son suficientes.

Cuando se comparan los valores mostrados en función del sexo, se puede observar que el participante masculino ha obtenido valores similares de pérdida de fuerza en las dos sesiones de registro. Por el contrario, las mujeres han mostrado disparidad de los resultados en ambas sesiones de registro, al igual que ocurre en el trabajo realizado por García-Vaquero et al. (2016), donde se mostraron mejores valores de fiabilidad en hombres que en mujeres. Estos resultados podrían deberse a cuestiones de aprendizaje en la realización de la prueba, lo que indicaría que es necesario un mayor número de repeticiones de la misma, o, al tipo de entrenamiento que los participantes realicen de forma habitual, de modo que podrán estar más o menos familiarizados en realizar esfuerzos de carácter isométricos o esfuerzos máximos durante su actividad deportiva. Además, también podría relacionarse a que los hombres llevan a cabo pruebas orientadas hacia el ego y la competitividad y las mujeres hacia el aprendizaje de la realización de las mismas. Por lo tanto, es posible que durante el pre-test, las mujeres hayan prestado atención principalmente a realizar la prueba correctamente, mientras que el hombre puede haber centrado su atención en obtener mejores resultados (Brotons-Gil et al., 2013).

Por otro lado, cuando se compara la fuerza obtenida en el test, con la obtenida en las MVCs previamente realizadas a la ejecución del mismo, en el test de flexión del tronco, se extrae que los participantes han obtenido un valor promedio de un 15% más de fuerza en la primera repetición respecto a los valores de las MVC, no ocurriendo lo mismo en el test de

extensión donde se ha observado que los valores iniciales presentan un 13% menos de fuerza que los obtenidos en las MVC. En el caso del test de extensión podría considerarse que los participantes no han realizado el máximo esfuerzo al inicio de la prueba, a pesar de las indicaciones y el tiempo de recuperación. En el caso del test de flexión, quizás los participantes hubieran necesitado un mayor aprendizaje para realizar este test, o unos segundos más de tiempo, que les permitiera generar más fuerza en el caso de no ser participantes muy explosivos en el reclutamiento de sus fibras musculares. En su trabajo, Maffiuletti et al. (2007) utiliza las MVC para comprobar que los test se realizan a máxima intensidad desde un principio, comparando los resultados iniciales del test con las respectivas MVC. Para evitar esto, se podría crear un criterio en el que si los participantes no alcanzan con las tres primeras repeticiones un valor de fuerza igual al de la MVC, se anularía la prueba.

#### *-ISOKET Isométrico mantenido.*

Los datos de pérdida de fuerza obtenidos en este test muestran que, probablemente, los participantes no han desarrollado la fuerza máxima posible desde el inicio de la prueba, ya que por un lado, estos valores no coinciden con los del test de MVC realizados antes de la prueba, ni en el hombre ni en las mujeres, y por otro lado, en algunos casos, los valores finales han sido superiores a los de iniciales. Esto puede haber sido debido a que el participante ha reservado fuerzas para finalizar el test o que no están familiarizados a generar una fuerza máxima isométrica durante un periodo de tiempo tan largo, concretamente 90 segundos. Podría suceder que al realizar este tipo de fuerza mantenida se requiera de entrenamiento y aprendizaje para saber mantener el esfuerzo durante un tiempo prolongado.

Se desconoce si con una población más especializada en realizar este tipo de fuerza o simplemente más entrenada, como podría ser en la disciplina de remo o judo, podrían obtener mejores resultados. En este sentido, ante una población menos experimentada, sería recomendable reducir el tiempo de realización de dicha prueba, incluso menor a los 45 segundos que sugería Corin et al. (2005), cuyo estudio se llevó a cabo con deportistas de élite.

Otra posibilidad sería, que los participantes hicieran una contracción máxima isométrica mantenida durante todo el tiempo que pudieran, y la prueba finalizaría una vez que la fuerza realizada disminuyera del 50% del pico de fuerza inicial (Mozkin et al., 1991). Otra forma de poder evaluar este test de resistencia muscular del tronco, es manteniendo una contracción isométrica al 60% del pico de fuerza máximo, ya que según McCarthy et al. (2018), están en un nivel de contracción y porcentaje adecuado para valorar la pérdida de fuerza, porque a ese nivel de contracción produce fatiga.

## **7. Conclusiones.**

De los protocolos evaluados, el protocolo *ISOKET 20 rep. isométricas*, es el protocolo que presenta una mayor caída de la fuerza, tanto para el participante masculino (60% flexión y 72% extensión) como para los participantes femeninos (65% flexión y 75% extensión). El protocolo *ISOKET Isocinético de 40 rep.*, que ha mostrado una caída inferior tanto en el hombre (25% flexión y 30% extensión) como en las mujeres (45% flexión y 35% extensión). Por otro lado, el protocolo *ISOKET Isométrico mantenido*, ha mostrado que los datos finales de fuerza obtenidos son superiores al inicio, no siendo una elección muy adecuada.

Con la intención de ayudar a entrenadores, preparadores físicos o rehabilitadores, si consideramos de forma específica el ámbito deportivo, se podría recomendar que para deportes donde se realiza el movimiento de flexo-extensión de tronco de manera continua, como por ejemplo el remo (Chan, 2005), sería interesante evaluar la resistencia de la musculatura del tronco mediante el protocolo *ISOKET Isocinético de 40 rep.* Sin embargo, si

durante la práctica deportiva, la fuerza predominante que se generase es de carácter isométrico e intermitente, como en el caso del judo (Juan-Recio et al., 2013), se elegiría el protocolo *ISOCKET 20 rep. isométricas*, por la semejanza a esta modalidad.

Por otro lado, en un ámbito más orientado al de la salud o al fitness, se recomendaría realizar el protocolo *ISOCKET 20 rep. isométricas* por varios motivos: aunque su duración sea el doble que la de que el protocolo de 40 repeticiones dinámicos (alrededor de 15 minutos, con descanso entre los test e incluyendo las MVC), muestra una mejor pendiente de la pérdida de la fuerza. Por otro lado, en su ejecución, aunque sea un solo protocolo, se diferencian dos test uno para valorar el movimiento de extensión y el otro de flexión, siendo para el participante más sencillo centrar el esfuerzo en una única dirección. Además, el protocolo dinámico es mucho más exigente, requiriendo de una coordinación intermuscular más elevada, que no todos los participantes saben ejecutar correctamente.

## 8. Propuestas de mejora.

- Aumentar el número de repeticiones para observar si se obtiene un mayor porcentaje de caída o pérdida de fuerza en el protocolo *ISOCKET Isocinético 40 rep.* Se podría concluir que el porcentaje de fatiga no ha sido muy elevado, pudiendo incrementar en un siguiente estudio el número de repeticiones en el test.

- Disminuir los tiempos de resistencia del protocolo *ISOCKET Isométrico mantenido*. Por la fuerza máxima mantenida durante un gran periodo de tiempo, hipotéticamente debería ser el test que más acumulación de fatiga tendría que tener.

- Diseñar nuevos protocolos que no presenten un límite de tiempo y que la fatiga se localice cuando alcanza un porcentaje de caída.

- Aumentar el número de sesiones y comprobar si hay un efecto aprendizaje de los protocolos.

- Además se registró, que durante el test de extensión, los participantes no estaban cómodos al generar fuerza, utilizando las piernas como punto de palanca para producir ésta. Esto puede ser un error a tener en cuenta, donde se tendrá que crear una sesión de familiarización con el protocolo, para que sea aprendido a ejecutarlo correctamente.

- Disminuir la velocidad de ejecución de las repeticiones isocinéticas (90°/s), del protocolo *ISOCKET Isométrico 40 rep.*, para observar si ejerciendo más fuerza, manteniendo el mismo número de repeticiones, se logra aumentar el porcentaje de fatiga.

## 9. Bibliografía:

- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports medicine*, 26(4), 217-238.
- Biering-Sørensen, F. (1984). Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*, 9(2), 106-119.
- Bompa, T. O. (2006). *Periodización del entrenamiento deportivo* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.
- Brotons-Gil, E., García-Vaquero, M. P., Peco-González, N., & Vera-García, F. J. (2013). Flexion-rotation trunk test to assess abdominal muscle endurance: reliability, learning effect, and sex differences. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1602-1608.
- Burdett, R. G., & van Swearingen, J. (1987). Reliability of isokinetic muscle endurance tests. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 8(10), 484-488.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*, 100(2), 126.
- Chan, R. H. (2005). Endurance times of trunk muscles in male intercollegiate rowers in Hong Kong. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 86(10), 2009-2012.
- Clayton, M. A., Trudo, C. E., Laubach, L. L., Linderman, J. K., De Marco, G. M., & Barr, S. (2011). Relationships Between Isokinetic Core Strength and Field Based Athletic Performance Tests in Male Collegiate Baseball Players. *Journal of Exercise Physiology Online*, 14(5).
- Corin, G., Strutton, P. H., & McGregor, A. H. (2005). Establishment of a protocol to test fatigue of the trunk muscles. *British journal of sports medicine*, 39(10), 731-735.
- Delitto, A., Rose, S. J., Crandell, C. E., & Strube, M. J. (1991). Reliability of isokinetic measurements of trunk muscle performance. *Spine*, 16(7), 800-803.
- Drouin, J. M., Valovich-mcLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European journal of applied physiology*, 91(1), 22-29.
- Dvir, Z., & Keating, J. (2001). Reproducibility and validity of a new test protocol for measuring isokinetic trunk extension strength. *Clinical Biomechanics*, 16(7), 627-630.
- Evans, K., Refshauge, K. M., & Adams, R. (2007). Trunk muscle endurance tests: reliability, and gender differences in athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(6), 447-455.
- Feiring, D. C., Ellenbecker, T. S., & Derscheid, G. L. (1990). Test-retest reliability of the Biodex isokinetic dynamometer. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 11(7), 298-300.
- García-Vaquero, M. P., Barbado, D., Juan-Recio, C., López-Valenciano, A., & Vera-García, F. J. (2016). Isokinetic trunk flexion-extension protocol to assess trunk muscle strength and endurance: Reliability, learning effect, and sex differences. *Journal of Sport and Health Science*.
- Gleeson, N. P., & Mercer, T. H. (1992). Reproducibility of isokinetic leg strength and endurance characteristics of adult men and women. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 65(3), 221-228.
- Gómez, H. B., Zarco, R. C., Arias, D. C., García, M. D. P. D., Hernández, S. R. L., & Martínez, E. (2005). Valoración isocinética del tronco en sujetos asintomáticos del Centro Nacional de Rehabilitación. *Acta Ortopédica Mexicana*, 19(2), 49-55.
- Grabiner, M. D., & Jeziorowski, J. J. (1991). Isokinetic trunk extension and flexion strength-endurance relationships. *Clinical Biomechanics*, 6(2), 118-122.

- Gusi, N., & Fuentes, J. P. (1999). Valoración y entrenamiento de la fuerza-resistencia abdominal: validez comparativa y reproductibilidad de tres pruebas de evaluación en tenistas. *Apunts. Educación física y deportes*, 1(55), 55-59.
- Hager, S. M., Udermann, B. E., Reineke, D. M., Gibson, M. H., Mayer, J. M., & Murray, S. R. (2006). Quantification of lumbar endurance on a backup lumbar extension dynamometer. *Journal of sports science & medicine*, 5(4), 656.
- Hibbs, A. E., Thompson, K. G., French, D., Wrigley, A., & Spears, I. (2008). Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports medicine*, 38(12), 995-1008.
- Hildenbrand, K., & Noble, L. (2004). Abdominal muscle activity while performing trunk-flexion exercises using the Ab Roller, ABslide, FitBall, and conventionally performed trunk curls. *Journal of athletic training*, 39(1), 37.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30(1), 1-15.
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*, 41(1), 3.
- JUAN-RECIO, C., BARBADO, D., LOPEZ-VALENCIANO, A., LÓPEZ-PLAZA, D., MONTERO-CARRETERO, C., & VERA-GARCIA, F. J. (2013). Condición muscular y estabilidad del tronco en judocas de nivel nacional e internacional. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 8(2).
- Juan-Recio, C., López-Plaza, D., Barbado Murillo, D., García-Vaquero, M. P., & Vera-García, F. J. (2018). Reliability assessment and correlation analysis of 3 protocols to measure trunk muscle strength and endurance. *Journal of sports sciences*, 36(4), 357-364.
- Juan-Recio, C., Murillo, D. B., & López-Valenciano, A. (2014). Test de campo para valorar la resistencia de los músculos del tronco/field test to assess the strength of trunk muscles. *Apunts. Educació física i esports*, (117), 59.
- Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance. *International journal of sports medicine*, 15(S 1), S11-S18.
- Karatas, G. K., Gögüs, F., & Meray, J. (2002). Reliability of isokinetic trunk muscle strength measurement. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 81(2), 79-85.
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports medicine*, 36(3), 189-198.
- Laughlin, M. S., Lee, S., Loehr, J. A., & Amonette, W. E. (2009). Isokinetic strength and endurance tests used pre-and post-spaceflight: Test-retest reliability.
- Lindsay, D. M., & Horton, J. F. (2006). Trunk rotation strength and endurance in healthy normals and elite male golfers with and without low back pain. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 1(2), 80.
- McCarthy, C. J., Callaghan, M. J., & Oldham, J. A. (2008). The reliability of isometric strength and fatigue measures in patients with knee osteoarthritis. *Manual therapy*, 13(2), 159-164.
- Maffiuletti, N. A., Bizzini, M., Desbrosses, K., Babault, N., & Munzinger, U. (2007). Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clinical physiology and functional imaging*, 27(6), 346-353.
- Manou, V., Arseniou, P., Gerodimos, V., & Kellis, S. (2002). Test-retest reliability of an isokinetic muscle endurance test. *Isokinetics and exercise science*, 10(4), 177-181.
- Mayer, T., Gatchel, R., Betancur, J., & Bovasso, E. (1995). Trunk muscle endurance measurement. Isometric contrasted to isokinetic testing in normal subjects. *Spine*, 20(8), 920-6.

- Moreland, J., Finch, E., Stratford, P., Balsor, B., & Gill, C. (1997). Interrater reliability of six tests of trunk muscle function and endurance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 26(4), 200-208.
- Motzkin, N. E., Cahalan, T. D., Morrey, B. F., An, K. N., & Chao, E. Y. (1991). Isometric and isokinetic endurance testing of the forearm complex. *The American journal of sports medicine*, 19(2), 107-111.
- Müller, J., Müller, S., Stoll, J., Fröhlich, K., Baur, H., & Mayer, F. (2014). Reproducibility of maximum isokinetic trunk strength testing in healthy adolescent athletes. *Sport-Orthopädie-Sport-Traumatologie-Sports Orthopaedics and Traumatology*, 30(3), 229-237.
- Naclerio Ayllón, F., & Forte Fernández, D. (2006). FUNCIÓN Y ENTRENAMIENTO DE LA MUSCULATURA ABDOMINAL. UNA VISIÓN CIENTÍFICA. *Journal of Human Sport and Exercise*, 1(1).
- Newton, M., & Waddell, G. (1993). Trunk strength testing with iso-machines. Part 1: Review of a decade of scientific evidence. *Spine*, 18(7), 801-811.
- Perrin, D. H. (1986). Reliability of isokinetic measures. *Athletic training*, 21(4), 319-321.
- Pincivero, D. M., Lephart, S. M., & Karunakara, R. A. (1997). Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. *International journal of sports medicine*, 18(02), 113-117.
- Rebullido, T. R., & Lameiro, C. V. (2012). Aplicaciones del Método Pilates en la actividad física y deporte. *Lecturas: Educación física y deportes*, (164), 1-7.
- Reed, C. A., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2012). The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures. *Sports medicine*, 42(8), 697-706.
- Roth, R., Donath, L., Kurz, E., Zahner, L., & Faude, O. (2017). Absolute and relative reliability of isokinetic and isometric trunk strength testing using the IsoMed-2000 dynamometer. *Physical Therapy in Sport*, 24, 26-31.
- Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM&R*, 3(5), 472-479.
- Udermann, B. E., Mayer, J. M., Graves, J. E., & Murray, S. R. (2003). Quantitative assessment of lumbar paraspinal muscle endurance. *Journal of Athletic Training*, 38(3), 259.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of strength and conditioning research*, 19(1), 231.
- Wessel, J., & Ford, D. (1994). Torque of trunk flexion and trunk flexion with axial rotation in healthy men and women. *Spine*, 19(3), 329-334.
- White, C., Dixon, K., Samuel, D., & Stokes, M. (2013). Handgrip and quadriceps muscle endurance testing in young adults. *SpringerPlus*, 2(1), 451.