



FACULTAD DE CIENCIAS SOCIOSANITARIAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

Fiabilidad inter-sesión de un nuevo protocolo de
valoración de la fuerza isométrica en el tren inferior
mediante el dinamómetro manual

Pau Mora Córcoles

Director

Dr. D. Francisco Ayala Rodríguez

Setiembre, 2017

Resumen

La importancia de conocer el estado de la fuerza de los deportistas con objeto de prevenir lesiones musculares ha sido objeto de interés en la comunidad científica durante décadas. Es por ello, que el uso de la dinamometría como herramienta de valoración es una de las herramientas más utilizadas en ámbito científico, clínico y deportivo. En concreto, el dinamómetro manual es comúnmente utilizado debido a las virtudes que presenta, es un instrumental económico, portátil y fácil de utilizar, que ofrece muchas ventajas de uso respecto al dinamómetro isocinético, el cual ha demostrado ser válido y fiable, pero a su vez, inaccesible para la mayor parte de la población. Uno de los inconvenientes que presenta la dinamometría manual es la limitación en cuanto a la fiabilidad inter-sesión e inter-evaluadores, por lo que, para reducir los errores debidos a la participación del evaluador en las mediciones, recientes investigaciones han propuesto utilizar este instrumento junto a sistemas de fijación externa en las que ya no participe el evaluador y así, poder mejorar la fiabilidad de este nuevo método de valoración de la fuerza. Además, otro de los inconvenientes que existe en la literatura, es la falta de un protocolo estandarizado que permita valorar los diferentes movimientos de las articulaciones del tren inferior. Ante estas limitaciones, el objetivo de este trabajo de fin de master es modificar un banco de entrenamiento para que pueda ser usado como fijador externo y, analizar fiabilidad inter-sesión de las medidas para valorar la fuerza durante los movimientos articulares de extensión y flexión de rodilla y, flexión, extensión, abducción y aducción de cadera, en comparación con el protocolo tradicional sin fijación externa. En este estudio, participarán 60 adultos físicamente activos, los cuales serán evaluadas durante 3 sesiones de registro, con una separación entre ellas de 1 semana.

Palabras clave: medición de la fuerza, lesiones musculares, banco de entrenamiento, banco modificado.

Abstract

The importance of knowing the state of athletes' strength to prevent muscle injuries has been a subject of interest in the scientific community for decades. It is for this reason that the use of dynamometry as a valuation tool is one of the most used tools in scientific, clinical and sports field. Exactly, the manual dynamometer is commonly used because of the virtues that it presents, it is an economical, portable and easy to use instrument, which offers many advantages of use with respect to the isokinetic dynamometer, which has proved to be valid and reliable, but to its inaccessible for most of the population. One of the disadvantages of the hand-held dynamometry is the limitation in terms of inter-session and inter-raters' reliability, so that, to reduce errors due to the participation of the evaluator in the measurements, recent research has proposed to use this instrument together with external fixation systems in which the evaluator does not participates and thus, be able to improve the reliability of this new method of valuing strength. In addition, another disadvantage exists in the literature, is the lack of a standardized protocol that allows assessing for the different movements of the joints of the lower extremity. In view of these limitations, the objective of this project is to modify a training bench in order to it can be used as an external fixator and to analyze its inter-session reliability to assess the strength during this movements, knee flexion, hip flexion, hip extension, hip abduction and hip adduction compared with the traditional protocol without external fixation. In this study, 60 physically active people will participate, which will be evaluated during 3 registration sessions, with a separation between them of 1 week.

Keywords: strength measurement, muscle injuries, training bench modified bench.

INTRODUCCIÓN

Las lesiones deportivas son uno de los principales problemas que afecta a la carrera profesional de un elevado porcentaje de deportistas, y la principal causa de pérdida de tiempo de práctica deportiva (Woods et al., 2004). La cantidad de lesiones que padecen los jugadores de un mismo equipo afecta al rendimiento de éste durante la competición (Hägglund et al., 2013). Además, las lesiones deportivas también tienen un impacto económicamente negativo para los clubes. Durante la temporada 2008-2009 se registró una incidencia lesional de 8.9 lesiones por cada 1000 horas de práctica deportiva de fútbol profesional en España (Noya y Sillero, 2012). A nivel europeo, la incidencia lesional del fútbol durante los años 2001 y 2008 fue de 8 lesiones por cada 1000 horas de práctica (Ekstrand, Waldén y Hägglund, 2016), estimándose que cada jugador había padecido un promedio de dos lesiones por temporada.

Por lo que se refiere a la localización y el tipo de lesiones más comunes en el fútbol, las investigaciones realizadas coinciden en que la gran mayoría ocurren en el tren inferior, siendo de tipo muscular (Ekstrand, Hägglund y Waldén, 2011; Nilsson, Östenberg y Alricsson, 2016; Noya et al., 2012; Rechel, Yard y Comstock, 2008). Es por ello, que encontrar métodos válidos y fiables que permitan identificar con rapidez a los jugadores con riesgo alto de lesión, se ha convertido en uno de los principales objetivos de la comunidad científica (Opar, Williams y Shield, 2012).

Dentro de todos los factores de riesgo de lesión que se conocen, como es la edad, una lesión previa, la raza, el rango de movimiento óptimo (ROM) y la fuerza, (Hrysomallis, 2013), los relacionados con la fuerza muscular han sido los más investigados. Esto es debido a que son fácilmente modificables mediante una adecuada intervención, y además, se puede seguir el progreso de los deportistas y conocer el estado de su musculatura de forma sencilla (Opar et al., 2012).

Dentro de los parámetros de fuerza muscular, la diferencia de fuerza encontrada entre ambas piernas o entre la musculatura agonista-antagonista de un gesto son uno de los aspectos más estudiados en los deportistas durante las evaluaciones pre-participación. En este sentido, se ha demostrado que los desequilibrios musculares bilaterales en los miembros inferiores aumentan, por ejemplo, el riesgo de lesión en la musculatura isquiosural debido a que la coordinación y el control de los segmentos corporales se ve afectado (Bampouras y Dewhurst, 2017). Igualmente, los desequilibrios de fuerza entre la musculatura agonista y antagonista también han demostrado incrementar la probabilidad de sufrir una lesión en la musculatura isquiosural en jugadores de fútbol ya que no tienen suficiente fuerza o tensión durante los movimientos explosivos para frenar el movimiento (Carvalho, Brown y Abade, 2016; Crosier, Ganteaume, Binet, Genty y Ferret, 2008). No solo suponen un riesgo de lesión los desequilibrios en la fuerza entre la musculatura flexora y

extensora de rodilla, sino que, se ha demostrado que los desequilibrios de fuerza entre la musculatura abductora y aductora de la cadera también suponen un riesgo de lesión en esta última (Arnason et al., 2004; Hölmich, 2007). Además, se debe tener en cuenta que, después de una intervención, gran parte de los deportistas sufren un importante deterioro de la fuerza muscular (Thomeé et al., 2011), por lo que es necesario conocer el estado de la musculatura de los miembros inferiores de los deportistas, tanto para poder prevenir lesiones, como para identificar si el deportista está completamente recuperado de su lesión.

En el ámbito clínico, la validez y fiabilidad presentada por la dinamometría isocinética en la evaluación de la fuerza muscular tanto en contracciones de tipo isométrico como isocinético, (Zawadzki, Bober y Siemienski, 2010) ha hecho de ésta una herramienta esencial y considerada como “patrón de oro” (termino anglosajón “gold standard”) para detectar jugadores en riesgo de sufrir una lesión muscular debido a déficits y/o desequilibrios musculares (Moreno-Pérez, Barbado-Murillo, Juan-Recio, Quesada-de-la Galac y Vera-García, 2013). No obstante, debido a su alto coste económico (aproximadamente 40000€) y la inviabilidad para su transportarte, hace que su uso se limite al ámbito clínico o científico, no estando al acceso de todos los clubes y deportistas. Es por ello, que ante esta limitación y la necesidad de conocer el estado de la musculatura del deportista de forma más rápida, sencilla y accesible, hace unos años se empezó a investigar sobre las propiedades y usos de la dinamometría manual (Bohannon y Andrews, 1987).

La dinamometría manual es una herramienta de campo que presenta una serie de virtudes como son su bajo coste (aproximadamente 1500€), fácil manejo y carácter portátil, lo que facilita su uso para un gran número de entrenadores, fisioterapeutas, preparadores físicos, etc. Además, analizando su validez, la cual ha sido comparada utilizando como gold estándar el dinamómetro isocinético, ésta ha presentado una fiabilidad alta en las valoraciones isométricas de los movimientos articulares de extensión de rodilla (coeficiente correlación intraclass [ICC] = 0.96) y flexión de rodilla (ICC = 0.91) (Whiteley et al., 2012). Además, se ha registrado una buena correlación entre ambas herramientas de evaluación para el movimiento de flexión y extensión de la rodilla, tanto en la valoración de la extremidad dominante y no dominante (Muff et al., 2016).

Por otro lado, en cuanto a la fiabilidad presentada por el dinamómetro manual, se ha demostrado que éste tiene una buena fiabilidad inter observador para medir la fuerza en los movimientos articulares de flexión y extensión de rodilla en jugadores de fútbol jóvenes (Whiteley et al., 2012). Esto es, una persona que evalúa la fuerza utilizando diferentes superficies de apoyo o su propio cuerpo, para fijar el dinamómetro. En concreto, el evaluador debe colocar el dinamómetro manual sobre la extremidad del participante intentando bloquear su propio brazo y mano para intentar interferir lo menos posible sobre los resultados. En este caso es común el uso de la pared

para facilitar la labor del evaluador que, a pesar de ella, tiene que mantener su propio equilibrio y estabilidad. Es por ello, que hay investigaciones que advierten de la dudosa fiabilidad inter observador que presentan estos protocolos cuando: I) los evaluadores tienen diferentes niveles de fuerza (Wikholm, Bohannon, 1991); II) los sujetos evaluados tienen altos niveles de fuerza y desestabilizan al evaluador (Kelln, McKeon, Gontkof y Hertel, 2008); y III) hay evaluadores de diferente sexo y con diferentes niveles de fuerza (Thorborg, Bandholm, Schick, Jensen y Hölmich, 2011).

Debido a las limitaciones que se presentan en el uso de la dinamometría manual en cuanto a las características del evaluador y la forma de evaluación, algunos autores han propuesto utilizar el dinamómetro manual con una fijación externa que sustituya al evaluador (Thorborg, Bandholm, Holmich, 2012). Este nuevo método ha demostrado ser fiable inter e intra observadores en la evaluación de la fuerza en la flexión de rodilla en futbolistas de alto nivel (Wollin, Purdam y Drew 2015) y para medir la fuerza en los movimientos de cadera (Thorborg et al., 2012). Asimismo, se ha investigado y comparado los resultados obtenidos con el dinamómetro manual midiendo con fijación externa y la forma tradicional (la oposición la realiza el evaluador con sus brazos), respecto a los valores obtenidos con el dinamómetro isocinético para la fuerza del cuádriceps, observándose que, a pesar de que los dos métodos son válidos, los datos obtenidos con fijación externa están más próximos a los obtenidos con el isocinético, obteniendo correlaciones más altas (Kim, Kim, Seo y Kang, 2014). De igual modo, se han obtenido menos diferencias entre el dinamómetro manual con fijación externa y la dinamometría isocinética, que entre el dinamómetro tradicional y el isocinético, para los registros de fuerza durante la flexión y extensión de rodilla (Toonstra y Mattacola, 2013). Además, en cuanto a la fiabilidad de este método, se ha demostrado que la fiabilidad del instrumento aumenta cuando éste es fijado de forma externa sin que un evaluador intervenga directamente en el proceso de registro.

No obstante, a pesar de las virtudes en cuanto a la validez y fiabilidad que muestra la valoración con fijación externa, no existe un protocolo estandarizado y unificado que permita evaluar de forma fiable la fuerza de la musculatura de miembros inferiores, además, hasta el momento no se han encontrado investigaciones que estudien la fuerza en los movimientos de flexión y extensión de cadera utilizando el dinamómetro con fijación externa. Es por ello, que el presente Trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo analizar y comparar la fiabilidad inter sesión de las medidas de fuerza isométrica de los principales movimientos articulares de la extremidad inferior por medio de un banco de entrenamiento ligeramente modificado para que ejerza de fijador externo del dinamómetro manual y en camilla (protocolo tradicional). Las adaptaciones en el banco de entrenamiento, permitirían a entrenadores y readaptadores físicos poder conocer de forma más

precisa la fuerza de los jugadores respecto al dinamómetro tradicional y, de forma más ágil y económica respecto a la dinamometría isocinética.

MÉTODO

Participantes

Se reclutarán 60 participantes, atendiendo a las recomendaciones mínimas propuestas por Hopkins (2000) para estudios de fiabilidad, quienes participarán de forma voluntaria en el estudio. Para la selección de la muestra se aplicaron los siguientes criterios de exclusión: 1) que los participantes padeciesen alguna lesión en los miembros inferiores; 2) que durante la toma de datos estuviesen participando en algún otro estudio con intervención que pudiese alterar los registros.

Previo al inicio del estudio, todos los participantes firmaron un consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética de la Universidad, y se les informó de forma detallada acerca de las características del estudio.

Materiales

Para llevar a cabo la evaluación de la fuerza isométrica se utilizó un dinamómetro manual (Dinamómetro isométrico ISO CONTROL de Globus, Italia.), una camilla y un banco de musculación modificado de una marca comercial (banco musculación 530, domyos) (Figura 1 A).

En el banco de musculación se realizaron una serie de modificaciones con objeto de poder ajustar las diferentes angulaciones a las que se quería evaluar las diferentes articulaciones y movimientos.

En primer lugar, se realizaron unos agujeros de 8 mm a los laterales del brazo móvil, con el fin de ajustar la distancia de la barra donde los participantes aplican la fuerza, a sus características antropométricas y la musculatura objeto de evaluación (Figura 1 B y Figura 1 C). También se instalaron dos varillas perforadas a los laterales del brazo móvil del banco con el objetivo de poder ajustarlo a la altura que se requiera para cada valoración y bloquearlo para que no se mueva, de tal manera que cuando el participante ejerza fuerza, el brazo móvil se mantenga fijo en la angulación que nos interese medir su fuerza (Figura 1 D). Por lo tanto, los ajustes se realizaron únicamente en el brazo de aplicación de fuerza (Figura 1 E). Quedando el banco con este aspecto al final del proceso (Figura 1 F).

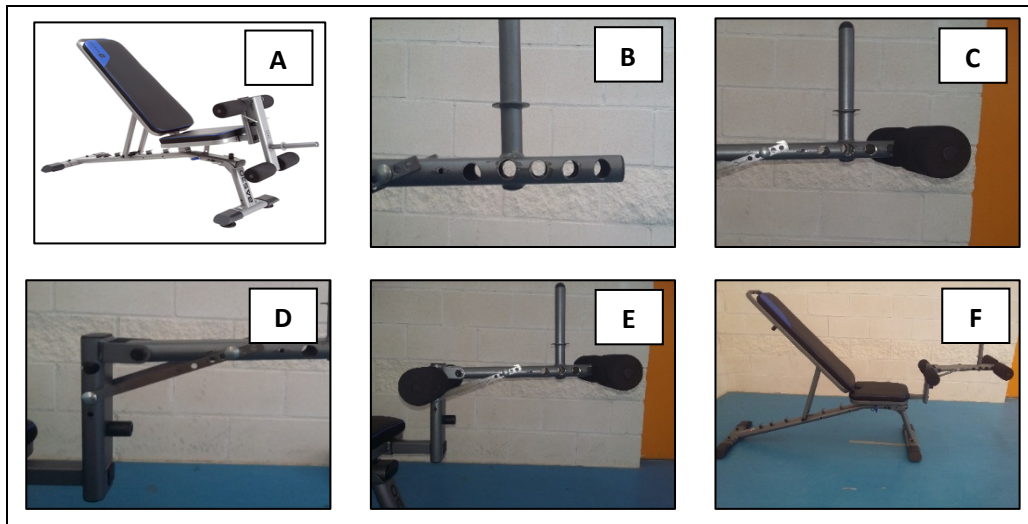


Figura 1: (A) Banco de musculación Domyos 530; (B) Agujeros realizados en la barra del brazo móvil; (C) Agujeros realizados en la barra del brazo móvil con el soporte donde se aplica la fuerza; (D) Varillas colocadas al lateral del brazo móvil; (E) Aspecto global del brazo móvil modificado; (F) Aspecto del banco de musculación modificado.

Estas modificaciones permiten bloquear el brazo móvil del banco a las angulaciones que más interese medir, de forma que ejerce de fijador externo al colocar el dinamómetro entre éste y la pierna del participante.

Protocolo

Se llevaron a cabo dos tipos de valoraciones de fuerza de miembro inferior utilizando una camilla con un evaluador que aplicaba la fuerza externa y la otra con el uso de un banco de musculación modificado. En ambas se usó el mismo dinamómetro manual, con la diferencia de que en las mediciones en camilla se realizaba el protocolo de la manera tradicional y en el banco de entrenamiento el fijador externo era el mismo banco gracias a las modificaciones explicadas anteriormente. En ambas medidas, los movimientos articulares evaluados fue la siguiente: abductores, aductores, flexores y extensores de cadera y los flexores y extensores de la rodilla.

Protocolo en camilla

Durante la evaluación en camilla se siguió el protocolo de Goossens et al., (2014) para las mediciones de la fuerza en la musculatura extensora y flexora de rodilla y el protocolo de Thorborg, Petersen, Magnusson y Hölmich (2010), para la evaluación de la musculatura flexora, extensora, abductora y aductora de cadera.

El protocolo en camilla se caracteriza por la figura de un evaluador que es el que hace de punto de aplicación de fuerza. En este caso, el evaluador puede utilizar diferentes estrategias en función de la musculatura a evaluar. Por ejemplo, puede ayudarse de una superficie externa y no móvil como una pared, de forma que, apoyando el codo en la pared, colocando el antebrazo en la misma dirección de la fuerza, y con el dinamómetro entre la mano y la pierna del evaluado, se intenta que toda la fuerza que se registre sea debida al participante y no al evaluador. Esta estrategia ha sido utilizada en la valoración de la musculatura de los abductores, de los aductores de cadera y de la musculatura de los cuádriceps. Otra de las estrategias utilizadas es cuando el evaluador se ayuda de su propio peso y fuerza. En este caso, el evaluador debe colocarse de tal manera que contrarreste la fuerza del participante con su peso, bloqueando los codos y con el dinamómetro en las manos para evitar que se desplace, por ejemplo, utilizado en la valoración de los músculos flexores y extensores de cadera y de la musculatura isquiotibial. Además, en este tipo de protocolos, todas estas mediciones se realizan sin agarre a la camilla y sin cinchar al participante.

A continuación, se detallan las posiciones que se adoptaron en cada una de las valoraciones para los diferentes movimientos articulares:

1. Extensión de rodilla: la persona evaluada se coloca en posición de sentado, rodilla flexionada a 90° y con los brazos cruzados por delante del pecho. El participante debe intentar extender la rodilla sin levantar el muslo de la camilla. El evaluador se coloca entre la camilla y la pared poniendo el codo sobre la pared y manteniendo el dinamómetro manual en la mano, el cual lo sitúa en la tibia aproximadamente dos centímetros por encima del maléolo (Goossens et al., 2014).
2. Flexión de rodilla: el participante se coloca en posición de decúbito prono, con la rodilla flexionada a 150° y cogiéndose las manos por detrás la espalda. El evaluador se sitúa detrás del participante arrodillado, coloca el dinamómetro en la cara posterior de la pierna a dos centímetros por encima del tendón de Aquiles para contrarrestar la fuerza del participante con su peso (Goossens et al., 2014).
3. Flexión de cadera: el participante es colocado en posición de decúbito supino con los brazos cruzados sobre el pecho y con la cadera y la rodilla en posición neutra. El evaluador se sitúa en un lateral y de pie con los codos extendidos y bloqueados, coloca el dinamómetro manual dos centímetros por encima del maléolo en la tibia (Thorborg et al., 2010).
4. Extensión cadera: con la persona evaluada en posición de decúbito prono cogiéndose las manos por detrás la espalda y con la cadera y la rodilla en posición neutra. El evaluador

se sitúa a su lado de pie y con los codos extendidos y bloqueados, coloca el dinamómetro dos centímetros por encima del tendón de Aquiles (Thorborg et al., 2010).

5. Abducción de cadera: el participante es colocado en posición de decúbito supino con los brazos cruzados sobre el pecho y con la cadera y la rodilla en posición neutra. El evaluador se sitúa entre la camilla y la pared, con el codo apoyado sobre la pared y con el dinamómetro colocado dos centímetros por encima del maléolo externo en el lateral de la pierna (Thorborg et al., 2010).
6. Aducción de cadera: el participante es colocado en posición de decúbito supino con los brazos cruzados sobre el pecho y con la cadera y la rodilla en posición neutra, la pierna que no es evaluada se flexiona. El evaluador se sitúa entre la camilla y la pared con el codo apoyado en esta y colocando el dinamómetro dos centímetros por encima del maléolo interno en la cara interna de la pierna (Thorborg et al., 2010).

Protocolo en banco de entrenamiento

Durante las evaluaciones en el banco se pretendió que las posiciones fuesen lo más similares posible a las de la camilla. Para ello, se intentó que la colocación del participante sobre el banco, las angulaciones de las articulaciones valoradas y las zonas en las que se colocaba el dinamómetro para hacer fuerza, reprodujeran en la mayor medida posible los protocolos descritos en camilla. A excepción de la posición del participante durante la evaluación de la musculatura isquiosural, que debido a que las características del banco no permitían otro tipo de disposición. No obstante, la angulación de la rodilla sí que se pudo reproducir.

Destacar, que como a continuación se detalla, en las valoraciones llevadas a cabo con el banco de entrenamiento modificado, es el propio banco quien ejerce de fijación externa, sustituyendo la figura del evaluador.

A continuación, se define en qué posición se llevó a cabo cada medida y el orden que se siguió.

1. Extensión de rodilla: el participante se coloca en posición de sentado, con la cadera flexionada a 90° y la rodilla flexionada a 90°. Los brazos cruzados por delante del pecho. El dinamómetro manual se le coloca en la tibia, dos centímetros por encima del maléolo. El participante debe intentar extender la rodilla con la máxima fuerza sin levantar el muslo (Figura 2).



Figura 2. Extensión de rodilla.

2. Flexión de rodilla: la persona evaluada se coloca en posición de sentado, con la cadera a 90° de flexión y con la rodilla flexionada a 150° . Con los brazos cruzados por delante del pecho. El dinamómetro se ubica en la cara posterior de la pierna, dos centímetros por encima del tendón de Aquiles y, el participante debe hacer el movimiento de flexión de rodilla (Figura 3).



Figura 3: Flexión de rodilla

3. Flexión de cadera: el participante es colocado en posición decúbito supino, con los brazos cruzados sobre el pecho, con la cadera y la rodilla a una angulación de 180° . Se insiste a los participantes en que mantengan la rodilla completamente extendida para que eviten realizar fuerza con la musculatura extensora de la rodilla. El dinamómetro se debe colocar sobre la tibia a una altura de dos centímetros por encima del maléolo. La persona evaluada debe flexionar la cadera con la máxima fuerza manteniendo la rodilla extendida (Figura 4).



Figura 4: Flexión de cadera

4. Extensión cadera: se sitúa al participante en el banco en posición decúbito prono cogiéndose las manos por debajo del banco, con la cadera a 0° y la rodilla extendida a 180° . El dinamómetro se debe situar aproximadamente dos centímetros por encima del tendón de Aquiles. El participante debe intentar extender la cadera manteniendo la rodilla extendida (Figura 5).



Figura 5: Extensión de cadera

5. Abducción de cadera: el evaluado se coloca en posición decúbito supino con los brazos cruzados sobre el pecho y con la cadera a 0° y la rodilla extendida 180° . el dinamómetro se coloca dos centímetros por encima del maléolo externo. El participante realizara fuerza intentando separar la pierna de la línea central del cuerpo, intentando realizar fuerza solo en el plano frontal y mantener la rodilla extendida (Figura 6).



Figura 6: Abducción de cadera

6. Aducción de cadera: en posición decúbito supino con los brazos cruzados sobre el pecho y con la cadera a 0° y la rodilla extendida 180° , el dinamómetro se coloca dos centímetros por encima del maléolo interno (la otra pierna se flexiona). La persona tiene que intentar acercar la pierna a la línea central del cuerpo en el plano horizontal y manteniendo la rodilla extendida (Figura 7).



Figura 7: Aducción de cadera

En las mediciones de abducción de cadera el dinamómetro se sujetó a la barra de aplicación de fuerza mediante una cincha, de modo que el participante colocaba la pierna dentro de la cincha y se colocaba el dinamómetro entre su pierna y la cincha. En las mediciones de aducción de cadera el dinamómetro se sujetaba a un pequeño acople extraíble que se instalaba antes de estas mediciones en el lateral del brazo móvil.

En todas las mediciones realizadas en el banco, el participante fue fijado al banco mediante una cincha a la altura de la cadera para evitar que se aplicase fuerza con otra musculatura que no fuera la de registro, y además, para intentar que el sujeto no modificara la posición de inicio y las diferentes medidas fueran lo más reproducible posible.

Con objeto de estandarizar el protocolo, y que las valoraciones fueran los más similares al protocolo de camilla, el participante no podrá cogerse del banco y deberá tener las manos cruzadas sobre el pecho.

Procedimiento

Cada participante fue evaluado tres veces, con una separación entre mediciones de una semana, para evitar, por un lado, que estuviesen fatigados durante las evaluaciones, y por otro lado que se produjese un efecto de entrenamiento y que éste afectase a la fiabilidad de los resultados.

Con el objetivo de optimizar los tiempos de toma de datos (los participantes han de cambiar varias veces de posición según la musculatura registrada), y evitar la fatiga de los participantes evaluados, las mediciones se distribuirán de modo que, sean evaluados 3 movimientos articulares en cada extremidad, bajo la siguiente organización: cuádriceps, isquiosurales y flexores de cadera de una extremidad, y extensores, abductores y aductores de cadera de la otra. A su vez, la mitad del grupo realizará la medición en banco con la extremidad dominante y la otra mitad, con la no dominante. Las mediciones en banco y en camilla, también serán aleatorizadas en cada sesión. No obstante, a cada participante se le valorará el mismo grupo muscular en cada protocolo.

Tanto en la camilla como en el banco, se realizarán 5 repeticiones de 5 s de duración cada una. En cada medida se siguió el siguiente protocolo: la primera repetición será de familiarización con la colocación y el movimiento; la segunda repetición será de calentamiento, incrementando la fuerza de forma progresiva sin llegar al máximo (cerca del 80 % de la fuerza máxima según la percepción propia de cada participante); y las tres siguientes repeticiones, se realizarán solicitando al evaluado la máxima fuerza.

Se insistirá a los participantes en que deben realizar toda la fuerza que puedan desde el inicio de la prueba. Se les informará de que solo pueden realizar fuerza con el músculo evaluado, y que, por lo tanto, no podrán ayudarse de la pierna no evaluada para realizar más fuerza. Además, durante todas las mediciones se les animará y motivará para que se esfuercen al máximo.

Análisis estadístico

Se calcularán los estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) para cada una de las variables. Posteriormente, se verificará la distribución normal de todas las series de datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p > .05$).

Para analizar la fiabilidad relativa y absoluta de las diferentes variables (fuerza en banco de entrenamiento modificado y fuerza en camilla), se utilizará el coeficiente de correlación intraclass ($ICC_{2,1}$) y el error estándar de medida (SEM) respectivamente. Tanto para el $ICC_{2,1}$ como para el SEM

se calcularán los límites de confianza al 90% de acuerdo con Hopkins (2000, 2009). Los valores del ICC_{2,1} serán categorizados como se detalla a continuación: excelente (0.90 – 1.00), alto (0.70 – 0.89), moderado (0.50 – 0.69) y bajo (< 0.50) (Fleiss, 1986). El SEM será establecido como desviación estándar de la diferencia entre la sesión 1 y la sesión 2 dividido entre $\sqrt{2}$. El SEM será expresado en porcentaje respecto a la media para facilitar su interpretación (Atkinson & Nevill, 1998).

Para conocer el efecto del aprendizaje en las medidas se realizará un ANOVA de medidas repetidas para los diferentes protocolos de medida de la fuerza.

Los análisis estadísticos se realizarán con el programa SPSS package (versión 22, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) y la hipótesis nula será rechazada al nivel de significación del 95% ($p \leq 0.05$).

BIBLIOGRAFÍA

- 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), 5S-16S.
- 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.
- Bampouras, T. M., & Dewhurst, S. (2017). A comparison of bilateral muscular imbalance ratio calculations using functional tests. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 1.
- Bohannon, R. W., & Andrews, A. W. (1987). Interrater reliability of hand-held dynamometry. *Physical Therapy*, 67(6), 931-933.
- Carvalho, A., Brown, S., & Abade, E. (2016). Evaluating injury risk in first and second league professional Portuguese soccer: muscular strength and asymmetry. *Journal of human kinetics*, 51(1), 19-26.
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *The American journal of sports medicine*, 36(8), 1469-1475.
- Ekstrand, J., Hagglund, M., & Walden, M. (2009). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 553-558.
- Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2016). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(12), 731-737.
- Goossens, L., Witvrouw, E., Vanden Bossche, L., & De Clercq, D. (2015). Lower eccentric hamstring strength and single leg hop for distance predict hamstring injury in PETE students. *European Journal of Sport Science*, 15(5), 436-442.
- Hägglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 738-742.

- Hölmich, P. (2007). Long-standing groin pain in sportspeople falls into three primary patterns, a “clinical entity” approach: a prospective study of 207 patients. *British journal of sports medicine*, 41(4), 247-252.
- 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), 3-13.
- Hrysomallis, C. (2013). Injury incidence, risk factors and prevention in Australian rules football. *Sports Medicine*, 43(5), 339-354.
- Kelln, B. M., McKeon, P. O., Gontkof, L. M., & Hertel, J. (2008). Hand-held dynamometry: reliability of lower extremity muscle testing in healthy, physically active, young adults. *Journal of Sport Rehabilitation*, 17(2), 160-170.
- Kim, W. K., Kim, D. K., Seo, K. M., & Kang, S. H. (2014). Reliability and validity of isometric knee extensor strength test with hand-held dynamometer depending on its fixation: a pilot study. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 38(1), 84-93.
- Fleiss, J. L. (1986). Reliability of measurement. *The design and analysis of clinical experiments*, 1-32.
- Moreno-Pérez, V., Barbado-Murillo, D., Juan-Recio, C., Quesada-de-la-Galac, C. M., & Vera-García, F. J. (2013). Aplicación de la dinamometría isocinética para establecer perfiles de riesgo de lesión isquiosural en futbolistas profesionales. RICYDE. *Revista Internacional De Ciencias Del Deporte*, 10(34), 333-341.
- Muff, G., Dufour, S., Meyer, A., Severac, F., Favret, F., Geny, B., Lecocq, J., & Isner-Horobeti, M. E. (2016). Comparative assessment of knee extensor and flexor muscle strength measured using a hand-held vs. isokinetic dynamometer. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(9), 2445-2451.
- Nilsson, T., Östenberg, A. H., & Alricsson, M. (2016). Injury profile among elite male youth soccer players in a Swedish first league. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 12(2), 83.
- Noya, J., & Sillero, M. (2012). Incidencia lesional en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 47(176), 115-123.ports-2013.
- Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries. *Sports Medicine*, 42(3), 209-226.
- Rechel, J. A., Yard, E. E., & Comstock, R. D. (2008). An epidemiologic comparison of high school sports injuries sustained in practice and competition. *Journal of Athletic Training*, 43(2), 197-204.
- Thomeé, R., Kaplan, Y., Kvist, J., Myklebust, G., Risberg, M. A., Theisen, D., Tsepis, E., Werner, S., Wondrasch, B., & Witvrouw, E. (2011). Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(11), 1798.

- Thorborg, K., Bandholm, T., Schick, M., Jensen, J., & Hölmich, P. (2013). Hip strength assessment using handheld dynamometry is subject to intertester bias when testers are of different sex and strength. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(4), 487-493.
- Thorborg, K., Bandholm, T., & Hölmich, P. (2013). Hip-and knee-strength assessments using a hand-held dynamometer with external belt-fixation are inter-tester reliable. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(3), 550-555.
- Thorborg, K., Petersen, J., Magnusson, S. P., & Hölmich, P. (2010). Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(3), 493-501.
- Toonstra, J., & Mattacola, C. G. (2013). Test–retest reliability and validity of isometric knee-flexion and-extension measurement using 3 methods of assessing muscle strength. *Journal Sport Rehabilitation*, 2012-0017.
- Whiteley, R., Jacobsen, P., Prior, S., Skazalski, C., Otten, R., & Johnson, A. (2012). Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(5), 444-450.
- Wikholm, J. B., & Bohannon, R. W. (1991). Hand-held dynamometer measurements: tester strength makes a difference. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 13(4), 191-198.
- Wollin, M., Purdam, C., & Drew, M. K. (2016). Reliability of externally fixed dynamometry hamstring strength testing in elite youth football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(1), 93-96.
- Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., & Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38(1), 36-41.
- Zawadzki, J., Bober, T., & Siemienski, A. (2010). Validity analysis of the Biodex System 3 dynamometer under static and isokinetic conditions. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 12(4), 25-32.