

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA



CONFIABILIDAD DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE LA
FUERZA ISOMETRICA A TRAVÉS DE UN GESTO LIBRE

POR

EDUARDO ALEJANDRO DIAZ OCHOA

TESINA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN
ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTE CON ORIENTACION EN ALTO
RENDIMIENTO DEPORTIVO

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

JUNIO, 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA



Los miembros del Comité de Titulación de la Maestría en Actividad Física y Deporte Integrado por la Facultad de Organización Deportiva recomendamos que el producto integrador en modalidad de tesina "CONFIABILIDAD DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE LA FUERZA ISOMETRICA A TRAVÉS DE UN GESTO LIBRE", realizado por Eduardo Alejandro Díaz Ochoa, Matrícula 1612894, sea aceptada para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con orientación en Alto Rendimiento Deportivo.

COMITÉ DE EVALUACIÓN

Dr. Germán Hernández Cruz

Asesor

Dr. Luis Javier Chiroso Ríos

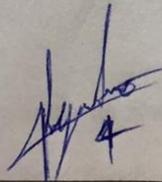
Co-Asesor

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero

Subdirección de Estudios de Posgrado e Investigación de la FOD

Nuevo León, junio 2019

Yo, Eduardo Alejandro Díaz Ochoa, declaro que esta tesis es el resultado de un trabajo original, y fueron agregadas y citadas adecuadamente todas las fuentes utilizadas. Certifico que, de acuerdo con mi conocimiento, mi tesis no viola ningún derecho de autor o derechos de propiedad intelectual y que todas las ideas, técnicas, citas, o cualquier otro material extraído del trabajo de otros incluidos en mi tesis, tanto publicado como sin publicar, ha sido mencionado de acuerdo a las prácticas científicas para el uso de referencias. Además, en caso de haber utilizado material cubierto por derecho de autor, declaro haber obtenido permiso escrito del dueño de dicho material para que se incluyese en mi tesis, y el permiso mencionado se ha agregado en apéndices.



Eduardo Alejandro Díaz Ochoa

Agradecimientos

Agradezco a mis padres Eduardo Díaz y Esther Ochoa por darme la vida, siempre motivarme día a día, por brindarme educación, buenos valores y un lugar donde vivir. A mis hermanos Maximiliano, Magaly y Andrés con los cuales siempre he pasado momentos agradables. A toda mi familia la cual me apoyo durante toda la carrera haciendo que las cosas fueran más sencillas, a mis amigos Héctor Salazar, Víctor Gómez e Iván Pérez por haber estado ahí siempre.

A mis maestros, que sin duda alguna todos y cada uno me han dejado algo de su conocimiento, experiencia y algunos su amistad. Quiero agradecer enormemente al Dr. Germán Hernández Cruz y al Dr. Luis Javier Chiroso Ríos por todo su apoyo y comprensión en la realización de esta tesina y hacia mi persona.

A los Doctores Armando y Michaela Cocca por enseñarme como realizar investigación y a cómo escribir, al Profesor José Delgado por su amistad y sus sabios consejos de vida, al Ing. Jorge Solís por mostrarme un panorama más amplio de cómo trabajar, al Dr. Fernando Ochoa que siempre me ha brindado su apoyo, he aprendido de todos mis maestros por lo que si continuara escribiendo cada nombre y todo lo que aprendí podría llenar fácilmente algunas cuantas hojas.

Al Personal de la Universidad Autónoma de Nuevo León Dr. Gerardo Muñoz, Dr. José Alberto Pérez, M.A. Nazario Lara y de la Facultad de Organización Deportiva al Dr. José Tristán, Dra. Blanca Rangel, Dr. Enrique Carranza, M.C. Mireya Medina, Ing. Carolina Almaguer, Arq. Carmen Ruiz, al M.C. Roberto Pérez por tener siempre en orden sus respectivos departamentos, siendo siempre eficientes en su trabajo.

FICHA DESCRIPTIVA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

Fecha de graduación: Julio 2019

EDUARDO ALEJANDRO DIAZ OCHOA

Título del Producto Integrador: CONFIABILIDAD DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
DE LA FUERZA ISOMETRICA A TRAVÉS DE UN GESTO LIBRE

Número de Páginas: 32

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con orientación
en Alto Rendimiento Deportivo

Resumen: El *objetivo* de esta tesina fue determinar si el instrumento Dynasystem presentaría niveles de confiabilidad buenos *Metodología* 19 individuos, estudiantes, sanos y físicamente activos del grado en actividad física y deporte de la universidad de Granada, España. A través de la evaluación de la fuerza isométrica en un gesto de flexo extensión de codo en distintos ángulos los *Resultados* indican que existe buena confiabilidad en la fuerza media del brazo dominante a 45° ($p > .05$, $r = .907$) así mismo en el brazo no dominante ($p > .05$, $r = .935$) en cuanto a la fuerza media a 90° del brazo dominante se presentaron valores de ($p > .05$, $r = .935$) y en su evaluación del brazo no dominante ($p > .05$, $r = .913$). Por otra parte, los valores de fuerza pico registrados en el brazo dominante a 45° fueron ($p > .05$, $r = .939$) en el no dominante de ($p > .05$, $r = .953$) mientras que los valores de en 90° del brazo dominante fueron ($p > .05$, $r = .977$) y en el brazo no dominante de ($p > .05$, $r = .928$) *Conclusión* el dinamómetro electromecánico funcional Dynasystem es un instrumento confiable para la evaluación de la fuerza isométrica pico, así como la fuerza media en las angulaciones de 45° y 90° con respecto a la flexo extensión de codo y sin restricción de movimiento.

Página dejada en blanco intencionalmente

Índice

Introducción	1
Planteamiento del problema	1
Justificación	2
Pregunta de investigación	3
Objetivo General	3
Objetivos específicos	3
Marco Teórico	3
Antecedentes	3
Preparación física	3
Carga de entrenamiento	4
Evaluación de la carga interna y carga externa	5
Componentes de la carga de entrenamiento	6
Evaluación y determinación de la carga de entrenamiento	6
Metodología del entrenamiento	7
Evaluación de la fuerza isométrica	8
Proceso de validación y confiabilidad	9
Validez predictiva	9
Metodología	10
Instrumentos	11
Procedimiento	12
Análisis estadístico	13
Resultados	13
Discusión	16
Conclusión	16
Referencias	17

Introducción

El entrenamiento fundamentalmente de la fuerza y potencia mejorara el desempeño atlético siendo este uno de los factores que más benefician la preparación de un deportista a lo largo de su carrera deportiva (Mann, 2015; McGuigan et al, 2012).

Tradicionalmente la forma de dosificar el entrenamiento de fuerza es a través de los porcentajes obtenidos de la prueba de una Repetición Máxima (1RM), la cual consiste en ir incrementando el peso levantado en un ejercicio dado hasta que ya no se pueda realizar más de una repetición con buena técnica y sin ayuda (Haff, 2015). El entrenamiento basado en velocidad de ejecución (VBT, por sus siglas en inglés) permite utilizar velocidades más altas evitando así el estrés mecánico ocasionado por el uso de pesos elevados a baja velocidad comparado con el método tradicional (Banyard et al, 2018). Se ha comprobado que el valor de 1RM puede llegar a variar hasta 24% en cuanto a la fase concéntrica de un día a otro (Henricks, 2014). Otro estudio indica que los valores de 1RM y la velocidad de ejecución tienen una relación directa (Jovanovic y Flanagan, 2014).

Planteamiento del problema

Actualmente existe la problemática con respecto a la planificación del entrenamiento a través de porcentajes y velocidades variables, ya que se tiene que llevar acabo en etapas diferentes lo que prolonga el tiempo que toma el desarrollo de esta fuerza y potencia física, (Isurrin, 2010) sin embargo, el método que se propone en esta investigación combina distintos tipos y métodos de entrenamiento, teniendo como objetivo la mejora de la potencia en tren inferior a través de acciones excéntricas y velocidades de ejecución.

Hasta el momento en el entrenamiento para mejorar la fuerza han sido usados distintos medios y métodos tanto para evaluar la capacidad de generar fuerza como para entrenar gestos deportivos, sin embargo, ninguno de ellos ha permitido el movimiento libre y específico de un gesto deportivo, a excepción del levantamiento de pesas olímpico y el powerlifting, el uso del nuevo dinamómetro electromecánico funcional Dynasystem (Symotech, 2017), el cual está diseñado para permitir movimientos libres de forma natural, por lo que presenta una manera segura de evaluar y poder entrenar gestos deportivos generales y específicos, así como el uso de distintos modos de entrenamiento, concéntrico, excéntrico, isométrico, isocinético, isoinercial y vibratorio permitiendo combinar rangos de movimiento y tipos de entrenamiento.

La *Justificación* de nuestro estudio considera la evaluación de la fuerza, la cual ha sido realizada casi siempre mediante instrumentos con limitaciones en cuanto a la ejecución gestos deportivos específicos, por lo que el *valor teórico* de nuestro estudio radica en la importancia de aplicar una metodología de evaluación y confiabilidad de la fuerza isométrica con un nuevo instrumento en diferentes angulaciones, lo cual nos permitirá determinar las posiciones donde se registra la mayor cantidad fuerza. Consideramos *conveniente* la realización de esta investigación para determinar la eficiencia de la metodología de evaluación y confiabilidad propuesta para comprobar si la fuerza pico resulta similar en ambas mediciones, así como la fuerza media en estudiantes del grado en actividad física y deporte de la universidad de Granada, España , favoreciendo así dar una solución a la evaluación en gestos específicos deportivos que requieran ser evaluados posteriormente de la prueba de confiabilidad, siendo de especial *relevancia* en los deportes

que predominan las acciones fuerza y potencia. Este estudio es *viable*, ya que nuestra institución cuenta con el dinamómetro electromecánico funcional, así como el personal capacitado para su ejecución, atletas de alto nivel deportivo y la asesoría pertinente.

Pregunta de investigación

¿El dinamómetro electromecánico funcional Dynasystem (Symotech, 2017) es una herramienta confiable para evaluar?

Objetivo general

Determinar la confiabilidad del dinamómetro electromecánico funcional Dynasystem (Symotech, 2017) en el gesto de flexo extensión de codo en los ángulos de 45 y 90 grados.

Objetivos específicos

Evaluar la fuerza media y pico en flexo extensión de codo a 45° grados de forma isométrica.

Evaluar la fuerza media y pico en flexo extensión de codo a 90° grados de forma isométrica.

Marco Teórico

Preparación física

A lo largo de los años dentro del ámbito deportivo la aplicación de estrategias para desarrollar al máximo la capacidad del cuerpo humano ha desempeñado un papel importante ante las distintas exigencias deportivas, desde la antigua Grecia los competidores realizaban ejercicios de preparación física con la finalidad de mejorar su forma deportiva para así poder desempeñar un mejor papel en los juegos olímpicos (Beagon, 2005).

Dentro de la preparación física se encuentra el entrenamiento de la fuerza, el cual según Timson (1990) se ejecuta realizando movimientos repetidos contra una carga externa lo que produce adaptaciones neuromusculares. Por otra parte, este tipo de entrenamiento ha sido utilizado con frecuencia para mejorar el desempeño deportivo en deportes tanto individuales como de equipo (Buckner et al, 2018).

Carga de entrenamiento

Dentro del entrenamiento se puede encontrar la relación dosis-respuesta, donde la respuesta son las adaptaciones fisiológicas y la mejora del rendimiento ante los estímulos físicos o estrés (carga de entrenamiento), sin embargo, la dosis es mucho más complicada de medir, debido a que no hay un *gold standard* que pueda ser aplicado para todos los deportes indiscriminadamente en campo. Sin embargo, diversos estudios han planteado dividir las mediciones de la dosis-respuesta trasladándolo a los términos carga externa y carga interna respectivamente. (Lambert, 2010).

A pesar que la carga externa es el principal determinante de las respuestas fisiológicas de los individuos dentro del entrenamiento muy pocos estudios han mostrado la relación dosis-jugador en respuesta al entrenamiento (Impellizeri, 2019). A continuación, se muestran/exponen algunos métodos de evaluación de la carga interna.

Evaluación de la carga interna

Uno de los métodos más utilizados actualmente es la escala subjetiva del esfuerzo, (RPE, por sus siglas en inglés), debido a que no es invasivo y ha presentado correlaciones positivas con las zonas del impulso de entrenamiento (TRIMP, por sus siglas en inglés) de Edwards (Revelo, 2012). Un método popular y validado es la frecuencia cardiaca, la cual ha demostrado medir con efectividad la para medir la carga interna (Achten, 2003).

Evaluación de la carga externa

Tradicionalmente la carga externa ha sido la forma más fácil de monitorizar los entrenamientos, y es definida como el trabajo que el atleta ha realizado con éxito y medido independientemente de sus características fisiológicas (Wallace, 2009). Su medición puede ser a través de métodos objetivos tales como, el sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés), el cual según la literatura actual ha mostrado ser un dispositivo confiable para medir la carga externa a través del registro de las velocidades, cambios de dirección, aceleraciones y desaceleraciones, sin embargo, en cuanto mayor es la velocidad, mayor es el riesgo de que la confiabilidad disminuya, además que las acciones de juego no son cuantificadas (Aughrey, 2011).

Aunque en la actualidad existen diversos métodos válidos y precisos para medir la carga externa, muchos de ellos son realizados en laboratorio, lo que hace inconveniente para la evaluación en el campo o alguna situación más específica de juego. Por otra parte, un estudio realizado por Edwards (2018) muestra que el uso de acelerómetros triaxiales para medir aceleraciones del centro de gravedad, no fue confiable (ICC: 0.0-0.67) y presentó un alto índice de variabilidad (CV%:14-33%) así como un cambio en la media de (M: 41-160%) comparado con un dispositivo de captura de video en tres dimensiones.

Componentes de la carga de entrenamiento

El volumen de entrenamiento representa la cantidad de trabajo que se realizara dentro de una sesión, periodo o fase, es útil como un indicador de estrés, generalmente es expresado en metros, segundos, kilos, etc. Mientras que la intensidad es la cantidad de energía que será utilizada en algún ejercicio o actividad, comúnmente mientras la intensidad va incrementando el volumen tiende a disminuir. Por otra parte, la densidad es la relación que hay entre el trabajo y el descanso, lo cual dependerá de los objetivos del entrenamiento o de una sesión en particular (Bompa, 2018). Cabe mencionar que otro componente clave del entrenamiento que es considerado importante es la frecuencia con la que se recibe el estímulo de entrenamiento dentro de un periodo de tiempo y que a su vez permite que se den las adaptaciones que se está intentando obtener (Kraemer et al, 2004).

Evaluación y determinación de la carga de trabajo

El método de 1 Repetición Máxima (1RM) es ampliamente utilizado para determinar los porcentajes con los que se debe realizar el trabajo de fuerza, este método es definido como el máximo peso que puede ser levantado una repetición, este método ha

mostrado ser de los más confiables y válidos (Earle, 2006) mientras que los porcentajes de este sean usados para determinar la intensidad de los levantamientos en entrenamientos posteriores (Mayhew et al., 2004). Por otra parte, puede ser utilizado un método de evaluación más seguro, es decir utilizando una fórmula y sin llegar a utilizar pesos máximos, este método incrementa las repeticiones a la vez que disminuye el peso a levantar a un peso que pueda realizar entre 5 y 8 repeticiones, esta ecuación ha mostrado ser la más válida para la predicción del 1RM en el ejercicio de press de pecho (Mayhew, 1995).

Metodología del entrenamiento

El primero de ellos es el método de entrenamiento para la mejora de la fuerza muscular el cual utiliza pesos elevados basados en porcentajes de 1RM realizando pocas repeticiones por lo general no mayor a cinco repeticiones y con un descanso prolongado entre series, debido a la recuperación de los depósitos de los fosfatos de alta energía (ACSM, 2009). Este mismo método está caracterizado por la magnitud del esfuerzo que se realiza, ya que los porcentajes que se utilizan son muy cercanos a 1RM con los cuales solo es posible realizar entre dos y tres repeticiones por serie, lo cual puede resultar en la mejora de la coordinación intramuscular e intermuscular y por lo tanto mayor producción de fuerza, sin embargo, este método suele ser riesgoso en sujetos con poca experiencia en entrenamiento de fuerza (Zatsiorsky, 2006). Otro tipo de entrenamiento que mejora la fuerza y el tamaño muscular es el método que consiste en hacer crecer la sección transversal del músculo (hipertrofia sarcomérica), este método se realiza con repeticiones intermedias, es decir entre 6 y 12RM con descansos de máximo un minuto entre series (Beachle, 2008). Este mismo método es llamado de esfuerzo repetido en algunas ocasiones, Zatsiorsky (2006) menciona que el porcentaje con el que se trabaja es cerca del 80% con el

que se ejecutan entre 8 y 12 repeticiones, favoreciendo el desarrollo de la hipertrofia muscular. El último de los métodos es el isométrico el cual es llevado a cabo a través de contracciones isométricas mantenidas, es decir tensión muscular constante por un periodo de tiempo y/o un ángulo determinado (Folland, 2005). Una forma distinta de entrenarlo consiste en realizar contracciones isométricas repetidas, es decir realizar una contracción isométrica durante 5 segundos y recuperarse durante 5 segundos más, este método evita la falta de circulación sanguínea, por lo tanto, retrasa la aparición de fatiga muscular.

Evaluación de la fuerza isométrica

Diversos estudios señalan que la evaluación de la fuerza máxima isométrica es fundamental para determinar los valores de potencia y de resistencia a la fatiga muscular (Nuzzo, et al 2008; Stone, et al. 2004).

En la actualidad existen diversos medios para la evaluación de la fuerza isométrica, hasta el momento el dinamómetro isocinético presenta una forma segura y completa de evaluación, tanto para estudios clínicos como para investigación, de tal manera que es considerado el gold standard, sin embargo, el elevado costo de este medio hace que su evaluación sea inviable para la mayoría de las personas (Drouin, 2004).

Por otra parte, el estudio de Steeves, et al. (2018) comprobó la confiabilidad el uso de una célula de carga de un solo eje como medio de medición de la fuerza máxima isométrica, utilizando el hardware Labview y el software Matlab en 10 hombres y 10 mujeres, el cual se calibro la célula de carga, para posteriormente convertir el voltaje generado en dicha célula a unidades de fuerza, el registro se realizó durante 500 milisegundos. Los resultados muestran una correlación de > 0.67 y un coeficiente de

variación de > 10%, los autores concluyen que la producción de máxima fuerza isométrica es importante y en el rendimiento deportivo.

Proceso de validación y confiabilidad de un instrumento de medición

El concepto de validez es definido por AERA (1999) como “el grado en el cual la teoría y la evidencia apoyan las interpretaciones de las puntuaciones de pruebas implicados por los usos propuestos de las pruebas”

La confiabilidad es usada para medir el éxito que tiene algún instrumento de medición, es decir, que funcione de manera adecuada, la fiabilidad es una característica que se busca que tengan los test o pruebas para poder ser consistentes en sus mediciones, además la real academia española (RAE, 2018) la define como “la probabilidad de buen funcionamiento de algo”

Validez predictiva

Un estudio de Laza-Cagigas, Goss-Sampson, Larumbe-Zabala, Termkolli y Nacleiro (2018) en el cual se realizó el proceso de validación y confiabilidad de un nuevo instrumento de medición de fuerza y potencia, la muestra fue constituida de 11 hombres entrenados, los cuales realizaron cinco series de sentadillas que fueron ejecutadas sobre de una plataforma de fuerzas aunado a la captura de video en tres dimensiones y del instrumento a validar. Los valores que encontraron fueron de correlación casi perfecta con (CCC = 0.75 – 0.96), lo que muestra una buena asociación entre los instrumentos utilizados y las variables medidas. Los autores del estudio en cuestión concluyeron que el instrumento es válido y confiable para medir desplazamiento vertical, velocidad promedio y potencia

promedio, así como para estimar la fuerza promedio, pico de velocidad y pico de potencia con cargas del 30% al 90% de 1RM.

En el año 2018, Chamorro, Fuente, Jerez, Campos, Chiroso et al. publicaron un estudio donde se utilizó el dinamómetro electromecánico funcional, para mejorar la estabilidad de la pelvis, en el cual participaron 29 sujetos en 2 sesiones exactamente iguales, las mediciones fueron realizadas en posición acostado de lado, decúbito dorsal y decúbito ventral. En el cual no encontraron diferencias entre el test y el retest en todas las posiciones y en todas las variables medidas, además que encontraron una alta correlación entre el test-retest de ($r = 0.78$ a 0.92 , $p < .001$). los autores de este estudio concluyen que este dinamómetro es un dispositivo valido y confiable para la medición de la fuerza isométrica en los músculos abductores de la cadera.

Metodología

Tipo de estudio

Se realizó un estudio descriptivo de tipo transversal correlacional con tomas de los valores de interés en dos momentos, separados por dos semanas y sin realizar ningún tipo de intervención.

Universo, casos de estudio y/o tipo de muestra

La población fue obtenida de 19 sujetos en un rango de edades de 17 a 35 años, estudiantes del grado en actividad física y deporte de la universidad de Granada, España. Siendo participantes sanos y físicamente activos.

Criterios de inclusión

Pertenecer a la facultad de actividad física y deporte de Granada.

No presentar alguna lesión en miembros superiores.

No realizar ejercicios ni actividades que involucren isometrías en tren superior.

Aceptar su participación en el estudio y firmar el consentimiento informado.

Criterios de exclusión

No Pertener a la facultad de actividad física y deporte de Granada.

Presentar alguna lesión en miembros superiores.

Realizar ejercicios ni actividades que involucren isometrías en tren superior.

Faltar a alguna medición.

Tomar algún tipo de suplementación.

No aceptar su participación en el estudio y/o no firmar el consentimiento informado.

Faltar a más de tres entrenamientos.

Instrumentos

Se utilizó el dinamómetro electromecánico funcional Dynasystem (Symotech, 2017) para evaluar la fuerza isométrica. Otros instrumentos de medición que se utilizaron fueron una báscula con estadiómetro SECA 700, para la medición de longitudes y perímetros fue utilizada una cinta antropométrica de metal flexible de la marca Lufkin y para la composición corporal fue utilizada la TANITA TBF 300.

Procedimiento

Los sujetos de estudio se presentaron en el gimnasio de la alberca olímpica universitaria de la Universidad de Granada, en dicho lugar fueron informados de manera verbal y por escrito del protocolo a llevarse a cabo, les fue proporcionado un documento el cual deberían leer y firmar en caso de que decidieran seguir participando en el presente estudio, sobre cada participante se generó un historial con los siguientes datos: nombre, edad, peso, altura, actividad deportiva que practica y nivel de intensidad, lesiones en miembros superiores, longitud de extremidades superiores, perímetro de brazo (bíceps) y perímetro de antebrazo; posteriormente se realizó la estimación de la masa grasa mediante una báscula de bioimpedancia.

Previo al inicio del test se realizó un trote ligero durante 5 minutos y ejercicios específicos de movilidad de hombro y codo durante 2 minutos. La prueba se compuso de un total de 6 isometrías, 3 por cada brazo en angulaciones de 45 y 90 grados con respecto a la

flexión de codo. En ninguna fase de isometría se repitió la misma angulación de codo para el mismo brazo. Tras realizar cada fase de isometría se realizó un descanso completo de 7 minutos para evitar cambios en los registros de fuerza pico y fuerza media por fatiga.

Tanto para la primera, como para la segunda toma, el orden de los sujetos fue seleccionado de manera aleatoria mediante el uso de SPSS. Entre la primera y segunda toma hubo un periodo de 15 días, restringiendo en todo momento el entrenamiento de la fuerza isométrica a los participantes.

Análisis estadístico

Se utilizó el software SPSS en su versión 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) para realizar los distintos análisis que fueron requeridos, la comprobación de la validez predictiva del dinamómetro electromecánico funcional Dynasystem (Symotech, 2017). Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las variables de la toma 1 y la toma 2 del estudio. Posterior a ello y para fines de conocer si tras el periodo de tiempo de dos semanas de descanso hubo diferencias en cuanto a los niveles de fuerza registrados se procedió a realizar el test-retest a través de la prueba T de Student para muestras relacionadas.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de esta investigación.

Con la finalidad de conocer a validez predictiva del dinamómetro electromecánico funcional Dynasystem (Symotech, 2017) se realizó una correlación de Pearson entre la misma variable durante las dos tomas, el resultado de esto se presenta en las tablas 1 y 2.

Tabla 1
Correlación de las tomas de fuerza media.

Variable	T1	T2	r
	M ± SD	M ± SD	
FM 45° BD	175.06 ± 64.48	172.90 ± 63.16	.907**
FM 45° BND	174.40 ± 66.40	162.48 ± 61.17	.953**
FM 90° BD	171.07 ± 64.21	161.42 ± 59.91	.935**
FM 90° BND	169.92 ± 58.72	160.40 ± 60.81	.913**

FM= Fuerza Media; 45, 90 son ángulos respecto a la flexión de codo; BD= Brazo Dominante; BND= Brazo No Dominante; T1= Toma 1; T2= Toma 2; M= Media; SD= Desviación Estándar; r= correlación de Pearson; **=significancia 0.01.

Tabla 2
Correlación de las tomas de Fuerza Pico

Variable	T1	T2	r
	M ± SD	M ± SD	
FP 45° BD	195.44 ± 71.01	197.72 ± 70.21	.939**
FP 45° BND	195.00 ± 73.36	186.55 ± 70.39	.953**
FP 90° BD	187.72 ± 68.64	178.83 ± 60.92	.977**
FP 90° BND	187.66 ± 64.38	178.83 ± 65.342	.928**

FP= Fuerza Pico; 45°, 90° son ángulos respecto a la flexión de codo; BD= Brazo Dominante; BND= Brazo No Dominante; T1= Toma 1; T2= Toma 2; M= Media; SD= Desviación Estándar; r= correlación de Pearson; **=significancia 0.01.

Como se observa en las tablas anteriores, existe una relación fuerte y significativa entre las dos tomas realizadas para cada variable.

En la tabla 3 se presentan los datos correspondientes a los resultados de la evaluación de la fuerza media en 45° y 90° grados.

Tabla 3
Análisis descriptivo de la Fuerza Media

Variable	T1 M ± SD	T2 M ± SD	Sig. Bilateral <i>p</i>
FM 45° BD	175.06 ± 64.48	172.90 ± 63.16	.074
FM 45° BND	174.40 ± 66.40	162.48 ± 61.17	.023*
FM 90° BD	171.07 ± 64.21	161.42 ± 59.91	.018*
FM 90° BND	169.92 ± 58.72	160.40 ± 60.81	.125

FM= Fuerza Media; 45° y 90° son ángulos respecto a la flexión de codo; BD= Brazo Dominante; BND= Brazo No Dominante; T1= Toma 1; T2= Toma 2; M= Media; SD= Desviación Estándar; *p* (*) = nivel de Significancia a <05.

De acuerdo con el análisis, al realizar la comparación de medias únicamente la prueba de fuerza media con un ángulo de 45° grados en el brazo dominante resulto no significativo (tabla 3). Por el contrario, en la prueba de fuerza media en brazo dominante a 45 grados y a 90 grados para el no dominante no resultaron significativos los valores, como era de esperarse. Fuerza media con un ángulo de 45° es significativamente menor en el brazo no dominante tras las dos semanas; este mismo fenómeno de decremento se muestra tras el mismo periodo en el valor de fuerza media del brazo dominante a los 90 grados.

En la tabla 4 se presentan los resultados de la evaluación de la fuerza pico en 45° y 90°.

Tabla 4

Análisis descriptivo de la Fuerza Pico

Variable	T1 M ± SD	T2 M ± SD	Sig. Bilateral <i>p</i>
FP 45° BD	195.44 ± 71.01	197.72 ± 70.21	.70
FP 45° BND	195.00 ± 73.36	186.55 ± 70.39	.095
FP 90° BD	187.72 ± 68.64	178.83 ± 60.92	.030*
FP 90° BND	187.66 ± 64.38	178.83 ± 65.342	.146

FP= Fuerza Pico; 45°, 90° son ángulos respecto a la flexión de codo; BD= Brazo Dominante; BND= Brazo No Dominante; T1= Toma 1; T2= Toma 2; M= Media; SD= Desviación Estándar; *p* (*) = nivel de Significancia a < 05.

Como se puede apreciar en la tabla 4, la fuerza pico a 45° tanto en el brazo dominante como en el no dominante no presentaron diferencias significativas tras ser evaluados. No así en la evaluación a 90° en donde la evaluación del brazo dominante si presenta una diferencia estadísticamente significativa siendo menor en la segunda evaluación.

Discusión

El objetivo de esta investigación fue evaluar la confiabilidad del dinamómetro electromecánico funcional Dynasystem (Symotech, 2017) los resultados obtenidos en el proceso de confiabilidad del test - retest muestran una alta correlación entre ambas tomas luego de un periodo de dos semanas entre ellas, lo que indica que el instrumento es confiable.

En el estudio, los niveles de fuerza pico fueron mayores en 45° en el brazo dominante, tanto como no dominante, Por otra parte, niveles de fuerza pico registrados en el estudio de Guenzkofer (2012) muestran que a 90° la producción de fuerza fue mayor isométrica, lo cual difiere con los resultados obtenidos en el presente estudio, lo que hace pensar que probablemente indique la falta de control motor (fuerza bruta) y/o la falta de técnica al realizar la medición, por lo que pudieron haber intervenido más músculos o movimientos para tratar de compensar la producción de fuerza a 45°.

Sin embargo, otros estudios (Shaaban, 2008; O'Sullivan, 2002) muestran que la fuerza isométrica muestra buenos picos a los 45° y 90°, también se menciona que sería ideal realizar la medición en posición de sentado y con el antebrazo y mano en posición supina, para proveer una mayor reproducibilidad.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio podemos concluir que el dinamómetro electromecánico funcional Dynasystem (Symotech, 2017), es un instrumento confiable para la evaluación de la fuerza isométrica máxima (pico), así como la fuerza media o promedio en las angulaciones de 45° y 90° con respecto a la flexo extensión de codo y sin restricción de movimiento. Para posteriores estudios se sugiere incluir el uso de

electromiografía para verificar el grado de activación muscular en ambos brazos y angulaciones.

Referencias

- Achten, J., Jeukendrup, A. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med* 33: 517–538.
- American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 41: 687–708, 2009.
- American Education Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education. (1999). *Standards for educational and psychological testing*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Aughey, R. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 6:295–310.
- Baechle T., Earle R. *Essentials of strength training and conditioning*. In: Anonymous. Champaign, IL: Human Kinetics, 2008.
- Beagon, M. (2005). *The elder Pliny on the human animal: Natural history*. Oxford University Press, USA.
- Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2018). *Periodization-: theory and methodology of training*. Human Kinetics.
- Buckner, S. L., Jessee, M. B., Dankel, S. J., Mattocks, K. T., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2018). Resistance exercise and sports performance: The minority report. *Medical hypotheses*, 113, 1-5.
- Cerda Vega E, Jerez-Mayorga D, Machado Payer R, Campos Jara C, Guzman Guzman I, Reyes Ponce A, et al.(2018) *Validity and reliability of evaluating hip abductor strength using different normalization methods in a functional electromechanical device*. PLoS ONE 13(8): e0202248.
- Chamorro, C., Fuente, L., Jerez, D., Campos, C., Chiroso, L. et al. (2018) Reliability of Shoulder Rotators Isometric Strength Test using a Novel Pulley Electromechanical

- Dynamometer. Influence of the Assessment Position, *Asian Journal of Sports Medicine* 9(2):e60406. doi: 10.5812/asjasm.60406.
- Drouin, M., Valovich-mcLeod, T., Shultz, S., Gansneder, B., Perrin, D. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 91(1):22–9. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0933-0>.
- Earle, R., Beachle, T. (2006). *Essentials of Personal Training*. Lincoln, NE: NSCA
- Edwards, S., White, S., Humphreys, S., Robergs, R., O'Dwyer, N. (2018). Caution using data from triaxial accelerometers housed in player tracking units during running. *Journal of Sport Sciences* 36(11):1287-1295. doi: 10.1080/02640414.2017.1374707.
- Folland, J., Hawker, K., Leach, B., et al., (2005). Strength training at a range of joint angles versus dynamic strength training. *J Sports Sci*; 23:817-824.
- Guenzkofer, F., Bubb, H., Bengler, K. (2012). Maximum elbow joint torques for digital human models. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation.* 3. 109 - 132. 10.1504/IJHFMS.2012.051092.
- Haff, G., & Triplett, T. (2015). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4th ed). Champaign, IL: Human kinetics.
- Impellizzeri, F., Marcora, S., Coutts, A. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- Issurin, V. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. (2010). *Sports Med.* 1;40(3):189-206. doi:10.2165/11319770-000000000-00000.
- Kraemer, W., and Ratamess, A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription resistance exercise and sports performance: The minority report. *Medical hypotheses*, 113, 1-5.
- Lambert, M., Borresen, J. Measuring Training Load in Sports. (2010). *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 406-411. Human Kinetics.

- Mayhew, J., Prinster, J., Ware, J., et al. Muscular endurance repetitions to predict bench press strength in men of different training levels. 1995. *J Sports Med Phys Fitness*;35:108-13.
- Mayhew, J., Jacques, J., Ware, J., Chapman, P., Bemben, M., Ward, T., Slovak, J., (2004). Anthropometric dimensions do not enhance one repetition maximum prediction from the NFL-225 test in college football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 18, 572e578.
- Nuzzo, L., McBride, J., Cormie, P., McCaulley, G., (2008). Relationship Between Countermovement Jump Performance and Multijoint Isometric And Dynamic Tests Of Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*. National Strength and Conditioning Association.
- O'Sullivan, L., Gallwey T. (2002). Upper-limb surface electro-myography at maximum supination and pronation torques: the effect of elbow and forearm angle. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 12: 275–285.
- Shaaban H, Pereira C, Williams R, et al. (2008). The effect of elbow position on the range of supination and pronation of the forearm. *Journal of Hand Surgery European Volume* 33: 3–8.
- Real Academia Española. (2001). Disquisición. En *Diccionario de la lengua española* (22.^a ed.).
- Rebelo, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., Drust, B., Krustup, P. (2012). A new tool to measure training load in soccer training and match play. *International Journal of Sports Medicine* 33, 297–304.
- Steeves, D et al. Reliability and Validity of a Novel Trunk Strength Assessment for High Performance Sprint Flatwater Kayakers. *International Journal of Sports Physiology and Performance* © 2018 Human Kinetics.
- Stone, M., Sands, W., Carlock, J., Callan, S., Dickie, D., Daigle, K., Cotton, J., Smith, S., Hartman, M., 2004. The Importance Of Isometric Maximum Strength And Peak Rate-

Of-Force Development In Sprint Cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 878–884 q 2004 National Strength & Conditioning Association.

Wallace, L., Slattery, K, Coutts, A. (2009). The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *J Strength Cond Res*.23:33–8.

Zatsiorsky, V., Kraemer, W. (2006). *Science and Practise of Strength Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Anexos

Anexo 1.



HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE

PROYECTO DE EVALUACIÓN DEL BICEPS

Estimado señor/a:

Este documento constituye su aceptación formal para colaborar de forma voluntaria en el siguiente estudio de investigación. Además de ser, requisito indispensable para participar en él.

A continuación, se explicaran los tratamientos a los que el sujeto de estudio se someterá, con la intención de que pueda decidir libremente su incorporación al estudio.

Se llevarán a cabo dos sesiones de evaluación con un descanso de dos semanas. Se realizará un calentamiento inicial de la musculatura implicada en la flexo/extensión del codo. El protocolo de evaluación de la fuerza isométrica de flexión de codo será el siguientes:

1. La fuerza isométrica de flexión de codo a 45°, 90° y 135° se evaluará mediante el uso del dinamómetro DYNAsystem:
 - a. Primera isometría: el brazo derecho y a continuación el brazo izquierdo.
 - b. Segunda isometría: el brazo derecho y a continuación el brazo izquierdo.
 - c. Tercera isometría: el brazo derecho y a continuación el brazo izquierdo.

En ninguna fase de isometria se repetirá la misma angulación de codo para el mismo brazo, es decir, la prueba se compondrá de un total de 6 isometrías, 3 por cada brazo.

Tras realizar cada fase de isometria se realizará un descanso completo de 7 minutos.

Comprendido todo lo anterior:

Yo, D. _____, con DNI _____, acepto participar en el proyecto de evaluación del biceps que se llevará a cabo en la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada.

Facultad de Ciencias del Deporte
Carretera de Alfacar s/n
18071 Granada
Tf: (+34) 958244379

Ignacio Pelayo Tejo
ipelayo@correo.ugr.es



Anexo 2.



NOMBRE			
CORREO		MOVIL	
EDAD		SEXO	
MANO DOMINANTE			

- ¿Tienes alguna enfermedad?:
 - Si la respuesta es Sí, ¿Cuál?:
- ¿Tomas alguna medicación?:
 - Si la respuesta es Sí, ¿Cuál?:
- ¿Has tenido alguna lesión en miembro superior? ¿cual?
- ¿Has perdido la sensibilidad en brazo, antebrazo, manos o dedos?
- ¿Practicas algún deporte?:
 - Si la respuesta es Sí, ¿Cuál?:
 - ¿Cuántas horas a la semana?:
 - ¿Cuántos años llevas practicando ese deporte?:
- ¿Cuántas horas a la semana dedicas a la musculación?:
- ¿Tomas algún tipo de suplementación?
 - Si la respuesta es Sí, ¿Cuál?:

PESO 1 (kg)	PESO 2 (Kg)	PESO MEDIO (Kg)	MASA GRASA (%)	MASA GRASA (Kg)	MASA MAGRA (Kg)

TALLA 1 (m)	TALLA 2 (m)	TALA MEDIA (m)

ANTEBRAZO (Cm)	PERÍMETRO DEL ANTEBRAZO (Cm)

BRAZO (Cm)	PERÍMETRO DEL BRAZO RELAJADO (Cm)	PERÍMETRO DEL BRAZO CONTRAIDO (Cm)

Facultad de Ciencias del Deporte
Carretera de Alfacar s/n
18071 Granada
Tlf: (+34) 958244379

Ignacio Pelayo Tejo
ipelayo@correo.ugr.es

