



ESCUELAS UNIVERSITARIAS
GIMBERNAT-CANTABRIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

Fiabilidad de una aplicación móvil para valorar la fuerza del hombro en personas sanas.

Protocolo de estudio.

Reliability of a smartphone application to assess shoulder strength in a healthy population.

A study protocol.

Autores: Asier González Esteban & Eider Dorronsoro Aramburu

Director: Oscar Vila Dieguez

Fecha de entrega: 5 de junio del 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DEL TRABAJO

FIN DE GRADO

Por medio de la presente, yo Asier González Esteban alumno/a del Grado en Fisioterapia de las Escuelas Universitarias Gimbernat-Cantabria, en relación con el Trabajo Fin de Grado (TFG) titulado “Fiabilidad de una aplicación móvil para valorar la fuerza del hombro en personas sanas”, declaro que es de mi autoría y original.

Asimismo, declaro que depositando este TFG y firmando el presente documento confirmo que:

- Este TFG es original y he citado las fuentes de información debidamente.
- La autoría del TFG es compartida alumno/a y director/a.
- Soy plenamente consciente de que no respetar estos extremos es objeto de sanción por el órgano civil competente, y asumo mi responsabilidad ante reclamaciones relacionadas con la violación de derechos de propiedad intelectual.

En Bilbao, a 1 de mayo del 2020.

Fdo.: Asier González Esteban

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Asier González Esteban', written in a cursive style.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DEL TRABAJO

FIN DE GRADO

Por medio de la presente, yo Eider Dorronsoro Aramburu alumno/a del Grado en Fisioterapia de las Escuelas Universitarias Gimbernat-Cantabria, en relación con el Trabajo Fin de Grado (TFG) titulado “Fiabilidad de una aplicación móvil para valorar la fuerza del hombro en personas sanas”, declaro que es de mi autoría y original.

Asimismo, declaro que depositando este TFG y firmando el presente documento confirmo que:

- Este TFG es original y he citado las fuentes de información debidamente.
- La autoría del TFG es compartida alumno/a y director/a.
- Soy plenamente consciente de que no respetar estos extremos es objeto de sanción por el órgano civil competente, y asumo mi responsabilidad ante reclamaciones relacionadas con la violación de derechos de propiedad intelectual.

En Getxo, a 1 de mayo del 2020.

Fdo.: Eider Dorronsoro Aramburu



ÍNDICE

| | |
|-----------------------------------|----|
| ABREVIATURAS | 1 |
| RESUMEN | 2 |
| ABSTRACT | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA | 10 |
| HIPÓTESIS | 11 |
| OBJETIVOS | 11 |
| METODOLOGÍA | 12 |
| Participantes | 12 |
| Duración del seguimiento..... | 13 |
| Variables | 13 |
| Medidas | 14 |
| Procedimiento..... | 14 |
| Procesamiento de datos..... | 18 |
| Análisis estadístico | 19 |
| Aspectos éticos del estudio | 21 |

| | |
|--|----|
| RESULTADOS | 23 |
| FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL ESTUDIO | 30 |
| PLAN DE TRABAJO | 31 |
| APLICABILIDAD Y UTILIDAD PRÁCTICA DE LOS RESULTADOS | 32 |
| DISCUSIÓN..... | 32 |
| ANEXOS..... | 36 |
| Plantilla de recogida de datos | 36 |
| Hoja de información | 37 |
| Compromisos..... | 41 |
| Compromisos de los investigadores | 41 |
| Compromiso del tutor | 44 |
| Consentimiento informado | 45 |
| Modelo para el trabajo fin de grado (presentación al CEIm) | 47 |
| BIBLIOGRAFÍA | 53 |

ABREVIATURAS

ABD: Abducción

ADD: Aducción

App: Aplicación móvil

r: Coeficiente de correlación de Pearson

COVID-19: Coronavirus disease

Hz: Hercios (unidad de medida de frecuencia)

IBM: International Business Machines Corporation

m/s²: Metros partido de segundo al cuadrado (unidad de medida de la aceleración)

m/s: Metros partido de segundo (unidad de medida de la velocidad)

ROM: Range of movement

RM: Repetición máxima

RE: Rotación externa

RI: Rotación interna

SPSS: Statistical package for the social sciences

CSV: Valores separados por comas

RESUMEN

Introducción:

El hombro es una articulación propensa a sufrir lesiones debido en parte a su gran movilidad. La fuerza muscular es un factor importante a tener en cuenta a la hora de valorar disfunciones de hombro, y puede medirse mediante diferentes máquinas o sensores especializados, ambos difícilmente accesibles para la gran mayoría de los fisioterapeutas. Además, se ha comprobado que la valoración manual de la fuerza tampoco es del todo fiable, por lo que es necesario desarrollar nuevos métodos fiables de valoración. Por ello, se plantea el uso de una aplicación móvil (App) como una posible alternativa, ya que es una herramienta muy accesible y fácil de utilizar. Numerosos estudios la han utilizado para analizar su fiabilidad a la hora de valorar el rango de movimiento o la fuerza en ejercicios funcionales poliarticulares. Sin embargo, pocos han investigado esta herramienta para valorar la fuerza en diferentes movimientos de hombro de manera específica.

Objetivo:

Evaluar la fiabilidad de la aplicación móvil Force Data, comparada con un dinamómetro, a la hora de valorar la fuerza del hombro en una población joven y sana.

Metodología:

20 participantes entre 18-40 años serán evaluados mediante la ejecución de 3 movimientos de hombro. Los datos serán recogidos tanto por un dinamómetro hidráulico de mano como por una aplicación móvil (Force Data) y posteriormente serán comparados para determinar la fiabilidad de la herramienta.

Plan de análisis de resultados:

Para analizar los resultados se utilizará el programa Statistical package for the social sciences (SPSS) de International Business Machines Corporation (IBM). Se realizará un índice de correlación de Pearson (r) para determinar la correlación entre ambas herramientas. También se analizarán los datos ordenándolos de mayor a menor en función de cada herramienta y analizando la coincidencia entre ambas. Finalmente, se calcularán los cuartiles utilizando los datos del dinamómetro y se dividirá la muestra en 4 grupos iguales para analizar si las diferencias entre esos 4 grupos son estadísticamente significativas y si ambas herramientas lo determinan de la misma manera.

Fortalezas y debilidades:

Este estudio analiza la variable de fuerza de forma novedosa y en caso de encontrar una alta correlación entre ambas herramientas, daría paso a futuros estudios en este ámbito. La mayor debilidad es la imposibilidad de obtener una máquina isocinética como instrumento de investigación (gold standard), seguido por el hecho de que no todos los movimientos posibles del hombro son evaluados.

Discusión:

Si tenemos en cuenta estudios previos en los que se han investigado las diferentes competencias a nivel de salud de las aplicaciones móviles, podríamos decir que estas son en mayor medida fiables, capaces de valorar la fuerza en varios ejercicios funcionales, rápidas y con un feedback positivo en cuanto a su uso. Sin embargo, hay preguntas que aún no se han respondido como el uso de estas herramientas para el análisis de la fuerza en regiones más

analíticas como un hombro. Es necesaria una mayor y exhaustiva investigación, con el objetivo de confirmar totalmente las hipótesis planteadas en este estudio.

Palabras clave:

Fuerza del hombro, aplicación móvil, dinamómetro y fiabilidad

ABSTRACT

Introduction:

The shoulder complex is susceptible to injury due to its great mobility. Muscle strength is an important factor when it comes to shoulder assessment. This can be measured by different machines or special sensors, both of which are frequently not available to the vast majority of physical therapists. In addition, it has been demonstrated that manual strength tests are not reliable and, therefore, new reliable assessment methods need to be developed. Smartphone applications (Apps) are very accessible and easy to use and could be a viable alternative. Many studies have used this method to assess range of movement or strength in functional exercises that involve several joints. However, few studies have investigated the reliability of this method to assess specific shoulder movements.

Objective:

To evaluate the reliability of the Force Data mobile application compared with a dynamometer to assess shoulder strength in a young and healthy population.

Material and methods:

20 participants between 18-40 years old will be assessed on three shoulder movements. The data will be gathered by both a hand-held hydraulic dynamometer and a mobile application (Force Data) and, subsequently, compared to determine the reliability of the experimental tool.

Results analysis plan:

Statistical package for the social sciences (SPSS) software by International Business Machines Corporation (IBM) will be used to analyze the results. A Pearson correlation

coefficient (r) will be carried out in order to determine the correlation between both tools. The data will also be analyzed by ordering it from greater to smaller values according to each tool and analyzing the coincidence between tools. Finally, the quartiles will be calculated using the dynamometer data and the sample will be divided into 4 equal groups to analyze whether the differences between these 4 groups are statistically significant and if the same conclusion can be drawn by both tools.

Strong and weak points:

This study analyzes the strength variable in a novel way and, if a high correlation were found between both tools, it would provide valuable information for future studies in this field. The greatest weakness is the impossibility of obtaining an isokinetic machine as a research instrument (gold standard), followed by the fact that not every possible shoulder movement is evaluated.

Discussion:

Based on previous studies that have investigated different uses at a health level of mobile applications, we could say that these seem to be reliable, capable of assessing strength in any several functional exercises, fast and with a positive feedback regarding their use. However, there are unanswered questions such as the use of this tool to assess strength of analytical regions like the shoulder. Further research is required to fully confirm the hypotheses set out in this study.

Key words:

Shoulder strength, mobile application, dynamometer and reliability.

INTRODUCCIÓN

El hombro es una región compleja de cuatro articulaciones recubierta de músculos y ligamentos que hacen que sea más estable en el amplio rango de movimientos que abarca (1). Es la articulación más móvil del cuerpo humano, y debido a eso y a las fuerzas de reacción articular y uso excesivo, puede verse afectada por un amplio espectro de patologías (2).

El dolor de hombro es la tercera causa más común de dolor musculoesquelético (3). Se ha visto que la prevalencia es de 7-27% en los adultos menores de 70 años y de 13,2-26% en adultos mayores de 70 años. La prevalencia de 1 mes de dolor es de 19-31%, mientras que la de 1 año es de 5-47% y la de dolor a lo largo de toda la vida es de 7-67%. Además, parece aumentar con la edad y ser mayor en el sexo femenino (4).

Los deportes con mayor prevalencia de lesiones de hombro son el fútbol, ciclismo, esquí y artes marciales, y varía con la edad y género, siendo más predominante en hombres jóvenes. El 29% de las lesiones del hombro que se han analizado han sido relacionadas con el deporte. La articulación más afectada es la acromioclavicular, representando más de un 50% de los casos (5) y se da en caídas sobre el hombro con el brazo en aducción (6).

En cuanto a los deportes específicos con movimiento del hombro por encima de la cabeza, el más propenso a ocasionar lesiones es el béisbol, seguido del tenis, voleibol y lanzamiento de jabalina. Dentro de estos deportes, los problemas más comunes son el déficit de rotación interna glenohumeral, pinzamiento interno, lesión del labrum superior anteroposterior y desgarro del manguito rotador (en especial infraespinoso y supraespinoso) (7,8). No hay mucha evidencia sobre factores de riesgo de lesión en estos deportes, sin embargo, la mayoría de los descritos son factores intrínsecos no modificables como la edad o el sexo (9). Otro problema frecuente

es la inestabilidad de hombro, proceso patológico que causa síntomas durante la traslación de la cabeza humeral en relación con la glenoides como pueden ser dolor, debilidad y pérdida del rendimiento (10). En el 52,1% de los casos se da por una subluxación anterior o por una dislocación. Esto supone que los atletas lesionados se pierdan una media de 8 días y que el 30% de las lesiones requieran cirugía (11).

A la hora de relacionar la fuerza de hombro y las lesiones en lanzadores de béisbol, se ha visto que existe una relación entre la debilidad del supraespinoso y un aumento de riesgo de lesión (12). En cuanto a la pérdida de fuerza entre una extremidad y otra, las diferencias de rotación interna de fuerza mayores del 20% mantienen relación con haber sufrido una lesión previa, mientras que el tener una diferencia menor del 10%, no es indicativo de haber sufrido una lesión anterior (13).

Para valorar la fuerza en la clínica, las máquinas isocinéticas resultan ser un método difícilmente accesible, no obstante, es una herramienta de referencia para conocer si hay algún desequilibrio muscular entre los agonistas y los antagonistas o para reorientar la rehabilitación hacia un grupo muscular en concreto (14). También nos aportan parámetros objetivos que pueden ser utilizados para evaluar y analizar el rendimiento de un deportista (15).

Se han investigado también los efectos de valorar la fuerza mediante un dinamómetro de mano conectado a un smartphone. Al tratarse de una herramienta de auto valoración, no depende de la presencia de un profesional, y además puede realizarse fuera de la clínica y enviar los resultados al momento a través del teléfono móvil (16). Incluso se ha demostrado que los dinamómetros digitales de bajo coste tienen una excelente validez en relación al dinamómetro isocinético (gold standard), así como una excelente fiabilidad intra-evaluador para valorar la fuerza isométrica máxima en los principales movimientos de la extremidad superior (30).

Además, este tipo de herramientas digitales también pueden medir la fuerza en ejercicios concéntricos como en excéntricos, como es el caso del dinamómetro Biodex System-4 (34).

En cuanto a la valoración manual (contra-resistidos), es poco fiable ya que se ha demostrado que es muy difícil detectar la debilidad muscular de un hombro lesionado respecto al sano conservando el 60-99% de la fuerza. En casos en los que la fuerza del hombro lesionado respecto al hombro sano es menor de 60% pueden darse como positivo todas las exámenes (22). Además, mediante esta técnica no es posible diferenciar entre el equilibrio de fuerza muscular entre agonista y antagonista (15). Esto hace preguntarnos si existe alguna otra alternativa para medir la fuerza muscular, de forma rápida, fiable y eficiente.

Una posible alternativa para valorar la fuerza es la relación carga-velocidad, la cual puede usarse para conocer la fuerza máxima de un sujeto (23), siendo una variable siempre sólida y lineal (24). Se ha demostrado que la velocidad media es una buena variable para determinar perfiles de carga-velocidad (25). Ésta puede ser medida mediante la grabación y el posterior análisis de un ejercicio monoarticular, analizando la velocidad de desplazamiento de la carga mediante una aplicación móvil, en el caso de este estudio (26), Mylift.

La velocidad de movimiento se ha propuesto como una herramienta eficaz para prescribir la carga durante el entrenamiento de resistencia en adultos jóvenes y sanos. Por lo tanto, la variable velocidad-movimiento también podría ser útil para prescribir las cargas durante el entrenamiento de resistencia (27). Una de las herramientas más fiables para medir la velocidad, aceleración y el desplazamiento es el sensor conocido como Inertial Measurement Unit. No obstante, también se ha validado el uso del smartphone como instrumento de evaluación de la velocidad del hombro en diferentes ejes y planos (17). Asimismo, se ha demostrado el uso de los sensores para valorar la movilidad del hombro, pero al ser difícilmente accesibles, debido

a su elevado coste, se han comenzado a diseñar diferentes aplicaciones móviles con el fin de evaluar a los pacientes, valorando el rango de movimiento (ROM) satisfactoriamente (18, 19, 20). Estas aplicaciones móviles pueden ser utilizadas en la toma de las diferentes variables de medición de la articulación del hombro.

Además, el desarrollo de estas nuevas tecnologías hace más atractivas las rehabilitaciones y las sesiones con los pacientes (17). Esto resulta valioso ya que los pacientes muestran más adherencia al tratamiento. De la misma manera, los pacientes muestran satisfacción al usar aplicaciones móviles en la rehabilitación (21). Finalmente, también es interesante el hecho de que poseen la capacidad para ir explicando las instrucciones de los ejercicios que deben realizar los pacientes, e ir aumentando su motivación a lo largo de la actividad física (21).

JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA

Como fisioterapeuta, resulta muy importante contar con herramientas lo más accesible posibles, ya que cuanta más variedad de recursos tengamos, más adecuada será nuestra elección y más completo el diagnóstico y tratamiento que recibirán nuestros pacientes. Es por eso que la relevancia de este estudio radica en utilizar algo sencillo y al alcance de todos como es una aplicación móvil, y utilizarla para poder evaluar de forma satisfactoria y concisa la fuerza de un segmento articular, en el caso de este estudio, el hombro.

Ante el alto coste de aparatos para medir la fuerza como son los isocinéticos, encoders o dinamómetros, esta investigación pretende presentar una alternativa barata y eficaz para cubrir una necesidad actual en fisioterapia, como es la valoración de la fuerza de un sujeto. Esto es debido a que se ha comprobado que técnicas utilizadas habitualmente en la clínica como la valoración manual de la fuerza mediante contra-resistidos no son del todo fiables, ya que existe

evidencia de que es muy difícil detectar manualmente la debilidad muscular de un hombro lesionado respecto al sano conservando el 60-99% de la fuerza (22).

Los resultados obtenidos en este estudio se utilizarán con el fin de confirmar la hipótesis planteada, así como para dar una mayor visibilidad a este tipo de herramientas poco conocidas pero efectivas en su ámbito. Los principales beneficiarios serán los fisioterapeutas, readaptadores, preparadores físicos, deportistas, pacientes y en general cualquier persona del ámbito sanitario interesada en nuevos métodos de evaluación de fuerza más accesibles.

HIPÓTESIS

Como hipótesis de investigación, se propone que la App Force Data será capaz de emitir valores que tengan correlación con los obtenidos por el dinamómetro y que diferirán del mismo modo en ambas herramientas entre todos los participantes.

OBJETIVOS

El objetivo principal por el que se realiza este trabajo de investigación es evaluar la fiabilidad de la aplicación móvil Force Data, comparada con un dinamómetro, a la hora de valorar la fuerza del hombro en una población joven y sana.

También nos marcaremos ciertos objetivos secundarios, detallados a continuación:

- Conocer el movimiento que más/menos fuerza ha sido capaz de generar.
- Cuál ha sido la carga más/menos fiable de la aplicación para cada tipo de movimiento.
- Conocer la velocidad de medición de cada herramienta.
- Observar cómo influye en el paciente el uso de las aplicaciones móviles en cuanto al feedback.

METODOLOGÍA

Participantes:

El tamaño muestral consistirá en 20 participantes, los cuales serán sometidos a una medición de fuerza del hombro mediante un dinamómetro y una aplicación móvil (Force Data).

Para seleccionar la muestra del estudio a realizar, será necesario contactar con gente de nuestro entorno, a los que se les propondrá formar parte en un estudio, en el cual se podrá validar una App para medir la fuerza de hombro. Esta herramienta experimental será comparada con un dinamómetro.

Para contactar con los participantes que cumplan los criterios de inclusión, se utilizará la vía telefónica y las redes sociales, con el fin de confirmar la predisposición y voluntad de cada uno de los sujetos para participar en el estudio como parte de la muestra. Estos serán los criterios elegidos a cumplir para poder participar en el estudio:

- Criterios de inclusión:
 - Tener entre 18 y 40 años.
 - Realizar actividad física mínimo una vez a la semana.
- Criterios de exclusión:
 - Tener dolor actual de hombro.
 - Padecer problemas de estabilidad (mareos, pérdidas de equilibrio, problemas vestibulares).
 - Haber sufrido roturas tendinosas masivas o roturas ligamentosas en el hombro en el último año.
 - Haber sufrido luxaciones recidivantes de hombro.

- Tener alguna enfermedad reumatológica.
- Padecer inestabilidad de hombro.
- Tener un gran déficit de rango de movimiento.

El objetivo de estos criterios será evitar posibles sesgos en la recogida de datos ya sea mediante el dinamómetro como con la aplicación móvil.

Duración del seguimiento:

El estudio tendrá una duración total de 9 meses, comprendidos entre noviembre y junio. Al tratarse de un protocolo de estudio de un estudio transversal, no se necesitará mantener un seguimiento de los participantes ya que no se recogerán nuevos datos después de la primera recogida. Tampoco se dividirá a los participantes en dos grupos, todos ellos recibirán el mismo tipo de medición de la fuerza de hombro mediante las dos herramientas.

Variables:

Las dos variables principales que se presentan en este estudio y que se utilizan para calcular la correlación que existe entre las dos herramientas son variables cuantitativas independientes:

- Fuerza o “strength” (kg) medida por el dinamómetro.
- Fuerza o “Force” (N) medida con la aplicación Force Data.

En un análisis secundario donde se segmentará la muestra por cuartiles ordenando los datos obtenidos en orden ascendente, cada segmento conformará un grupo y, por lo tanto, las dos variables mencionadas anteriormente pasarán a ser variables dependientes, mientras que el grupo será la variable independiente.

Medidas:

Ambas herramientas medirán la fuerza de hombro de los participantes mediante diferentes mecanismos. El dinamómetro se valdrá de los kilos de fuerza que aplican los participantes en momentos isométricos, mientras que la App, en cambio, lo hará mediante sensores del iPhone para medir la aceleración (m/s²). La carga se introducirá de manera manual en la aplicación, de manera que multiplicando estas dos variables la aplicación nos proporcionará de manera automática la fuerza (N). En el caso de la aplicación móvil se utilizarán diferentes cargas para analizar si alguna tiene más correlación con el dinamómetro.

La principal medida adoptada para evitar posibles sesgos será comprobar que todos los participantes del estudio realicen todos los pasos que se han marcado de igual manera. Se comprobará el cumplimiento de la realización de las mediciones de manera correcta, a continuación del calentamiento, bajo la supervisión de los investigadores, evitando que no se cometan errores que puedan llevar a cometer sesgos en el estudio.

Procedimiento:

Todos los datos y observaciones que se obtengan en el momento de la toma de datos se apuntarán en una plantilla en la que todo quedará registrado. (ANEXOS 1)

Para la toma de datos contaremos con el siguiente material:

- Teléfono móvil (con la aplicación Force Data instalada).
- Brazaletes de Running (para poder anclar el teléfono en el hombro y que este sea capaz de medir los parámetros del movimiento).
- Dinamómetro hidráulico de mano.

El procedimiento de toma de datos con los participantes se llevará a cabo en un periodo aproximado de 40 días en los que los participantes serán convocados en la Escuela Universitaria Gimbernat de Torrelavega para la recogida de datos. El proceso consistirá en determinar objetivamente la fiabilidad con la que la App podrá medir la fuerza durante varios movimientos concretos, sirviéndose de la aceleración y la masa ($F = m \cdot a$). Posteriormente, esos datos recogidos serán contrastados con los recogidos por un dinamómetro, ejecutando los mismos movimientos en posición isométrica, con el fin de analizar la correlación que ambas herramientas mantendrán.

Primero, se apuntarán los datos del participante (nombre, apellido y correo electrónico), a la vez que se le entregará la hoja de información al paciente y el consentimiento informado, mientras se le irán explicando las pruebas que se le irán a realizar, con el objetivo de que tuviese lo más claro posible qué movimientos le iremos a pedir, para qué, y cuál será su función dentro del estudio. Una vez realizados estos pasos, se le propondrá ejecutar un calentamiento de 10 minutos de duración aproximadamente, con el objetivo de prevenir una posible lesión o dolencia. El calentamiento consistirá en:

1. Flexión-Abducción (ABD)/Aducción (ADD)/Rotación interna (RI)/Rotación externa (RE) (2 series de 10 repeticiones)
2. Elevación de rodillas balístico (2 repeticiones de 30 segundos)
3. Flexiones sobre las rodillas (1 serie de 5 repeticiones)
4. Plancha frontal (2 repeticiones de 30 segundos)
5. Plancha lateral (2 repeticiones de 30 segundos)
6. Estiramientos dinámicos extremidad superior (Movimientos de ida y vuelta, 1 serie de 10 repeticiones por brazo):

- a. Pectoral y Bíceps: Con el brazo en extensión, con una ABD de 90° y apoyado en una pared, realizar una rotación contralateral del tronco.
- b. Tríceps: Realizar una flexión de la ES y del codo, ayudándose con la otra extremidad para ejercer más tensión hacia el suelo.
- c. Antebrazo: Realizar una flexión palmar y dorsal de muñeca, mientras ejercemos sobrepresión con la otra mano.

El último paso antes de comenzar a pasar las pruebas será preguntar al participante por su dominancia, es decir, si es diestro o zurdo. Una vez llegado hasta aquí, se realizará la medición de forma bilateral, primero utilizando el dinamómetro y después mediante el Smartphone. Esta medición consistirá en 3 intentos por cada movimiento y por herramienta (dinamómetro y Force Data). Es decir, 3 intentos de cada movimiento de hombro que se medirá con el dinamómetro: flexión-ABD (en el plano escapular), RE y ABD horizontal. Se cogerá el resultado con más valor suponiendo que, si el participante es capaz de llegar a ese resultado, será porque podría ser su repetición máxima (RM).

Al hacerlo con la aplicación Force Data, al igual que con el dinamómetro, cada movimiento también se repetirá 3 veces, esta vez añadiendo cargas diferentes: 0 kg, 2 kg, 4 kg y 6 kg. Por lo tanto, se obtendrán 12 mediciones por cada extremidad con la aplicación móvil, puesto que cada movimiento del hombro se realizará 3 veces con cada masa. La propia aplicación será la que reúna los datos de cada movimiento y carga de los participantes, haciendo así más fácil la recogida de datos a los investigadores. Las 3 mediciones de cada movimiento con sus respectivos pesos se realizarán sin descanso entre ellas, así se obtendrá un único Excel del participante de cada movimiento y carga. Las dos herramientas medirán ambas extremidades

de los pacientes, por lo que finalmente habrá 18 mediciones obtenidas con el dinamómetro y 24 con la aplicación móvil.

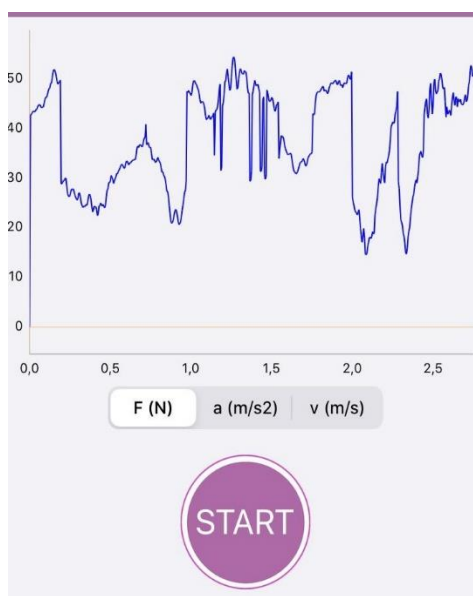
Por lo que a las posiciones respecta, a la hora de recoger los datos mediante el dinamómetro, los participantes se situarán en bipedestación para la flexión-ABD, decúbito supino para la RE y en decúbito lateral contralateral para la ABD horizontal. En el caso del primer movimiento, el investigador colocará el dinamómetro en la muñeca del participante, el cual deberá resistir la fuerza aplicada por el investigador. En la RE, el paciente se colocará en decúbito supino con el hombro a 90° de ABD y 90° de flexión de codo. El dinamómetro será colocado en la cara palmar de la muñeca y el otro brazo del investigador en la cara anterior del codo para evitar que se mueva al ejecutar el movimiento. Por último, en el caso de la ABD horizontal, el paciente se colocará en decúbito lateral contralateral, con el brazo en 90° de flexión y el investigador posará el dinamómetro en el dorso de la muñeca intentando que el participante aplique su fuerza isométrica máxima.

Posteriormente, en cuanto a la medición a través de la aplicación móvil, las posiciones para realizar el movimiento cambiarán levemente. Para todas las mediciones, el móvil se sujetará en el brazo mediante un brazalete. El movimiento de flexión-ABD en el plano escapular se realizará de igual manera que con el dinamómetro. En la RE, el paciente se colocará en sedestación con la extremidad inferior homolateral flexionada para que el codo se pudiera apoyar en la rodilla y hacer el movimiento. Para finalizar, en el caso de la ABD horizontal, el paciente se colocará en la misma posición que en la realización con el dinamómetro, e intentará en todos los movimientos y con todos los pesos hacer el movimiento lo más rápido posible.

Procesamiento de datos:

Los datos proporcionados por el smartphone serán recogidos mediante la aplicación Force Data, diseñada por Carlos Balsalobre. Esta App utilizará los sensores del smartphone para medir la aceleración (m/s²), la fuerza (N) y la velocidad (m/s) con la que se realizará un movimiento concreto. Además, exporta los datos crudos a un archivo de valores separados por comas (CSV), así como los datos filtrados con un filtro low-pass y con un filtro Kalman. Este archivo CSV se utilizará para crear curvas fuerza-tiempo. El sensor será capaz de medir cualquier gesto dentro de los 3 planos de movimiento (X, Y, Z) y medirá a una frecuencia de 200 hercios (Hz). En este plano tridimensional se podrán representar todos los movimientos realizados por nuestro cuerpo en el espacio, ya sean en el plano frontal, sagital o transversal. En este estudio, los movimientos a analizar serán la flexión-abducción, la rotación externa y la abducción horizontal, todos ellos medidos en ambas extremidades superiores. Estas variables se repetirán en las cuatro cargas distintas utilizadas; 0, 2, 4 y 6 kg. Los 0 kg en la aplicación se representarán como 0,1, para que la fórmula $[F = m \cdot a]$ sea matemáticamente viable.

Figura 1. Ejemplo gráfico Force Data



Estos datos se compararán con los recogidos por el dinamómetro hidráulico reproduciendo los mismos movimientos en isométrico. El dinamómetro es un instrumento utilizado para medir fuerzas, basando su funcionamiento en el estiramiento de un resorte que sigue la ley de elasticidad de Hooke en el rango de medición. En este caso el procesamiento de los datos será recogido de forma manual, mediante una plantilla de recogida de datos con los distintos parámetros a analizar: tipo de movimiento, dominancia, carga... El depósito en el cual se almacenará la información recogida será un correo electrónico bajo contraseña, mediante un patrón de nombramiento concreto e idéntico en todos los casos, que nos permitirá tener controlados y ordenados todos los archivos.

El patrón de nombramiento consistirá en siglas compuestas mediante la primera letra del nombre (por ejemplo, si el participante se llama Carlos, corresponderá una letra C), seguido de la primera letra del primer apellido y a continuación indicaremos si su brazo dominante es el derecho (D) o el izquierdo (I). Se proseguirá con los movimientos a analizar, en el caso de realizar el movimiento de Flexión-ABD, se pondrá la letra F, si el movimiento realizado es la rotación externa, corresponderá la letra R, y finalmente si se realiza una ABD horizontal, escribiremos la letra A. Concluiremos esta nomenclatura con la carga levantada por el sujeto, la cual irá indicada por un 0, en caso de referirnos a 0 kilos, un 2 en caso de referirnos a 2 kilos, un 4 si queremos indicar que el sujeto ha realizado el movimiento con 4 kilos de carga, o un 6 en el caso de referirnos a 6 kilos. Un ejemplo del nombre de este archivo podrá ser “CGDF4”.

Análisis estadístico:

Para el análisis estadístico se utilizará el programa SPSS de IBM. Se realizará un índice de correlación de Pearson (r) para determinar la correlación entre ambas herramientas. A pesar de las limitaciones de este tipo de análisis, debido a que cada herramienta utiliza unidades

distintas, kg (dinamómetro) y N (aplicación), no será posible realizar una prueba estadística más exhaustiva. De todas formas, se considerará suficiente la información proporcionada por este tipo de análisis para el propósito del estudio. Para calcular este coeficiente de correlación, se necesita conocer la fuerza generada por el dinamómetro y Force Data al realizar los tres movimientos, manejando las distintas cargas de manera bilateral. Una vez tenemos estos datos, se calcula la media aritmética, tanto para el dinamómetro como para la aplicación, asignando un valor a \bar{X} y \bar{Y} a. Posteriormente se rellena una tabla como la siguiente, con el objetivo de establecer un valor a cada una de las incógnitas de la ecuación. Cálculo de media aritmética:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Tabla 1. Ejemplo estándar de tabla de asignación de valores de la ecuación.

| X (Datos dinamómetro) | Y (Datos Force Data) | $x = X - \bar{X}$ | $y = Y - \bar{Y}$ | x^2 | xy | y^2 |
|--------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|------------|------------|------------|
| X | X | X | X | X | X | X |
| X | X | X | X | X | X | X |
| X | X | X | X | X | X | X |
| X | X | X | X | X | X | X |
| $\Sigma=X$ | $\Sigma=X$ | | | $\Sigma=X$ | $\Sigma=X$ | $\Sigma=X$ |

Finalmente, se introducen todas las incógnitas en la ecuación (descrita a continuación) y nos daría como resultado la correlación que existe entre el dinamómetro y Force Data para un movimiento y carga en concreto.

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

Para efectuar la correlación específica entre ambas herramientas según cada tipo de movimiento y carga, será necesario llevar a cabo la tabla previamente detallada variando el tipo de carga en la aplicación un total de 4 veces (0kg, 2kg, 4kg, 6kg) por cada uno de los 3 movimientos, dando un total de 12 correlaciones distintas.

Como análisis secundarios, también se analizarán los datos ordenándolos de mayor a menor en función de cada herramienta y analizando la coincidencia entre ambas. Además, se calcularán los cuartiles utilizando los datos del dinamómetro y se dividirá la muestra en 4 grupos iguales para analizar si las diferencias entre esos 4 grupos son estadísticamente significativas y si ambas herramientas lo determinan de la misma manera. Para este último análisis estadístico, se realizarán dos análisis de la varianza entre los cuatro grupos (ANOVA), uno para comparar los datos del dinamómetro y otro para los datos de la aplicación móvil. De este modo, se comprobará si ambas herramientas son capaces de discriminar a nivel estadísticamente significativo distintos niveles de fuerza de manera similar.

Aspectos éticos del estudio:

Para que este estudio cumpla todos los requisitos éticos, los voluntarios serán informados de en qué se basará el estudio, su participación y de cómo aplicaremos la confidencialidad de

todos los datos recogidos. Para que esto quede recogido en un documento, se les facilitará una hoja de información. (ANEXOS 2)

Lo primero que se les explicará será que el estudio en el que están participando ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica correspondiente y que respeta la norma vigente. La información que se les proporcionará será la adecuada y suficiente como para que puedan juzgar si quiere tomar parte o no en el estudio. Deberán saber que en cualquier momento de la realización podrán retirarse del estudio sin causar algún problema a los investigadores.

Además, respecto a la confidencialidad, se les informará que la identificación de los datos personales se realizará mediante un código de forma que no sea posible la identificación del paciente. Sólo los investigadores y personal autorizado relacionado con el estudio tendrán acceso a la utilización de dichos datos exclusivamente para los fines planteados en el estudio y aunque dichos datos sean publicados, en ningún momento podrán ser relacionados con los participantes. Después de haberles explicado todo lo anterior, se les dará una descripción general del estudio en formato escrito para que lo puedan tener presente durante la duración del mismo, añadiendo los beneficios y riesgos que pueden producirse debido a la participación. Por lo que a los beneficios respecta, se recalcará que la nueva herramienta experimental podrá ser validada en el futuro para que otros pacientes se beneficien de ella, en cambio, será posible que el paciente no reciba ningún beneficio directo con respecto a su salud. Sobre los riesgos se les informará que podrán ser los mismos riesgos a los que se enfrenten mientras realizan un ejercicio de hombro manejando una carga, o haciendo un ejercicio de tipo isométrico. Se les advertirá de que podrán sufrir todas las secuelas posibles que conlleva realizar este tipo de ejercicios: agujetas, molestias... En caso de presentar cualquier efecto adverso, se le pedirá comunicarlo con los investigadores.

Los investigadores y el tutor del estudio serán los responsables completos, en caso de que cualquier aspecto de la información recibida no se haya cumplido correctamente. Para ello, a los participantes, se les facilitará una hoja con el compromiso que adopta cada uno de ellos. (ANEXOS 3)

Finalmente, después de que toda la información haya quedado totalmente clara, se les repartirá una hoja de consentimiento informado en la que los voluntarios que decidan participar podrán prestar su conformidad para participar en el estudio, facilitándonos sus datos y firma. (ANEXOS 4)

Cuando el estudio se dé por terminado, todos los participantes recibirán (vía correo) un documento con la información que los investigadores crean oportuna. En ese escrito se verán los resultados obtenidos del estudio, sin entrar en individualidades, dejando claro que todo lo que se reflejará en ese documento serán unas medias de todos los resultados obtenidos.

RESULTADOS

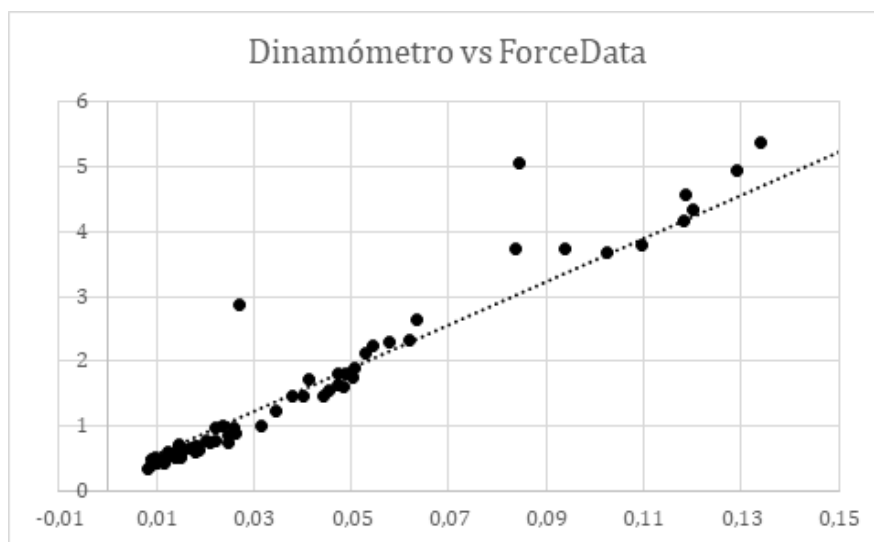
Los primeros resultados que se obtendrán serán los datos demográficos de los participantes, en los que habrá que detallar la provincia de procedencia, el sexo y la dominancia.

El siguiente paso consistirá en obtener los resultados relacionados con el coeficiente de correlación de Pearson, el cual permite obtener un índice de comparación entre dos variables cuantitativas, relacionadas linealmente, como son el dinamómetro y la aplicación Force Data. Este dato mostrará, de manera global, la correlación que existe entre las dos herramientas a lo largo de todas las mediciones. Un valor de 1 indicaría una correlación perfecta, un valor de entre 0.8 y 0.9 una correlación muy fuerte, valores comprendidos entre 0,7 y 0,6 indicarían una correlación moderada, una justa correlación indicaría valores de 0,5, 0,4 y 0,3, mientras que

una correlación pobre correspondería a valores de entre 0,2 y 0,1. Finalmente, indicaría inexistencia de correlación un valor de 0.

En caso de obtener una correlación muy fuerte, los datos representados en una gráfica formarían una figura similar a la representada en esta gráfica con datos ficticios:

Figura 2. Ejemplo de gráfica representativa de una muy fuerte correlación.



Cualquier correlación por debajo de este nivel supondría que los puntos representados en la gráfica se alejarían cada vez más de la línea media representada como una línea discontinua.

Para el primer movimiento (Flexión-ABD) se obtendrá un valor de correlación entre cada masa utilizada con la aplicación móvil (0, 2, 4 y 6 kilos) y el dinamómetro de mano, dando un total de 4 correlaciones. Este proceso se realizará con los tres movimientos dando un total de 12 correlaciones por extremidad evaluada. Es decir, un total de 24 correlaciones.

Tabla 2. Ejemplo de tabla de datos de correlación de Pearson obtenidos durante los 3 movimientos tanto por dinamómetro como por la App.

| Movimiento | Dinamómetro | App (0,2,4,6 kg) | Correlación (r) |
|-----------------------|-------------|------------------|-----------------|
| FLEXIÓN-ABD | X | X | $r=X$ |
| | | X | $r=X$ |
| | | X | $r=X$ |
| | | X | $r=X$ |
| RE | X | X | $r=X$ |
| | | X | $r=X$ |
| | | X | $r=X$ |
| | | X | $r=X$ |
| ABD-HORIZONTAL | X | X | $r=X$ |
| | | X | $r=X$ |
| | | X | $r=X$ |
| | | X | $r=X$ |

Tras el análisis de correlación se ordenarán los datos de ambas herramientas en orden ascendente y se comparará la posición en la que quedan los participantes en función de una u otra herramienta y se contabilizará el número de participantes que queda en desorden en una herramienta respecto a la otra.

Tabla 3. Ejemplo de datos ordenados de manera ascendente en una y otra herramienta.

| | Participante |
|-------------|--|
| Dinamómetro | F7<F6<F8<F1<F5<F12**<F14<F4<F11**<F10**<F2**<F9<F13<F3 |
| Force Data | F7<F6<F8<F10**<F1<F12**<F5<F14<F11**<F2**<F4<F9<F13<F3 |

**Resultado en desorden respecto a las otras herramientas. F=Fuerza. 1=número de participante

Posteriormente, se realizarán 4 grupos utilizando cuartiles que serán aplicados a los datos en orden ascendente proporcionados por el dinamómetro y que se han utilizado en el análisis previo. Se obtendrán los resultados del ANOVA realizado para este análisis y se reportarán los valores medios de cada grupo, así como la diferencia entre grupos en ambas herramientas, describiendo si son o no estadísticamente significativas.

Tabla 4. Diferencias entre grupos para los datos del dinamómetro.

| | GRUPO 2 | GRUPO 3 | GRUPO 4 |
|---------|------------|------------|------------|
| GRUPO 1 | X (p=0.00) | X (p=0.00) | X (p=0.00) |
| GRUPO 2 | X (p=0.00) | X (p=0.00) | X (p=0.00) |
| GRUPO 3 | X (p=0.00) | X (p=0.00) | X (p=0.00) |

Tabla 5. Diferencias entre grupos para los datos de Force Data

| | GRUPO 2 | GRUPO 3 | GRUPO 4 |
|---------|------------|------------|------------|
| GRUPO 1 | X (p=0.00) | X (p=0.00) | X (p=0.00) |
| GRUPO2 | X (p=0.00) | X (p=0.00) | X (p=0.00) |
| GRUPO 3 | X (p=0.00) | X (p=0.00) | X (p=0.00) |

Continuaremos realizando un análisis de la fuerza producida tanto por el dinamómetro como por la aplicación móvil y vamos a comparar cual es la extremidad que más fuerza ha producido con cada herramienta, que movimiento es el que más fuerza ha solicitado al participante y, por otro lado, el movimiento que menos fuerza ha registrado en cada aparato.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de la dinamometría mostrarán que hay un predominio de la fuerza en una extremidad respecto a la otra, también indicarán el movimiento que más fuerza producirá, así como el movimiento a través del cual el dinamómetro habrá registrado menos fuerza.

Tabla 6. Ejemplo de representación de los datos de fuerza (kg) obtenidos por el dinamómetro comparando ambas extremidades.

| DINAMOMETRÍA (KG) | Flexión-ABD | RE | ABD Horizontal | TOTAL |
|---|-------------|----|----------------|-------|
| Media mejores resultados brazo derecho | X | X | X | X |
| Media mejores resultados brazo izquierdo | X | X | X | X |
| TOTAL | X | X | X | X |

En cuanto a los resultados obtenidos por el Smartphone, clasificaremos mediante porcentajes a los participantes ya sean diestros o zurdos, en función de la fuerza que son capaces de generar. Se registrará cual habrá sido el movimiento más y menos demandante para los participantes. También se indicará el porcentaje de sujetos capaces de generar una mayor

fuerza con cada tipo de carga, así como el porcentaje de los mismos que generarán los valores más bajos de fuerza con cada tipo de carga. Si combinamos estos datos, podemos sacar el pico de fuerza que obtuvo cada uno de los 3 movimientos con cada tipo de carga impuesta.

Tabla 7. Ejemplo de tabla representando los datos de fuerza (N) obtenidos por la App variando el tipo de carga (0, 4, 2, 6 kg) en ambas extremidades.

| FORCE DATA (N) | Flexión-ABD (X KG) | RE (X KG) | ABD Horizontal (X KG) | TOTAL |
|--|-----------------------|-----------|--------------------------|-------|
| Media mejores resultados brazo derecho | X | X | X | X |
| Media mejores resultados brazo izquierdo | X | X | X | X |
| TOTAL | X | X | X | X |

Cabrá remarcar la similitud de los resultados que se encuentren entre los distintos movimientos medidos por el dinamómetro, y los movimientos medidos por la aplicación móvil, soportando las mismas cargas. Sin embargo, también será necesario mostrar los movimientos que peor relación guardarán con sus respectivas cargas.

Seguidamente, como otra variable más a evaluar, podemos analizar la velocidad de medición de cada herramienta, independientemente de la carga y la dominancia. Es decir, ver si el tiempo de recogida de datos mediante la aplicación móvil es similar al de la recogida de datos mediante el dinamómetro.

Tabla 8. Ejemplo de representación del tiempo de medición obtenido tanto por el dinamómetro como por la aplicación móvil.

| TIEMPO (MINUTOS) | Flexión-ABD | RE | ABD Horizontal | TOTAL |
|-----------------------------|-------------|----|----------------|-------|
| Dinamómetro | X | X | X | X |
| Force Data | X | X | X | X |
| TOTAL | X | X | X | X |

Finalmente, se preguntará a los 20 participantes acerca de cuál de los dos métodos para valorar la fuerza han considerado más de su agrado, si el dinamómetro o la aplicación móvil. Esto nos dará que pensar en cuanto al feedback que recibimos del paciente y en caso de demostrarse una alta fiabilidad, plantea la opción de equipar aplicaciones del estilo de Force Data en clínicas y centros deportivos.

FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL ESTUDIO

Fortalezas:

- Analiza una variable que se ha valorado siempre en programas de rehabilitación de una forma novedosa y utilizando la tecnología más actual.
- En el caso de encontrar una correlación alta, daría paso a estudios en los que se analice esta herramienta de manera más exhaustiva y describiría una herramienta accesible a la mayoría de los fisioterapeutas clínicos.

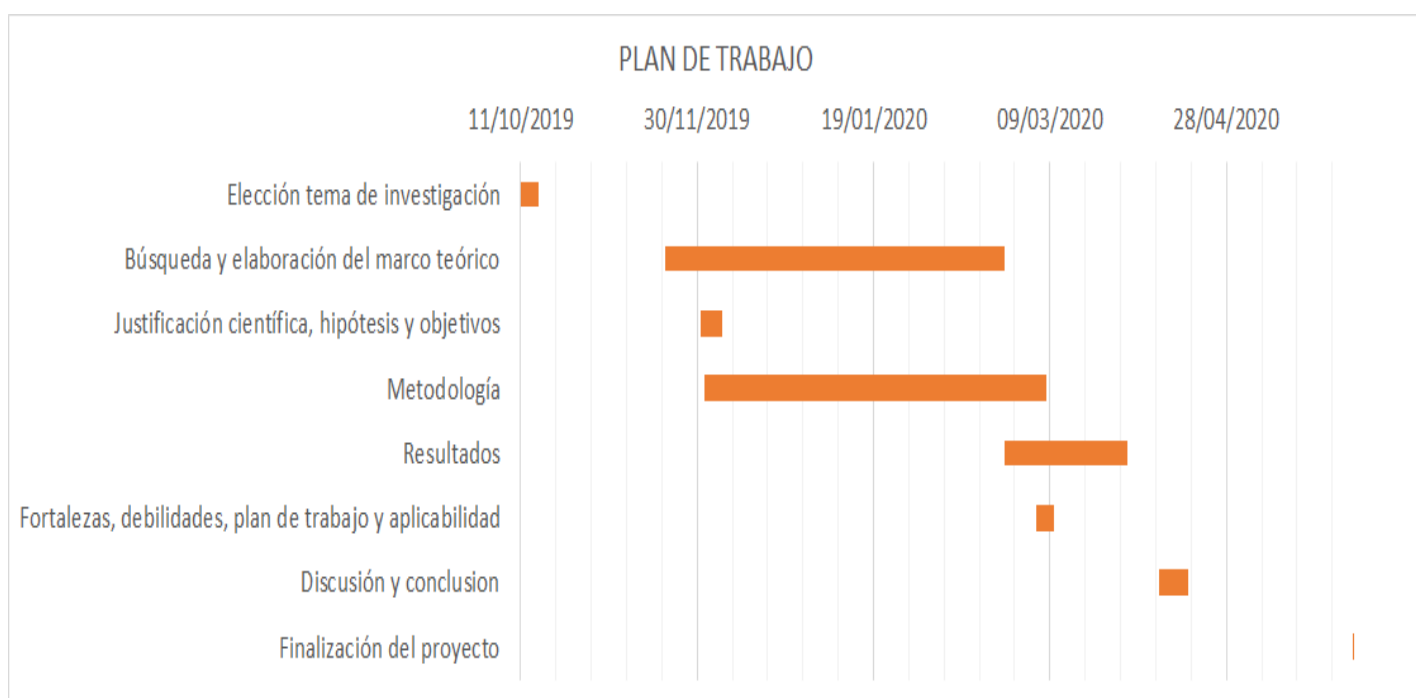
Debilidades:

- Imposibilidad de obtener una máquina isocinética como instrumento de investigación (gold standard).
- No todos los movimientos del hombro son evaluados.

PLAN DE TRABAJO

La realización del estudio se llevó a cabo gracias a un cronograma que planificó el trabajo en diferentes etapas desde el 21 de noviembre de 2019 al 3 de junio de 2020. El 25 de marzo se cambió el tipo de investigación, de estudio transversal a protocolo de estudio, debido a la imposibilidad de recoger muestras, causada por el Coronavirus (COVID-19). A continuación, se muestra dicho cronograma:

Figura 3. Diagrama de Gantt indicando cada etapa y duración de la misma en la realización de este protocolo de estudio.



APLICABILIDAD Y UTILIDAD PRÁCTICA DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio se utilizarán con el fin de confirmar la fiabilidad de la aplicación móvil para evaluar la fuerza del complejo articular del hombro.

En el ámbito de la fisioterapia, esta herramienta nos permitiría registrar fácilmente los distintos valores de fuerza que presentan nuestros pacientes/deportistas antes, durante y después de la lesión, con el objetivo de llevar un seguimiento y un control de las cargas lo más óptimo posible.

Finalmente, esta investigación también podrá servir como precedente para futuros proyectos de desarrollo de aplicaciones móviles, que tengan el objetivo de evaluar de forma rápida, económica y fiable las distintas capacidades físicas básicas (fuerza, resistencia, agilidad y velocidad).

DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio será demostrar la fiabilidad de la aplicación Force Data, en la evaluación de la fuerza de hombro llevado a cabo mediante la ejecución de 3 movimientos fisiológicos.

Para ello se comparará la aplicación con un dinamómetro hidráulico de mano, con el fin de establecer posteriormente una relación mediante el coeficiente de correlación de Pearson de los valores de fuerza obtenidos por ambas herramientas. A pesar de no poder llevar a cabo una toma de muestras y un análisis de resultados con datos reales, supondremos que obtendríamos una muy fuerte correlación (valores comprendidos entre 0,8 y 0,9), ya que como han

demostrado estudios anteriores similares (17, 20), a la hora de utilizar aplicaciones móviles con el objetivo de evaluar otras variables concretas, esta es una herramienta fiable.

El siguiente propósito de este proyecto será analizar los datos proporcionados tanto por el dinamómetro como por la aplicación móvil. En este apartado incluiremos cual es el movimiento que más y menos fuerza será capaz de generar en ambos aparatos, así como conocer cuál es la carga (kg) más y menos fiable que registrará la aplicación Force Data en relación con el dinamómetro durante la ejecución de los 3 movimientos.

Hasta ahora, la mayoría de los estudios que valoran la variable de fuerza en distintos movimientos del hombro, lo hacen utilizando herramientas como máquinas isocinéticas (14,15), dinamómetros digitales (30) y dinamómetros de mano (31). Sin embargo, ningún estudio lo había hecho utilizando los sensores de un smartphone, con la finalidad de evaluar los 3 movimientos previamente explicados del hombro, que es lo que se realizará en este proyecto. La razón para investigar esta herramienta es que ya se han utilizado aplicaciones muy similares en otros ámbitos semejantes, como es el caso de la aplicación Power lift (Carlos Balsalobre), con el objetivo de medir la fuerza máxima en sentadilla (33), en press banca (32) y durante la realización de un hip-thrust (33). Por ello, parece razonable que, mediante una valoración estandarizada como la que se plantea en este estudio, pudieran encontrarse resultados similares para la valoración analítica de distintos movimientos del hombro, y conocer así que movimiento será el que más y menos fuerza registrará en la aplicación móvil.

Al carecer de muestras y no ejecutar los 3 movimientos mediante las distintas cargas de la aplicación, no se podrá establecer una suposición de cuál de las cargas hubiese sido más fiable que otra y viceversa, ya que requiere de un análisis exhaustivo. Es por esto que para conocer esta información será necesario llevar a cabo este estudio en un futuro.

Posteriormente, se plantea evaluar el tiempo de recogida de datos utilizado por ambas herramientas, con el fin de observar el grado de similitud entre un método y otro. Los resultados esperados, independientemente de la carga establecida en la aplicación, indicarán que ambas herramientas poseen un rápido método de ejecución, por lo que la diferencia en cuanto a tiempo será mínima, e indicará que Force Data es una rápida herramienta de medición de la fuerza. No obstante, también será necesario analizar los resultados reales de cada uno para conocer cuán estrecha es esa diferencia en cuanto al tiempo. Si tenemos en cuenta estudios similares cuyo objetivo se encaminaba más a valorar el ROM se ha visto (19) que, al comparar la velocidad de una aplicación móvil con un goniómetro universal, esta era considerada más eficiente en cuanto al tiempo de recogida de datos. Esto podría contribuir en buena parte a mejorar la adherencia del tratamiento ya que los resultados se obtendrán con más rapidez.

Finalmente, y como último propósito, se observará cómo influye en el paciente el uso de las aplicaciones móviles que repercuten en su salud, cuantificado mediante el feedback recibido al preguntarles a los participantes acerca de su experiencia en la valoración. En estudios anteriores donde se utiliza el smartphone con el objetivo de mejorar la monitorización de pacientes con problemas cardíacos, se ha visto que los pacientes se mostraban satisfechos con esta tecnología y la recibían con brazos abiertos, pero aun así no querían prescindir al completo del contacto con los profesionales de la salud (28).

También se ha comprobado (29) que este tipo de tecnologías, hoy en día, puede no ser adecuada para todo tipo de pacientes, ya que las personas mayores no están tan familiarizadas con este uso de los teléfonos móviles y puede resultarles difícil su realización si no se han explicado bien previamente los pasos a seguir. Sin embargo, las personas mayores del mañana incluirán a la gente joven de hoy en día, que están más familiarizados con esta tecnología y

experimentarán menos dificultades. Es por eso por lo que, el feedback esperado en este estudio que comprende personas desde los 18 a los 40 años, tenderá a ser positivo y a expresar una satisfacción general de los participantes en referencia al uso del teléfono móvil como herramienta para valorar la fuerza del hombro.

En conclusión, los datos que se obtendrán en este estudio al analizar las diferentes comparaciones entre el dinamómetro y la aplicación móvil Force Data, presentarán poca controversia, ya que se estima que los resultados esperados serán bastante similares a los obtenidos por otros autores en estudios semejantes.

No obstante, se necesita una mayor investigación en este ámbito de valoración de la fuerza mediante aplicaciones móviles, con el fin de confirmar las diferentes hipótesis planteadas en esta discusión y poder afirmar con total seguridad que son dispositivos fiables, válidos para medir la fuerza de cualquier movimiento, rápidos y que proporcionan un feedback inmediato y positivo.

ANEXOS

1. PLANTILLA DE RECOGIDA DE DATOS:

| | | | | | | | |
|---|----------------------|-------|---|--|--|--|--|
| 1. DATOS PARTICIPANTE - Nombre: _____ Apellidos: _____ - Correo: _____ | | | | | | | |
| 2. PASAR HOJA DE INFORMACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO | | | | | | | |
| 3. CALENTAMIENTO 10 minutos: - Flexión-ABD/ADD-RE/RI (2 series x 10 repeticiones) - Elevación de rodillas balístico (2 repeticiones x 30 segundos) - Flexión sobre rodillas (5 flexiones) - Plancha frontal (2 repeticiones x 30 segundos) - Plancha lateral (2 repeticiones x 30 segundos) - Estiramientos <ul style="list-style-type: none"> - Bíceps - Tríceps - Deltoides - Pectoral - Trapecio | OBSERVACIONES | | | | | | |
| 4. DOMINANCIA <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 5px;">DIESTRO</td> <td style="padding: 5px;">ZURDO</td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td style="height: 30px;"></td> </tr> </table> | DIESTRO | ZURDO | | | | | |
| DIESTRO | ZURDO | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 5. MOVIMIENTOS A MEDIR: | | | | | | | |
| <u>DINAMÓMETRO</u> | | | | | | | |
| Flexión-ABD: Bipedestación. El movimiento es en el plano escapular (45° de ABD) con el hombro en posición neutra. | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | | | | |
| DERECHA | | | | | | | |
| IZQUIERDA | | | | | | | |
| RE: Supino. Brazo a 90°, dinamómetro en el dorso de la muñeca. Otro brazo en la cara anterior del codo para fijar | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | | | | |
| DERECHA | | | | | | | |

| | | | |
|-----------|--|--|--|
| IZQUIERDA | | | |
|-----------|--|--|--|

ABD horizontal: Decúbito Lateral Contralateral. Brazo en 90° con el codo extendido.

| | | | |
|-----------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| DERECHA | | | |
| IZQUIERDA | | | |

FORCEDATA

CAMBIAR LA CARGA (KG) EN LA APLICACIÓN 0-2-4-6 KGS

Se hacen 3 repeticiones seguidas con cada masa.

Se coge la mejor para calcular la RM.

De cada paciente habrá 24 mediciones.

Nombre del archivo: NombreApellidoDominanciaMovimientoCarga.

2. HOJA DE INFORMACIÓN:

TÍTULO DEL ESTUDIO: Fiabilidad de una aplicación móvil para valorar la fuerza del hombro en personas sanas.

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Eider Dorronsoro Aramburu y Asier González Esteban.

CENTRO: Escuela universitaria de fisioterapia Gimbernat Torrelavega.

INTRODUCCIÓN:

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar. El estudio ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica correspondiente y respeta la normativa vigente.

Nuestra intención es proporcionarle información adecuada y suficiente para que pueda evaluar y juzgar si quiere o no participar en el estudio. Para ello lea con atención esta hoja

informativa y luego podrá preguntar cualquier duda que le surja relativa al estudio. Además, puede consultar con cualquier persona que considere oportuno.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA:

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y puede decidir no participar. En caso de que decida participar en el estudio puede cambiar su decisión y retirar su consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su médico y sin que se produzca perjuicio alguno en su tratamiento.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO:

El estudio consiste en comparar dos métodos de valoración de la fuerza de hombro, uno mediante una aplicación móvil y el otro mediante un dinamómetro hidráulico de mano. Posteriormente se analizarán los resultados y comprobaremos la fiabilidad del método experimental.

El proyecto de investigación se realizará con el fin de llevar a cabo un Trabajo de Fin de Grado, en el cual los autores han visto que hay poca evidencia científica y quieren comprobar la validez de este posible nuevo método.

BENEFICIOS Y RIESGOS DERIVADOS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO:

- Beneficios de la participación en el estudio.

Se espera mejorar el conocimiento científico relativo a la valoración vía smartphone de la fuerza de hombro y puede que otros pacientes se beneficien en el futuro. Es posible que usted no reciba ningún beneficio directo en su salud por su participación en este estudio.

Es posible que se beneficie del nuevo tratamiento experimental si se demuestra que es más eficiente que el habitual.

- Riesgos de la participación en el estudio.

Este experimento tiene los mismos riesgos que realizar un ejercicio de hombro manejando una carga y que se realiza también un isométrico buscando la contracción voluntaria máxima para averiguar la RM, y todas las secuelas que puede tener este tipo de ejercicio: agujetas, molestias, rotura muscular de manera improbable... En caso de presentar cualquier efecto adverso, por favor comuníquelo a su médico del estudio.

CIRCUITO DE MUESTRAS BIOLÓGICAS:

Este estudio cumple la normativa vigente de la Ley 14/2007 de investigación biomédica en cuanto a la protección de los derechos de los pacientes que quieran libremente participar y el manejo de muestras biológicas.

Las muestras obtenidas de participantes supondrán de una cantidad de X y serán sometidas a las siguientes pruebas:

1. Prueba de valoración vía dinamómetro de la fuerza de hombro, ambas EESS.
2. Prueba de valoración vía smartphone de la fuerza de hombro, ambas EESS.

Durante el estudio las muestras se conservarán en una base de datos creada por los investigadores en un soporte informático y se mantendrán durante el periodo de realización del estudio.

Todas aquellas muestras que no vayan a ser útiles para el estudio serán destruidas del soporte informático, con el fin de no revelar ningún tipo de dato personal. Los datos utilizados para la realización del trabajo serán completamente anónimos y confidenciales. Los investigadores principales serán los máximos responsables de conservar los datos obtenidos, bajo cualquier consecuencia.

CONFIDENCIALIDAD:

El procesamiento de los datos personales se realizará según el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, y las correspondientes leyes locales.

Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código de forma que no sea posible la identificación del paciente. Sólo el investigador y personas autorizadas relacionadas con el estudio tendrán acceso a dicho código y se comprometen a usar esta información exclusivamente para los fines planteados en el estudio. Los miembros del Comité Ético de Investigación Clínica o Autoridades Sanitarias pueden tener acceso a esta información en cumplimiento de requisitos legales. Se preservará la confidencialidad de estos datos y no podrán ser relacionados con usted, incluso aunque los resultados del estudio sean publicados.

DATOS DE CONTACTO:

Si tiene dudas en cualquier momento puede contactar con los investigadores del estudio *(también se puede especificar un horario)*:

Dña. Eider Dorronsoro Aramburu y D. Asier González Esteban

Contacto: aiderdorrron@hotmail.com (651589426) – asiergonzalez7@gmail.com (618784886)

3. COMPROMISOS:

COMPROMISOS DE LOS INVESTIGADORES

Yo, Eider Dorronsoro Aramburu

Hace constar:

1. Que conoce y acepta participar como investigador principal en el estudio:
Fiabilidad de una aplicación móvil para valorar la fuerza del hombro en personas sanas.
2. Que conoce en profundidad la ley orgánica 3/2018 de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de Derechos Digitales, y lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, y que por ente se compromete a cumplir cada uno de sus apartados. De esta manera, se compromete a utilizar los datos personales objeto de estudio, o los que recoja para su inclusión, sólo para la finalidad objeto de este trabajo, en ningún caso se usarán los datos para fines propios. No se comunicarán los datos a terceras personas, salvo que cuente con la autorización expresa del responsable del tratamiento, en los supuestos legalmente admisibles. Que se mantendrá el deber de secreto respecto a los datos de carácter personal a los que haya tenido acceso en virtud del presente encargo, incluso después de que finalice su objeto. Que garantizará que las personas autorizadas para tratar datos personales se comprometan, de forma expresa y por escrito, a respetar la confidencialidad y a

cumplir las medidas de seguridad correspondientes, de las que hay que informarles convenientemente. Que facilitará la información relativa a los tratamientos de datos que se van a realizar. Y que se notificarán, si ocurren, las violaciones de la seguridad de los datos. Por tanto, se respetarán las normas éticas y legales aplicables a este tipo de estudios y seguirá las normas de buena práctica clínica en su realización.

3. Que cuenta con los recursos materiales y humanos necesarios para llevar a cabo el estudio, sin que ello interfiera en la realización de otro tipo de estudios ni en otras tareas que tiene habitualmente encomendadas.
4. Que se compromete a que cada sujeto sea tratado y controlado siguiendo lo establecido en el protocolo con dictamen favorable por el Comité Ético de la Investigación.

Torrelavega, a 9 de diciembre de 2019

Firmado: Eider Dorronsoro Aramburu



Yo, Asier González Esteban

Hace constar:

1. Que conoce y acepta participar como investigador principal en el estudio:
Fiabilidad de una aplicación móvil para valorar la fuerza del hombro en personas sanas.
2. Que conoce en profundidad la ley orgánica 3/2018 de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de Derechos Digitales, y lo dispuesto

en el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, y que por ente se compromete a cumplir cada uno de sus apartados. De esta manera, se compromete a utilizar los datos personales objeto de estudio, o los que recoja para su inclusión, sólo para la finalidad objeto de este trabajo, en ningún caso se usarán los datos para fines propios. No se comunicarán los datos a terceras personas, salvo que cuente con la autorización expresa del responsable del tratamiento, en los supuestos legalmente admisibles. Que se mantendrá el deber de secreto respecto a los datos de carácter personal a los que haya tenido acceso en virtud del presente encargo, incluso después de que finalice su objeto. Que garantizará que las personas autorizadas para tratar datos personales se comprometan, de forma expresa y por escrito, a respetar la confidencialidad y a cumplir las medidas de seguridad correspondientes, de las que hay que informarles convenientemente. Que facilitará la información relativa a los tratamientos de datos que se van a realizar. Y que se notificarán, si ocurren, las violaciones de la seguridad de los datos. Por tanto, se respetarán las normas éticas y legales aplicables a este tipo de estudios y seguirá las normas de buena práctica clínica en su realización.

3. Que cuenta con los recursos materiales y humanos necesarios para llevar a cabo el estudio, sin que ello interfiera en la realización de otro tipo de estudios ni en otras tareas que tiene habitualmente encomendadas.

4. Que se compromete a que cada sujeto sea tratado y controlado siguiendo lo establecido en el protocolo con dictamen favorable por el Comité Ético de la Investigación.

Torrelavega, a 9 de diciembre de 2019

Firmado: Asier González Esteban



COMPROMISO DEL TUTOR

Oscar Vila Dieguez,

Hace constar:

1. Que conoce y acepta tutorizar el estudio: “Valoración de fuerza de hombro mediante un Smartphone”.
2. Que el proyecto cumplirá con la ley orgánica 3/2018 de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de Derechos Digitales, y que se cumplirán cada uno de sus apartados, y lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos. Por tanto, se respetarán las normas éticas y legales aplicables a este tipo de estudios y seguirá las normas de buena práctica clínica en su realización.

3. Que se compromete a que cada sujeto sea tratado y controlado siguiendo lo establecido en el protocolo con dictamen favorable por el Comité Ético de la Investigación.

Torrelavega, a 9 de diciembre de 2019

Firmado: Oscar Vila Dieguez



4. CONSENTIMIENTO INFORMADO

TÍTULO DEL ESTUDIO: Fiabilidad de una aplicación móvil para valorar la fuerza del hombro en personas sanas.

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Eider Dorronsoro Aramburu y Asier González Esteban.

CENTRO: Escuela universitaria de fisioterapia Gimbernat Torrelavega.

D./Dña. _____

(Nombre y apellidos del paciente en MAYÚSCULAS)

He leído y comprendido la hoja de información que se me ha entregado sobre el estudio arriba indicado.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He realizado todas las preguntas que he precisado sobre el estudio.

He hablado con el Dr./Dra.con
quien he clarificado las posibles dudas.

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera
- Sin dar explicaciones
- Sin que repercuta en mis cuidados médicos

Comprendo que la información personal que aporte será confidencial y no se mostrará a nadie sin mi consentimiento.

Comprendo que mi participación en el estudio implica autorizar a los investigadores a hacer uso de los datos obtenidos mediante las distintas valoraciones realizadas.

Y presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Firma del investigador

Firma del paciente



Fecha _____

(la fecha debe estar cumplimentada de puño y letra por el paciente)

5. MODELO PARA EL TRABAJO FIN DE GRADO (PRESENTACIÓN AL CEIm)

Título trabajo: Evaluar la fiabilidad de las aplicaciones móviles para valorar la fuerza de hombro

Autor/es: Eider Dorronsoro Aramburu y Asier González Esteban

Director/es Trabajo Fin de grado: Oscar Vila Dieguez

Servicio/Centro al que pertenece: Escuela universitaria de Fisioterapia Gimbernat Torrelavega

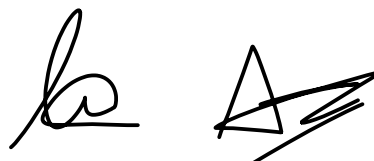
Codirector/es TFG (si lo hubiera):

Servicio/Centro al que pertenece: Escuela universitaria de Fisioterapia Gimbernat Torrelavega

Firma del/los tutor/es



Firma del/los estudiante/s



1. INTRODUCCIÓN

El dolor de hombro es la tercera causa más común de dolor musculoesquelético (1). La mayoría de las veces este dolor es el resultado de un mal gesto o un golpe a la hora de hacer deporte. Los deportes con mayor prevalencia de lesiones de hombro son el fútbol, ciclismo, esquí y artes marciales, y varía con la edad y género, siendo más predominante en hombres jóvenes (2). Se ha visto que existe una relación entre la debilidad del supraespinoso y un aumento de riesgo de lesión (4), por lo que es fundamental tener métodos rápidos y accesibles para valorar la fuerza del hombro cuando la situación lo requiera. En la práctica clínica, dos de los métodos de valoración de la fuerza más conocidos son los isocinéticos y la valoración manual mediante contra resistidos. Sin embargo, los isocinéticos resultan ser un método difícilmente accesible a pesar de ser una herramienta de referencia para detectar desequilibrios musculares entre la

musculatura agonista y antagonista (5). Por otro lado, se ha visto que la valoración manual de la fuerza es poco fiable ya que es muy difícil detectar la debilidad muscular de un hombro lesionado respecto al sano conservando el 60-99% de la fuerza (9). Es por eso que se han comenzado a diseñar diferentes aplicaciones móviles con el fin de evaluar a los pacientes, valorando el rango de movimiento (ROM) satisfactoriamente (3, 6, 7, 8). No obstante, el ROM es sólo un componente de la función del hombro, por lo tanto, la información queda incompleta para realizar una valoración exacta y adecuada de la función del hombro. Es por esto que otras aplicaciones orientadas a valorar la fuerza deberían ser más estudiadas y analizadas con el fin de progresar en este ámbito de la salud. Es importante para efectuar este estudio conocer la relación carga-velocidad, la cual puede usarse para conocer la fuerza máxima de un sujeto (10), siendo una variable siempre sólida y lineal (11). Se ha demostrado que la velocidad media es una buena variable para determinar perfiles de carga-velocidad (12). Ésta puede ser medida mediante la grabación y el posterior análisis de un ejercicio monoarticular, analizando la velocidad de desplazamiento de la carga mediante una aplicación móvil (13).

2. HIPÓTESIS

Las aplicaciones móviles son fiables a la hora de valorar la fuerza en el hombro.

3. OBJETIVOS

a) Principales

- Conocer la variabilidad de las aplicaciones móviles en relación con la valoración de la fuerza y comprobar la fiabilidad de las mismas.
- Comparar las aplicaciones móviles existentes con un dinamómetro.

b) Secundarios

- Evaluar si las aplicaciones son fiables en todos los rangos de movimiento.
- Observar cómo influye en el paciente el uso de las aplicaciones móviles en cuanto al feedback.

4. PACIENTES Y MÉTODOS

a) Tipo de estudio: El diseño consiste en un estudio transversal (de observación) el cual tendrá una duración de 5 meses (del 20 de noviembre al 22 de abril). Dicho estudio se caracteriza por analizar un grupo de población concreto, personas sanas y de nuestro entorno, a través de unas pruebas comparativas de medición de fuerza de hombro.

b) Lugar: Universidad Gimbernat de Torrelavega

c) Cálculo del tamaño muestral. (nº Previsto de pacientes/muestras a incluir): X participantes

d) Criterios de inclusión: La muestra del estudio está formada por X participantes de ambos sexos y de una edad de entre los 18 y 40 años. Solamente se cuenta con la participación de personas que no hayan tenido ninguna lesión previa en el hombro. Las dos EESS serán valoradas independientemente de la dominancia (izquierda-derecha) de cada participante.

e) Recogida de datos:

- 1º valorar mediante el dinamómetro y la aplicación móvil la fuerza de ambas extremidades superiores.
- 2º trasladar esa información a una base de datos.
- 3º comprobar las similitudes de ambas pruebas.

f) Variables recogidas:

Las variables que se recogerán en este estudio son:

- Fuerza (kg)
- Carga x velocidad (kg x m/s)

g) Análisis estadístico:

Correlación de Pearson: Índice utilizado para medir el grado de relación que tienen dos variables, ambas cuantitativas.

El coeficiente de correlación de Pearson oscila entre -1 (perfecta negativa) y $+1$ (perfecta positiva).

La correlación entre dos variables X (Fuerza) e Y (Carga x velocidad) es perfecta positiva cuando exactamente en la medida que aumenta una de ellas aumenta la otra. Esto sucede cuando la relación entre ambas variables es funcionalmente exacta.

Se dice que la relación es perfecta negativa cuando exactamente en la medida que aumenta una variable disminuye la otra.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Ribeiro DC, Jafarian Tangrood Z, Sole G, Abbott JH. Effectiveness of a tailored rehabilitation versus standard strengthening programme for patients with shoulder pain: a protocol for a feasibility randomised controlled trial (the Otago MASTER trial). *BMJ Open* [Internet]. 30 de julio de 2019 [citado 1 de diciembre de 2019];9(7). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6677989/>
2. Enger M, Skjaker SA, Nordsletten L, Pripp AH, Melhuus K, Moosmayer S, et al. Sports-related acute shoulder injuries in an urban population. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2019;5(1):e000551.

3. Asker M, Brooke HL, Waldén M, Tranaeus U, Johansson F, Skillgate E, et al. Risk factors for, and prevention of, shoulder injuries in overhead sports: a systematic review with best-evidence synthesis. *Br J Sports Med.* octubre de 2018;52(20):1312-9.
4. Tyler TF, Mullaney MJ, Mirabella MR, Nicholas SJ, McHugh MP. Risk Factors for Shoulder and Elbow Injuries in High School Baseball Pitchers: The Role of Preseason Strength and Range of Motion. *Am J Sports Med.* agosto de 2014;42(8):1993-9.
5. Codine P, Bernard PL, Pocholle M, Herisson C. [Isokinetic strength measurement and training of the shoulder: methodology and results]. *Ann Readaptation Med Phys Rev Sci Soc Francaise Reeducation Fonct Readaptation Med Phys.* marzo de 2005;48(2):80-92.
6. Mobile technology and telemedicine for shoulder range of motion: validation of a motion-based machine-learning software development kit. - PubMed - NCBI [Internet]. [citado 30 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29525490>
7. Mejia-Hernandez K, Chang A, Eardley-Harris N, Jaarsma R, Gill TK, McLean JM. Smartphone applications for the evaluation of pathologic shoulder range of motion and shoulder scores-a comparative study. *JSES Open Access.* marzo de 2018;2(1):109-14.
8. Johnson LB, Sumner S, Duong T, Yan P, Bajcsy R, Abresch RT, et al. Validity and reliability of smartphone magnetometer-based goniometer evaluation of shoulder abduction-- A pilot study. *Man Ther.* diciembre de 2015;20(6):777-82.
9. Nagatomi T, Mae T, Nagafuchi T, Yamada S-I, Nagai K, Yoneda M. Shoulder manual muscle resistance test cannot fully detect muscle weakness. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* julio de 2017;25(7):2081-8.

10. Jidovtseff B, Harris NK, Crielaard J-M, Cronin JB. Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *J Strength Cond Res.* enero de 2011;25(1):267-70.
11. Torrejón A, Balsalobre-Fernández C, Haff GG, García-Ramos A. The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. *Sports Biomech.* junio de 2019;18(3):245-55.
12. García-Ramos A, Suzovic D, Pérez-Castilla A. The load-velocity profiles of three upper-body pushing exercises in men and women. *Sports Biomech.* 12 de julio de 2019;1-13.
13. Balsalobre-Fernández C, Cardiel-García M, Jiménez SL. Bilateral and unilateral load-velocity profiling in a machine-based, single-joint, lower body exercise. *PloS One.* 2019;14(9):e0222632.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bakhsh W, Nicandri G. Anatomy and Physical Examination of the Shoulder. *Sports Med Arthrosc Rev.* septiembre de 2018;26(3):e10-22.
2. Patel RM, Gelber JD, Schickendantz MS. The Weight-Bearing Shoulder. *J Am Acad Orthop Surg.* 1 de enero de 2018;26(1):3-13.
3. Ribeiro DC, Jafarian Tangrood Z, Sole G, Abbott JH. Effectiveness of a tailored rehabilitation versus standard strengthening programme for patients with shoulder pain: a protocol for a feasibility randomised controlled trial (the Otago MASTER trial). *BMJ Open.* julio de 2019;9(7):e028261.
4. Luime JJ, Koes BW, Hendriksen IJM, Burdorf A, Verhagen AP, Miedema HS, et al. Prevalence and incidence of shoulder pain in the general population; a systematic review. *Scand J Rheumatol.* 2004;33(2):73-81.
5. Enger M, Skjaker SA, Nordsletten L, Pripp AH, Melhuus K, Moosmayer S, et al. Sports-related acute shoulder injuries in an urban population. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2019;5(1):e000551.
6. Monica J, Vredenburgh Z, Korsh J, Gatt C. Acute Shoulder Injuries in Adults. *Am Fam Physician.* 15 de julio de 2016;94(2):119-27.
7. Lin DJ, Wong TT, Kazam JK. Shoulder Injuries in the Overhead-Throwing Athlete: Epidemiology, Mechanisms of Injury, and Imaging Findings. *Radiology.* 2018;286(2):370-87.

8. Lim J-Y, Kim T-H, Lee J-S. Reliability of measuring the passive range of shoulder horizontal adduction using a smartphone in the supine versus the side-lying position. *J Phys Ther Sci.* octubre de 2015;27(10):3119-22.
9. Asker M, Brooke HL, Waldén M, Tranaeus U, Johansson F, Skillgate E, et al. Risk factors for, and prevention of, shoulder injuries in overhead sports: a systematic review with best-evidence synthesis. *Br J Sports Med.* octubre de 2018;52(20):1312-9.
10. Haley CCA. History and Physical Examination for Shoulder Instability. *Sports Med Arthrosc Rev.* septiembre de 2017;25(3):150-5.
11. Trojan JD, Meyer LE, Edgar CM, Brown SM, Mulcahey MK. Epidemiology of Shoulder Instability Injuries in Collision Collegiate Sports From 2009 to 2014. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* enero de 2020;36(1):36-43.
12. Tyler TF, Mullaney MJ, Mirabella MR, Nicholas SJ, McHugh MP. Risk Factors for Shoulder and Elbow Injuries in High School Baseball Pitchers: The Role of Preseason Strength and Range of Motion. *Am J Sports Med.* agosto de 2014;42(8):1993-9.
13. Eagle SR, Connaboy C, Nindl BC, Allison KF. Significantly Increased Odds of Reporting Previous Shoulder Injuries in Female Marines Based on Larger Magnitude Shoulder Rotator Bilateral Strength Differences. *Orthop J Sports Med.* febrero de 2018;6(2):2325967118756283.

14. Codine P, Bernard PL, Pocholle M, Herisson C. [Isokinetic strength measurement and training of the shoulder: methodology and results]. *Ann Readaptation Med Phys Rev Sci Soc Francaise Reeducation Fonct Readaptation Med Phys*. marzo de 2005;48(2):80-92.
15. Ellenbecker TS, Davies GJ. The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *J Athl Train*. julio de 2000;35(3):338-50.
16. Espinoza F, Le Blay P, Coulon D, Lieu S, Munro J, Jorgensen C, et al. Handgrip strength measured by a dynamometer connected to a smartphone: a new applied health technology solution for the self-assessment of rheumatoid arthritis disease activity. *Rheumatol Oxf Engl*. mayo de 2016;55(5):897-901.
17. Roldán-Jiménez C, Martin-Martin J, Cuesta-Vargas AI. Reliability of a Smartphone Compared With an Inertial Sensor to Measure Shoulder Mobility: Cross-Sectional Study. *JMIR MHealth UHealth*. 6 de septiembre de 2019;7(9):e13640.
18. Ramkumar PN, Haeberle HS, Navarro SM, Sultan AA, Mont MA, Ricchetti ET, et al. Mobile technology and telemedicine for shoulder range of motion: validation of a motion-based machine-learning software development kit. *J Shoulder Elbow Surg*. julio de 2018;27(7):1198-204.
19. Mejia-Hernandez K, Chang A, Eardley-Harris N, Jaarsma R, Gill TK, McLean JM. Smartphone applications for the evaluation of pathologic shoulder range of motion and shoulder scores-a comparative study. *JSES Open Access*. marzo de 2018;2(1):109-14.

20. Johnson LB, Sumner S, Duong T, Yan P, Bajcsy R, Abresch RT, et al. Validity and reliability of smartphone magnetometer-based goniometer evaluation of shoulder abduction--A pilot study. *Man Ther.* diciembre de 2015;20(6):777-82.
21. Stütz T, Emsenhuber G, Huber D, Domhardt M, Tiefengrabner M, Oostingh GJ, et al. Mobile Phone-Supported Physiotherapy for Frozen Shoulder: Feasibility Assessment Based on a Usability Study. *JMIR Rehabil Assist Technol.* 20 de julio de 2017;4(2):e6.
22. Nagatomi T, Mae T, Nagafuchi T, Yamada S-I, Nagai K, Yoneda M. Shoulder manual muscle resistance test cannot fully detect muscle weakness. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* julio de 2017;25(7):2081-8.
23. Jidovtseff B, Harris NK, Crielaard J-M, Cronin JB. Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *J Strength Cond Res.* enero de 2011;25(1):267-70.
24. Torrejón A, Balsalobre-Fernández C, Haff GG, García-Ramos A. The load-velocity profile differs more between men and women than between individuals with different strength levels. *Sports Biomech.* junio de 2019;18(3):245-55.
25. García-Ramos A, Suzovic D, Pérez-Castilla A. The load-velocity profiles of three upper-body pushing exercises in men and women. *Sports Biomech.* 12 de julio de 2019;1-13.
26. Balsalobre-Fernández C, Cardiel-García M, Jiménez SL. Bilateral and unilateral load-velocity profiling in a machine-based, single-joint, lower body exercise. *PloS One.* 2019;14(9):e0222632.

27. Marcos-Pardo PJ, González-Hernández JM, García-Ramos A, López-Vivancos A, Jiménez-Reyes P. Movement velocity can be used to estimate the relative load during the bench press and leg press exercises in older women. *PeerJ*. 2019;7:e7533.
28. Marzegalli M, Lunati M, Landolina M, Perego GB, Ricci RP, Guenzati G, et al. Remote Monitoring of CRT-ICD: The Multicenter Italian CareLink Evaluation-Ease of Use, Acceptance, and Organizational Implications. *Pacing Clin Electrophysiol*. octubre de 2008;31(10):1259-64.
29. Seto E, Leonard KJ, Masino C, Cafazzo JA, Barnsley J, Ross HJ. Attitudes of Heart Failure Patients and Health care Providers towards Mobile Phone-Based Remote Monitoring. *J Med Internet Res*. 29 de noviembre de 2010;12(4):e55.
30. Romero-Franco N, Fernández-Domínguez JC, Montaña-Munuera JA, Romero-Franco J, Jiménez-Reyes P. Validity and reliability of a low-cost dynamometer to assess maximal isometric strength of upper limb: Low cost dynamometry and isometric strength of upper limb. *J Sports Sci*. 3 de agosto de 2019;37(15):1787-93.
31. Holt KL, Raper DP, Boettcher CE, Waddington GS, Drew MK. Hand-held dynamometry strength measures for internal and external rotation demonstrate superior reliability, lower minimal detectable change and higher correlation to isokinetic dynamometry than externally-fixed dynamometry of the shoulder. *Phys Ther Sport*. septiembre de 2016;21:75-81.
32. Balsalobre-Fernández C, Marchante D, Muñoz-López M, Jiménez SL. Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *J Sports Sci*. 2 de enero de 2018;36(1):64-70.

33. Balsalobre-Fernández C, Marchante D, Baz-Valle E, Alonso-Molero I, Jiménez SL, Muñoz-López M. Analysis of Wearable and Smartphone-Based Technologies for the Measurement of Barbell Velocity in Different Resistance Training Exercises. *Front Physiol.* 28 de agosto de 2017;8:649.
34. Vanderstukken F, Jansen N, Mertens T, Cools AM. Elite male field hockey players have symmetric isokinetic glenohumeral strength profiles, but show asymmetry in scapular muscle strength. *J Sports Sci.* 4 de marzo de 2019;37(5):484-91.