

**Universidad de la República  
Instituto Superior de Educación Física  
Licenciatura en Educación Física  
Seminario Tesina - Actividad física, aptitud física y salud**

**Validez y confiabilidad del dispositivo PushPull Valkyria Trainer para la  
medición de fuerza isométrica**

Autores:

Juan BENÍTEZ

Carlos CLAVIJO

Alexander GONZÁLEZ

Profesor tutor:

Dr. Stefano BENÍTEZ

Co-tutores:

Lic. Diego FERRARO

Lic. Darío TRUJILLO

Montevideo, Julio, 2025

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a nuestro tutor, el Dr. Stefano Benítez por guiarnos y enseñarnos en este camino transcurrido en la investigación, siendo un mundo nuevo para nosotros como estudiantes.

De igual forma, a los Licenciados Darío Trujillo y Diego Ferraro, por sus valiosas colaboraciones en la toma de datos de evaluación y por el constante acompañamiento y aporte de sus conocimientos durante todo el desarrollo del Seminario Tesina.

También al Dr. Flávio de Souza Castro por su colaboración de forma voluntaria en lo que respecta a la realización del proceso estadístico de los datos, siendo un factor de suma importancia debido a nuestra nula formación en esta área.

A los participantes que de forma voluntaria, desinteresada y empáticamente brindaron su tiempo para poder llevar a cabo nuestra tesina.

Finalmente, a nuestras familias y amistades por apoyar y comprender nuestros procesos educativos, siendo un pilar fundamental en nuestro desarrollo de la Licenciatura en Educación Física.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
PALABRAS CLAVE.....	1
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
MARCO TEÓRICO.....	5
Fuerza en el ámbito de la salud.....	5
Fuerza como predictor de mortalidad.....	7
Entrenamiento de fuerza en diversas poblaciones.....	9
Fuerza muscular.....	12
Tasa de desarrollo de la fuerza.....	13
Estudios de validez y confiabilidad del DynaSystem.....	17
Validez y confiabilidad de dispositivos de evaluación de la fuerza muscular.....	20
Coeficientes de correlación.....	21
Coeficiente de correlación intraclase.....	21
Análisis de varianza.....	21
Desviación estándar.....	21
Coeficiente de variación.....	22
Gráfico de Bland-Altman de los límites de acuerdo al 95%.....	22
OBJETIVO GENERAL.....	22
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	22
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	23
PROCEDIMIENTOS.....	24
Remo bilateral.....	25
Figura 1. Vista lateral de la postura corporal y conexión de dispositivos de medición durante ejecución de ROW.....	26
Figura 2. Vista frontal de postura corporal y conexión de los dispositivos de medición durante ejecución de ROW.....	27
Isometric Mid-Thigh Pull.....	28
Figura 3. Vista lateral de la postura corporal y conexión de dispositivos de medición durante ejecución de Isometric Mid-Thigh Pull.....	28
Protocolo de evaluación.....	29
Figura 4 - Diseño del protocolo experimental.....	29
Día de familiarización.....	29
Día de evaluación.....	30
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	31
RESULTADOS.....	31
Tabla 1 – Características de los participantes (n = 20).....	33
Tabla 2 – Comparación entre dispositivos en repeticiones del ejercicio Isometric Mid-Thigh Pull... 34	
Tabla 3- Comparación entre dispositivos en repeticiones del ejercicio Remo Bilateral.....	35
Tabla 4 - Comparación de Coeficiente de Variación y Coeficiente de Correlación Intraclase en Remo Bilateral e Isometric Mid-Thigh Pull.....	36
Tabla 5 - Análisis de Bland-Altman de fuerza pico y fuerza media en Isometric Mid-Thigh Pull y Remo bilateral.....	36

Figura 5. Gráfica de Bland-Altman de fuerza pico y fuerza media en Isometric Mid-Thigh Pull y Remo bilateral.....	37
DISCUSIÓN.....	38
LIMITACIONES Y FUTURAS PERSPECTIVAS.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
ANEXOS.....	60

## RESUMEN

La fuerza es una interacción entre dos objetos capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo, o deformarlo. Desde la biología, la fuerza muscular (FM) se considera como la capacidad de ejercer tensión por parte de un músculo o grupo muscular para vencer una resistencia. Su desarrollo favorece la salud en aspectos físicos, psicológicos y sociales, siendo un importante predictor de morbilidad. No obstante, muchas veces la evaluación de la fuerza se realiza en ambientes de laboratorio limitando su aplicación en el mundo real. Este estudio de corte transversal analiza la validez y confiabilidad del dispositivo PushPull Valkyria Trainer (PP) para medir fuerza isométrica, siendo un dispositivo asequible económicamente y fácil de usar en situaciones de campo. Hasta donde llega nuestro conocimiento, aún no se realizó una comparación con un dispositivo *gold standard* de dinamometría. Para este objetivo, se ejecutó un protocolo de ejercicios isométricos de tracción para una evaluación simultánea con el DynaSystem (DS). Se utilizaron el coeficiente de variación (CV) y el coeficiente de correlación intraclass (CCI) como métodos estadísticos para la comparación entre dispositivos, determinando así la validez y confiabilidad del dispositivo PP. La muestra se compuso de 20 estudiantes universitarios masculinos jóvenes con experiencia previa de al menos seis meses en entrenamiento de fuerza. Se realizaron tres repeticiones de los ejercicios *isometric mid-thigh pull (IMTP)* y remo bilateral sentado (*ROW*, en inglés). El principal resultado demostró que ambos dispositivos presentaron valores similares, sin diferencia significativa con CCI excelentes intradispositivo, tanto en la fuerza pico ( $F_{pico}$ ) del *IMTP* ( $ICC \geq 0,90$ ) y *ROW* ( $ICC \geq 0,97$ ) como en la fuerza media ( $F_{media}$ ) de *IMTP* ( $CCI \geq 0,90$ ) y *ROW* ( $CCI \geq 0,96$ ). Sin embargo, los CV fueron altos para ambos dispositivos ( $>18\%$ ) en las tres repeticiones de cada ejercicio, además, en la comparación tomando la media interdispositivo. Por otra parte, entre dispositivos se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en las variables de Tiempo a  $F_{pico}$  y la Tasa de Desarrollo de la Fuerza (TDF). En último lugar, los equipos no mostraron concordancia en el *ROW* tanto sea para  $F_{pico}$  como  $F_{media}$  ( $p < 0,05$ ). En conclusión, el PP podría ser útil para evaluar  $F_{pico}$  y  $F_{media}$ , pero no para variables dependientes del tiempo.

## PALABRAS CLAVE

Fuerza muscular, dinamómetro funcional, evaluación de la fuerza, salud cardiometabólica.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análisis de varianza
CCI	Coefficiente de correlación intraclase
CFT	Curva fuerza-tiempo
CV	Coefficiente de variación
DE	Desviación estándar
DEF	Dinamómetros electromecánicos funcionales
DM	Diferencia media
DME	Diferencia de media estandarizada
DS	DynaSystem
ECV	Enfermedades cardiovasculares
EEM	Error estándar de la medición
EF	Entrenamiento de fuerza
EI	Entrenamiento interválico
FM	Fuerza muscular
Fmedia	Fuerza media
Fpico	Fuerza pico
I <sup>2</sup>	Índice de heterogeneidad
IC	Intervalo de confianza
IMC	Índice de masa corporal
<i>IMTP</i>	<i>Isometric mid-thigh pull</i>
PP	PushPull Valkyria Trainer
r	Coefficiente de correlación de Pearson
<i>ROW</i>	Remo bilateral
RP	Razón de probabilidades
RR	Razón de riesgo
TDF	Tasa de desarrollo de la fuerza
1-RM	Repetición máxima
$\eta^2$	Tamaño del efecto eta cuadrado
$\beta$	Coefficiente de regresión beta

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la fuerza muscular (FM) es esencial para el bienestar físico relacionado con la salud. Al igual que el entrenamiento aeróbico, la realización periódica de programas de entrenamiento enfocados en incrementar la fuerza y la resistencia muscular, pueden mejorar la calidad de vida para toda la población (Faigenbaum, 2014). Evaluar la FM es fundamental para detectar anomalías del estado nutricional y la composición corporal de las personas (Carbone et al., 2020). Además, la FM es un potente predictor de morbilidad, existiendo una gran asociación inversa entre la FM y el riesgo de morbilidad (Jochem et al., 2019). Para la evaluación de la FM existen diferentes dispositivos, la misma puede ser a través de pruebas de prensión manual, o por medio de dinamómetros isocinéticos, y dinamómetros portables (Arnold et al., 2010). En la actualidad se encuentran los dinamómetros electromecánicos funcionales (DEF), los cuales son una nueva tecnología que permite evaluar y entrenar la fuerza en el ser humano, otorgando una medida cuantificada de la resistencia, destacando su facilidad de uso y su versatilidad para generar estímulos mecánicos (Rodríguez-Perea et al., 2019).

Dentro de estos, uno de los primeros dispositivos fue el Haefni Health Systems (Granada, España). El mismo es un dinamómetro isocinético multiarticular sin restricciones, el cual ofrece resistencia a un movimiento libre multiarticular, utilizando un cable o varilla que no proporciona una estabilización a nivel proximal (Dvir & Müller, 2020). A partir del avance de nuevas tecnologías surge el DynaSystem Research (DS) (Symotech, Granada, España). Este nuevo instrumento, a diferencia de otros dispositivos isocinéticos, genera velocidades isocinéticas lineales que permiten evaluar y entrenar por medio de una resistencia generada. Presenta otros modos dinámicos (tónico, cinético, elástico, inercial, cónico) y estáticos (isométrico, vibratorio) (Rodríguez-Perea et al., 2019).

Uno de los nuevos dispositivos que se ha introducido en el mercado actualmente es el PushPull Valkyria Trainer (PP) (Ivolution, Inertial Power SRL, Argentina). Este dinamómetro, mediante un software propio, permite medir las contracciones isométricas en ejercicios de tracción y compresión, presentando la ventaja de ser portable, pudiendo implementarse en situaciones de campo. Desde su introducción en el mercado, aún no existen estudios científicos que hayan comparado sus mediciones con un *gold standard* para dinamometría, por lo que, actualmente, el PP no cuenta con evidencia científica que

respalde su validez y confiabilidad. Como señalan Campo et al. (2014), todo instrumento nuevo debe ser comparado con un instrumento de referencia para garantizar su precisión. Por ende, es de interés analizar la validez y confiabilidad del PP en comparación con el DS, en ejercicios isométricos de tracción. Este nuevo dispositivo puede generar beneficios en cuanto a la practicidad de su uso y transporte.

## **MARCO TEÓRICO**

### **Fuerza en el ámbito de la salud**

En el entrenamiento de la fuerza en niños, adolescentes y jóvenes, se encuentran beneficios tanto en aspectos biológicos, psicológicos, sociales, como también en rendimientos deportivos (Faigenbaum et al., 2009; Faigenbaum & Myer, 2010; Smith et al., 2014). Por ejemplo, Carbone et al. (2020) investigaron la asociación entre la FM y diversos aspectos de la salud como las enfermedades cardiovasculares (ECV), las muertes relacionadas con ECV y la mortalidad por todas las causas, además, los factores de riesgo de ECV, como pueden ser el síndrome metabólico. Este conjunto de autores destacan que la evaluación de la FM en los individuos es necesaria para detectar anomalías del estado nutricional y composición corporal, como pueden ser la fragilidad, la sarcopenia y obesidad sarcopénica, siendo estos factores quienes contribuyen en la disminución de la calidad de vida y aumento de hospitalizaciones, enfermedades cardiometabólicas y mortalidad. Así, estos autores concluyen que la FM se ha identificado como un indicador esencial de factor de riesgo para distintas ECV y mortalidad por todas las causas.

Otro estudio realizado por Henriksson et al. (2019), se centró en investigar la relación entre la FM en la adolescencia con la probabilidad de recibir una futura pensión por discapacidad en etapas posteriores de la vida, considerando diferentes categorías de índice de masa corporal (IMC) y en combinación con la aptitud aeróbica. Este estudio de cohorte prospectivo se efectuó un seguimiento de  $29,6 \pm 7,7$  años, en donde participaron un total de 1.212.503 hombres adolescentes de entre 16 y 19 años. Se les realizaron mediciones de fuerza de extensión de rodilla, fuerza de prensión manual y flexión de codo. Durante el tiempo transcurrido del estudio, un total de 69.248 hombres recibieron una pensión por discapacidad por una condición médica, siendo  $42,3 \pm 8,4$  años de edad el promedio para recibir la pensión por discapacidad. Lo destacado de este estudio es que se asoció la baja FM con un mayor riesgo de pensión por discapacidad por

todas las causas. La vinculación más destacada fue en la prueba de extensión de rodilla (Razón de riesgo (RR) = 1,40, Intervalo de Confianza del 95% (IC 95%) = 1,36 a 1,44) entre el quintil más bajo de fuerza comparado con el más alto. De esta manera, se verificó que tener baja FM está asociado con un mayor riesgo de pensión por discapacidad por todas las causas, siendo la causa psiquiátrica la que mayor riesgo implica para aquellos participantes que no tenían un buen rendimiento aeróbico y además una baja FM (RR = 1,89; IC 95% = 1,82 a 1,97).

Otro enfoque relevante es el investigado por Torres-Costoso et al. (2020), quienes a través de una revisión sistemática con metaanálisis resumieron la relación entre la FM y la salud ósea, considerando datos provenientes de estudios transversales que abarcan desde la infancia hasta la adultez temprana. Se incluyeron para el análisis 39 estudios, con un total de 5.785 participantes los cuales eran individuos sanos entre 8 y 30 años de ambos sexos, provenientes en su mayoría de países europeos. En cuanto a las mediciones de fuerza en las investigaciones recopiladas, el método utilizado para miembros superiores fue la prueba de prensión manual, en el caso de los miembros inferiores las técnicas de evaluación fueron variadas. Adicionalmente, se utilizó la herramienta DEXA para evaluar la salud ósea en todos los estudios, con el propósito de asociar la FM con la densidad mineral ósea y el contenido mineral óseo. Como conclusión de la revisión sistemática y metanálisis, se determina que existe una asociación entre la FM y la salud ósea de manera positiva y significativa entre ambos sexos. No obstante, el análisis por franjas etarias demostró que los niños presentaron mayores tamaños de efecto en comparación con el grupo de las niñas, lo que se podría explicar mediante la diferencia hormonal entre sexos y su incidencia con el desarrollo muscular y óseo. Los autores resaltan la importancia de la FM como un indicador valioso en lo que respecta a la salud ósea en etapas del desarrollo y maduración.

De acuerdo con el estudio de cohorte prospectivo de Crump et al. (2017), se propuso investigar los efectos de la interacción entre la aptitud aeróbica, la fuerza muscular y el IMC sobre el riesgo de insuficiencia cardíaca a largo plazo. Para las pruebas de evaluación de FM se utilizó un dinamómetro isométrico, en donde se hizo una suma ponderada de extensión de rodilla, flexión del codo y fuerza de prensión de mano, en donde las medidas eran expresadas en newtons. Se hizo un seguimiento en este estudio de cohorte para detectar la insuficiencia cardíaca, el mismo transcurrió desde 1969-1997 hasta fines del 2012. La insuficiencia cardíaca se reconoció a partir de al menos un diagnóstico de paciente internado, o al menos dos diagnósticos de paciente

ambulatorio. Como conclusión, se observó que una baja aptitud aeróbica, una baja fuerza muscular y obesidad se asocian de forma independiente con un alto riesgo de insuficiencia cardíaca. A su vez, se asocia con un riesgo de insuficiencia cardíaca 1,72 veces superior si se combina una baja aptitud aeróbica con una baja fuerza muscular. Por último, los autores de este estudio concluyen que la baja aptitud aeróbica, baja fuerza muscular y obesidad a los 18 años se vinculan independientemente con un elevado riesgo de insuficiencia cardíaca en una posterior edad adulta. Se plantea que es recomendable la intervención preventiva en primera infancia para contribuir en la reducción del riesgo de insuficiencia cardíaca en edades adultas, en donde la capacidad aeróbica tanto como la FM estén presentes, incluso en personas con un IMC normal.

### **Fuerza como predictor de mortalidad**

En la actualidad existen numerosos metaanálisis y revisiones sistemáticas que destacan a la fuerza como predictor de mortalidad (Garcia-Hermoso et al., 2018a; Garcia-Hermoso et al., 2018b; Jochem et al., 2019; Li et al., 2018; Ortega et al., 2012; Paterson et al., 2023). Por ejemplo, un metaanálisis de Garcia-Hermoso et al. (2018a), que incluyó 38 estudios de cohortes prospectivos con un total de 1.907.580 personas jóvenes y adultos relativamente sanos, reportó 63.843 muertes. En la mayoría de estudios analizados se realizaron pruebas de fuerza de prensión para medir la FM del tren superior y extensión de rodilla para el tren inferior. Los resultados del mismo demostraron que un nivel mayor de fuerza de prensión manual se asocia con un menor riesgo de mortalidad por todas las causas en un 31%, en comparación con adultos con menores niveles de FM, y con una asociación ligeramente más fuerte en mujeres (RR = 0,60; IC 95% = 0,51 a 0,69) que en hombres (RR = 0,69; IC 95% = 0,62 a 0,77), siendo en ambos casos una asociación estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ). En conclusión, los niveles de FM se asocian inversamente con el riesgo de mortalidad en la población adulta. Dicho de otra forma, los bajos niveles de FM deben de considerarse como un factor de riesgo de mortalidad por cualquier causa en adultos relativamente sanos, tanto en hombres como en mujeres.

Siguiendo con la revisión sistemática y metaanálisis de Jochem et al. (2019) el objetivo del mismo era evaluar la relación entre las medidas de FM y la mortalidad en poblaciones ambulatorias con enfermedades crónicas y en pacientes gravemente enfermos hospitalizados. En este estudio de metaanálisis se analizaron 39 artículos de

cohorte prospectivos (siendo el seguimiento desde la estadía hospitalaria [en días] hasta 18,3 años), teniendo una muestra de 39.852 personas, reportando una totalidad de 5.294 fallecimientos por causas específicas, ya sea por cáncer, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedad renal, enfermedades críticas, enfermedades metabólicas y vasculares. Los resultados del análisis reportaron que la categoría más baja de FM presentó un riesgo estadísticamente significativo por todas las causas (RR = 1,80; IC 95% 1,54 a 2,10) frente a la categoría más alta de FM. A su vez, una menor FM está asociada a una mayor mortalidad en: pacientes con cáncer (RR = 2,40; IC 95% 1,57 a 3,69), enfermedad crítica (RR = 2,06; IC 95% 1,33 a 3,21), enfermedad renal (RR = 1,84; IC 95% 1,37 a 2,47), enfermedades metabólicas y vasculares (RR = 1,64; IC 95% 1,26 a 2,14) y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (RR = 1,36; IC 95% 1,16 a 1,61).

Li et al. (2018) analizaron la asociación individual y conjunta entre la masa muscular y la fuerza con la mortalidad por todas las causas entre adultos mayores en Estados Unidos. En dicho estudio participaron una cantidad de 4.449 personas de 50 años o más, a partir de la Encuesta Nacional de Examen de Salud y Nutrición. En este estudio de carácter prospectivo los participantes fueron agrupados a partir de la edad, sexo, raza, IMC, consumo de alcohol, tabaquismo, educación, actividad física en tiempo libre, tiempo sedentario y enfermedades comórbidas. La masa muscular fue medida por tecnólogos radiólogos usando un DEXA QDR-4500 Hologic Scanner (Hologic, Inc., Bedford, MA). La clasificación de baja masa muscular fue determinada por lo propuesto en el Proyecto Sarcopenia del FNIH: las medidas para hombres son masa magra apendicular <19,75 kg y masa magra apendicular/IMC <0,789. Mientras que para mujeres la masa magra apendicular <15,02 kg y masa magra apendicular/IMC <0,521. La FM se evaluó mediante un dinamómetro Kin Com MP (Chattanooga Group, Inc., Chattanooga, TN), que midió la fuerza de extensión de la rodilla, permitiendo de esta manera la cuantificación de la FM. Los análisis en conjunto demostraron que la mortalidad por todas las causas fue significativamente superior ( $p < 0,05$ ) en los participantes con baja FM, independientemente de si tenían baja masa muscular. A su vez, las relaciones significativas entre la baja FM y la mortalidad por todas las causas se mantuvieron en los diferentes niveles de tiempo de sedentarismo, síndrome metabólico, y actividad física en tiempo libre. En conclusión, la baja FM se vinculó de manera independiente con un mayor riesgo de mortalidad por todas las causas, sin importar la masa muscular, el síndrome metabólico, el tiempo de sedentarismo o la actividad física

en tiempo libre entre los adultos mayores en Estados Unidos. Por tanto, se resalta la importancia de la FM como predictor de resultados de salud vinculados con el envejecimiento en adultos mayores.

En este sentido, el estudio de Ortega et al. (2012) establece una relación entre la FM en adolescentes varones suecos y la muerte prematura. Este estudio de cohorte prospectivo contó con una muestra total de 1.142.599 adolescentes de sexo masculino, de entre 16 a 19 años de edad, con un seguimiento durante un periodo de 24 años. En dicho periodo de tiempo fallecieron una cantidad de 26.145 participantes (2,3% del total) disponiendo de la información de causas de muertes de 22.883 participantes, de las cuales las razones de muerte fueron un 25,9% por accidentes no intencionales, 22,3% por suicidio, 14,9% por cancer y un 7,8% por enfermedades cardiovasculares, además, las muertes restantes (29,1%) son clasificadas como otras causas de mortalidad.

La FM fue evaluada a partir de pruebas de extensión de rodilla, fuerza de prensión manual de la mano y flexión de codo. Los resultados de las mismas revelaron que los niveles más altos de FM se asocian significativamente con un menor riesgo de mortalidad por cualquier causa. Asimismo, la asociación fue más fuerte en extensión de rodilla y fuerza de prensión manual en comparación con la fuerza de flexión del codo. Partiendo de la prueba de extensión de rodilla, la tasa de mortalidad por todas las causas cada 100.000 personas por año fueron 122,3 en personas con muy baja FM, 98,9 en personas con baja o media FM, y 86,9 aquellos que tenían media o muy alta FM. En relación a la prensión manual, siguiendo este orden anterior los datos fueron de 114,5, 96,5 y 90,9. En conclusión, este estudio proporciona evidencia de que un bajo nivel de FM en la adolescencia está asociado con una mortalidad prematura por cualquier causa de muerte. De igual manera la FM está asociada con la mortalidad prematura por enfermedades cardiovasculares, y se sugiere que una menor FM está vinculada con un mayor riesgo de mortalidad por suicidio.

### **Entrenamiento de fuerza en diversas poblaciones**

Comenzando por las recomendaciones internacionales del ejercicio en adultos mayores sobre el entrenamiento de fuerza (Izquierdo et al., 2021), se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza de alta intensidad es beneficioso y efectivo en personas adultas mayores, incluso en poblaciones frágiles. Se recomienda que el programa de entrenamiento sea de 2 a 3 veces por semana, iniciando con 1 a 2 series e incrementando

a 2 a 3 series de 8 a 12 repeticiones por ejercicio. Además, Izquierdo et al. (2021) mencionan que los ejercicios de fuerza deben estar destinados a los principales grupos musculares implicados en la función y movilidad, tanto en miembros superiores como en inferiores. Las rutinas diseñadas deben combinar ejercicios multiarticulares, como prensa de piernas o pecho, junto con ejercicios enfocados en movimientos específicos para regiones musculares individuales como tríceps, extensores de rodilla, abductores de cadera, como también simular actividades funcionales diarias como pararse y sentarse, o subir escaleras. Siguiendo con las recomendaciones de estos autores (Izquierdo et al., 2021), una rutina completa para la categoría de principiantes, puede incluir una cantidad de seis a diez ejercicios, en una división por series entre tres y cuatro. Es fundamental dejar al menos un día de descanso entre sesiones que involucren los mismos grupos musculares, permitiendo de esta manera un tiempo de descanso destinado para favorecer la recuperación, la reparación y las adaptaciones hipertróficas relacionadas al daño muscular. Por otra parte, se plantea que el entrenamiento de fuerza en intensidades en torno al 70-80% de 1 repetición máxima (1-RM) presenta más ganancias de fuerza, en comparación con intensidades moderadas (menores al 70% de 1-RM) y ligeras (menores al 50% de 1-RM). Finalmente, estos autores concluyen que el ejercicio físico y actividad física aumentan la función física y calidad de vida, disminuyendo la carga de enfermedades crónicas no transmisibles y la mortalidad por todas las causas y por causas específicas, como ECV, cáncer o enfermedades crónicas respiratorias.

Referido a la prescripción de entrenamiento de fuerza para la población adulta sana mayores a 18 años de edad, Currier et al. (2023) realizaron una revisión sistemática y un metaanálisis para determinar cómo las distintas combinaciones de parámetros de la carga (esto es, intensidad, volumen, densidad, duración y frecuencia) en la prescripción del entrenamiento inciden en la fuerza muscular y la hipertrofia. El estudio incluyó un total de 192 artículos, de los cuales 178 eran sobre fuerza y 119 sobre hipertrofia. En cuanto a los resultados, todos los entrenamientos de fuerza generaron mejoras superiores en la fuerza muscular y la hipertrofia en comparación al grupo control sin ejercicio. En consideración a la prescripción de cargas más elevadas (mayor al 80% de la 1-RM) se potenciaron las ganancias de fuerza, y todas las prescripciones favorecieron la hipertrofia muscular. Por otra parte, en comparación con el grupo control sin ejercicio, el entrenamiento de fuerza de carga más elevada llevada a cabo tres veces por semana en multiserias fue el más efectivo para el desarrollo de la fuerza y el entrenamiento de carga

más elevada, en multiserias dos veces por semana fue el más efectivo para el desarrollo de la hipertrofia muscular.

Henriksson et al. (2020) realizaron un estudio de cohorte prospectivo con una muestra de un millón de participantes en donde se centraron en investigar durante un máximo de 40,4 años (media =  $28,4 \pm 7,0$  años) la relación entre la aptitud cardiorrespiratoria, la FM y la obesidad en adolescentes suecos de 16 a 19 años, con una posterior discapacidad crónica debido a ECV. Este estudio recuperó los datos del reclutamiento militar, en donde se evaluaba la aptitud cardiorrespiratoria a través de una prueba en bicicleta ergonómica, mientras que la FM se evaluaba a través de pruebas de extensión de rodilla, fuerza de prensión manual y flexión de codo, para el IMC se tomaron como referencia las medidas analizadas en el examen de ingreso. La FM se asoció inversamente con el riesgo de discapacidad por ECV, destacándose la enfermedad cerebrovascular (RR = 0,69; IC 95% = 0,57 a 0,84) y la cardiopatía isquémica (RR = 0,55; IC 95% = 0,37 a 0,80), en comparación entre quintiles más altos con los quintiles más bajos. Sin embargo, en comparación a la aptitud cardiorrespiratoria, la FM demostró una asociación más débil con ECV, sin alcanzar valores significativos estadísticamente ( $p < 0,05$ ). La obesidad se la relacionó con un mayor riesgo de discapacidad por ECV en todos los modelos tanto en aptitud respiratoria como en FM. Por lo tanto, estos autores concluyen que este estudio aporta evidencia sobre una asociación significativa entre la baja aptitud cardiorrespiratoria en la adolescencia y el riesgo de futura discapacidad por ECV. Finalizando, también se halló una asociación entre la FM y la discapacidad por ECV, pero fue escasa en comparación con la aptitud cardiorrespiratoria y el IMC.

Finalmente en cuanto al entrenamiento de la FM y su relación con la enfermedad diabetes mellitus, los autores Sun et al. (2025) llevaron a cabo una revisión sistemática y un metaanálisis en que se analizó el efecto del EF sobre los factores de riesgo cardiovasculares en adultos con diabetes mellitus tipo 2. Para el análisis se llevaron a cabo la revisión de 48 artículos, con un muestra total de 2.191 participantes. En cuanto a la edad, se abarcó un rango en total de entre 21 y 75 años de edad, todos los participantes llevaban un estilo de vida sedentario. Los resultados de los efectos del EF sobre los marcadores cardiometabólicos demostraron una reducción significativa de la hemoglobina A1C (Diferencia media [DM]: -0,49, IC 95% -0,66 a -0,33;  $p < 0,0001$ ), con alto índice de heterogeneidad ( $I^2 = 85\%$ ). En relación al EF y el azúcar en sangre en ayunas, los resultados demostraron una reducción significativa (DM: -11,58 mg/dl, IC 95% -18,61 a -4,55;  $p = 0,001$ ), presentando una alta heterogeneidad ( $I^2 = 93\%$ ). Acerca

de la relación del EF y la insulina, los resultados demostraron una reducción significativa en los niveles (DM: - 1,65, IC 95% -2,87 a -0,42;  $p = 0,008$ ), con una alta heterogeneidad ( $I^2 = 90\%$ ). Sobre el EF y al índice HOMA-IR, los resultados demostraron una reducción significativa (DM: -1,20, IC 95% -1,85 a -0,55;  $p = 0,003$ ), con una alta heterogeneidad ( $I^2 = 91\%$ ). A modo de conclusión, los hallazgos de este metaanálisis respaldan la efectividad del EF para disminuir factores de riesgo cardiovascular como la hemoglobina A1C, el azúcar en sangre en ayunas, la insulina, la HOMA-IR, así como valores de composición corporal como el peso corporal, el porcentaje de grasa y la circunferencia de la cintura en pacientes adultos con diabetes tipo 2.

### **Fuerza muscular**

Según Gonzalez-Badillo & Ribas (2020), la fuerza desde un enfoque de la mecánica, es el motivo por el cual un cuerpo, ya sea en estado de reposo o en movimiento, se modifica o deforma ya sea por presión, estiramiento o tensión. Asimismo, dichos autores indican que la fuerza se puede expresar en empuje o tracción de un objeto por medio del contacto directo o la acción de gravedad, de esta forma alterando o modificando el movimiento de dicho objeto. En conclusión, la fuerza es la medida del resultado entre la interacción entre dos cuerpos u objetos, siendo el producto resultante de una masa por una aceleración ( $F = m \times a$ ), siendo el N su unidad de medida.

Desde otro enfoque, Harman (1993) define a la fuerza muscular (FM) como la capacidad de ejercer tensión a raíz de cuatro condiciones. Las mismas son la posición corporal, el movimiento corporal según la fuerza aplicada, los tipos de movimientos (concéntrica, excéntrica, isométrica y pliométrica) y la velocidad de la ejecución de los mismos. También se la puede definir como la capacidad de un músculo esquelético o un grupo muscular de generar una velocidad específica de ejecución (Knuttgen & Kraemer, 1987).

Sobre los tipos de movimientos y contracción muscular, la contracción concéntrica implica un acortamiento del músculo en el transcurso de la aplicación de una fuerza en el movimiento de la articulación (Kons et al., 2023; Liguori 2014; McArdle et al., 2015). Las contracciones excéntricas ocurren cuando una determinada carga externa es aplicada sobre un músculo y excede la fuerza producida por éste, resultando en un movimiento de alargamiento mecánico de los tejidos músculo-tendinosos (Lindstedt et

al., 2001; McArdle et al., 2015; Mujika & Crowley, 2019). Por su parte, las contracciones isométricas son aquellas en donde existe una tensión muscular constante en un ángulo fijo y sostenido por un determinado periodo de tiempo, sin presentar ningún movimiento en la articulación que moviliza el segmento (Folland et al., 2005; Liguori, 2014). Finalmente, en los movimientos de pliometría, se requiere de acciones de contracción excéntrica seguido rápidamente de una contracción concéntrica, en donde tiene beneficios tanto la función muscular, la coordinación, mejora del rendimiento en velocidad y salto, así como gestos deportivos específicos dado el corto ciclo estiramiento-acortamiento (Kons et al., 2023; McArdle et al., 2015; Mujika & Crowley, 2019).

### **Tasa de desarrollo de la fuerza**

La tasa de desarrollo de la fuerza (TDF) es un factor relevante en el sistema neuromuscular, informando cómo aumenta la fuerza contráctil a partir de producir una activación muscular de forma veloz en un breve periodo de tiempo, partiendo desde el estado de reposo o de un bajo nivel de activación muscular (Rodríguez-Rosell et al., 2017). Se ha demostrado que es posible calcular la TDF por medio de la curva de fuerza-tiempo (CFT), tanto en acciones de contracción isométrica como dinámica, mediante la siguiente fórmula:  $TDF = \Delta Fuerza / \Delta Tiempo$  (Rodríguez-Rosell et al., 2017).

A pesar de que se la puede considerar como una simple medida, la misma revela la implicancia de la interacción conjunta de los funcionamientos de los sistemas neuronales y musculotendinosos. Por lo tanto, esto la convierte en un aspecto de interés no solamente para la comunidad científica, sino también para entrenadores, atletas y médicos, en búsqueda de la mejora del rendimiento en el deporte y de la salud. Por ejemplo, en la detección del daño muscular agudo, la fatiga neuromuscular, o la pérdida de funcionalidad por internaciones hospitalarias entre otros aspectos (Rodríguez-Rosell et al., 2017). Como lo expresan Gonzalez-Badillo & Ribas (2020), esta CFT presenta infinitos valores acerca de la relación fuerza-tiempo. A su vez, se establece una pendiente en la CFT a partir del resultado de la relación entre la fuerza aplicada y el tiempo que se necesitó para alcanzarla. El incremento de esta pendiente puede considerarse como una mejora del rendimiento, ya sea porque se aplicó más fuerza en el mismo tiempo, o porque se aplicó la misma fuerza en menor cantidad de tiempo.

Siguiendo con Gonzalez-Badillo & Ribas (2020) la TDF se puede medir desde el inicio de la aplicación de la fuerza hasta un momento específico de la CFT, o entre dos momentos intermedios de esta curva. De esta forma, se puede ubicar el punto máximo de la pendiente de la CFT; este valor sería denominado la TDF máxima. Un elemento a tener en cuenta en la TDF máxima en evaluaciones de acciones estáticas, es que al momento de alcanzar esta TDF máxima la fuerza aplicada es de aproximadamente el 30% de la fuerza isométrica máxima (Gonzalez-Badillo & Ribas, 2020). La TDF depende de elementos neurales (tasa de disparo y reclutamiento de unidades motoras), así como también de elementos estructurales (hipertrofia e hiperplasia, rigidez músculo-tendón, longitud del fascículo, ángulo de penación, etc.) (Maffiuletti et al. 2016; Van Hooren et al., 2024).

### **Medición de la fuerza**

Existen diferentes métodos para medir y evaluar la fuerza máxima generada por un músculo o grupos musculares, dentro de estos métodos se presentan la tensiometría por cable, la dinamometría, la realización de una repetición máxima, o métodos electromecánicos e isocinéticos aplicados con computadora (McArdle et al., 2015).

En referencia a McArdle et al. (2015) la tensiometría por cable busca evaluar la capacidad de tensión o fuerza muscular que se le aplica a un cable a partir del descenso del sensor ubicado sobre el tensiómetro, de esta forma las mediciones se realizan en acciones isométricas o estáticas. Estos dispositivos tienen el beneficio de ser de poco peso, portátiles y fáciles de utilizar sobre las mediciones de distintos ángulos de una articulación específica. Continuando con la dinamometría siguiendo con este autor (McArdle et al., 2015), sin importar su área de uso, se utiliza para evaluar la fuerza muscular de un grupo muscular específico, tanto antes, durante o después del entrenamiento con diversos fines. Existen dinamómetros para manos y para piernas realizando mediciones estáticas, en donde una fuerza externa es aplicada al dinamómetro, el cual dentro del mismo se comprime un resorte de acero y se mueve una manecilla en donde dependiendo de la distancia del recorrido, se determina la fuerza externa aplicada al dinamómetro. Como lo expresan los autores Carbone et al. (2020), la dinamometría permite evaluar la FM mediante uno de los métodos más confiables y seguros: la prueba de presión manual, en donde se le solicita a las personas que compriman un dinamómetro durante 3 a 5 s, registrando el valor máximo de tres

repeticiones. A la vez que este método es adaptable para las diversas poblaciones y sus características.

La medición de una 1-RM es otro método de evaluación de la FM (McArdle et al., 2015), en donde la forma de evaluar la repetición máxima se da de forma dinámica, a diferencia de las anteriores, las cuales se daban de forma estática. La medición de la 1-RM refiere a la máxima cantidad de peso que una persona puede levantar en una repetición estandarizada. Para calcular la 1-RM se sugiere que el entrenador realice una estimación de cálculo que se aproxime al máximo peso que la persona pueda levantar y lo ejecute, luego en las próximas repeticiones el entrenador irá añadiendo peso de forma paulatina hasta que la persona alcance su máxima capacidad de levantamiento.

La 1-RM es la evaluación estándar de la fuerza muscular concéntrica, realizada en una ejecución con la técnica correcta y adecuada (Faigenbaum, 2014). Sin embargo, Balsalobre & Jiménez (2014) exponen que este tipo de mediciones presentan ciertas controversias, debido a que el procedimiento conlleva una alta exigencia física y psicológica sumado a las elevadas cargas que se manejan en la fase de aproximación hacia la medición definitiva, que pueden generar una posible lesión o altos índices de fatiga muscular que posteriormente afectará el programa de entrenamiento. Por otro lado, la medición del 1-RM no siempre refleja el valor real de la fuerza máxima, ya que, si el sujeto no manifiesta una disposición psicológica óptima durante la prueba, es probable que el resultado obtenido subestime su verdadera capacidad. Además, la 1-RM puede presentar variaciones significativas tras pocas sesiones de entrenamiento, lo que implicaría la necesidad de reevaluarla en intervalos cortos para reajustar adecuadamente las cargas de entrenamiento.

En este sentido, según González-Badillo & Ribas (2020) no habría que realizar nunca la medición de la 1-RM ni para dosificar las cargas del entrenamiento ni para valorar el efecto del mismo, debido a las consecuencias que pueden ocasionar las mediciones incorrectas, como también exponer a la persona a una situación de estrés elevado y que sufra posibles efectos negativos tanto para la salud articular y muscular. Con el avance de las nuevas tecnologías surgen encoders o aplicaciones para dispositivos móviles las cuales permiten medir la velocidad de ejecución con una gran precisión, teniendo validez y confiabilidad (Balsalobre & Jiménez, 2014). Estas aplicaciones actúan de la siguiente forma, primero se graba un video de la ejecución, y a partir del análisis del mismo, marcando inicio y final del movimiento, se estima la 1-RM de manera precisa y segura mediante algoritmos basados en la relación carga-velocidad, por

lo que a partir de esto se puede calcular la 1-RM sin la necesidad de realizar el protocolo tradicional de medición de la 1-RM ni de realizar repeticiones hasta el fallo, evitando posibles lesiones, y controversias ya mencionadas (Balsalobre & Jiménez, 2014).

Para finalizar con los dispositivos para medir y evaluar la fuerza, se proponen los métodos electromecánicos e isocinéticos aplicados con computadora, por un lado se encuentran los microprocesadores, estos sistemas miden los patrones de movimiento de segmentos del cuerpo de forma rápida sobre la fuerza muscular, torsión, aceleraciones y velocidades. Dentro de ellos se encuentran las plataformas de fuerza, las cuales se encargan de evaluar la aplicación externa de fuerza muscular generada por una extremidad, siendo el *gold standard* para cualquier medición de fuerza (McArdle et al., 2015). En la actualidad han surgido otros dispositivos de medición y entrenamiento de la fuerza, como los DEF, uno de los primeros es el DynaSystem Research (Symotech, Granada, España), el cual a diferencia de los dispositivos isocinéticos convencionales, produce velocidades isocinéticas de forma lineal, en donde se genera una resistencia que permite entrenar y evaluar al mismo tiempo. Además, este dispositivo presenta diversos modos dinámicos y estáticos que permiten prescribir entrenamientos (Campos et al., 2014; Rodríguez-Perea et al., 2019). El DS está compuesto por tres partes: en primer lugar, un *software* que permite una retroalimentación en cuanto a información antes, durante y después de la sesión de ejercicios; en segundo lugar, la múltiple adaptabilidad a las posiciones a ejecutar con amplios grados de posibilidades; y en último lugar, gran variedad de formas de trabajo, ya sean dinámicos (tónico, cinético, elástico, inercial, cónico) o estáticos (isométrico, vibratorio) (Cordero, 2019).

Por otra parte se encuentran los dinamómetros isocinéticos (McArdle et al., 2015) los cuales se encargan de controlar la velocidad de ejecución y aceleración mediante una resistencia a la aplicación de la fuerza realizada. Cuando el dispositivo logra alcanzar una velocidad constante, el mismo se ajusta para generar una fuerza opuesta, adaptándose a dichas variaciones en la fuerza muscular, a lo largo de la curva de fuerza-velocidad durante el movimiento, lo que permite estimaciones de condiciones de baja velocidad y fuerza alta, como de alta velocidad y fuerza baja. Estos dispositivos cuentan con monitorización que permite la retroalimentación casi de inmediato sobre la fuerza máxima proporcionada. En base a los datos obtenidos mediante la retroalimentación generada por el dispositivo, permiten conocer otros parámetros más amplios que la 1-RM, como la CFT en los movimientos de ejecución (McArdle et al., 2015). La CFT es uno de los dos elementos a tener en cuenta para comprender la

manifestación de la fuerza, esta se trata de la relación entre la aplicación de fuerza y el tiempo necesario para que se manifieste en su máxima expresión (González-Badillo & Gorostiaga, 2002). Según Gonzalez-Badillo & Ribas (2020), el tiempo necesario para alcanzar el pico máximo de fuerza en acciones isométricas varía en función del ejercicio utilizado, pudiendo requerir desde unos cientos milisegundos hasta aproximadamente dos o tres segundos. Por tanto, como lo mencionan González-Badillo & Gorostiaga (2002) habría de tener estos datos como punto de referencia para la planificación y el control de los entrenamientos de fuerza, debido a que se considera que todo movimiento se puede representar con una CFT. Por lo que en esta curva ya mencionada se identifican tres fases, la primera refiere a la fuerza inicial, en donde se puede observar la manifestación de la fuerza en el inicio de la contracción muscular sin importar la resistencia a superar. En segunda fase, se encuentra la fuerza explosiva, la cual compete a la relación del aumento de la fuerza con el tiempo que se necesita para su desarrollo, y por último, en la fase final, la fuerza máxima expresada, ya sea de forma dinámica o isométrica.

### **Estudios de validez y confiabilidad del DynaSystem**

Diversos estudios han demostrado la validez y confiabilidad del DS en la evaluación de fuerza isométrica, por parte de Baena et al. (2021) evaluaron la validez y confiabilidad del DS en comparación con una plataforma de fuerza (ForceDecks, Vald Performance, Brisbane, Australia) evaluando las variables del ejercicio de *mid thigh pull*. En este estudio participaron veintisiete atletas masculinos, de  $22 \pm 1,9$  años, con más de 6 meses de experiencia en entrenamiento. Esta evaluación consistía en cuatro esfuerzos isométricos máximos de seis segundos, obteniendo los datos de ambos dispositivos de evaluación de forma simultánea. Se evaluaba la fuerza máxima, TDF, y los valores de fuerza específicos en tiempo (50 ms, 100 ms, 150 ms y 200 ms). En conclusión, las variables obtenidas de ambos dispositivos en fuerza máxima muestran una alta confiabilidad (CV < 3%; CCI > 0,90), sin embargo no se alcanzó una confiabilidad aceptable en la TDF (CV > 10,88%; CCI < 0,76) y la variable de fuerza inicial (CV > 8,81%; CCI < 0,76) en ambos dispositivos. Siendo de esta forma, que el DS demostró una alta confiabilidad y validez en los datos obtenidos en comparación con la plataforma de fuerza para la medición de la fuerza máxima isométrica en el *mid-thigh pull*, no obstante no sucedió lo mismo para la TDF.

Rodríguez-Perea et al. (2019) evaluaron la confiabilidad de la fuerza isométrica e isocinética de los flexores del tronco, en donde participaron treinta y siete hombres jóvenes físicamente activos de 19-23 años de edad. Los mismos debieron realizar seis series de cuatro repeticiones máximas consecutivas de flexiones del tronco a diferentes velocidades y rangos de movimiento, con una pausa de tres minutos entre cada serie, finalizando con una contracción isométrica máxima de cinco segundos, en posición sentada con el tronco a un ángulo de 90 grados respecto al muslo. Los resultados expuestos indican que la confiabilidad absoluta demostró estabilidad en la repetición de ambos protocolos -isométricos y dinámicos- presentando un coeficiente de variación (CV) inferior al 10% y un coeficiente de correlación intraclass (CCI)  $> 0,86$ , lo cual, según los criterios de Hopkins et al. (2009), se interpreta como una confiabilidad relativa muy alta ( $> 0,69$ ). Por lo tanto, este estudio demostró que el DS es válido y confiable para evaluar la fuerza de los flexores del tronco en su expresión concéntrica, excéntrica e isométrica.

Cordero (2019) utilizando solamente el DS evaluó la confiabilidad del mismo en un protocolo de fuerza isométrica máxima en flexión de codo a  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $135^\circ$ , contando con la participación de 18 personas, con una edad de  $23 \pm 3,01$  años. En el protocolo de ejercicios deberían de realizar en primer lugar seis contracciones isométricas máximas de ocho segundos cada una, en la angulación de  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $135^\circ$  de flexión de codo con ambos brazos, con un descanso de siete minutos luego de completado cada serie. Luego de dos semanas se realizó el mismo protocolo nuevamente. Respecto a los valores estadísticos, se presentó un CV de entre 7-13%, y en el CCI valores que varían entre 0,88 y 0,97. Este estudio comprueba que el DS es un dispositivo con alta confiabilidad para medir la fuerza isométrica de la flexión de codo, siendo la flexión de  $45^\circ$  la que mayor confiabilidad presenta.

En coincidencia con el anterior estudio mencionado, Díaz Ochoa (2019) utilizando solo el DS, realizó un protocolo de flexión de codo compuesto por seis contracciones isométricas, tres por cada brazo, en ángulos de  $45^\circ$  y  $90^\circ$ , luego de una serie de cada serie se descansaba 7 minutos. En este estudio, participaron 19 sujetos sanos y físicamente activos, de un rango de edad de entre 17 a 35 años. A modo de conclusión, a raíz de los resultados obtenidos los autores indicaron relaciones de la fuerza media del brazo dominante a  $45^\circ$  ( $p < 0,05$ , coeficiente de correlación de Pearson  $[r] = 907$ ) y el brazo dominante a  $90^\circ$  ( $p < 0,05$ ,  $r = 935$ ), mientras que los valores de la fuerza máxima del brazo dominante a  $45^\circ$  ( $p < 0,05$ ,  $r = 939$ ) y el brazo dominante a  $90^\circ$

( $p < 0,05$ ,  $r = 0,977$ ). En consecuencia el DS es un dispositivo confiable para la medición de la fuerza isométrica máxima y media, en la flexión de codo a una angulación de  $45^\circ$  y  $90^\circ$ .

Siguiendo con Andrades et al. (2024), planteó un protocolo utilizando únicamente el DS en donde doce hombres jóvenes activos en un rango de edad de 21 a 23 años realizaron cuatro ejercicios de fuerza isométrica e isométrica/vibratoria, siendo estos el press de banca sentado bilateral, remo bilateral sentado (*ROW*), extensión de rodilla sentado unilateral para la derecha y la izquierda. Se basó en tres series de cinco segundos de contracción con una pausa de tres minutos. Por lo demostrado en este estudio, existe una confiabilidad alta (siendo el CV = 4,65 a 5,02% y el CCI = 0,99 a 0,98 para el press de banca sentado bilateral), y aceptable para el *ROW*, extensión unilateral de la rodilla derecha y de la rodilla izquierda sentado (siendo el CV = 3,71 a 9,61%, y el CCI = 0,98 a 0,95). De esta forma se concluye que el DS puede medir con gran confiabilidad y reproducibilidad las mediciones de FM máxima isométrica e isométrica/vibratoria en los ejercicios propuestos a evaluar.

El estudio de Cifuentes et al. (2024) tuvo como objetivo examinar la fiabilidad relativa y absoluta de las comparaciones intra-sesión en un protocolo de fuerza muscular isométrica máxima, utilizando solo el DS en el ejercicio de empuje bilateral en bipedestación en jugadoras de balonmano de  $22 \pm 4$  años. En cuanto a la evaluación de fuerza, en miembros inferiores se solicitó a las participantes que se posicionen en bipedestación con el pie dominante adelantado (entre 20 a 30 cm), las rodillas semiflexionadas, extensión de cadera de la extremidad no dominante entre  $15$  a  $20^\circ$ . En miembros superiores se les solicitó que realicen una abducción de hombro a  $90^\circ$  y flexión del codo a  $90^\circ$ , con posición de mano en pronación, partiendo de esta posición se realizaba un empuje anterior bilateral. El día de evaluación se debían realizar tres repeticiones de dicho ejercicio en su fuerza máxima, manteniendo el esfuerzo durante 5 segundos, con una pausa de 3 minutos entre cada repetición. Además, se realizaron dos sesiones de familiarización, las cuales tenían una duración de 60 minutos, en donde se realizaba el ejercicio de empuje anterior bilateral en una cantidad de 10 repeticiones de 5 segundos de duración y a una intensidad del 50% de la percepción del esfuerzo. En la primera sesión de familiarización se realizaron mediciones de altura y de masa corporal. En relación a los resultados, el análisis de varianza (ANOVA) no demostró diferencias significativas de medidas repetidas entre grupos ( $\omega^2 = 0,001$ ) ( $p > 0,730$ ), y no se hallaron diferencias significativas interseries ( $p > 0,05$  y  $\eta^2 < 0,20$ ) para las evaluaciones

de FM media y pico; en cuanto a la fiabilidad, se obtuvieron valores altos ( $CCI > 0,90$ ;  $CV < 10\%$ ). El error de medición estándar tuvo una variación de 0,19 a 1,38 para la FM media y 0,29 a 2,79 en la FM pico. Finalmente, en cuanto a los gráficos de Bland-Altman revelaron un sesgo sistemático bajo, con rangos de (-0,786 a 0,197) en lo que respecta a la FM isométrica media y (-0,626 a 0,644) máxima. A partir de este estudio, se concluye que el DS presenta una alta fiabilidad tanto relativa como absoluta entre series para determinar la fuerza isométrica en el ejercicio evaluado.

### **Validez y confiabilidad de dispositivos de evaluación de la fuerza muscular**

Siempre que se lleva a cabo una intervención, es esencial escoger protocolos o dispositivos que sean tanto válidos como confiables para ese propósito específico (Campos et al., 2014). En el caso de los dispositivos, la validez se refiere a la capacidad de medir aquello que se pretende medir (Campos et al., 2014; Casartelli et al., 2010; Corral, 2009). En cuanto a la confiabilidad, debería de ser lo primero a evaluar en un nuevo dispositivo de medición (Atkinson & Neville, 1998). La misma refiere a la reproducibilidad de los valores de una prueba en repetidas ocasiones con los mismos individuos (Bruton et al., 2000; Hopkins, 2000). Sin embargo, los investigadores pueden influenciar negativamente en la interpretación de valores obtenidos, tanto en un sesgo sistemático, como la variación en el individuo durante el ciclo circadiano o en la confiabilidad de los investigadores al llevar a cabo los protocolos correctamente (Baumgartner, 1989; Bruton et al., 2000).

No obstante, a pesar de que la confiabilidad busca que no existan errores en las mediciones tras múltiples repeticiones, en toda ejecución consecutiva de un gesto humano sin importar que se intente realizar de manera exacta, siempre se encuentra presente una variación, por lo tanto esto genera un error de medición, que se considera aceptable si este es insignificante, siendo menor a un 10% (Atkinson & Neville, 1998).

Siguiendo a Bruton et al. (2000) mencionan que Baumgartner (1989), plantea dos tipos de confiabilidad, por un lado la relativa es el grado en que los individuos mantienen su posición en una muestra con mediciones repetidas, midiéndose con un coeficiente de correlación (Atkinson & Neville, 1998). Por otro lado, la absoluta es el grado en que las mediciones repetidas varían para los individuos, es decir, cuanto menos varían, mayor es la confiabilidad, expresándose en unidades reales de medidas o proporción de valores medidos (Atkinson & Neville, 1998).

En relación a la confiabilidad, existen diferentes análisis estadísticos para evaluarla, por ejemplo CCI, el error estándar de la medida (EEM), CV y el gráfico de Bland-Altman (Campos et al., 2014). De acuerdo con Atkinson & Neville (1998), en un estudio de confiabilidad se deberían de presentar los resultados de forma conjunta siendo la mayor cantidad de indicadores posibles, para una objetiva interpretación de los resultados obtenidos.

### **Coefficientes de correlación**

Según Bruton et al. (2000), los coeficientes de correlación son métodos estadísticos que proporcionan datos a partir de la relación entre dos distribuciones o la estabilidad de la ubicación dentro de los dos conjuntos. Si estos datos mantienen las mismas condiciones entre las pruebas que son sometidas, se obtendrá un alto índice de correlación. Hopkins et al. (2009) utiliza los siguientes criterios para los coeficientes de correlación: 0,1 = pequeño, 0,3 = moderado, 0,5 = alto, 0,7 = muy alto, y 0,9 = extremadamente alto.

### **Coefficiente de correlación intraclase**

Atkinson & Neville (1998) expresan que los CCI son los métodos estadísticos más utilizados en estudios de confiabilidad, ya que, los valores más cercanos a 1 indican una alta confiabilidad, siendo de esta manera los valores en el rango de 0,7 a 0,8 “cuestionables” y “alto” en mayores a 0,9.

### **Análisis de varianza**

El ANOVA es un conjunto de procedimientos estadísticos utilizados para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de dos o más grupos (Salkind, 2007). Además, posibilita la evaluación de interacciones entre múltiples factores, los que de manera aislada pueden tener, o no, incidencia en los resultados (Jones et al., 2023).

### **Desviación estándar**

En base a la terminología de la National Library of Medicine, la DE es una medida que se encarga de reflejar la manera en la que se encuentran dispersos los datos en relación a la media. Si el resultado tiende a ubicarse cercano a cero, el mismo indica que los datos

están agrupados próximos a la media, por ende son homogéneos y pueden tender a tener un comportamiento normal.

### **Coefficiente de variación**

Este coeficiente se trata de una estimación del error de medición, se calcula como la desviación estándar de los datos, dividido por la media, y multiplicado por 100, lo cual expresa una puntuación porcentual (Bruton et al., 2000; Shechtman, O. 2013).

En consideración a Atkinson & Neville (1998) afirman que un CV de 10% o menor al mismo se lo puede considerar de confiabilidad aceptable, asimismo, Andrades et al. (2024) expresan que un CV de 5% o menor, es considerado de confiabilidad alta. En apreciación de González-Badillo & Ribas (2020), se lo puede considerar bueno cuando es menor al 5,2% y no es recomendable cuando el valor es mayor al 5,9%.

### **Gráfico de Bland-Altman de los límites de acuerdo al 95%**

En este caso Bruton et al. (2000) plantean que Bland-Altman formulan un método gráfico que sirve para evaluar la concordancia entre dos métodos distintos de medición, con este objetivo se plantean tres pasos: 1) delinear la diferencia de los resultados ante el valor medio de ambos métodos, 2) calcular la media y desviación estándar entre las diferencias de las medidas, y 3) calcular el 95% de los límites de acuerdo y el 95% de intervalos de confianza en base a los límites ya mencionados.

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar la validez y confiabilidad del dinamómetro PushPull Valkyria Trainer en comparación con el Dynasystem para la medición de fuerza isométrica.

### **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Evaluar la validez y confiabilidad del PP en las variables de fuerza pico ( $F_{pico}$ ), fuerza media ( $F_{media}$ ), Tiempo a  $F_{pico}$  y TDF en los ejercicios *IMTP* y *ROW*.

## **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Este estudio adopta un diseño transversal, en donde la recopilación de datos se dará a partir de un grupo en una única sesión (Heinemann, 2003; Hulley, 2013). Este es un estudio de validación de dispositivo, en donde se reclutaron a adultos jóvenes masculinos estudiantes del Instituto Superior de Educación Física (ISEF). Para poder participar del estudio debían de contar con una experiencia previa de 6 meses de entrenamiento de fuerza. El día de familiarización se realizaron las mediciones corporales en balanza de bioimpedancia y estadiómetro, además se completaron el consentimiento informado y cuestionario *IPAQ*. Luego se realizó un calentamiento, el cual consistía en movilidad de diferentes articulaciones del cuerpo y de 3 minutos de trote ligero. Terminado el calentamiento, se prosiguió con los ejercicios *IMTP* y *ROW* en el laboratorio, realizando 2 repeticiones submáximas de 5 segundos de contracción isométrica. Cada repetición estuvo separada por 2 minutos de descanso pasivo. El día de evaluación se realizó 7 días después, y constó con el mismo calentamiento que el día de familiarización, con una repetición submáxima de ambos ejercicios. Posteriormente se realizaron 3 repeticiones máximas de ambos ejercicios, con un periodo de descanso pasivo de 2 minutos entre cada repetición.

## **PARTICIPANTES**

Un total de 20 hombres jóvenes saludables participaron del estudio. En la Tabla 1 se describen las características de la muestra.

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión: 1) personas de sexo masculino, 2) estudiantes universitarios del Instituto Superior de Educación Física, 3) tener entre 18 a 45 años de edad, 4) no presentar enfermedades cardiometabólicas, ni lesiones musculoesqueléticas en los dos meses previos al comienzo del estudio, 5) contar con experiencia previa de al menos 6 meses en entrenamiento de fuerza, 6) no tomar suplementos anabolizantes o drogas sociales, 7) no consumir estimulantes (mate, cafe, bebidas energéticas, etc) en los días de los experimentos.

Como criterios de exclusión se estipularon: 1) no asistir a la totalidad de las sesiones, 2) no poder realizar los patrones de movimientos de los ejercicios programados, 3) haber realizado cualquier ejercicio en las 24 horas previas a las

sesiones, 4) consumir anabolizantes o drogas a lo largo de la experimentación, 5) consumir estimulantes 4 horas antes del día de evaluaciones.

Inicialmente se les indicó a los participantes que mantengan sus hábitos de vida (trabajo, horas de sueño, nutrición, entrenamiento, etc.) durante el transcurso del experimento.

## **PROCEDIMIENTOS**

Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio del Instituto Superior de Educación Física (Universidad de la República), en condiciones ambientales constantes (temperatura: 20-22 °C, humedad relativa: 60%-70%). Para la realización de los ejercicios se utilizaron los dispositivos PP y DS colocados en serie. Se conectó el PP en el extremo de la linga del DS, lo que permitió igualar las condiciones de medición de los mismos. Es importante señalar que ambos dispositivos se utilizaron con su frecuencia de muestreo al nivel máximo disponible; el DS utilizó una frecuencia de 1.000 Hz, mientras que el PP utilizó una frecuencia de 80 Hz. La medición de las angulaciones respectivas de los ejercicios se realizaron con un goniómetro manual universal (TRIDENT, modelo GON-PVC, Brasil). Este estudio se llevó a cabo según la Declaración de Helsinki (2013) y fue aprobado por el comité de Ética del Instituto Superior de Educación Física.

### **Protocolo experimental**

El protocolo experimental constó de dos ejercicios, uno que involucró miembros superiores, y otro considerado mixto, de miembros superiores e inferiores. Siguiendo las consideraciones para la estandarización de los procedimientos y el análisis de los datos en pruebas de fuerza isométrica según Comfort et al. (2019), dentro de ellas se encuentran la postura corporal, la señal verbal y la aceptación de las gráficas. En cuanto a las posturas corporales, las mismas tienen que ser en sus angulaciones articulares correspondientes, sin una excesiva pretensión ni tampoco relajación muscular total, con una posición corporal estable y tranquila. Por parte de la señal verbal, la misma está destinada a incidir en la atención previa y en la aplicación de fuerza en la ejecución y se da en cuenta regresiva en frase de “3, 2, 1, va”. Para todas las ejecuciones se indicó realizar una contracción máxima de forma rápida y fuerte, mirando el gráfico en tiempo

real en una pantalla durante 5 segundos siguiendo las recomendaciones de Maffioletti et al. (2016).

Por último, en lo que refiere a la aceptación de las gráficas Comfort et al. (2019), se deben de realizar un mínimo de dos repeticiones de la prueba y sus datos serán aceptados solamente si los mismos no presentan errores. Dentro estos errores existentes están la pretensión previa excesiva o nula pretensión, los contramovimientos durante la fase de inicio o durante su continua ejecución, o el momento del pico de fuerza, de manera que el pico de fuerza se encuentre en la fase final de la gráfica y no al inicio de la misma.

### **Remo bilateral**

Para la evaluación de la fuerza de los miembros superiores se utilizó el ejercicio de remo bilateral (Andrades-Ramírez et al., 2024). El participante se ubicó sentado de cara al respaldo del banco, con el pecho apoyado firmemente sobre él para brindar estabilidad al tronco y reducir compensaciones posturales. Los pies permanecieron apoyados en el suelo y las rodillas flexionadas a 90°. Los miembros superiores se posicionaron con una abducción de hombro de 90° y una flexión de codo también de 90°, manteniendo los brazos paralelos al suelo. Posteriormente, se debía traccionar la barra hacia su cuerpo manteniendo las angulaciones correspondientes (Figuras 1 y 2).



**Figura 1.** Vista lateral de la postura corporal y conexión de dispositivos de medición durante ejecución de *ROW*.



**Figura 2.** Vista frontal de postura corporal y conexión de los dispositivos de medición durante ejecución de *ROW*.

### *Isometric Mid-Thigh Pull*

Para evaluar la fuerza de miembros superiores e inferiores se realizó el *IMTP* (Baena-Raya et al., 2021) con barra. Para estandarizar el ejercicio se tuvo en consideración una angulación de  $135^\circ$  en la articulación de la rodilla, y  $140^\circ$  en articulación de la cadera. Las piernas separadas al ancho de los hombros, la espalda recta con retracción escapular, brazos extendidos en su totalidad con toma pronos, la barra debe de quedar en la mitad del cuádriceps, la acción a realizar es como si se empujara el suelo con los pies, sin traccionar con los brazos y hombros. Dicho ejercicio es ampliamente utilizado en el campo del entrenamiento deportivo y el fitness, siendo evidenciada su gran capacidad para detectar el pico de fuerza (Bruno et al., 2025; Rago et al., 2024). (Figura 3).



**Figura 3.** Vista lateral de la postura corporal y conexión de dispositivos de medición durante ejecución de *Isometric Mid-Thigh Pull*.

## Protocolo de evaluación

Cuatro días antes de la sesión de familiarización programada se les envió el protocolo experimental y la descripción del día de familiarización a completar. Siete días antes de la sesión de evaluación de pruebas se realizó el día de familiarización con los dispositivos y patrones de movimientos del programa establecido. Además, en este día se midió la composición corporal y se completaron los consentimientos y cuestionarios iniciales. (Figura 4)

Figura 4 - Diseño del protocolo experimental



## Día de familiarización

Se conformaron grupos de aproximadamente tres participantes concurrentes en cada sesión para optimizar los tiempos de espera, de las mediciones y el espacio físico disponible en el laboratorio. Cada grupo concurrió a una sesión de familiarización y una sesión de evaluación, el tiempo transcurrido entre dichas sesiones fue de siete días. En las sesiones de familiarización se realizaron las mediciones correspondientes con la balanza de bioimpedancia y estadiómetro. Así, se realizaron mediciones en el estadiómetro (Seca 222, Seca Ltd.®, Hamburg, Germany) y en la balanza de bioimpedancia (HBF-514C, OMRON, Kyoto, Japan) para medir masa corporal (kg), índice de masa corporal (kg/m<sup>2</sup>), masa grasa (%), masa muscular (%), y grasa visceral

(%). A su vez, se completaron el formulario de consentimiento informado, el *International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)*, siendo comunicados también los criterios de exclusión. Posteriormente se comenzó con 10 repeticiones de cada ejercicio para la movilidad de las articulaciones talocrural, tibiofemoral, coxofemoral, glenohumeral, humerocubital y radiocarpiana, de las cuales cada ejercicio se pasa a detallar: 1) flexoextensión del tobillo con cada pie; 2) circunducción de tobillo para cada lado y por cada pié; 3) flexoextensión de rodilla bilateral; 4) flexoextensión de cadera; 5) abducción y aducción de hombro bilaterales; 6) circunducción de hombro bilaterales; 7) rotación interna y externa del hombro con abducción a 90°; 8) flexoextensión del hombro con abducción a 90° y flexión del codo a 90°; 9) flexoextensión del codo; 10) circunducción de articulación radiocarpiana con flexoextensión de falanges de la mano. Luego se hizo un trote ligero de 3 minutos y se inició con el protocolo de ejercicios con ambos dispositivos (DS y PP), donde los ejercicios propuestos se llevaron a cabo en el siguiente orden: 1) *IMTP*, 2) *ROW*. Como parte de una entrada en calor específica, en cada ejercicio se hicieron dos repeticiones de 5 segundos de contracciones isométricas submáximas, con un descanso de 2 minutos entre cada ejercicio.

### **Día de evaluación**

La sesión de evaluación inició con una entrada en calor igual al día de familiarización. Luego se comenzó con una repetición isométrica submáxima durante 5 segundos previo a la evaluación del ejercicio correspondiente propuesto en el protocolo. Esto se repitió con cada participante y para cada ejercicio.

Los ejercicios se realizaron en tres series de 5 segundos de contracción isométrica máxima, con descanso pasivo de 2 minutos. Luego de concluir las tres repeticiones válidas de un ejercicio, continuó el siguiente participante a efectuar las repeticiones del mismo ejercicio. En caso de que la repetición no fuese válida se descartaba y se volvía a realizar una nueva repetición. Una vez todos los participantes completaron las tres repeticiones del primer ejercicio, se pasó al segundo, manteniendo la misma dinámica.

Para el análisis posterior se tomaron las siguientes variables:  $F_{pico}$ ,  $F_{media}$ , Tiempo a  $F_{pico}$  y TDF en 50 ms, 100 ms, 150 ms y 250 ms.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se presentaron como media  $\pm$  DE, y se calcularon límites de los intervalos de confianza al 95%. Para verificar la variabilidad y la correlación entre los dispositivos se calcularon los CV y el CCI. La fiabilidad de los datos obtenidos en las repeticiones 1, 2, y 3 se verificó mediante el CCI, categorizado como:  $< 0,5$ : fiabilidad baja;  $> 0,5$  y  $< 0,75$ : fiabilidad moderada;  $> 0,75$  y  $< 0,90$ : fiabilidad buena; y  $> 0,90$ : fiabilidad excelente. Los coeficientes de variación (CV[%]) se calcularon a partir de los intentos 1, 2, 3 (CV = (DE/Media)\*100). Se utilizó ANOVA factorial (3  $\times$  2) analizando la interacción entre factores, en donde se realizaron comparaciones para comprobar el efecto de las repeticiones y de los dispositivos.

Se categorizó el tamaño del efecto ( $\eta^2$ ) entre la repetición, dispositivo e interacción en:  $\eta^2$  0 a 0,13: pequeño; 0,14 a 0,26: moderado,  $>0,26$ : grande. A su vez, también se categorizó el efecto del dispositivo en: d de Cohen 0–0,19: trivial; 0,2 a 0,59: pequeño; 0,6 a 1,19 moderado; 1,2 a 1,99: grande; 2,0 a 3,99: muy grande; y  $>4,0$ : perfecto (Hopkins, 2002).

Para testear la concordancia entre dispositivos, se utilizó el análisis de Bland-Altman. Para que esta concordancia sea perfecta, se consideraron los siguientes criterios: 1) que la diferencia media (*bias*) entre los instrumentos debería de ser igual a cero (aplicando el test t de *Student*); 2) el comportamiento de los datos de diferencia con respecto a los datos de media debería ser aleatorio, aplicando una regresión lineal simple entre media y la diferencia; una regresión significativa indica que el comportamiento no es aleatorio; y 3) al menos el 80% de los datos deben encontrarse dentro de los intervalos de confianza al 95%.

Los análisis se realizaron en SPSS. v. 12 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) y Graph Pad Prisma v. 8.0 (San Diego, CA, USA), considerando un alfa de 0,05 en todos los casos.

## RESULTADOS

En cuanto al ejercicio *IMTP* los valores de la  $F_{pico}$  y  $F_{media}$  de los dispositivos PP y DS presentaron valores similares, sin detectarse ningún efecto significativo, con un CCI excelente intradispositivo (CCI  $\geq 0,92$ ). No obstante los CV a lo largo de las tres

repeticiones fueron altos para ambos dispositivos  $\geq 18\%$  (Tabla 2). En la comparación entre dispositivos, se presentaron diferencias significativas en el Tiempo a Fpico ( $p = 0,01$ ;  $d = 0,62$ ) y en las TDF50 ( $p = 0,001$ ;  $d = 1,62$ ), TDF100 ( $p = 0,001$ ;  $d = 2,25$ ), TDF150 ( $p = 0,001$ ;  $d = 9,95$ ) y TDF250 ( $p = 0,001$ ;  $d = 0,96$ ). Respecto al ejercicio *ROW* la comparación de la Fpico y Fmedia entre los dispositivos PP y DS presentaron valores semejantes sin significatividad, con un CCI excelente intradispositivo ( $ICC \geq 0,95$ ) (Tabla 3). Nuevamente fueron detectados CV altos para ambos dispositivos  $\geq 20\%$  a lo largo de las tres repeticiones. En la comparación entre dispositivos hubo diferencias significativas en todas las variables que involucran el tiempo, es decir, en Tiempo a Fpico ( $p = 0,017$ ;  $d = 0,56$ ), TDF50 ( $p = 0,001$ ;  $d = 1,53$ ), TDF100 ( $p = 0,001$ ;  $d = 1,67$ ), TDF150 ( $p = 0,001$ ;  $d = 1,41$ ) y TDF250 ( $p = 0,015$ ;  $d = 0,57$ ). Tanto en el *ROW* como en el *IMTP* las variables que no involucran el tiempo presentaron CV más bajos en comparación con las variables que sí involucran el tiempo. Además, el PP presentó CV sistemáticamente más altos para las variables que implican tiempo que en algunos casos alcanzaron valores muy extremos (por ejemplo, TDF50=195%).

Cuando se toma la media y se compara directamente el desempeño de los dispositivos en ambos ejercicios, podemos observar CV altos para todas las variables y muy extremos para los parámetros vinculados con el tiempo (por ejemplo, TDF50=127%). En cuanto al CCI, fue excelente para Fpico y Fmedia para ambos ejercicios ( $CCI \geq 0,93$ ). No obstante, los mismos fueron bajos en *ROW* tanto en Tiempo a Fpico (0,85), TDF50 (0,77) y TDF100 (0,76). Con respecto al *IMTP*, todas las variables que involucran el tiempo fueron bajas en CCI (Tiempo a Fpico [0,82], TDF50 [0,77], TDF100 [0,81], TDF150 [0,83] y TDF250 [0,86]) (Tabla 4).

En relación a la comparación entre los dispositivos en Fpico y Fmedia, para la diferencia media entre dispositivos en *IMTP* tanto la Fpico ( $-1,1 \pm 92,0$  N) como la Fmedia ( $2,2 \pm 40,4$  N) presentaron valores similares entre sí, mientras que en *ROW* los valores difieren en la Fpico ( $-77,4 \pm 46,8$  N) y la Fmedia ( $-20,1 \pm 33,6$  N). En cuanto a la diferencia de media y cero, en *IMTP* la Fpico y la Fmedia no presentaron valores significativos ( $p = 0,92$  y  $p = 0,66$ , respectivamente), mientras que en *ROW* la Fpico y Fmedia demostraron valores significativos ( $p < 0,001$  en ambas) (Tabla 5 y Figura 5). La regresión entre media y diferencia para *IMTP* no fue significativa en Fpico ( $p = 0,59$ ). No obstante, sí fue significativa en la Fmedia ( $p = 0,005$ ). Para el caso del *ROW* fue significativa para Fpico y Fmedia ( $p = 0,001$  en ambas).

**Tabla 1 – Características de los participantes (n = 20)**

Parámetros	Ejercicio	Media (±)
Edad (años)		29,4 ± 6,7
Altura (cm)		176,9 ± 7,3
Masa corporal (kg)		80,4 ± 10,3
Masa grasa (%)		19,4 ± 5,3
Masa muscular magra (%)		39,9 ± 3,0
IMC (kg/m <sup>2</sup> )		25,6 ± 2,4
Fpico Absoluta (N)	<i>IMTP</i>	1346 ± 208*
	<i>ROW</i>	591,6 ± 149,9*
Fpico Relativa (N)	<i>IMTP</i>	16,7 ± 1,5*
	<i>ROW</i>	7,32 ± 1,43*
TDF50 (N/s)	<i>IMTP</i>	9923 ± 6725*
	<i>ROW</i>	6039 ± 4159*
TDF250 (N/s)	<i>IMTP</i>	4460 ± 759*
	<i>ROW</i>	2017 ± 609,6*

IMC: Índice de masa corporal; Fpico: fuerza pico; TDF: tasa de desarrollo de la fuerza, *IMTP*: *Isometric Mid-Thigh Pull*; \* Indica el mayor valor alcanzado entre las tres repeticiones en el dispositivo DS.

**Tabla 2 – Comparación entre dispositivos en repeticiones del ejercicio *Isometric Mid-Thigh Pull***

	PP					DS					Comparaciones		
	R1	R2	R3	CV (%)	CCI (valor-p)	R1	R2	R3	CV (%)	CCI (valor-p)	Rep <i>p</i> Tamaño del efecto ( $\eta^2$ )	Dispositivo <i>p</i> Tamaño del Efecto (d)	Rep × Disp <i>p</i> Tamaño del efecto ( $\eta^2$ )
<b>Fpico (N)</b>	1304±266 1180; 1429	1328±264 1204; 1451	1344±202 1249; 1438	18,4	0,90 (<0,001)	1293±242 1179; 1407	1332±262 1209; 1456	1346±208 1249; 1444	17,9	0,92 (<0,001)	0,17 (0,04)	0,98 (0,003)	0,94 (0,002)
<b>Fmedia (N)</b>	1086±268 960; 1211	1113±257 992; 1234	1092±224 987; 1198	22,5	0,90 (<0,001)	1083±253 965; 1202	1108±235 998; 1218	1107±220 1004; 1210	21,4	0,92 (<0,001)	0,47 (0,02)	0,97 (0,006)	0,88 (0,003)
<b>Fpico relativa (N)</b>	16,3±3,1 14,8; 17,7	16,5±2,6 15,2; 17,7	16,7±1,9 15,8; 17,6	15,3	0,87 (<0,001)	16,1±2,5 14,9; 17,3	16,5±2,4 15,4; 17,6	16,7±1,5 16,0; 17,4	12,9	0,86 (<0,001)	0,22 (0,03)	0,93 (0,01)	0,94 (0,002)
<b>Tiempo a Fpico (s)</b>	1,44±1,00 0,97; 1,91	1,53±1,28 0,93; 2,13	1,16±0,90 0,74; 1,58	77,0	0,43 (0,064)	0,86±0,71 0,42; 1,30	0,71±0,74 0,36; 1,06	0,62±0,71 0,29; 0,95	98,6	0,95 (<0,001)	0,20 (0,04)	0,01** (0,62)	0,64 (0,01)
<b>TDF50 (N/s)</b>	374,1±768,5 14,4; 733,8	516,8±114 117,3; 1051	639,0±1072 137,2; 1140	194,8	0,95 (<0,001)	9923±6725 6775; 13071	11611±7101 8287; 14935	11845±6758 8681; 15008	61,6	0,93 (<0,001)	0,042* (0,08)	<0,001** (1,62)	0,13 (0,05)
<b>TDF100 (N/s)</b>	920,4±1083 413,3; 1427	1098±1409 438,4; 1757	1367±1427 699,0; 2035	106,1	0,90 (<0,001)	8634±3839 6837; 10431	10076±3788 8303; 11849	9938±3690 8211; 11666	39,5	0,93 (<0,001)	0,003* (0,14)	<0,001** (2,25)	0,068 (0,06)
<b>TDF150 (N/s)</b>	1707±1330 1085; 2330	1891±1515 1182; 2600	2193±1609 1439; 2946	76,9	0,89 (<0,001)	6294±1853 5426; 7161	6827±1853 6031; 7624	6854±1710 6053; 7654	27,1	0,84 (<0,001)	0,01* (0,11)	<0,001** (9,95)	0,56 (0,01)
<b>TDF250 (N/s)</b>	2723±1192 2165; 3281	2939±1158 2397; 3482	3060±1356 2425; 3694	42,4	0,91 (<0,001)	4072±950 3627; 4517	4222±827 3835; 4609	4460±759 4104; 4815	19,8	0,91 (<0,001)	0,007* (0,12)	<0,001** (0,96)	0,86 (0,004)

Fpico: fuerza pico; Fmedia: fuerza media; TDF: tasa de desarrollo de fuerza; CV: coeficiente de variación; CCI: coeficiente de correlación intraclase; Rep *p* Tamaño del efecto ( $\eta^2$ ): tamaño del efecto entre repetición e interacción; Dispositivo *p* Tamaño del efecto (d): tamaño del efecto del dispositivo; Rep × Disp *p* Tamaño del efecto ( $\eta^2$ ): interacción entre repetición y dispositivo; \* indica diferencias entre repeticiones, R3 siempre es mayor que R1 en PP; \*\* indica diferencias entre dispositivos: mayor tiempo a Fpico con PP, mayor TDF con DS.

**Tabla 3- Comparación entre dispositivos en repeticiones del ejercicio Remo Bilateral**

	PP					DS					Comparaciones		
	R1	R2	R3	CV (%)	CCI (valor-p)	R1	R2	R3	CV (%)	CCI (valor-p)	Rep <i>p</i> Tamaño del efecto ( $\eta^2$ )	Dispositivo <i>p</i> Tamaño del efecto (d)	Rep $\times$ Disp <i>p</i> Tamaño del efecto ( $\eta^2$ )
<b>Fpico (N)</b>	668,4 $\pm$ 171,9 588,0; 748,9	656,6 $\pm$ 166,0 578,9; 734,3	646,0 $\pm$ 166,7 568,0; 724,1	25,3	0,97 ( $<$ 0,001)	591,6 $\pm$ 149,9 521,4; 661,8	580,0 $\pm$ 147,7 510,8; 649,2	567,2 $\pm$ 140,1 501,6; 632,8	25,1	0,97 ( $<$ 0,001)	0,07 (0,06)	0,11 (0,35)	0,99 ( $<$ 0,001)
<b>Fmedia (N)</b>	532,7 $\pm$ 169,8 453,3; 612,2	532,7 $\pm$ 158,2 458,7; 606,8	534,1 $\pm$ 160,3 459,0; 609,1	31,2	0,96 ( $<$ 0,001)	517,5 $\pm$ 148,8 447,9; 587,2	514,3 $\pm$ 137,5 450,0; 578,7	507,2 $\pm$ 134,6 444,2; 570,2	27,3	0,97 ( $<$ 0,001)	0,90 (0,003)	0,66 (0,09)	0,83 (0,005)
<b>Fpico relativa (N)</b>	8,31 $\pm$ 1,85 7,44; 9,18	8,15 $\pm$ 1,85 7,28; 9,02	8,01 $\pm$ 1,84 7,14; 8,87	22,6	0,96 ( $<$ 0,001)	7,32 $\pm$ 1,43 6,64; 8,00	7,18 $\pm$ 1,56 6,45; 7,91	7,03 $\pm$ 1,52 6,31; 7,74	20,9	0,95 ( $<$ 0,001)	0,07 (0,06)	0,06 (0,42)	0,99 ( $<$ 0,001)
<b>Tiempo a Fpico (s)</b>	1,27 $\pm$ 0,79 0,89; 1,64	1,22 $\pm$ 0,78 0,86; 1,59	1,23 $\pm$ 1,08 0,72; 1,73	71,2	0,58 (0,01)	0,80 $\pm$ 0,70 0,47; 1,13	0,77 $\pm$ 0,76 0,41; 1,31	0,59 $\pm$ 0,64 0,28; 0,89	97,2	0,93 ( $<$ 0,001)	0,60 (0,01)	0,017** (0,56)	0,72 (0,008)
<b>TDF50 (N/s)</b>	248,6 $\pm$ 521,5 4,56; 492,7	248,2 $\pm$ 456,1 34,77; 461,7	215,4 $\pm$ 423,6 17,23; 413,7	196,4	0,96 ( $<$ 0,001)	6039 $\pm$ 4159 4092; 7986	6381 $\pm$ 3976 4520; 8242	6482 $\pm$ 3990 4614; 8349	64,1	0,97 ( $<$ 0,001)	0,50 (0,01)	$<$ 0,001** (1,53)	0,42 (0,02)
<b>TDF100 (N/s)</b>	635,0 $\pm$ 680,4 316,6; 953,5	641,5 $\pm$ 637,3 343,2; 939,8	579,3 $\pm$ 665,5 267,8; 890,8	106,8	0,92 ( $<$ 0,001)	4073 $\pm$ 2158 3063; 5083	4241 $\pm$ 2047 3283; 5199	4322 $\pm$ 2059 3358; 5286	49,5	0,97 ( $<$ 0,001)	$<$ 0,001* (0,60)	$<$ 0,001** (1,67)	$<$ 0,001*** (0,61)
<b>TDF150 (N/s)</b>	992,9 $\pm$ 892,4 575,2; 1410	1016 $\pm$ 809,4 637,2; 1394	965,0 $\pm$ 801,7 589,8; 1340	84,1	0,95 ( $<$ 0,001)	2840 $\pm$ 1147 2303; 3377	2915 $\pm$ 1098 2401; 3430	2946 $\pm$ 1098 2432; 3461	36,4	0,97 ( $<$ 0,001)	0,73 (0,008)	$<$ 0,001** (1,41)	0,59 (0,01)
<b>TDF250 (N/s)</b>	1271 $\pm$ 1073 769,7; 1774	1369 $\pm$ 937,5 930,9; 1808	978,4 $\pm$ 887,5 978,4; 1809	80,0	0,96 ( $<$ 0,001)	1954 $\pm$ 681,8 1634; 2273	1999 $\pm$ 645,3 1967; 2301	2017 $\pm$ 609,6 1732; 2303	32,4	0,97 ( $<$ 0,001)	0,21 (0,04)	0,015** (0,57)	0,84 (0,005)

Fpico: fuerza pico; Fmedia: fuerza media; TDF: tasa de desarrollo de fuerza; CV: coeficiente de variación; CCI: coeficiente de correlación intraclase; Rep *p* Tamaño del efecto ( $\eta^2$ ): tamaño del efecto entre repetición e interacción; Dispositivo *p* Tamaño del efecto (d): tamaño del efecto del dispositivo; Rep  $\times$  Disp *p* Tamaño del efecto ( $\eta^2$ ): interacción entre repetición y dispositivo; \* indica diferencias entre repeticiones, R2 es mayor que R3 en PP; \*\* indica diferencias entre dispositivos: Mayor tiempo a Fpico con PP, mayor TDF con DS, interacción significativa entre la repetición y los dispositivos: comportamiento distinto entre repeticiones en cada dispositivo; \*\*\* indica diferencias entre repeticiones y dispositivos.

**Tabla 4 - Comparación de Coeficiente de Variación y Coeficiente de Correlación Intraclase en Remo Bilateral e *Isometric Mid-Thigh Pull***

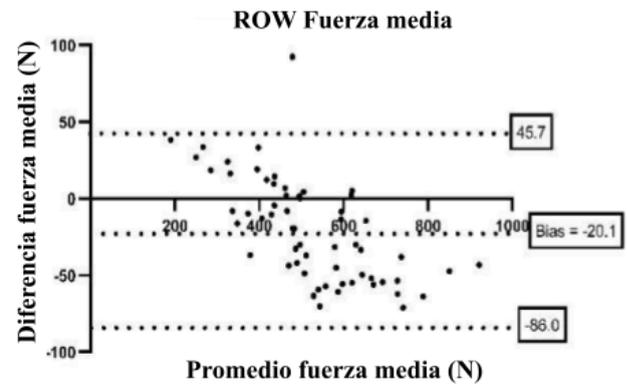
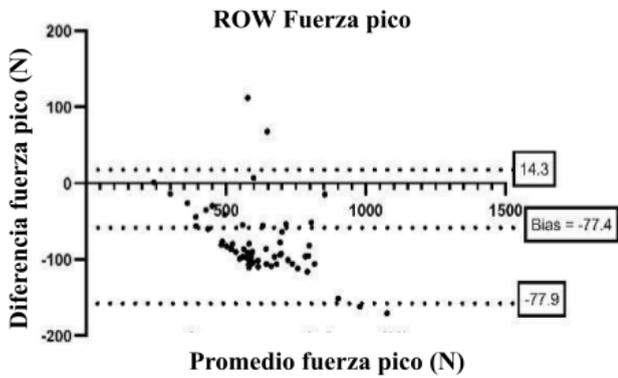
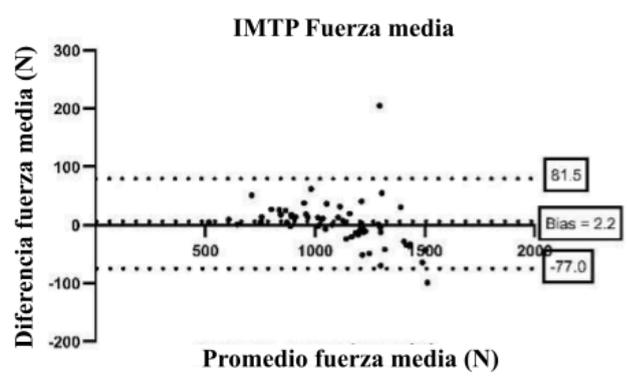
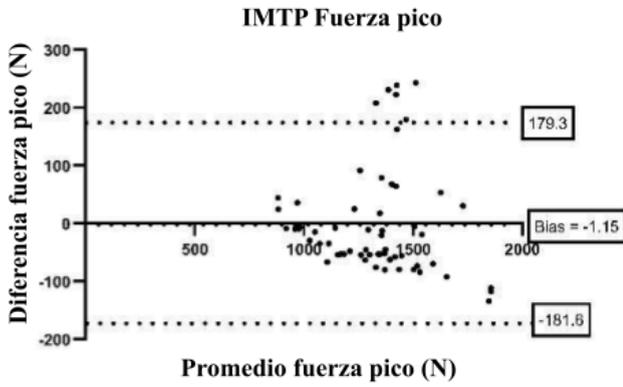
	ROW		IMTP	
	CV (%)	CCI (valor-p) Lim IC 95%	CV (%)	CCI (valor-p) Lim IC 95%
<b>Fpico (N)</b>	25,7	0,98 (<0,001) 0,97; 0,99	20,5	0,96 (<0,001) 0,92; 0,98
<b>Fmedia (N)</b>	28,5	0,98 (<0,001) 0,97; 0,99	21,6	0,97 (<0,001) 0,95; 0,98
<b>Fpico relativa (N)</b>	22,5	0,97(<0,001) 0,95; 0,99	14,4	0,93 (<0,001) 0,88; 0,97
<b>Tiempo a Fpico (s)</b>	84,6	0,85 (<0,001) 0,72; 0,93	94,2	0,82 (<0,001) 0,66; 0,92
<b>TDF50 (N/s)</b>	126,9	0,77 (<0,001) 0,57; 0,89	123,7	0,77 (<0,001) 0,57; 0,89
<b>TDF100 (N/s)</b>	97,6	0,76 (<0,001) 0,76; 0,94	95,0	0,81 (<0,001) 0,65; 0,91
<b>TDF150 (N/s)</b>	69,8	0,95 (<0,001) 0,90; 0,97	66,7	0,83 (<0,001) 0,68; 0,92
<b>TDF 250 (N/s)</b>	52,1	0,95 (<0,001) 0,91; 0,98	34,8	0,86 (<0,001) 0,74; 0,93

Fpico: fuerza pico; Fmedia: fuerza media; TDF: tasa de desarrollo de la fuerza; CV: coeficiente de variación; CCI: coeficiente de correlación intraclase; Lim IC 95%: 95% límite de intervalo de confianza.

**Tabla 5 - Análisis de Bland-Altman de fuerza pico y fuerza media en *Isometric Mid-Thigh Pull* y Remo bilateral**

	IMTP		ROW	
	Fpico (N)	Fmedia (N)	Fpico (N)	Fmedia (N)
<b>Bias (diferencia media entre dispositivos)</b>	-1,1±92,0	2,2±40,4	-77,4±46,8	-20,1±33,6
<b>Valor-p para la diferencia entre la media y cero</b>	0,92	0,66	<0,001*	<0,001*
<b>Valor-p de la regresión entre la media y la diferencia</b>	0,59	0,005*	<0,001*	<0,001*
<b>Porcentaje de valores dentro de los IC95%</b>	90	96,6	93,3	98,3

\* Indica diferencia estadísticamente significativa (p < 0,05).



Bias: diferencia media

**Figura 5.** Gráfica de Bland-Altman de fuerza pico y fuerza media en *Isometric Mid-Thigh Pull* y Remo bilateral

## DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio fue analizar la validez y confiabilidad del dispositivo PP para la medición de la fuerza isométrica máxima, en comparación con el dispositivo DS durante la ejecución de los ejercicios *IMTP* y *ROW* en hombres sanos con experiencia en entrenamiento de fuerza, con una edad de entre 18 y 45 años. Hasta donde llega nuestro conocimiento, este es el primer estudio que evalúa la validez y confiabilidad del dispositivo PP. Para las evaluaciones se tuvieron en cuenta las consideraciones para la estandarización de los procedimientos y el análisis de los datos en pruebas de fuerza isométrica planteadas por expertos en la temática. Entre los principales resultados, se observó una similitud entre los dispositivos en CCI y CV, sin diferencias significativas en las mediciones de  $F_{pico}$  y  $F_{media}$ . Se observó una alta concordancia en el ejercicio *IMTP* para  $F_{pico}$ , y buena concordancia en la  $F_{media}$ . Respecto al *ROW*, hubo una baja concordancia tanto en  $F_{pico}$  como en  $F_{media}$ , existiendo diferencias significativas. Por otra parte, para las variables dependientes del tiempo (es decir, Tiempo a  $F_{pico}$ , TDF50, TDF100, TDF150 y TDF250) sí se hallaron discrepancias estadísticamente significativas con CV sumamente elevados en el PP.

Existen varios enfoques sobre el concepto de fuerza, uno de ellos es desde una perspectiva física-mecánica que se basa en la deformación y el desplazamiento de un cuerpo en interacción con un objeto en un espacio (Gonzalez-Badillo & Ribas, 2020). Por otro lado, otro enfoque es desde una perspectiva biológica, la cual considera a la FM como la capacidad de ejercer tensión muscular frente a una resistencia (Harman, 1993) o la capacidad de generar una velocidad específica en una ejecución por parte de un músculo o grupo muscular (Knuttgen & Kraemer, 1987) siendo este último el relevante para nuestra investigación.

El desarrollo de la fuerza en el rendimiento deportivo es significativo, por ejemplo aportando diversos beneficios en la disminución de riesgo de lesiones y potenciando acciones deportivas (saltos, cambios de dirección, *sprints*, etc.) (Suchomel, 2016). En lo que refiere a la salud, se ha demostrado que el desarrollo de la fuerza es beneficioso tanto para el bienestar físico, la calidad de vida (Faigenbaum, 2014), la mejora de aspectos biológicos, psicológicos y sociales (Faigenbaum et al., 2009; Faigenbaum & Myer, 2010; Smith et al., 2014). El entrenamiento de fuerza previene la fragilidad y el riesgo de caídas (Jiang et al., 2025), alivia el dolor y la calidad de vida en personas con cáncer (Wang et al., 2025a), así como también los síntomas motores en la

enfermedad de Parkinson (Wang et al., 2025b). Además, reduce los síntomas depresivos (Mahmoudi et al., 2022; Noetel et al., 2024; Rossi et al., 2024; Toval et al., 2025), genera efectos positivos en el control de la glucemia, la composición corporal y la salud cardiovascular en personas con enfermedades cardiometabólicas (Zhang, H., et al., 2024). Por otra parte, reduce el riesgo de mortalidad por todas las causas en base a distintos programas de ejercicios de fortalecimiento de la FM en distintas poblaciones (Izquierdo et al., 2021; Momma et al., 2022; Shailendra et al., 2022; Shailendra et al., 2024).

Como contrapartida, la falta del entrenamiento de fuerza y baja FM en la adolescencia tiene una relación de probabilidad en obtener una pensión por discapacidad en etapas posteriores de la vida (Henriksson et al., 2019). Igualmente, en esta misma etapa, la baja aptitud aeróbica, baja FM y obesidad se relacionan de forma independiente con un elevado riesgo de insuficiencia cardíaca en edades posteriores (Crump et al., 2017). En la adultez y en etapas posteriores, la FM está significativamente asociada de manera inversa con los síntomas depresivos (Marques et al., 2020). Asimismo, la FM baja es un factor de riesgo para ECV (Carbone et al., 2020), un indicador en relación a la salud ósea en etapas del desarrollo y maduración en niños y niñas (Torres-Costoso et al., 2020), y también se la puede considerar como un predictor de mortalidad por todas las causas, enfermedades crónicas, ECV y cáncer (García-Hermoso et al., 2018a; García-Hermoso et al., 2018b; Jochem et al., 2019; Li et al., 2018; Ortega et al., 2012; Paterson et al., 2023).

Por consecuente, radica allí la importancia de la medición de la FM, además permite detectar anomalías del estado nutricional, composición corporal, fragilidad, sarcopenia o obesidad sarcopénica (Carbone et al., 2020). Una forma frecuente, sencilla y confiable de medir la FM es mediante la prueba de presión manual (Bohannon, 2019; Lee, 2021). Diversos estudios han demostrado que es un predictor independiente de mortalidad por todas las causas, por cáncer y por ECV (Beyer et al., 2018; Celis-Morales et al., 2018; Kim et al., 2019; Kim et al., 2021; López et al., 2022; Wang et al., 2023; Zhang, F., et al., 2024;) dado que una mayor fuerza de presión se relaciona con un menor riesgo de mortalidad (Gutiérrez et al., 2020; Kim 2022), una reducción en los síntomas de la hipertensión (Gu et al., 2021; Polo et al., 2023) y síntomas depresivos (Huang et al., 2021; Smith et al., 2019; Zasadzka et al., 2021), así como también una mejora en la salud mental y funcionamiento cognitivo (Jiang et al., 2022). Otras formas y métodos existentes que permiten medir y evaluar la FM generada por un músculo o

grupos musculares son la tensiometría por cable, la dinamometría, 1-RM, métodos electromecánicos e isocinéticos; para cada uno de ellos se requiere de distintos dispositivos o instrumentos para su medición (McArdle et al., 2015).

Dentro de los métodos electromecánicos, uno de los dispositivos utilizados son las plataformas de fuerza (McArdle et al., 2015) las cuales son reconocidas como *gold standard* para la medición de la fuerza isométrica (Baena-Raya, 2021). Este tipo de medición ofrece beneficios en cuanto a la practicidad de administrar, mayor confiabilidad *test-retest*, reduce el riesgo de lesiones y genera menor fatiga en comparación con otros modelos de pruebas, siendo el *IMTP* una prueba confiable (James et al., 2024; Lum et al., 2020). Por parte de Baena-Raya et al. (2021) utilizaron una plataforma de fuerza en comparación con el DS para analizar su validez y confiabilidad en la prueba de *IMTP*, este último dispositivo se presenta como un dispositivo electromecánico funcional con diferentes modos dinámicos y estáticos (Campos et al., 2014; Cordero, 2019; Rodríguez-Perea et al., 2019). El estudio de (Baena-Raya et al., 2021) demostró que el DS es válido y confiable en la medición de la fuerza máxima ( $CV < 3\%$ ;  $CCI > 0,90$ ). Por otra parte, también se reveló que este dispositivo es válido y confiable para evaluar la fuerza isométrica máxima de los flexores del tronco (Rodríguez-Perea et al., 2019), la flexión del codo (Cordero, 2019; Díaz Ochoa, 2019), el press de banca sentado bilateral, *ROW*, extensión de rodilla unilateral sentado (Andrades et al., 2024), empuje bilateral en bipedestación (Cifuentes et al., 2024). Partiendo de la literatura existente sobre la validación del DS para la evaluación de la fuerza isométrica máxima en diferentes ejercicios, en base a nuestros recursos académicos y compatibilidad de modo de medición es que consideramos este DEF para compararlo con el PP en los ejercicios de *IMTP* y *ROW*. El PP es un dinamómetro que permite medir la fuerza isométrica en ejercicios de tracción y compresión de manera más asequible en situaciones de campo. Por ende, es de nuestro interés analizar la validez y confiabilidad de este dinamómetro ya que presenta ventajas en practicidad de uso, tamaño, portabilidad y costo económico en comparación con los DEF. El dispositivo PP permite la medición de distintas variables, como lo son la  $F_{pico}$ ,  $F_{media}$ , Tiempo a  $F_{pico}$  y las TDF en diferentes intervalos temporales (fase temprana y tardía).

Se ha demostrado que la  $F_{pico}$  es una variable confiable y válida en la evaluación del ejercicio *IMTP* ( $CV 3\%$ ;  $CCI 0,90$ ) (Baena-Raya et al., 2021) y en *ROW* ( $CV 9,61\%$ ;  $CCI 0,92$ ) (Andrades-Ramírez, 2024). En coincidencia con estos estudios,

los resultados de esta investigación demuestran que la FPico presenta una mayor confiabilidad en los dispositivos DS y PP en comparación con variables que involucran el factor tiempo, como lo son las TDF y Tiempo a Fpico. A pesar de que los ejercicios realizados en la presente investigación fueron *IMTP* y *ROW*, el estudio de Díaz Ochoa (2019) ha revelado que la variable Fmedia presenta una alta confiabilidad en protocolos similares de medición de la fuerza isométrica. Considerando lo anteriormente mencionado y los resultados del presente estudio, la medición de la variable de Fmedia tanto en *IMTP* y *ROW* en ambos dispositivos demostró una excelente confiabilidad relativa (Bruton et al., 2000) la cual se presenta en valores de CCI, siendo excelente (mayores a 0,90) en términos propuestos por Atkinson y Neville (1998), asimismo, la Fpico también presenta valores excelentes de CCI (mayores a 0,90), por ende ambos dispositivos pueden utilizarse para medir estas variables con estabilidad. No obstante, los CV fueron no aceptables para ambos dispositivos en la Fpico y Fmedia.

Basado en los resultados se demuestra que las variables que involucran el factor tiempo (TDF y Tiempo a Fpico) no logran una confiabilidad absoluta aceptable (Bruton et al., 2000) expresada en CV (Atkinson & Neville, 1998). De igual forma, en el estudio de Baena-Raya et al. (2021) las puntuaciones de CV más altas fueron en las variables dependientes del tiempo (CV = 10,88%; CCI = 0,76) en comparación a las variables no dependientes del tiempo (CV = 3%; CCI = 0,90). En nuestros resultados, las TDF en ambos dispositivos no lograron alcanzar el rango aceptable acorde a lo propuesto por Andrades et al., (2024) y Gonzalez-Badillo & Ribas (2020), referido a la variable Tiempo a Fpico en el PP no solo presenta CV sumamente elevado sino que también CCI bajo. Es aquí que se demuestra una limitación en el dispositivo PP para la medición de estas variables debido a la baja consistencia, resultando así en un mayor CV que en algunos caso llega a valores extremadamente extremos (CV > 100%). Por este motivo y por las diferencias en la comparación con el DS es que la validez del PP para estas variables no se la puede considerar aceptable, ya que se entiende a la validez como la capacidad de medir aquello que se pretende medir (Campos et al., 2014; Casartelli et al., 2010; Corral 2009). Como lo expresa Shechtman (2013) cuando un CV es alto se refleja una mayor variabilidad entre repetición de mediciones, existiendo de esta forma una menor consistencia entre estas repeticiones y menor estabilidad en las mediciones. En lo que respecta a los resultados de nuestro estudio, los CV elevados pueden darse debido a la muestra heterogénea, por errores en las mediciones de las repeticiones, por error de los investigadores o de los dispositivos, esto podría asociarse a lo planteado por Goto y

Mascie-Taylor (2007) sobre los posibles errores de variación en las mediciones. Sin embargo, en nuestro estudio se tuvo especial cuidado en que la muestra sea homogénea, respetar en cada medición la biomecánica de cada ejercicio y tener en cuenta las consideraciones realizadas por investigaciones referentes (Comfort et al. 2019; Maffiuletti et al. 2016).

En la presente investigación se utilizó una frecuencia de muestreo de 1.000 Hz para el dispositivo DS, el cual corresponde a su máxima frecuencia de muestreo en concordancia con el estudio de Andrades-Ramírez (2024), mientras que el PP presenta una frecuencia de muestreo máxima de 80 Hz, siendo sumamente inferior en comparación con el DS, presentando así una gran limitación del software para la comparación entre los mismos, por ejemplo incidiendo en las TDF y Tiempo a Fpico. Otra de las limitaciones halladas en el momento de realizar las pruebas fue que cuando los tiempos a Fpico eran menores de 0,10 s, el PP no reconocía este pico de fuerza debido a la baja sensibilidad del dispositivo. A su vez, luego de un extenso uso en el dispositivo PP, el software presentaba fallas en el registro de las mediciones y había que reiniciarlo. En consecuencia de estas limitaciones que se presentan por parte del dispositivo PP, interpretamos que esta puede ser la razón de las diferencias en los datos de los resultados expresados por ambos dispositivos.

## **LIMITACIONES Y FUTURAS PERSPECTIVAS**

Este estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. Una de ellas es el tamaño muestral de 20 participantes, el cual limita la potencia estadística de los resultados. Asimismo, la inclusión de jóvenes sanos de sexo masculino de forma exclusiva, limita la generalizabilidad de dichos resultados a otras poblaciones (entrenadas, mujeres, poblaciones clínicas, etc.). Del mismo modo, el mínimo establecido de seis meses de experiencia en entrenamiento de fuerza no garantiza la homogeneidad del grupo, ya que los participantes presentaban niveles de fuerza dispares debido a su experiencia previa, esto debería tenerse en cuenta para futuras investigaciones. Por último, existieron limitaciones referidas a los dispositivos, como el límite de fuerza que el DS es capaz de medir (2.000 N) y la diferencia en la frecuencia de muestreo entre dispositivos, que es sumamente elevada (1000 Hz DS vs. 80 Hz PP). Se estima pertinente en futuras investigaciones el uso de una plataforma de

fuerza para la comparación con el PP. Además, el PP debe mejorar ampliamente sus tasas de muestreo para que sea confiable en la medición de la TDF.

## **CONCLUSIÓN**

El hallazgo principal del presente estudio sugiere que el dispositivo PP es válido y confiable para medir la  $F_{pico}$  y  $F_{media}$  en los ejercicios propuestos. Sin embargo, no es válido para la medición de las variables Tiempo a  $F_{pico}$  y TDF, posiblemente debido a su muy baja tasa de muestreo. También no presentó una concordancia con el DS en el *ROW*. En suma, es recomendable este dispositivo para la medición de las variables  $F_{pico}$  y  $F_{media}$  teniendo en cuenta su practicidad de uso, su precio, y portabilidad a diferentes contextos de campo o laboratorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrades-Ramírez, O., Ulloa-Díaz, D., Alfaro Castillo, B., Arroyo-Jofré, P., Castillo-Paredes, A., & Chiroso-Ríos, L. (2024). Test-Retest Reliability of an Isometric and Isometric/Vibratory Muscular Strength Protocol with Functional Electro-Mechanical Dynamometry. *Sports (Basel, Switzerland)*, *12*(7), 175. <https://doi.org/10.3390/sports12070175>
- Arnold, C. M., Warkentin, K. D., Chilibeck, P. D., & Magnus, C. R. (2010). The reliability and validity of handheld dynamometry for the measurement of lower-extremity muscle strength in older adults. *Journal of strength and conditioning research*, *24*(3), 815–824. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aa36b8>
- Asociación Médica Mundial. (s. f.). *Declaración de Helsinki de la AMM: Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. Recuperado de <https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos>
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *26*(4), 217–238. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826040-00002>
- Baena-Raya, A., Díez-Fernández, D. M., García-Ramos, A., Soriano-Maldonado, A., & Rodríguez-Pérez, M. A. (2021). Concurrent validity and reliability of a functional electromechanical dynamometer to assess isometric mid-thigh pull performance. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P:*

*Journal of Sports Engineering and Technology*, 237(3), 197–204.

<https://doi.org/10.1177/17543371211030180>

Balsalobre-Fernández, C., & Jiménez-Reyes, P. (2014). *Entrenamiento de fuerza: Nuevas perspectivas metodológicas*. Carlos Balsalobre-Fernández. [https://www.carlos-balsalobre.com/Entrenamiento\\_de\\_Fuerza\\_Balsalobre&Jimenez.pdf](https://www.carlos-balsalobre.com/Entrenamiento_de_Fuerza_Balsalobre&Jimenez.pdf)

Baumgartner, T. (1989). Norm-referenced measurement: reliability. *Measurement concepts in physical education and exercise science*, 20:45-47

Beyer, S. E., Sanghvi, M. M., Aung, N., Hosking, A., Cooper, J. A., Paiva, J. M., Lee, A. M., Fung, K., Lukaschuk, E., Carapella, V., Mittleman, M. A., Brage, S., Piechnik, S. K., Neubauer, S., & Petersen, S. E. (2018). Prospective association between handgrip strength and cardiac structure and function in UK adults. *PLOS ONE*, 13(3), e0193124. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193124>

Bohannon, R. W. (2019). Grip strength: An indispensable biomarker for older adults. *Clinical Interventions in Aging*, 14, 1681–1691. <https://doi.org/10.2147/CIA.S194543>

Bruno, J., Montoro-Bombú, R., Thapa, R. K., & Sarmiento, H. (2025). Reliability of isometric mid-thigh pull for maximal strength testing in youth athletes: A systematic review. *International Journal of Sports Science & Coaching*. <https://doi.org/10.1177/17479541251351840>

Bruton, A., Conway, J. H., & Holgate, S. T. (2000). Reliability: What is it and how is it measured? *Physiotherapy*, 86(2), 94-99. [https://doi.org/10.1016/S0031-9406\(05\)61211-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9406(05)61211-4)

- Campos Jara, C. A., Bautista González, I. J., Chiroso Ríos, L. J., Martín Tamayo, I., López Fuenzalida, A. E., & Chiroso Ríos, I. J. (2014). Validación y fiabilidad del dispositivo Haefni Health System 1.0 en la medición de la velocidad en el rango isocinético. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, *14*(2), 91–98. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/cpd/article/view/199531>
- Carbone, S., Kirkman, D. L., Garten, R. S., Rodríguez-Miguel, P., Artero, E. G., Lee, D. C., & Lavie, C. J. (2020). Muscular strength and cardiovascular disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, *40*(5), 302-309. <https://doi.org/10.1097/HCR.0000000000000525>
- Casartelli, N., Müller, R., & Maffiuletti, N. A. (2010). Validity and reliability of the Myotest accelerometric system for the assessment of vertical jump height. *Journal of strength and conditioning research*, *24*(11), 3186–3193. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d8595c>
- Celis-Morales, C. A., Welsh, P., Lyall, D. M., Steell, L., Petermann, F., Anderson, J., Iliodromiti, S., Sillars, A., Graham, N., Mackay, D. F., Pell, J. P., Gill, J. M. R., Sattar, N., & Gray, S. R. (2018). Associations of grip strength with cardiovascular, respiratory, and cancer outcomes and all cause mortality: prospective cohort study of half a million UK Biobank participants. *BMJ*, *361*, k1651. <https://doi.org/10.1136/bmj.k1651>
- Cifuentes-Zapata, C., Andrades-Ramírez, O., Ulloa-Díaz, D., Rodríguez-Perea, Á., Huerta Ojeda, Á., & Chiroso-Ríos, L. J. (2024). Intra-session reliability of isometric muscle strength of the bilateral standing press in female handball players. *PeerJ*, *12*, e18196. <https://doi.org/10.7717/peerj.18196>

- Comfort, P., Dos'Santos, T., Beckham, G. K., Stone, M. H., Guppy, S. N., & Haff, G. G. (2019). Standardization and methodological considerations for the isometric midthigh pull. *Strength & Conditioning Journal*, 41(2), 57–79. <https://doi.org/10.1519/SSC.000000000000433>
- Cordero Tinajero, Jaqueline Krisrtal (2019). Confiabilidad de la dinamometría electromecánica funcional en un protocolo de isometría de codo. [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma de Nuevo León. Repositorio Académico Digital. Recuperado a partir de <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/18807>
- Corral, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista ciencias de la educación*, 228-247.
- Crump, C., Sundquist, J., Winkleby, M. A., & Sundquist, K. (2017). Aerobic fitness, muscular strength and obesity in relation to risk of heart failure. *Heart*, 103(22), 1780–1787. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2016-310716>
- Currier, B. S., Mcleod, J. C., Banfield, L., Beyene, J., Welton, N. J., D'Souza, A. C., & Phillips, S. M. (2023). Resistance training prescription for muscle strength and hypertrophy in healthy adults: A systematic review and Bayesian network meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 57(18), 1211–1220. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106807>
- Díaz Ochoa, Eduardo Alejandro (2019). Confiabilidad de un instrumento de medición de la fuerza isométrica a través de un gesto libre. [Tesis de Maestría] Universidad Autónoma de Nuevo León. Repositorio Académico Digital. Recuperado a partir de <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/19474>

- Dvir, Z., & Müller, S. (2020). Multiple-Joint Isokinetic Dynamometry: A Critical Review. *Journal of strength and conditioning research*, 34(2), 587–601. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002982>
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *Journal of strength and conditioning research*, 23 (5 Suppl), S60–S79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819df407>
- Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2010). Pediatric resistance training: benefits, concerns, and program design considerations. *Current sports medicine reports*, 9(3), 161–168. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3181de1214>
- Faigenbaum, A. D. (2014). Evaluaciones de fuerza y resistencia muscular y programa de ejercicio para participantes sanos en apariencia. En G. Liguori (Ed.), *ACSM Recursos para el especialista en fitness y salud* (pp. 80-104). Wolters Kluwer Health.
- Folland, J. P., Hawker, K., Leach, B., Little, T., & Jones, D. A. (2005). Strength training: isometric training at a range of joint angles versus dynamic training. *Journal of sports sciences*, 23(8), 817–824. <https://doi.org/10.1080/02640410400021783>
- García-Hermoso, A., Cavero-Redondo, I., Ramírez-Vélez, R., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Lee, D.-C., & Martínez-Vizcaíno, V. (2018a). Muscular strength as a predictor of all-cause mortality in an apparently healthy population: A systematic review and meta-analysis of data from approximately 2 million men and women. *Archives*

*of Physical Medicine and Rehabilitation*, 99(10), 2100–2113.e5.  
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.01.008>

García-Hermoso, A., Ramírez-Vélez, R., Peterson, M. D., Lobelo, F., Cavero-Redondo, I., Correa-Bautista, J. E., & Martínez-Vizcaíno, V. (2018b). Handgrip and knee extension strength as predictors of cancer mortality: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(8), 1852–1858. <https://doi.org/10.1111/sms.13206>

González Badillo, J. J., & Gorostiaga Ayestarán, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo*. INDE.

González-Badillo, J. J., & Ribas Serna, J. (2020). *Fuerza, velocidad y rendimiento físico y deportivo* (2ª ed.). ESM.

Goto, R., & Mascie-Taylor, C. G. N. (2007). Precision of measurement as a component of human variation. *Journal of Physiological Anthropology*, 26(2), 253–256.  
<https://doi.org/10.2114/jpa2.26.253>

Gu, Y., Dong, J., Meng, G., Zhang, Q., Liu, L., Wu, H., Zhang, S., Wang, Y., Zhang, T., Wang, X., Sun, S., Wang, X., Jia, Q., Song, K., Liu, Q., & Niu, K. (2021). Handgrip strength as a predictor of incident hypertension in the middle-aged and older population: The TCLSIH cohort study. *Maturitas*, 150, 7–13.  
<https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2021.06.002>

Gutiérrez-Hermosillo, H., Díaz de León-González, E., Medina-Chávez, J. H., Torres-Naranjo, F., Martínez-Cordero, C., & Ferrari, S. (2020). Hand grip strength and early mortality after hip fracture. *Archives of Osteoporosis*, 15(1), 185. <https://doi.org/10.1007/s11657-020-00750-3>

- Harman, E. (1993). Exercise physiology: Strength and power. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 15 (6), 18-21.
- Heinemann, K. (2003). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Editorial Paidotribo.
- Henriksson, H., Henriksson, P., Tynelius, P., & Ortega, F. B. (2019). Muscular weakness in adolescence is associated with disability 30 years later: A population-based cohort study of 1.2 million men. *British Journal of Sports Medicine*, 53(19), 1221-1230. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098723>
- Henriksson, H., Henriksson, P., Tynelius, P., Ekstedt, M., Berglind, D., Labayen, I., Ruiz, J. R., Lavie, C. J., & Ortega, F. B. (2020). Cardiorespiratory fitness, muscular strength, and obesity in adolescence and later chronic disability due to cardiovascular disease: A cohort study of 1 million men. *European Heart Journal*, 41(15), 1503–1510. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz774>
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 30 (1), 1–15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
- Hopkins, W. G. (2002). *A scale of magnitudes for effect statistics: A new view of statistics*. Sportsci.org. <http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>

Huang, X., Ma, J., Ying, Y., Liu, K., Jing, C., & Hao, G. (2021). The handgrip strength and risk of depressive symptoms: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Quality of Life Research*, 30(9), 2467–2474. <https://doi.org/10.1007/s11136-021-02858-6>

Hulley, S. (2013). *Diseño de investigaciones clínicas*. Editorial Wolters Kluwer.

Izquierdo, M., Merchant, R. A., Morley, J. E., Anker, S. D., Aprahamian, I., Arai, H., Aubertin-Leheudre, M., Bernabei, R., Cadore, E. L., Cesari, M., Chen, L.-K., de Souto Barreto, P., Duque, G., Ferrucci, L., Fielding, R. A., García-Hermoso, A., Gutiérrez-Robledo, L. M., Harridge, S. D. R., Kirk, B., ..., Fiatarone Singh, M. (2021). International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert Consensus Guidelines. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 25(7), 824–853. <https://doi.org/10.1007/s12603-021-1665-8>

James, L. P., Weakley, J. J. S., Comfort, P., & Huynh, M. (2024). The relationship between isometric and dynamic strength following resistance training: A systematic review, meta-analysis, and level of agreement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 19(1), 2–12. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0066>

Jiang, R., Westwater, M. L., Noble, S., Rosenblatt, M., Dai, W., Qi, S., Sui, J., Calhoun, V. D., & Scheinost, D. (2022). Associations between grip strength, brain structure, and mental health in > de 40,000 participants from the UK Biobank. *BMC Medicine*, 20, 286. <https://doi.org/10.1186/s12916-022-02490-2>

Jiang, G., Tan, X., Zou, J., & Wu, X. (2025). A 24-week combined resistance and balance training program improves physical function in older adults: A

randomized controlled trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 39(1), e62–e69. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004941>

Jochem, C., Leitzmann, M., Volaklis, K., Aune, D., & Strasser, B. (2019). Association between muscular strength and mortality in clinical populations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Medical Directors Association*, 20(10), 1213–1223. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.05.015>

Jones, G. P., Stambaugh, C., Stambaugh, N., & Huber, K. E. (2023). Analysis of variance. En S. M. Smith & T. J. Brown (Eds.), *Handbook for Designing and Conducting Clinical and Translational Research* (pp. 567-588). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88423-5.00041-8>

Kim, G. R., Sun, J., Han, M., Park, S., & Nam, C. M. (2019). Impact of handgrip strength on cardiovascular, cancer and all-cause mortality in the Korean longitudinal study of ageing. *BMJ Open*, 9(5), e027019. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-027019>

Kim, Y., & Lee, Y. H. (2021). Usefulness of relative handgrip strength as a simple indicator of cardiovascular risk in middle-aged Koreans. *The American Journal of the Medical Sciences*, 362(5), 486–492. <https://doi.org/10.1016/j.amjms.2021.07.010>

Kim, J. (2022). Handgrip strength to predict the risk of all-cause and premature mortality in Korean adults: A 10-year cohort study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 39. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010039>

- Knuttgen, H., & Kraemer, W. J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1 (1), 1-10. <https://doi.org/10.1519/00124278-198702000-00001>
- Kons, R. L., Orssatto, L. B. R., Ache-Dias, J., De Pauw, K., Meeusen, R., Trajano, G. S., Dal Pupo, J., & Detanico, D. (2023). Effects of Plyometric Training on Physical Performance: An Umbrella Review. *Sports medicine - open*, 9(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00550-8>
- Lee, S. Y. (2021). Handgrip strength: An irreplaceable indicator of muscle function. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 45(3), 167–169. <https://doi.org/10.5535/arm.21106>
- Li, R., Xia, J., Zhang, X. I., Gathirua-Mwangi, W. G., Guo, J., Li, Y., McKenzie, S., & Song, Y. (2018). Associations of muscle mass and strength with all-cause mortality among US older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(3), 458–467. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001448>
- Liguori, G. (1.). (2014). *ACSM recursos para el especialista en fitness y salud*. Wolters Kluwer Health.
- Lindstedt, S. L., LaStayo, P. C., & Reich, T. E. (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *News in physiological sciences : an international journal of physiology produced jointly by the International Union of Physiological Sciences and the American Physiological Society*, 16, 256–261. <https://doi.org/10.1152/physiologyonline.2001.16.6.256>
- López-Bueno, R., Andersen, L. L., Koyanagi, A., Núñez-Cortés, R., Calatayud, J., Casaña, J., & Del Pozo Cruz, B. (2022). Thresholds of handgrip strength for

all-cause, cancer, and cardiovascular mortality: A systematic review with dose-response meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 82, 101778. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101778>

Lum, D., Haff, G. G., & Barbosa, T. M. (2020). The relationship between isometric force-time characteristics and dynamic performance: A systematic review. *Sports*, 8(5), 63. <https://doi.org/10.3390/sports8050063>

Mahmoudi, A., Amirshaghghi, F., Aminzadeh, R., & Mohamadi Turkmani, E. (2022). Effect of aerobic, resistance, and combined exercise training on depressive symptoms, quality of life, and muscle strength in healthy older adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Biological Research for Nursing*, 24(4), 541–559. <https://doi.org/10.1177/10998004221104850>

Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., y Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091–1116. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Fisiología del ejercicio : nutrición, rendimiento y salud*. (8ª ed.). Wolters Kluwer.

Momma, H., Kawakami, R., Honda, T., & Sawada, S. S. (2022). Muscle-strengthening activities are associated with lower risk and mortality in major non-communicable diseases: A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *British Journal of Sports Medicine*, 56(13), 755–763. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-105061>

Mujika, I., & Crowley, E. (2019). Strength training for swimmers: Scientific basics and practical applications. En I. Mujika (Ed.), *The science of swimming* (pp. 341–356). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75547-2\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75547-2_25)

National Library of Medicine. (n.d.). National Institutes of Health. <https://www.nlm.nih.gov/oet/ed/stats/02-900.html>

Noetel, M., Sanders, T., Gallardo-Gómez, D., Taylor, P., del Pozo Cruz, B., van den Hoek, D., Smith, J. J., Mahoney, J., Spathis, J., Moresi, M., Pagano, R., Pagano, L., Vasconcellos, R., Arnott, H., Varley, B., Parker, P., Biddle, S., & Lonsdale, C. (2024). Effect of exercise for depression: Systematic review and network meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ*, *384*, e075847. <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-075847>

Ortega, F. B., Silventoinen, K., Tynelius, P., & Rasmussen, F. (2012). Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants. *BMJ*, *345*, e7279. <https://doi.org/10.1136/bmj.e7279>

Paterson, J., Trevenen, M., Hill, K., Almeida, O. P., Yeap, B. B., Golledge, J., Hankey, G. J., & Flicker, L. (2023). Balance and strength measures are associated with mortality in older men. *Journal of the American Medical Directors Association*, *24*(10), 1527–1532.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2023.03.038>

Polo-López, A., Calatayud, J., Núñez-Cortés, R., Andersen, L. L., Moya-Ramón, M., & López-Bueno, R. (2023). Dose-response association between handgrip strength and hypertension: A longitudinal study of 76,503 European Older Adults. *Current Problems in Cardiology*, *48*(9), 101813. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2023.101813>

- Rago, V., Nakamura, F. Y., Suárez-Balsera, C., Arnaiz-Lastras, J., & Figueiredo, P. (2024). Isometric midhigh-pull testing: Reliability and correlation with key functional capacities in young soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *19*(12), 1400–1408. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2024-0203>
- Rodriguez-Perea, A., Chirisa Ríos, L. J., Martinez-Garcia, D., Ulloa-Díaz, D., Guede Rojas, F., Jerez-Mayorga, D., & Chirisa Rios, I. J. (2019). Reliability of isometric and isokinetic trunk flexor strength using a functional electromechanical dynamometer. *PeerJ*, *7*, e7883. <https://doi.org/10.7717/peerj.7883>
- Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Aagaard, P., & González-Badillo, J. J. (2017). Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle. *Clinical physiology and functional imaging*, *38*(5), 743–762. <https://doi.org/10.1111/cpf.12495>
- Rossi, F. E., Dos Santos, G. G., Rossi, P. A. Q., Stubbs, B., Schuch, F. B., & Neves, L. M. (2024). Strength training has antidepressant effects in people with depression or depressive symptoms but without other severe diseases: A systematic review with meta-analysis. *Psychiatry Research*, *334*, 115805. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2024.115805>
- Salkind, N. J. (Ed.). (2007). *Analysis of Variance (ANOVA)*. In *Encyclopedia of Measurement and Statistics* (pp. 29–32). Sage. <https://doi.org/10.4135/9781412952644.n19>

- Shailendra, P., Baldock, K. L., Li, L. S. K., Bennie, J. A., & Boyle, T. (2022). Resistance training and mortality risk: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Preventive Medicine*, 63(2), 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2022.03.020>
- Shechtman, O. (2013). The coefficient of variation as an index of measurement reliability. En S. Doi & G. Williams (Eds.), *Methods of clinical epidemiology* (pp. 39–49). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-37131-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-37131-8_4)
- Smith, J. J., Eather, N., Morgan, P. J., Plotnikoff, R. C., Faigenbaum, A. D., & Lubans, D. R. (2014). The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(9), 1209–1223. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0196-4>
- Smith, L., Firth, J., Grabovac, I., Koyanagi, A., Veronese, N., Stubbs, B., Soysal, P., Yang, L., & Jackson, S. E. (2019). The association of grip strength with depressive symptoms and cortisol in hair: A cross-sectional study of older adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(10), 1604–1609. <https://doi.org/10.1111/sms.13497>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Sun, Y., Sun, M., Zeng, X., Xiang, L., & Su, Z. (2025). Effects of resistance training on cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Acta Diabetologica*, 62(1), 11–24. <https://doi.org/10.1007/s00592-024-02413-y>

- Torres-Costoso, A., López-Muñoz, P., Martínez-Vizcaíno, V., Álvarez-Bueno, C., & Cavero-Redondo, I. (2020). Association between muscular strength and bone health from children to young adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 50(6), 1163–1190. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01267-y>
- Van Hooren, B., Aagaard, P., & Blazevich, A. J. (2024). Optimizing resistance training for sprint and endurance athletes: Balancing positive and negative adaptations. *Sports Medicine*, 54(12), 3019–3050. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02110-4>
- Wang, J., Lv, M., Li, H., Guo, D., & Chu, X. (2025a). Effects of exercise in adults with cancer pain: A systematic review and network meta-analysis. *Journal of Pain and Symptom Management*, 69(1), 82–101. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2024.08.033>
- Wang, J., Yuan, Y., Xie, T., Zhang, L., Xu, H., Lin, S.-C., Yang, Y., Zhu, D., & Zhuang, J. (2025b). Optimal dose and type of exercise to improve motor symptoms in adults with Parkinson's disease: A network meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 28(4), 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2025.01.003>
- Wang, Y., Pu, X., Zhu, Z., Sun, W., Xue, L., & Ye, J. (2023). Handgrip strength and the prognosis of patients with heart failure: A meta-analysis. *Clinical Cardiology*, 46(10), 1173–1184. <https://doi.org/10.1002/clc.24063>
- Zasadzka, E., Pieczyńska, A., Trzmiel, T., Kleka, P., & Pawlaczyk, M. (2021). Correlation between handgrip strength and depression in older adults—A

systematic review and a meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(9), 4823.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph18094823>

Zhang, F., Luo, B., Bai, Y., Zhang, Y., Huang, L., & Lu, W. (2024). Association of handgrip strength and risk of cardiovascular disease: A population-based cohort study. *Aging Clinical and Experimental Research*, *36*(1), 207–215.  
<https://doi.org/10.1007/s40520-024-02856-x>

Zhang, H., Guo, Y., Hua, G., Guo, C., Gong, S., Li, M., & Yang, Y. (2024). Exercise training modalities in prediabetes: A systematic review and network meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*, *15*, 1308959.  
<https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1308959>

## ANEXOS

### Anexo 1- Consentimiento informado

**Título del proyecto de investigación:** Validez y confiabilidad del dispositivo PushPull Valkyria Trainer en la medición de fuerza isométrica.

#### Responsables del proyecto:

- Estudiante Juan Benítez ([jumabe2103@gmail.com](mailto:jumabe2103@gmail.com))
- Estudiante Carlos Clavijo ([marcelclavijo1201@gmail.com](mailto:marcelclavijo1201@gmail.com))
- Estudiante Alexander González ([alex982021@hotmail.com](mailto:alex982021@hotmail.com))
- Dr. Stefano Benítez ([stefanobenitez@gmail.com](mailto:stefanobenitez@gmail.com))
- Lic. Darío Trujillo ([dariotrujillo1234@gmail.com](mailto:dariotrujillo1234@gmail.com))
- Lic. Diego Ferraro ([dmff268@gmail.com](mailto:dmff268@gmail.com))

**Institución en donde se realiza el proyecto:** ISEF, Udelar, Parque Batlle s/n, Montevideo

**Información sobre el proyecto y descripción de los procedimientos:** El objetivo principal de este proyecto es analizar la validez y confiabilidad del dinamómetro PushPull Valkyria Trainer en ejercicios de contracciones isométricas máximas, para ello se lo comparará con el DynaSystem Research (Symotech, Granada, España). En caso de que usted desee solicitar información adicional a la de este documento, podrá recurrir en cualquier momento a los estudiantes responsables del proyecto. En el caso de que algunos términos que no estén claros para el lector, los mismos pueden ser aclarados por los responsables del proyecto antes de firmar el consentimiento.

En caso de participar voluntariamente en el presente estudio, la misma constará dos etapas, la primer etapa estará orientada a un día de familiarización con el protocolo de ejercicios, en donde inicialmente se le realizarán mediciones con la balanza digital de bioimpedancia y el estadiómetro, continuando con el protocolo de ejercicios, en donde se iniciará con una movilidad articular, un trote ligero de 3 minutos, la secuencia de ejercicios propuestos con el dispositivo DynaSystem en el siguiente orden: *isometric mid-thigh pull* y remo bilateral, en cada ejercicio se tendrá en cuenta las posturas, técnicas y angulaciones descritas en el protocolo de evaluación. El tiempo de trabajo de

cada ejercicio es de 5 segundos de contracciones isométricas submáximas, con un descanso de 2 minutos entre cada ejercicio, con una cantidad de dos repeticiones.

En la segunda etapa, se realizará el día de evaluación, la misma consiste en iniciar con una movilidad articular, un trote ligero de 3 minutos, y realizar la repetición de los mismos movimientos del protocolo a evaluar, durante 5 segundos de contracción isométrica submáxima en cada ejercicio. La secuencia del protocolo de ejercicio será la misma que el día de familiarización, alternando un ejercicio de miembro superior con uno de miembro inferior.

En cuanto a las ejecuciones del ejercicio, se realizarán en tres series de una repetición de contracción isométrica máxima de 5 segundos en cada ejercicio, el primer participante realizará la primera ejecución del primer ejercicio, posteriormente hará una pausa de descanso de 2 minutos antes de repetir la siguiente ejecución, esto se vuelve a repetir con cada ejercicio hasta concluir las tres series, luego continuará el siguiente participante a realizar las series del ejercicio correspondiente manteniendo esta dinámica.

La realización de las pruebas propuestas ofrece una baja circunstancia de riesgo a la salud. Usted puede abandonar el protocolo de ejercicios en cualquier momento en caso de tener malestar. En cualquier circunstancia usted puede negarse a participar, solicitar mayor información o retirar su consentimiento, sin penalización y/o perjuicio alguno. LA PARTICIPACIÓN ES VOLUNTARIA. Además, en el caso de alguna lesión, molestia o complicación dada por el propio ejercicio, el investigador y la institución asumen la responsabilidad de dar asistencia integral primaria de forma inmediata y gratuita. Finalizada la investigación, usted recibirá un informe con todos los resultados de las mediciones ejercidas. Esclarecemos que toda la información suministrada será mantenida en secreto y no será revelada su identidad, SÓLO LOS INVESTIGADORES INVOLUCRADOS TENDRÁN ACCESO A ELLA. Los datos serán utilizados para la elaboración y presentación de publicaciones científicas. Informamos que estaremos a disposición para orientar y aclarar cualquier duda, antes y durante la investigación. En caso de consentir, se deja en su conocimiento que la participación en el estudio no le dará derecho a ninguna remuneración ni compensación de carácter económico

Siendo así:

Este consentimiento es dado libremente y por mi voluntad, en pleno uso de mis facultades mentales y siendo legalmente apto para esta determinación, luego de haber sido atendidas todas mis consultas y habiendo recibido todas las explicaciones implicadas. Declaro tener la aprobación médica certificada para realizar ejercicio físico máximo. Además, declaro que se me ha informado de los posibles inconvenientes derivados de la participación y cómo los mismos serán subsanados. Autorizo a los responsables a utilizar los datos de mis valoraciones con fines de investigación y/o desarrollo, habiéndome dado seguridad de que no se identificarán a los participantes de ninguna forma durante las publicaciones científicas, y manteniéndose total confidencialidad.

Por lo tanto, declaro que después de ser aclarados los fundamentos de la investigación, consiento participar voluntaria y gratuitamente.

Ciudad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ de Noviembre de 2024

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Dirección:

\_\_\_\_\_

Barrio: \_\_\_\_\_ Código postal: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Firma del declarante / Aclaración

### **Declaración del investigador:**

Declaro que, para la realización de la investigación, cumpliré todas las exigencias mencionadas, la cual obtuve de forma apropiada y voluntaria, mediante el consentimiento libre y esclarecido del declarante arriba, calificado para la realización de esta investigación.

---

Firma del investigador responsable / Aclaración

## **Anexo 2- Cuestionario Internacional de Actividad Física**

Estamos interesados en averiguar acerca de los tipos de actividad física que hace la gente en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que usted destinó a estar físicamente activo en los **últimos 7 días**. Por favor responda a cada pregunta aún si no se considera una persona activa. Por favor, piense acerca de las actividades que realiza en su trabajo, como parte de sus tareas en el hogar o en el jardín, moviéndose de un lugar a otro, o en su tiempo libre para la recreación, el ejercicio o el deporte.

Piense en todas las actividades **intensas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Las actividades físicas **intensas** se refieren a aquellas que implican un esfuerzo físico intenso y que lo hacen respirar mucho más intensamente que lo normal. Piense solo en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.

1. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuántos realizó actividades físicas **intensas** tales como levantar pesos pesados, cavar, hacer ejercicios aeróbicos o andar rápido en bicicleta?

\_\_\_\_\_ **días por semana**

Ninguna actividad física intensa ➡ **Vaya a la pregunta 3**

2. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **intensa** en uno de esos días?

\_\_\_\_\_ **horas por día**

\_\_\_\_\_ **minutos por día**

No sabe / No está seguro

---

Piense en todas las actividades **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Las actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado que lo hace respirar algo más intensamente que lo normal. Piense solo en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.

3. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuántos días hizo actividades físicas **moderadas** como transportar pesos livianos, andar en bicicleta a velocidad regular o jugar dobles de tenis?

**No** incluya caminar.

\_\_\_\_\_ **días por semana**

Ninguna actividad física moderada ➡ **Vaya a la pregunta 5**

4. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **moderada** en uno de esos días?

\_\_\_\_\_ **horas por día**

\_\_\_\_\_ **minutos por día**

No sabe/No está seguro

---

Piense en el tiempo que usted dedicó a **caminar** en los **últimos 7 días**. Esto incluye caminar en el trabajo o en la casa, para trasladarse de un lugar a otro, o cualquier otra caminata que usted podría hacer solamente para la recreación, el deporte, el ejercicio o el ocio.

5. Durante los **últimos 7 días**, ¿En cuántos **camino** por lo menos **10 minutos** seguidos?

\_\_\_\_\_ **días por semana**

Ninguna caminata ➡ **Vaya a la pregunta 7**

6. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?

\_\_\_\_\_ **horas por día**

\_\_\_\_\_ **minutos por día**

No sabe / No está seguro

---

La última pregunta es acerca del tiempo que pasó usted **sentado** durante los días hábiles de los **últimos 7 días**. Esto incluye el tiempo dedicado al trabajo, en la casa, en una clase, y durante el tiempo libre. Puede incluir el tiempo que pasó sentado ante un escritorio, visitando amigos, leyendo, viajando en ómnibus, o sentado o recostado mirando la televisión.

7. Durante los **últimos 7 días** ¿cuánto tiempo pasó **sentado** durante un **día hábil**?

\_\_\_\_\_ **horas por día**

\_\_\_\_\_ **minutos por día**

No sabe / No está seguro

**Anexo 3- Formato del informe enviado a cada participante con sus datos correspondientes**



**UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY**

**Informe de participación en estudio**

Bioimpedancia

**Participante:**

**Altura (cm):**

**Masa corporal (kg):**

**IMC (Kg/m<sup>2</sup>):**

**Masa grasa (%):**

**Masa muscular (%):**

**Grasa visceral (%):**

## Test IMTP (5 s)

Rep. 1

Rep.2

Rep.3

Fuerza en 50 ms (N)

Fuerza en 100 ms (N)

Fuerza en 150 ms (N)

TDF en 50 ms (N/s)

TDF en 100 ms (N/s)

TDF en 150 ms (N/s)

Fuerza Media (N)

Fuerza Pico (N)

Tiempo a Fuerza Pico (s)

En referencia al IMTP, en el estudio de Townsend et al., (2019) se realizó dicha prueba a basquetbolistas universitarios de primera división de 20 años de edad. En cuanto a resultados los mismos fueron: 1) fuerza pico  $2534.1 \pm 368.0$ ; 2) TDF en 50 ms  $5643.1 \pm 6459.8$ ; 3) TDF en 100 ms  $6161.4 \pm 4,694.8$ ; 4) TDF en 150 ms  $5811.0 \pm 3,995.0$ . (DOI:10.1519/JSC.0000000000002165).

Por otra parte, Wang et al., (2016) realizó la prueba de IMTP a jugadores de rugby universitarios de 20 años de edad. Los resultados fueron: 1) fuerza pico  $2944.63 \pm 618.32$ ; 2) TDF en 50 ms  $10,592.93 \pm 6821.69$ ; 3) TDF en 100 ms  $7755.93 \pm 3381.69$ ; 4) TDF en 150 ms  $6884.76 \pm 2576.26$ . (DOI: 10.1519/JSC.0000000000001416).

## Test Remo bilateral (ROW) (5 s)

Rep. 1

Rep.2

Rep.3

Fuerza en 50 ms (N)

Fuerza en 100 ms (N)

Fuerza en 150 ms (N)

TDF en 50 ms (N/s)

TDF en 100 ms (N/s)

TDF en 150 ms (N/s)

Fuerza Media (N)

Fuerza Pico (N)

Tiempo a Fuerza Pico (s)

