UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRIA EN FISIOTERAPIA DEPORTIVA

Tema: "UTILIDAD DE LA APLICACIÓN PHYSIOMASTER EN HOMBRO Y CODO EN EL PERSONAL MILITAR DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE SOLDADOS ESFORSE"

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magíster en Fisioterapia Deportiva

Modalidad del Trabajo de Titulación: Artículo profesional de alto nivel

Autor(a): Lcda. Karla Micaela Robles Bustos

Director(a): Lcda. Andrea Carolina Peñafiel Luna Mg.

Ambato – Ecuador

2025

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad Ciencias de la Salud. El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por la Licenciada Victoria Estefanía Espín Pastor, Magister en Fisioterapia del Deporte y Readaptación en la actividad física e integrado por los señores: Licenciada Paola Gabriela Ortiz Villalva, Magister en Neuro Rehabilitación y Licenciada Ángela Priscila Campos Moposita, Magister en Fisioterapia y Rehabilitación mención en Neuro musculoesquelética, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar el Trabajo de Titulación con el tema: "UTILIDAD DE LA APLICACIÓN PHYSIOMASTER EN HOMBRO Y CODO EN EL PERSONAL MILITAR DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE SOLDADOS ESFORSE", elaborado y presentado por la Licenciada Karla Micaela Robles Bustos, para optar por el Título de cuarto nivel de Magíster en Fisioterapia Deportiva; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Firmado electrónicamente por:
VICTORIA ESTEFANIA ESPIN PASTOR
Validar únicamente con FirmaEC

Lic. MsC Victoria Estefanía Espín Pastor
Presidente y Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
PAOLA GABRIELA ORTIZ VILLALBA
Validar únicamente con FirmaEC

Lic. MsC Paola Gabriela Ortiz Villalva
Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
ANGELA PRISCILA CAMPOS MOPOSITA
Validar únicamente con FirmaEC

Lic. MsC Ángela Priscila Campos Moposita
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: "UTILIDAD DE LA APLICACIÓN PHYSIOMASTER EN HOMBRO Y CODO EN EL PERSONAL MILITAR DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE SOLDADOS ESFORSE", le corresponde exclusivamente a: Licenciada Karla Micaela Robles Bustos, Autora bajo la Dirección de la Licenciada Andrea Carolina Peñafiel Luna, Magister en Terapia Manual Ortopédica, Director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Karla Micaela Robles Bustos
Time Stamping Security Data

Lcda. Karla Micaela Robles Bustos

c.c.: 1804899423

AUTORA

Firmado electrónicamente por:
ANDREA CAROLINA PENAFIEL LUNA
Validar únicamente con FirmaEC

Lic. Andrea Carolina Peñafiel Luna

c.c.: 0301836177

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



Lcda. Karla Micaela Robles Bustos
c.c.: 1804899423

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN 2
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN 3
DERECHOS DE AUTOR 4
AGRADECIMIENTO 6
DEDICATORIA 7
ABSTRACT 9
CAPÍTULO I 10
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 10
1.1. Introducción 10
1.2. Objetivo 11
1.3. Métodos 11
1.4. Resultados 13
1.5. Discusión 17
1.6. Conclusiones 19
1.7. Referencias 19

AGRADECIMIENTO

A la Escuela de Formación de Soldados Esforse, por su apertura y colaboración de su personal militar quienes con entusiasmo y alma de servicio ayudaron para obtener los datos de la presente investigación.

DEDICATORIA

A Dios porque ha sostenido mi mano durante el camino, a mis padres porque son lo más preciado que tengo y quienes jamás me han dejado sola, a mi hermana por ser mi orgullo e inspiración y a mi persona por enseñarme lo lejos que puedo llegar y lo fuerte y resiliente que soy.

RESUMEN EJECUTIVO

El Physiomaster es una aplicación móvil gratuita que utiliza sensores de movimiento para evaluar el rango de movilidad articular (ROM) y analizar posturas en tiempo real. Su uso es relevante en biomecánica humana y fisioterapia, facilitando la evaluación y rehabilitación de lesiones en articulaciones como el hombro y el codo, especialmente en deportistas y personal militar. Este estudio busca comparar la precisión del Physiomaster con el goniómetro digital HALO, un estándar en la medición del ROM, para determinar su utilidad en la evaluación del movimiento en militares. El Objetivo se basó en comparar el goniómetro digital HALO y la aplicación móvil physiomaster en la medición del rango de movilidad articular del hombro y codo en el personal militar. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo con un diseño analítico, correlacional, no experimental, prospectivo y transversal. Se realizó a 200 militares de la Escuela de Formación de Soldados Vencedores del Cenepa, en Tungurahua, Ecuador, mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se incluyó a hombres de 18 a 23 años en su primer y segundo año académico, excluyendo a aquellos con patologías previas en hombro y codo. Se comparó las mediciones del goniómetro digital HALO y la aplicación móvil Physiomaster en la evaluación del rango de movimiento articular (ROM) en hombros y codos. Los resultados muestran que HALO mide valores consistentemente más altos y presenta menor variabilidad, mientras que Physiomaster tiene mayor dispersión y menor precisión, especialmente en rangos más bajos de movilidad. La prueba de Wilcoxon confirmó diferencias significativas entre ambos dispositivos, indicando que no miden de la misma manera. En general, HALO ofrece mediciones más precisas y confiables, mientras que Physiomaster puede ser menos exacto en ciertos rangos. Se concluyó que el goniómetro digital HALO mostró mayor precisión y consistencia en la medición del ROM, mientras que Physiomaster presentó mayor variabilidad y menor confiabilidad, especialmente en valores bajos. Sin embargo, su accesibilidad lo hace una opción en entornos con recursos limitados. El estudio destaca la importancia de una evaluación previa antes de su uso en fisioterapia.

DESCRIPTORES: Hombro, codo rango de movilidad articular, militares.

ABSTRACT

The Physiomaster is a free mobile application that uses motion sensors to assess joint range of motion (ROM) and analyze postures in real time. Its use is relevant in human biomechanics and physical therapy, facilitating the assessment and rehabilitation of injuries in joints such as the shoulder and elbow, especially in athletes and military personnel. This study seeks to compare the accuracy of the Physiomaster with the HALO digital goniometer, a standard in ROM measurement, to determine its usefulness in movement assessment in military personnel. The objective was to compare the HALO digital goniometer and the Physiomaster mobile application in measuring shoulder and elbow joint range of motion in military personnel. The research had a quantitative approach with an analytical, correlational, non-experimental, prospective, and cross-sectional design. The study was conducted with 200 military personnel from the Cenepa Vencedores Soldiers Training School in Tungurahua, Ecuador, using non-probability convenience sampling. Men aged 18 to 23 years in their first and second academic years were included, excluding those with pre-existing shoulder and elbow pathologies. Measurements from the HALO digital goniometer and the Physiomaster mobile app were compared for assessing joint range of motion (ROM) in the shoulders and elbows. The results show that the HALO consistently measures higher values and presents less variability, while the Physiomaster has greater dispersion and lower accuracy, especially in lower ranges of motion. The Wilcoxon test confirmed significant differences between the two devices, indicating that they do not measure in the same way. Overall, the HALO offers more accurate and reliable measurements, while the Physiomaster may be less accurate in certain ranges. It was concluded that the HALO digital goniometer showed greater accuracy and consistency in measuring ROM, while the Physiomaster showed greater variability and lower reliability, especially at lower values. However, its accessibility makes it an option in resource-limited settings. The study highlights the importance of a pre-assessment assessment before its use in physical therapy.

DESCRIPTORS: Shoulder, elbow joint range of motion, military.

CAPÍTULO I
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

El Physiomaster es una aplicación tecnológica móvil de acceso gratuito, trabaja mediante sensores de movimiento, (1) misma que permite realizar evaluaciones del rango de movilidad articular (ROM) y analizar posturas. La disponibilidad de productos con tecnología de sensores portátiles ha aumentado progresivamente en los últimos años, estas pueden ofrecer información en tiempo real sobre la amplitud de movimiento en los diferentes segmentos corporales. (2,3)

En este sentido en el campo de la biomecánica humana los fisioterapeutas desempeñan un papel esencial en la prevención, el diagnóstico, la evaluación, el tratamiento y la rehabilitación de personas cuya movilidad y función se ven amenazadas por lesiones, enfermedades, afecciones o factores ambientales razón, por la cual el uso de aplicaciones móviles facilitará el desarrollo y desempeño laboral. (4–6)

Esta aplicación ha sido utilizada para la medición de diversas articulaciones como es la del hombro, la estructura más móvil del cuerpo humano por lo cual, es propensa a sufrir patologías y presentar inestabilidad siendo más frecuente en la práctica deportiva de alta intensidad. (7) Así mismo, la articulación del codo y antebrazo se lesionan como consecuencia de impacto estando bloqueado el segmento y también por golpes directos en la zona o caídas sobre la mano extendida razón por la cual es importante tener un instrumento que valore el rango de movimiento temprano para minimizar la morbilidad futura y la rigidez. (8)

Entre las profesiones que realizan varias actividades a nivel físico se encuentra el personal militar quienes ejecutan flexiones de pecho, barras, natación y subida de cabo es por ello, la importancia de tener una aplicación móvil, de fácil acceso, gratuita, portátil e innovadora que valora el rango de movilidad articular para el diagnóstico y tratamiento específico en caso de lesiones ante estos ejercicios. (9)

El desarrollo de este estudio tiene como objetivo comparar la utilidad de la aplicación móvil Physiomaster con un instrumento gold estándar de medición de rangos de movilidad articular como es el goniómetro digital HALO en hombro y codo en el personal militar.

1.2. Objetivo

Comparar el goniómetro digital HALO y la aplicación móvil physiomaster en la medición del rango de movilidad articular del hombro y codo en el personal militar.

1.3. Métodos

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo cuyo diseño es analítico, correlacional, no experimental, prospectivo y transversal.

La población de estudio estuvo constituida por 200 personas militares de la escuela de Formación de Soldados Vencedores del Cenepa de la provincia de Tungurahua, Ecuador, para lo cual se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia.

Los criterios de inclusión estuvieron constituidos por: personal militar de entre 18 a 23 años, de género masculino, que cursen primer y segundo año académico, mientras que en los criterios de exclusión se resalta que no se incluirá en el estudio al personal militar con diagnósticos patológicos de hombro y codo.

Descripción del procedimiento

A la muestra seleccionada de militares se socializó los instrumentos y medidas que se le iban a aplicar, se inició con la ficha de evaluación fisioterapéutica semiestructurada elaborada para el efecto, la cual incluía el registro de datos informativos y la toma de la edad, talla y peso a los participantes. Las mediciones y utilización de la aplicación Physiomaster cuyo origen es en el Laboratorio TrinusLab de Croacia, se realizó únicamente en dispositivos Android comparándolo con la prueba gold estándar del Goniómetro digital HALO mismo que tiene confiabilidad intraevaluador de entre 0,82 y 0,91 e interevaluador de 0,89 a 0,98. El cual permitió medir el ROM del hombro y codo, su uso fue ejecutado bajos los parámetros establecidos por el fabricante. (10)

Se obtuvieron los resultados en grados del Physiomaster y del goniómetro digital, tanto para las pruebas repetidas (fiabilidad) como para las pruebas concurrentes (validez). Para evitar sesgos en la medición, se pudo observar directamente la medida que refleja el goniómetro digital HALO, al contrario de la aplicación Physiomaster la cual se tuvo que ingresar a las ondas que marca en el plano cartesiano para conocer cuál es la amplitud del movimiento marcado por la aplicación. (10,11)

Se aplicó una evaluación de los rangos de movimiento mediante un instrumento validado que es el gold estándar (goniómetro digital HALO) y una aplicación móvil (Physiomaster) de los cuales se obtuvo valores numéricos que fueron analizados mediante la prueba

estadística de Pearson.

Al comenzar con la evaluación el participante sobre la camilla adopta la posición de decúbito supino con el brazo extendido a lo largo del cuerpo y la palma hacia arriba, iniciándose la toma de las medidas con la flexión de hombro de 180 grados, se colocó el goniómetro digital HALO en el extremo distal de la cara lateral externa del antebrazo derecho y posteriormente del izquierdo, antes de realizar la primera medición existió un primer movimiento denominado de calentamiento, posteriormente el participante realizó el desplazamiento y mantuvo la posición final durante la evaluación, así mismo se reprodujo este procedimiento utilizando la aplicación Physiomaster.

Partiendo del decúbito supino antes señalado y con la colocación de los instrumentos de medición en la zona antes descrita se procedió al movimiento de abducción del hombro, (brazo se movió lateralmente desde el cuerpo hacia afuera) en 180 grados.

La evaluación de la rotación interna y externa se llevó a cabo con el participante en decúbito supino. Los dispositivos de medición se posicionaron en los mismos puntos previamente establecidos. A continuación, el brazo derecho se movilizó hasta alcanzar 90° de abducción y 90° de flexión del codo. Posteriormente, se solicitó al participante realizar la rotación interna del antebrazo (movimiento hacia abajo) y la rotación externa (movimiento hacia arriba). Este procedimiento se replicó de manera idéntica para el brazo izquierdo.

Finalmente, la medición de flexión y extensión de codo derecho e izquierdo se realizó de la siguiente manera: desde el decúbito supino el participante ejecutó la abducción a 90 grados del brazo con posterior flexión del codo con los instrumentos de medición en la cara lateral externa del antebrazo.

En el desarrollo de esta investigación se tomó en cuenta las consideraciones éticas con resguardo de la identificación de los participantes y consentimientos informados y se contó con la aprobación del protocolo de intervención por parte del comité de ética (CEISH-UTA) y la aprobación de la carta de interés del director de la Escuela de Formación de Soldados Vencedores del Cenepa.

1.4. Resultados

El goniómetro digital (HALO) indica valores medios y medianos de 179° para la flexión del hombro derecho (HD) y hombro izquierdo (HI), en cambio, la aplicación móvil (Physiomaster) registra 176°.

Esto indica que, Physiomaster mide alrededor de 3° menos que HALO. Por otra parte, HALO presenta una desviación estándar más baja (HD: 1.57°, HI: 1.47°) frente a Physiomaster (HD: 2.63°, HI: 2.31°).

Esto señala que las medidas de HALO son más consistentes y menos fluctuantes, en cambio, las de Physiomaster exhiben una variabilidad superior. HALO presenta valores altos de asimetría negativa y curtosis positiva, lo que indica que los datos están altamente sesgados hacia la derecha y con una distribución más encrespada, no es el caso de Physiomaster, el cual presenta valores más cercanos a cero, pero su curtosis es negativa, indicando tener una mayor dispersión de los datos obtenidos.

La distribución de los dos equipos en la abducción y en la rotación interna del hombro, indican que los valores de HALO su mediana está en 178° para HD y 178°-179° para HI. Los datos de Physiomaster son más variados y el valor de su mediana es de 165°, en el caso de la rotación interna se aprecia también una diferencia en la mediana del hombro derecho entre las mediciones de los dos equipos, sin embargo, en las mediciones del hombro izquierdo hay una similitud entre ambas medianas. En sentido general HALO mide valores de abducción consistentemente más altos que Physiomaster. La aplicación móvil muestra una mayor variabilidad en las mediciones, con una distribución más dispersa. Esto coincide con lo que se observó en los datos descriptivos previos (HALO tiene menor desviación estándar y mayor consistencia). Por otra parte, se realizó una prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, los resultados indican que la $p < 0.001$ en todas las comparaciones lo que significa que la probabilidad es menor al 0.1% de que el resultado sea producto del azar. Evidenciando que la diferencia es significativa entre los dos equipos HALO y Physiomaster. De acuerdo con los resultados obtenidos Physiomaster presenta mayor variabilidad en las mediciones, lo que podría indicar menor precisión.

Tabla 1. Análisis comparativo de ambos métodos basado en sus estadígrafos descriptivos para el hombro derecho e izquierdo en base al cálculo de flexión.

	HD Flexión halo	HD Flexión Physiomaster	HI Flexión halo	HI Flexión Physiomaster
Media	179	176	179	176
Mediana	179	176	179	176
Desviación estándar	1.57	2.63	1.47	2.31
Mínimo	170	170	170	170
Máximo	181	180	181	181
Asimetría	-3.24	-0.450	-2.54	-0.441
Error est. asimetría	0.172	0.172	0.172	0.172
Curtosis	13.5	-0.765	9.36	-0.433
Error est. curtosis	0.342	0.342	0.342	0.342
W de Shapiro-Wilk	0.641	0.952	0.734	0.971
Valor p de Shapiro-Wilk	<.001	<.001	<.001	<.001

(HD= hombro derecho, HI= hombro izquierdo)

En este gráfico el eje X representa las mediciones de ambos equipos, esta medición se basa en la rotación externa del hombro derecho e izquierdo, en el eje Y, se representa la diferencia de las mediciones entre los dos equipos. Los resultados indican la diferencia de los valores, los promedios obtenidos en el medio son positivos, lo que HALO mide valores más altos que Physiomaster. En la Figura 1 se observa que la nube de datos presenta una tendencia a descender y aumentar la media de las mediciones indicando que la diferencia entre ambos equipos no es constante, para valores de ROM más pequeños la diferencia es grande entre las mediciones de ambos equipos, en cambio a valores de ROM mayores esa diferencia es pequeña. Por otra parte, se observa que algunas mediciones están fuera del rango de límites (línea azul y verde), esto refleja que el Physiomaster no es confiable su medición en algunos rangos movilidad. Por lo que, de acuerdo con los

resultados, las mediciones de Physiomaster son menores que las de HALO de manera sistemática.

El sesgo no es constante, sino que varía según el rango de medición. Las diferencias son significativas y pueden afectar la precisión en la medición del ROM. Physiomaster podría ser menos confiable en ciertos rangos de medición, especialmente en valores más bajos.

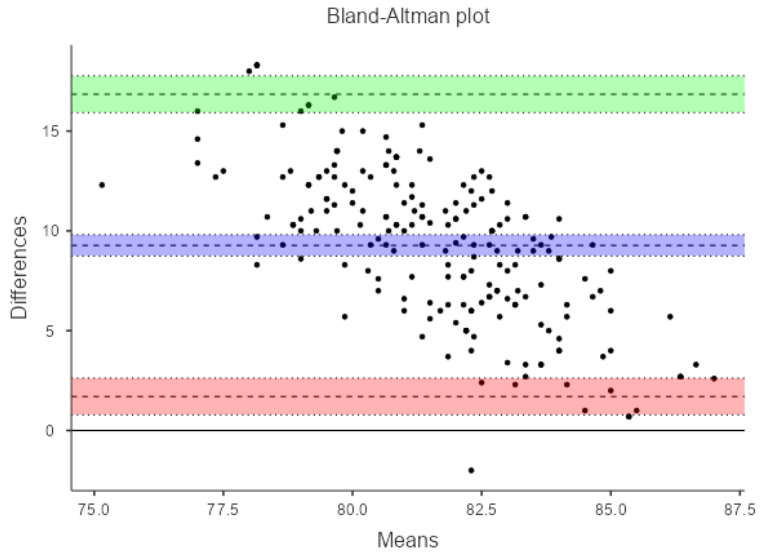


Figura 1. Comparación de sesgo entre el Physiomaster y el Halo(referencia) en las mediciones de ROM externa de los hombros derechos e izquierdo.

Tabla 2. Estadígrafos de las otras mediciones del estudio

	Intervalo de Confianza al 95%				
	Inferior	**Superior**	**Mediana**	**DE**	**RIC**
HD Flexión halo	178.7	179.2	179.0	1.57	1.00
HI Flexión halo	178.7	179.1	179.0	1.47	1.30
HD Flexión Physiomaster	175.6	176.3	176.3	2.63	4.07
HI Flexión Physiomaster	175.7	176.4	176.3	2.31	3.40

Tabla 2. Estadígrafos de las otras mediciones del estudio

	Intervalo de Confianza al 95%				
	Inferior	**Superior**	**Mediana**	**DE**	**RIC**
HD Abducción halo	177.9	178.3	178.0	1.29	2.30
HI Abducción halo	178.1	178.4	178.0	1.29	2.30
HD Abducción Physiomaster	164.5	165.2	164.8	2.80	3.70
HI Abducción Physiomaster	164.7	165.5	165.3	2.83	3.40
HD Rot. interna halo	66.4	66.9	66.7	1.79	2.30
HI Rot. interna halo	62.6	63.3	62.7	2.52	4.30
HD Rot. interna Physiomaster	54.7	55.8	55.0	3.82	5.40
HI Rot. interna Physiomaster	55.6	56.6	56.3	3.72	5.30
HD Rot. Externa halo	86.0	86.4	86.3	1.50	2.00
HI Rot. Externa halo	86.0	86.5	86.3	1.59	2.00
HD Rot. Externa Physiomaster	76.7	77.5	76.7	2.88	4.30
HI Rot. Externa Physiomaster	76.5	77.5	76.7	3.70	5.30

(HD= hombro derecho, HI= hombro izquierdo, ROT= rotación, DE= desviación estándar, RIC= rango intercuartílico)

En la tabla 2 el Índice de Rango Intercuartílico (RIC), Halo presenta valores menores (1.00 en flexión), lo que indica menor dispersión relativa entre los cuartiles, sin embargo, el Physiomaster, obtuvo RIC más altos (5.40 en rotación interna), lo que refleja una mayor dispersión relativa dentro del rango intercuartílico.

El intervalo de confianza para ambos dispositivos es estrecho, lo que sugiere estimaciones precisas de la media en cada caso. Sin embargo, el **Physiomaster** presenta intervalos de confianza más amplios en comparación con **Halo**, lo que refleja una mayor incertidumbre debido a la variabilidad de los datos. Estos hallazgos indican que **Halo** ofrece mediciones más consistentes, mientras que **Physiomaster** muestra una mayor dispersión en los resultados.

Por último, se comparó a través del test de Wilcoxon la diferencia de ambos equipos en la medición de la flexión del codo derecho e izquierdo (Datos no mostrados). Los datos indican que existe diferencia significativa entre las mediciones de ambos equipos, lo que indica que HALO y PhysioMaster no miden de la misma manera la flexión del codo. Esto se corroboró través de un análisis gráfico de Bland-Altman.

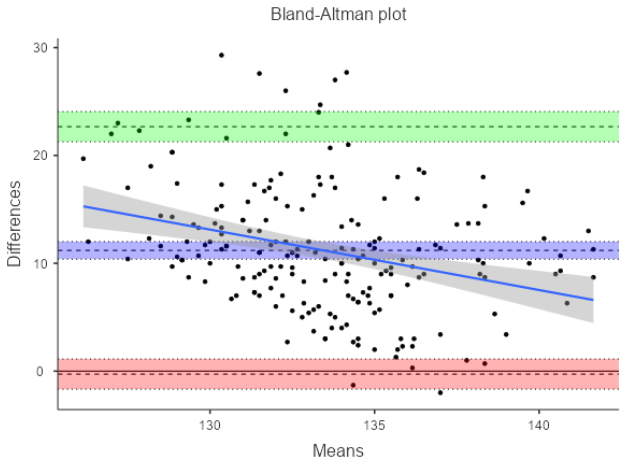


Figura 2. Comparación de sesgo entre el Physiomaster y el Halo (referencia) en las mediciones de flexión del ROM de los codos derechos e izquierdo.

La **Figura 2** muestra que el goniómetro digital **Halo** registra mediciones superiores en comparación con el **Physiomaster** para el **rango de movimiento (ROM)** de la articulación del codo. Se observan mediciones por encima del límite máximo que detecta el **Physiomaster**, situándose cercanas a la media de los valores obtenidos. Estos hallazgos sugieren que la precisión del **Physiomaster** puede ser limitada en ciertos rangos de medición, afectando su confiabilidad.

1.5. Discusión

A escala global, la salud móvil está desempeñándose como un pilar imprescindible en la calidad de la atención médica, desde la facilitación de diagnósticos, monitorización, hasta en la optimización de tratamientos. (12) En este contexto, son diferentes las lesiones y enfermedades que pueden afectar negativamente la movilidad articular, ante lo cual se requiere una valoración adecuada del grado de deterioro, así como una evaluación correcta y efectuar monitoreo correspondiente (13); para ello, la valoración de arco de movimiento establece cuánto es posible la movilidad de una determinada articulación desde una cierta posición inicial hasta el máximo límite que las barreras naturales le

permitan sin hacerse daño, de tal manera que la goniometría apareció como una técnica apropiada en la medición del movimiento de una articulación. (14) En este contexto, la importancia de herramientas como el Physiomaster en la medición del rango de movilidad articular, proporciona una solución bastante práctica y generalmente accesible tanto para los trabajadores de la salud, como para los mismos pacientes.

En la cirugía ortopédica, la medición de la movilidad articular es un parámetro de uso frecuente que ha obligado al desarrollo de diferentes técnicas e instrumentos que contribuyen a este propósito (15); tal es así, que la goniometría ha propuesto instrumentos de medición manual por medio de goniómetros, mismos que presentaban algunos errores debido a la estimación visual de las personas, sin embargo, el avance tecnológico ha proporcionado el desarrollo de nuevas herramientas de medición más adecuadas (16) como el goniómetro digital Halo, mismo que es capaz de un examen físico más exacto y cuantificable, alcanzando mayor precisión en la toma de medidas, ayudando de este modo a una mejor precisión en la evaluación de los rangos de movilidad articular. (17)

Los hallazgos del presente estudio, demuestran que el goniómetro digital Halo tiene una precisión mayor y una variabilidad menor al medir el rango de movimiento articular cuando se procedió a comparar con la aplicación móvil Physiomaster, dichos resultados concuerdan con estudios anteriores ejecutados en poblaciones cuya característica principal consistía en pacientes con diferentes condiciones musculoesqueléticas que han verificado la confiabilidad de los dispositivos digitales al realizar la medición de los rangos de movilidad articular, especialmente en el hombro y el codo,. (18)

En las mediciones con Physiomaster, la mayor variabilidad que se identificó puede atribuírsele a la precisión que tienen los sensores del dispositivo, así como la manera en que la aplicación procesa los datos. Corroborando así las investigaciones previas que han determinado la influencia de la calibración del dispositivo en los valores obtenidos en las aplicaciones de medición. (19)

El presente estudio efectuado de validación y comparación, pretende establecer un contraste en lo referente a la aplicabilidad clínica, considerando factores como la portabilidad, la facilidad de uso y la exactitud de los métodos de medición alternativo y moderno, en donde se determinó que la diferencia significativa encontrada al comparar la precisión y fiabilidad entre los dos métodos es que a pesar de que Physiomaster es una herramienta accesible y portátil en la realización de la medición del ROM, su utilidad en entornos clínicos necesita la complementación de herramientas mucho más precisas como el goniómetro digital Halo (20); ya que, en algunos contextos específicos como la

rehabilitación de deportistas o evaluación funcional del personal militar, donde la precisión resulta primordial, la evaluación del ROM constituye un procedimiento fundamental para el diagnóstico y tratamiento.

Finalmente, la predisposición observada en los análisis de sesgo indica que la divergencia existente entre las medidas de Physiomaster y Halo varía según el valor que alcance el ROM, misma que se vuelve más pronunciada en rangos menores; lo cual asevera la importancia que tiene la comprobación de la fiabilidad de tecnología novedosa en comparación con equipos de referencia previo a utilizarlas en la práctica clínica. (21)

1.6. Conclusiones

- El goniómetro digital Halo demostró tener una mayor precisión, así como también una mejor consistencia al medir el ROM en comparación con el Physiomaster, mostrando diferencias significativas en las mediciones tanto de abducción, flexión y rotación del hombro y del codo
- Physiomaster expuso una variabilidad mayor en las mediciones realizadas, lo cual sugiere menor confiabilidad en la evaluación de determinados rangos de movilidad, fundamentalmente en valores menores de ROM.
- La aplicación tecnológica móvil de acceso gratuito Physiomaster, se proyecta como una alternativa accesible y cómoda para efectuar las mediciones del ROM, sobre todo cuando el contexto de aplicación posee un acceso limitado a equipos especializados.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio, fortalecen la necesidad de una evaluación previa a la utilización e implementación de aplicaciones móviles, en lo que respecta a herramientas de referencia para la práctica clínica y de fisioterapia.

1.7. Referencias

1. Verbrugghe J, Knippenberg E, Pal Maers S, Math Eve T, Smeets W, Feys P, et al. Motion detection supported exercise therapy in musculoskeletal disorders: A systematic review. Vol. 54, European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine. Edizioni Minerva Medica; 2018. p. 591–604.
2. Li Y, Liu C, Zou H, Che L, Sun P, Yan J, et al. Integrated wearable smart sensor system for real-time multi-parameter respiration health monitoring. Cell Rep Phys Sci. 2023 Jan 18;4(1).
3. Yuan Y, Liu B, Li H, Li M, Song Y, Wang R, et al. Flexible Wearable Sensors in Medical Monitoring. Vol. 12, Biosensors. MDPI; 2022.

4. Graybill P, Kiani M. Eyelid Drive System: An Assistive Technology Employing Inductive Sensing of Eyelid Movement. IEEE Trans Biomed Circuits Syst. 2019 Feb 1;13(1):203–13.
5. Guy V, Soriani MH, Bruno M, Papadopoulo T, Desnuelle C, Clerc M. Brain computer interface with the P300 speller: Usability for disabled people with amyotrophic lateral sclerosis. Ann Phys Rehabil Med. 2018 Jan 1;61(1):5–11.
6. Cai Z, Xia Y, Huang X. ANALYSES of PEDESTRIAN'S HEAD-TO-WINDSHIELD IMPACT BIOMECHANICAL RESPONSES and HEAD INJURIES USING A HEAD FINITE ELEMENT MODEL. J Mech Med Biol. 2020 Feb 1;20(1).
7. Crespo MA. La inestabilidad del hombro en el deporte. Vol. 58, Rev. Asoc. Arg. Ortop. y Traumatol.
8. Goldflam K. Evaluation and treatment of the elbow and forearm injuries in the emergency department. Vol. 33, Emergency Medicine Clinics of North America. W.B. Saunders; 2015. p. 409–21.
9. Waterman B, Owens BD, Tokish JM. Anterior Shoulder Instability in the Military Athlete. Sports Health. 2016 Nov 1;8(6):514–9.
10. Correll S, Field J, Hutchinson H, Mickevicius G, Fitzsimmons A, Smoot B. RELIABILITY AND VALIDITY OF THE HALO DIGITAL GONIOMETER FOR SHOULDER RANGE OF MOTION IN HEALTHY SUBJECTS. Int J Sports Phys Ther. 2018 Aug;13(4):707–14.
11. Wilson-Smith AR, Muralidaran S, Maharaj M, Pelletier MH, Beshara P, Rao P, et al. Validation of a novel range of motion assessment tool for the cervical spine: the HALO© digital goniometer. Journal of Spine Surgery. 2022 Mar 1;8(1):93–102.
12. Melián-Ortiz A, Varillas-Delgado D, Laguarta-Val S, Rodríguez-Aparicio I, Senent-Sansegundo N, Fernández-García M, et al. Fiabilidad y validez concurrente de la App Goniometer Pro vs goniómetro universal en la determinación de la flexión pasiva de rodilla. Acta ortopédica mexicana. 2021 febrero; 33(1): p. 18-23.
13. Soucie JM, Wang C, Forsyth U, Funk S, Denny S, Roach KE, et al. Mediciones del rango de movimiento: valores de referencia y una base de datos para estudios comparativos. Hemophilia Treatment Center Network. 2011 mayo; 17(3): p. 500-507.
14. Vasquez-Henao L, Zarama-Tobar I. Determinar la equivalencia entre las evaluaciones goniométricas digitales y manuales de los AMA de rodillas en estudiantes de la Fundación Universitaria María Cano. Revista Virtual Universitaria María Cano. 2021 julio; 16(2): p. 50-62.
15. Bennett D, Hanratty B, Thompson N, Beverland D. Measurement of knee joint motion using digital imaging. International Orthopaedics. 2009 diciembre; 33(6): p. 1627-1631.
16. Rosique F, Losilla F, Navarro PJ. Using Artificial Vision for Measuring the Range of Motion. IEEE Latin America Transactions. 2021 julio; 19(7).
17. Vásquez Henao L, Zarama Tobar I, Gómez Ramírez E. Concordancia entre 2 sistemas de medición de movilidad articular de rodilla en sujetos jóvenes sanos: estudio transversal. Fisioterapia. 2022 agosto; 44(4): p. 211-217.
18. Fox J, Lauren L, Epner E, LeClere L. Propiocepción del hombro: una revisión. J. Clin. Medicina. 2024 marzo; 13(7): p. 2077.
19. Yanza-Crespo W, Torres-Segarra D. Valoración del rango de movimiento articular con la aplicación Goniometer Pro®y y la Goniometría Universal en la flexoextensión de la articulación glenohumeral en el personal de la empresa Continental S.A. Cuenca septiembre 2022 - febrero 2023. 2023 marzo.
20. Hancock GE, Hepworth T, Wembridge K. Precisión y fiabilidad de los métodos de goniometría de rodilla. J Exp Orthopaedics. 2018 octubre; 5(46): p. 46.
21. Correa-Cum DS, Zurita-Espinoza KJ, Abril-Mera TM, Novillo-Luzuriaga NN. Factores

que inciden en el uso de las nuevas tecnologías en fisioterapia: Caso Milagro-Ecuador. Retos. 2024;(61): p. 1579-1726.