



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE EDUCACIÓN

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

TRABAJO FIN DE GRADO

“Validación de una aplicación basada en Inteligencia Artificial para en ejercicios de fuerza”

Presentado por:

Diego Fernández Fernández

Tutelado por:

José Losa Reyna

Soria, 19 de junio de 2024

Resumen

Objetivo. Validar la precisión de una aplicación basada en Inteligencia Artificial (IA) para medir la velocidad y el rango de movimiento (ROM) en ejercicios de fuerza, comparando sus resultados con los obtenidos mediante un encoder Vitruve.

Metodología. Participaron siete hombres (edad media $21,4 \pm 0,8$ años) realizando press militar y sentadilla a diferentes intensidades. Se registraron las mediciones de ROM y velocidad usando la aplicación "Yekar" y el encoder Vitruve, analizadas posteriormente con Excel y JASP.

Resultados. La aplicación "Yekar" mostró valores más bajos de ROM y velocidad comparados con el encoder. Se encontró una correlación moderada en ROM (ρ de Spearman = 0,656; $p < .001$) y alta en velocidad (ρ de Spearman = 0,889; $p < .001$). Las diferencias entre las mediciones directas y diferidas de la aplicación fueron mínimas.

Conclusiones. Aunque menos precisa en valores absolutos, la aplicación refleja adecuadamente las variaciones en ROM y velocidad respecto al encoder. Se necesitan ajustes para mejorar su precisión comparada con métodos tradicionales, sugiriendo su utilidad en contextos con recursos limitados.

Palabras clave

Inteligencia artificial, rango de movimiento, velocidad, entrenamiento de fuerza, tiempo real.

Abstract

Objective. Validate the accuracy of an Artificial Intelligence (AI)-based application in measuring speed and range of motion (ROM) in strength exercises, by comparing its results with those obtained using a Vitruve encoder.

Methodology. Seven men (mean age 21.4 ± 0.8 years) participated, performing military press and squat exercises at different intensities. Measurements of ROM and speed were recorded using the "Yekar" application and the Vitruve encoder, subsequently analyzed with Excel and JASP.

Results. The "Yekar" application showed lower values of ROM and speed compared to the encoder. A moderate correlation was found in ROM (Spearman's $\rho = 0.656$; $p < .001$) and a high correlation in speed (Spearman's $\rho = 0.889$; $p < .001$). The differences between the direct and delayed measurements of the application were minimal.

Conclusions. Although less accurate in absolute values, the application adequately reflects variations in ROM and speed compared to the encoder. Adjustments are needed to improve its accuracy compared to traditional methods, suggesting its utility in resource-limited contexts.

Keywords

Artificial intelligence, range of motion, velocity, strength training, real-time.

ÍNDICE

Introducción	6
Marco Teórico	7
La Inteligencia Artificial (IA) Y Su Aplicación Al Deporte	7
El Entrenamiento De Fuerza, El VBT Y El Uso De Aplicaciones Móviles.....	7
Objetivos E Hipótesis	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos	9
Metodología	10
Diseño Experimental	10
Preparación Del Estudio.	10
Procedimiento Inicial Y Revisión Del Protocolo De Validación.	10
Calentamiento Previo	11
Procedimiento De Medición.	12
Participantes.....	14
Análisis Estadístico.....	14
Resultados	15
Comparación Entre Métodos	15
Datos Globales	15
Influencia Del Tipo De Ejercicio	16
Influencia Del Tipo De Intensidad	18
Nivel De Acuerdo Entre Ambos Métodos.....	23
Datos Globales	23
Influencia Del Tipo De Ejercicio	23
Influencia Del Tipo De Intensidad	26
Comparación Entre APPdif Y APP	29
Discusión	30
Limitaciones Del Estudio Y Futuras Líneas De Investigación	32

Conclusiones	33
Aplicaciones Prácticas.....	33
Referencias Bibliográficas	34
Anexos	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	15
Tabla 2.....	16
Tabla 3.....	18
Tabla 4.....	20
Tabla 5.....	23
Tabla 6.....	24
Tabla 7.....	25
Tabla 8.....	27
Tabla 9.....	28
Tabla 10.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	13
Figura 2.....	13
Figura 3.....	16
Figura 4.....	17
Figura 5.....	18
Figura 6.....	19
Figura 7.....	20
Figura 8.....	21
Figura 9.....	21
Figura 10.....	22
Figura 11.....	24
Figura 12.....	25
Figura 13.....	26
Figura 14.....	27
Figura 15.....	28
Figura 16.....	29

Introducción

En las últimas décadas, el entrenamiento deportivo ha experimentado una transformación significativa gracias a la adopción de tecnologías avanzadas. Uno de los métodos que ha ganado prominencia es el entrenamiento de fuerza basado en velocidad (VBT, por sus siglas en inglés), el cual se enfoca en la medición y análisis de la velocidad de ejecución de los ejercicios para optimizar el rendimiento y personalizar las cargas de entrenamiento. Este enfoque innovador se ha demostrado eficaz en la mejora de la fuerza y la potencia muscular, permitiendo a los entrenadores y atletas ajustar los programas de entrenamiento en tiempo real basándose en datos precisos y objetivos.

La creciente popularidad del VBT ha dado lugar a la creación de diversas aplicaciones móviles y dispositivos que facilitan la medición de la velocidad de ejecución, proporcionando *feedback* inmediato. Estas herramientas han simplificado considerablemente la recolección y análisis de datos, permitiendo una implementación más accesible y efectiva de los principios del VBT. Sin embargo, la precisión y fiabilidad de estas aplicaciones pueden variar, y existe una necesidad constante de validar y mejorar estas tecnologías para garantizar su efectividad.

Paralelamente, la inteligencia artificial (IA) ha avanzado a pasos agigantados en los últimos años, revolucionando numerosos campos, incluido el entrenamiento deportivo. La IA ofrece la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos de manera eficiente, identificar patrones y hacer predicciones precisas. Su integración en aplicaciones de entrenamiento deportivo promete mejorar aún más la personalización y efectividad de los programas de entrenamiento, proporcionando a los atletas y entrenadores herramientas poderosas para optimizar el rendimiento.

Este estudio se centra en la validación de una aplicación de inteligencia artificial aplicada al entrenamiento de fuerza basado en velocidad. El objetivo principal es evaluar la precisión y utilidad de esta aplicación en el contexto del VBT, comparando sus resultados con otros métodos, de tal forma que se asegure que cumple con los estándares necesarios para su uso en entornos deportivos de alto rendimiento. A través de esta investigación, se espera contribuir al desarrollo de tecnologías más avanzadas y fiables, facilitando la adopción de métodos de entrenamiento basados en datos que optimicen el rendimiento atlético de manera segura y eficaz.

Marco Teórico

La Inteligencia Artificial (IA) Y Su Aplicación Al Deporte

La Inteligencia Artificial (IA) se refiere a la capacidad de una máquina para imitar funciones cognitivas humanas como el aprendizaje, el razonamiento y la resolución de problemas. Funciona mediante el uso de algoritmos y modelos matemáticos que procesan grandes volúmenes de datos. Estos modelos, a menudo basados en técnicas de aprendizaje automático (*machine learning*) y aprendizaje profundo (*deep learning*), aprenden a realizar tareas específicas a través de la exposición a datos y la experiencia (Araújo et al., 2021).

La IA tiene numerosas aplicaciones en el ámbito deportivo, mejorando tanto la experiencia de los espectadores como el rendimiento de los atletas. Uno de los principales usos es para analizar datos de rendimiento de los atletas, proporcionando información detallada sobre sus fortalezas y áreas de mejora (Araújo et al., 2021).

Al analizar datos históricos y actuales de entrenamiento de una persona, la IA puede identificar signos tempranos de fatiga o sobrecarga, permitiendo a los entrenadores tomar medidas preventivas antes de que ocurran lesiones (Teikari & Pietrusz, 2021). En relación con esto, Ayala et al. (2019) utilizaron un *ADTrees* (técnica dentro del campo de la IA, específicamente en el área de *machine learning*) y características personales, psicológicas y neuromusculares para predecir más del 78% de las lesiones por distensión de los isquiotibiales (HSI) en futbolistas durante una temporada.

En resumen, los métodos de inteligencia artificial basados en datos como carga de entrenamiento, técnicas de rendimiento, datos biocinéticos, fisiológicos y psicológicos, así como métricas no modificables como mediciones antropométricas, historial de lesiones y marcadores genéticos, pueden ser utilizados para adaptar programas de entrenamiento a los requisitos individuales, reducir el riesgo de lesiones y mejorar el rendimiento atlético general (Reis et al., 2024).

El entrenamiento de fuerza, el VBT y el uso de aplicaciones móviles

El entrenamiento de fuerza se divide en tres objetivos principales: producción de fuerza máxima (p.ej., *powerlifting*), hipertrofia (p.ej., culturismo), y desarrollo de fuerza aplicada por unidad de tiempo (RFD). Por lo que es importante ajustar las métricas monitoreadas de acuerdo con el objetivo específico (Teikari & Pietrusz, 2021).

El uso de datos en el entrenamiento de fuerza ha sido limitado, principalmente debido a la falta de tecnologías de medición adecuadas que permitan mediciones continuas y de alta calidad sin ser incómodas para los atletas (Teikari & Pietrusz, 2021). Sin embargo, la integración de la IA y las tecnologías avanzadas de medición, como las utilizadas en el VBT, está revolucionando este campo al proporcionar datos en tiempo real y personalizar los programas de entrenamiento para maximizar la eficiencia y minimizar el riesgo de lesiones.

El "VBT" utiliza la velocidad de ejecución para ajustar y mejorar la práctica del entrenamiento de fuerza, aumentando la precisión en la prescripción de cargas, proporcionando feedback inmediato y ofreciendo un mejor control de la fatiga (Weakley et al., 2021). El interés de investigación en VBT se ha reflejado en la cantidad de empresas que ofrecen soluciones basadas en sistemas de cámaras personalizadas (Perch y GymAware), aplicaciones de smartphones (My Lift, iLOAD e Iron Path *Pro*), transductores lineales o IMUs para medir la velocidad de ejecución (banda PUSH) (Teikari & Pietrusz, 2021).

A pesar de que los transductores de posición lineal demostraron ser la tecnología más fiable para el VBT (Martínez-Cava et al., 2020), el uso de smartphones como dispositivos de medición es una alternativa más accesible y económica. Las aplicaciones de smartphone pueden ser herramientas precisas y confiables para medir la velocidad de la barra, lo cual es esencial para el entrenamiento basado en la velocidad (VBT), como está demostrado con la aplicación My Lift (anteriormente llamada PowerLift) (Balsalobre-Fernández et al., 2018).

Sin embargo, estas aplicaciones requieren de una intervención manual tras realizar el ejercicio para que se puedan obtener los datos. Mientras que con la aplicación "Yekar" sobre la que se basa este estudio, al usar inteligencia artificial dispone de la posibilidad como exponen Novatchkov & Baca (2013), de realizar todo de forma automática permitiendo una retroalimentación en tiempo real.

En conclusión, este estudio se propone validar una aplicación de inteligencia artificial (Yekar) diseñada para el entrenamiento de fuerza basado en velocidad (VBT). La necesidad de esta investigación radica en la creciente integración de la IA en el deporte, donde su potencial para mejorar el rendimiento y reducir el riesgo de lesiones es significativo.

Objetivos e Hipótesis

Objetivo General

Evaluar la precisión y utilidad de una aplicación basada en inteligencia artificial para la medición de la velocidad y el rango de movimiento (ROM) en ejercicios de fuerza.

Hipótesis: La aplicación basada en inteligencia artificial proporcionará mediciones de velocidad y ROM que serán comparables en precisión y fiabilidad a los métodos tradicionales utilizados en el entrenamiento de fuerza.

Objetivos Específicos

Analizar la precisión de la aplicación en la medición del ROM y la velocidad en diferentes ejercicios de fuerza (p.ej., sentadilla y press militar).

Hipótesis: La aplicación proporcionará mediciones de ROM y velocidad con una precisión similar a la de los dispositivos de medición tradicionales en ejercicios de fuerza como la sentadilla y el press militar.

Evaluar la precisión de las mediciones de la aplicación en condiciones de alta y baja intensidad de ejercicio.

Hipótesis: La aplicación mantendrá una alta consistencia y fiabilidad en sus mediciones tanto en condiciones de alta como de baja intensidad.

Determinar la efectividad de la aplicación para analizar en diferido comparado con su uso en tiempo real.

Hipótesis: La precisión en las mediciones del análisis en diferido será similar al del análisis en tiempo real.

Metodología

Este estudio se centró en evaluar la fiabilidad de la aplicación “yekar” para medir el rango de movimiento (ROM) y la velocidad de ejecución en comparación con el encoder (Vitruve, SPEED4LIFTS S.L., Madrid, Spain), considerado el “gold standard”.

Diseño experimental

Se analizaron dos ejercicios (sentadilla y press) en la máquina Smith a dos intensidades diferentes (alta y baja), utilizando tanto la aplicación “Yekar” en tiempo real (APP) como analizando el vídeo a posteriori (APPdif).

La aplicación "Yekar" usa un modelo de inteligencia artificial (estimación de pose de Mediapipe) para detectar y analizar donde están determinadas partes del cuerpo en cada instante y a partir de la interpretación de estos datos, la aplicación hace los diferentes cálculos de recorrido, tiempo y velocidad.

Mientras que el encoder consta de un sensor óptico que registra movimientos angulares y una bobina que los convierte en movimientos lineales, posibilitando la medición precisa de cualquier desplazamiento lineal.

Preparación Del Estudio.

Para comenzar con el estudio, se contactó con el creador de la aplicación "Yekar" para conseguir un acceso anticipado, ya que aún no estaba disponible para el público general. Gracias a este contacto, se obtuvo acceso a la aplicación antes de su lanzamiento oficial.

Procedimiento Inicial y Revisión del Protocolo de Validación.

Inicialmente, la intención fue validar la aplicación "Yekar" comparándola con otros dos métodos. Para ello, se reclutaron 3 voluntarios y se realizaron mediciones.

Se realizó una grabación de vídeo a 1080 60fps con el Xiaomi 11t pro y posterior importación tanto a "Yekar" para un análisis diferido mediante la aplicación, como a Kinovea para un análisis manual del ROM y velocidad de ejecución . El dispositivo se colocó de frente a la máquina Smith a 320cm de la barra y a 60cm de altura respecto al suelo. Simultáneamente se llevó a cabo una medición con el encoder Vitruve, recogiendo los datos con la Tablet iPad de 6ª generación y la aplicación de Vitruve.

Tras realizar las mediciones iniciales, se identificaron algunos aspectos que llevaron a una revisión del protocolo. Los datos obtenidos de Kinovea coincidían prácticamente cifra por cifra con los datos del encoder, por lo tanto, no tenía sentido añadir este método adicional. Además, se observaron diferencias significativas en las mediciones de la aplicación "Yekar" cuando se realizaban en tiempo real en comparación con las realizadas de forma diferida (análisis de video importado). Tras contactar con el creador de la aplicación, se confirmó que la aplicación mide de manera diferente en estas dos modalidades.

Debido a estos hallazgos, se decidió desechar los datos obtenidos de los 3 sujetos iniciales y reformular el enfoque del estudio para evaluar y comparar las mediciones en tiempo real y diferido de la aplicación "Yekar" con solamente el encoder.

Calentamiento previo

Cada participante realizó un calentamiento específico antes de la valoración mediante ambos métodos, para preparar tanto el tejido conectivo como el muscular para la prueba.

Para el press militar primeramente tenía que realizar 10 repeticiones con cada brazo de un ejercicio de rotación externa de hombro, en el que tenía que colocarse sentado con las piernas flexionadas apoyar el codo sobre rodilla y realizar una rotación externa sujetando una pesa de 1kg sin mover el codo y realizando el recorrido completo hasta los 90 grados de rotación.

Tras esto, debía realizar 10 repeticiones con cada brazo de otro ejercicio de rotación externa de hombro, de pie colocaba un brazo debajo del otro que va a trabajar de tal forma que este mantenga una flexión de hombro de 90 grados y se agarra una goma que estará enganchada a la máquina Smith, de tal forma que el brazo esté perpendicular a la goma.

Finalmente, haría 4 repeticiones controlando el movimiento y 4 explosivas de press militar en máquina Smith con 20kg (solo la barra olímpica), de tal forma que con las primeras lentas se prepare el tejido conectivo adecuadamente para el trabajo posterior más explosivo y con las explosivas se haga una pequeña activación neuromuscular.

Para la sentadilla primeramente debía realizar 5 repeticiones con cada pie de movilidad de flexión dorsal del pie, apoyando una rodilla en el suelo y con la otra pierna flexionada llevar con las manos el tobillo a máximo rango de dorsiflexión, manteniendo 2 segundos en este rango.

Tras esto, realizaría 5 repeticiones de sentadillas con su peso corporal, controlando el movimiento lentamente y manteniendo la posición isométrica en la parte inferior durante 2s.

Finalmente haría 4 repeticiones controlando el movimiento y 4 explosivas de sentadilla en máquina Smith con 20kg (solo la barra olímpica), de tal forma que con las primeras lentas se prepare el tejido conectivo adecuadamente para el trabajo posterior más explosivo y con las explosivas se haga una pequeña activación neuromuscular

Procedimiento de Medición.

Antes de realizar los análisis, se midió tanto la estatura, utilizando un tallímetro, como la longitud de fémur de cada participante, utilizando una cinta métrica y midiendo la distancia entre el trocánter mayor y el cóndilo lateral. Tras realizar esto, con una disposición como la que se ve en la **Figura 1** se midió las ejecuciones de los ejercicios de fuerza de los participantes con los diferentes métodos de forma simultánea.

Con un minuto de descanso entre series y aplicando la mayor fuerza posible en cada repetición cada participante realizó primeramente 2 series de Press Militar (sentado en una banca), la primera realizando 10 repeticiones con 20kg (baja intensidad) y la segunda hasta el fallo muscular con 30kg (alta intensidad) y luego 2 series de sentadilla, la primera realizando 10 repeticiones con 30kg (baja intensidad) y la segunda hasta el fallo muscular con 60kg (alta intensidad).

Se realizó un análisis en tiempo real utilizando la cámara del Xiaomi 11t pro con la aplicación "Yekar". El dispositivo se colocó de frente a la máquina Smith a 320cm de la barra y a 60cm de altura respecto al suelo. En la **Figura 2** se puede ver lo que la aplicación mostraba. A la vez se llevó a cabo una grabación de vídeo a 1080 60fps con el Vivo Y70, para su posterior importación a "Yekar" para realizar el análisis en diferido. El dispositivo se colocó igual que el Xiaomi, justo a su lado. Y mientras tanto con el encoder Vitruve se llevaba a cabo otra medición, recogiendo los datos con la Tablet iPad de 6ª generación y la aplicación de Vitruve.

Se introdujo la estatura de cada participante en la aplicación para mejorar la precisión de las mediciones en tiempo real. En el análisis diferido, la aplicación asume una estatura fija de 175 cm, lo que afecta la precisión de las mediciones.

El encoder fue colocado asegurando la perpendicularidad del cable respecto al suelo mediante un nivel de burbuja y el enganche en la barra se mantuvo en el mismo sitio para

cada serie. Los datos obtenidos de rango de movimiento y velocidad se agruparon en un documento Excel y se analizaron estadísticamente posteriormente.

Figura 1

Disposición de la toma de datos



Figura 2

Vista de la aplicación Yekar en tiempo real



Participantes

Cada participante leyó y firmó un consentimiento informado (Anexo 1) y una hoja de información sobre el estudio (Anexo 2) antes de participar en el estudio.

Análisis Estadístico

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo del rango de movimiento y de la velocidad de movimiento, mostrando los resultados como la media y la desviación estándar. En los análisis descriptivos y comparativos se compararon ambos métodos a nivel general, luego según el ejercicio, según la intensidad y finalmente según el ejercicio e intensidad. Posteriormente, se compararon ambos métodos mediante pruebas T relacionadas y se verificó la correlación mediante los coeficientes de Pearson y rho de Spearman. Los análisis de correlación y de nivel de acuerdo se realizaron para comparar los dos métodos en general, para cada ejercicio (press militar y sentadilla) y para cada intensidad (alta y baja). Asimismo, se incluyó una comparación de dos formas de usar la APP (directo vs diferido), realizando un análisis descriptivo y comparativo del ROM y la velocidad a nivel general.

Para la visualización se graficaron las regresiones lineales de la dispersión de ambos métodos. Finalmente, se compararon el nivel de acuerdo entre ambos métodos mediante el coeficiente de correlación intraclase (ICC) y visualmente mediante el método de Bland-Altman (Hanneman, 2008).

Todos los datos fueron gestionados mediante Microsoft Excel del paquete Office 365 y todos los análisis se realizaron mediante el software gratuito JASP (Version 0.18.3, Amsterdam, Países Bajos).

Resultados

Comparación entre métodos

Datos globales

En la **Tabla 1** se muestran los datos de los 7 participantes, todos hombres, los cuales tienen una edad de $21,4 \pm 0,8$ años, una estatura de $180.0 \pm 6,1$ cm y una longitud del fémur de $44,3 \pm 2,9$ cm.

Tabla 1

Datos de los participantes

Sujeto	Edad (años)	Sexo	Estatura (cm)	Longitud del fémur (cm)
1	22	Hombre	186	47
2	21	Hombre	184	46
3	21	Hombre	177	42
4	22	Hombre	183	46
5	22	Hombre	175	42
6	20	Hombre	185	47
7	22	Hombre	170	40

La **Tabla 2** y la **Figura 3** muestran los datos de ROM y velocidad para ambos métodos. El ROM medido con el Encoder fue de $54,3 \pm 8,0$ cm, mientras que con la APP fue de $30,3 \pm 7,1$ mostrando una diferencia significativa siendo 24.3 cm mayor en el caso del encoder (SE=0.425 cm; $p < .001$). En la **Tabla 2** también se muestran los datos para la velocidad del movimiento. La velocidad medida con el encoder fue de $0,72 \pm 0,2$ m/s, mientras que con la APP fue de $0,51 \pm 0,16$ mostrando una diferencia significativa siendo 0.213 m/s mayor en el caso del encoder (SE=0.006 m/s; $p < .001$).

La **Figura 4A** mostró una relación positiva moderada para el ROM entre ambos métodos (rho de Spearman = 0,656; $p < .001$). Asimismo, la **Figura 4B** muestra una fuerte relación positiva para la velocidad entre ambos métodos (rho de Spearman = 0,889; $p < .001$).

Tabla 2

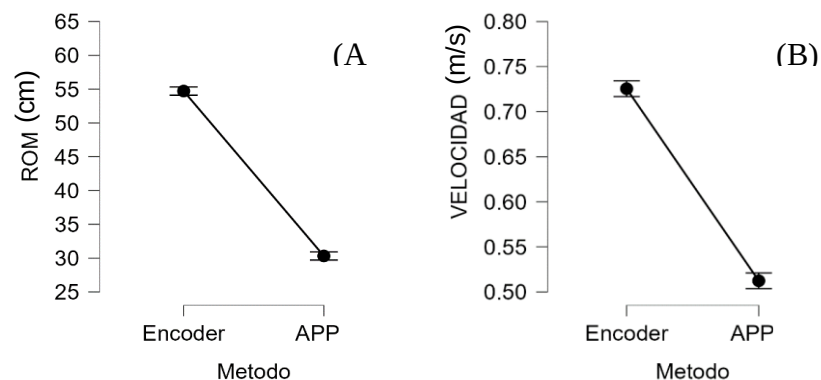
Datos generales del método Encoder y del método APP para ROM y velocidad.

	Encoder			APP			p-valor
	Perdidos	Media	DE	Perdidos	Media	DE	
Rango de movimiento (cm)	0	54,3	8,0	21	30,3	7,1	<.001
Velocidad (m/s)	0	0,72	0,2	20	0,51	0,16	<.001

DE: desviación estándar; ROM: Rango de movimiento.

Figura 3

Comparación de las medidas de rango de movimiento (A) y velocidad (B)



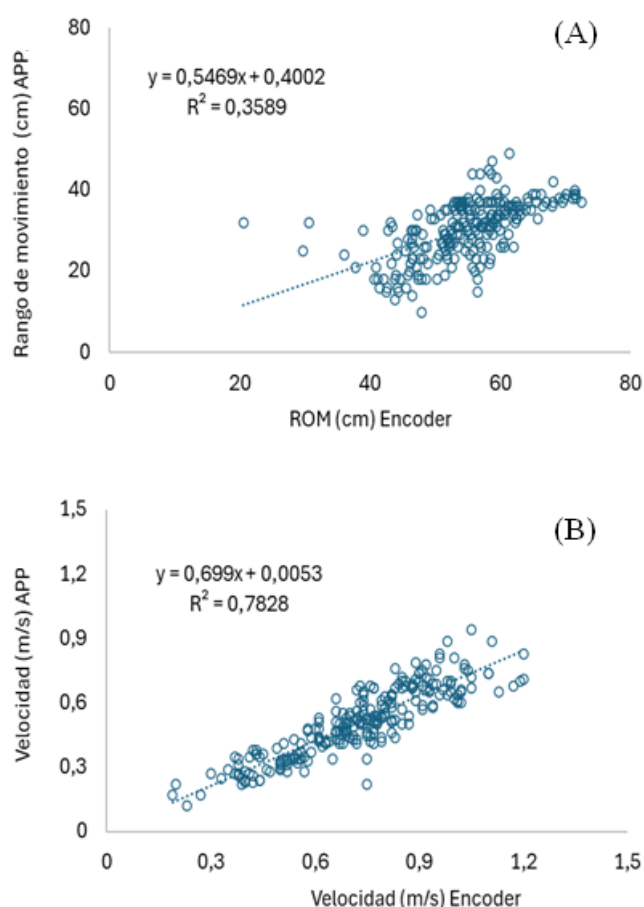
ROM: Rango de movimiento

Influencia del tipo de ejercicio

En segundo lugar, se analizaron los datos para ambos métodos según el tipo ejercicio (**Tabla 3 y Figura 5**). Para el press militar, el ROM medido con el encoder fue de $56,3 \pm 9,5$ cm, mientras que con la APP fue de $33,0 \pm 6,4$ mostrando una diferencia significativa siendo 23,1 cm mayor en el caso del encoder ($SE=0,620$ cm; $p < .001$). Para la sentadilla, el ROM medido con el encoder fue de $52,6 \pm 6,0$ cm, mientras que con la APP fue de $27,9 \pm 6,9$ mostrando una diferencia significativa siendo 25,6 cm mayor en el caso del encoder ($SE=0,583$ cm; $p < .001$).

Figura 4

Datos individuales de rango de movimiento (A) y velocidad (B)



En la **Tabla 3** también se muestran los datos para la velocidad del movimiento. Para el press militar, la velocidad medida con el encoder fue de $0,75 \pm 0,23$ m/s, mientras que con la APP fue de $0,53 \pm 0,18$ mostrando una diferencia significativa siendo 0.217 m/s mayor en el caso del encoder ($SE=0.009$ m/s; $p < .001$). Para la sentadilla, la velocidad medida con el encoder fue de $0,70 \pm 0,17$ m/s, mientras que con la APP fue de $0,50 \pm 0,15$ mostrando una diferencia significativa siendo 0.204 m/s mayor en el caso del encoder ($SE=0.009$ m/s; $p < .001$).

Respecto al press militar, la **Figura 6A** mostró una relación positiva moderada para el ROM entre ambos métodos (ρ de Spearman = 0,667; $p < .001$). Asimismo, la **Figura 6B** muestra una muy fuerte relación positiva para la velocidad entre ambos métodos (ρ de Spearman = 0,905; $p < .001$).

Respecto a la sentadilla, la **Figura 7A** mostró una relación positiva moderada para el ROM entre ambos métodos (ρ de Spearman = 0,573; $p < .001$). Asimismo, la **Figura 7B** muestra

una fuerte relación positiva para la velocidad entre ambos métodos (ρ de Spearman = 0,848; $p < .001$).

Tabla 3.

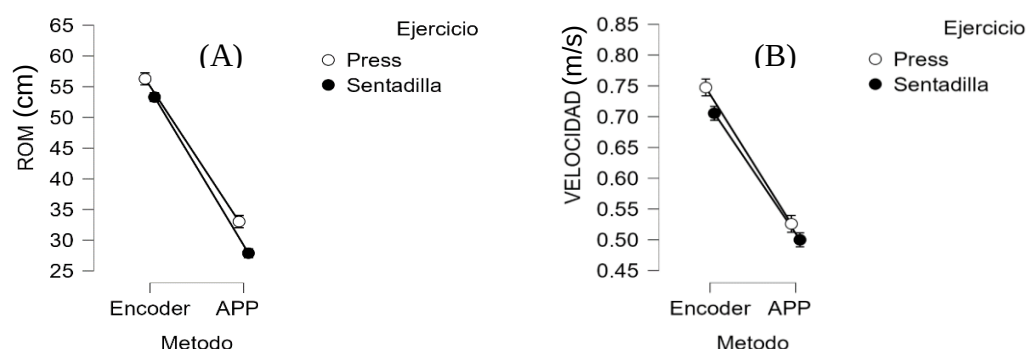
Valores descriptivos de método Encoder y del método APP para ROM y velocidad según el ejercicio.

	ROM						Velocidad					
	Press Militar			Sentadilla			Press Militar			Sentadilla		
	Perdidos	Media	DE	Perdidos	Media	DE	Perdidos	Media	DE	Perdidos	Media	DE
Encoder	0	56,3	9,5	0	52,6	6	0	0,75	0,23	0	0,70	0,17
APP	5	33	6,4	16	27,9	6,9	4	0,53	0,18	16	0,50	0,15

DE: desviación estándar; ROM: Rango de movimiento.

Figura 5

Comparación de las medidas de rango de movimiento (A) y velocidad (B) según el ejercicio



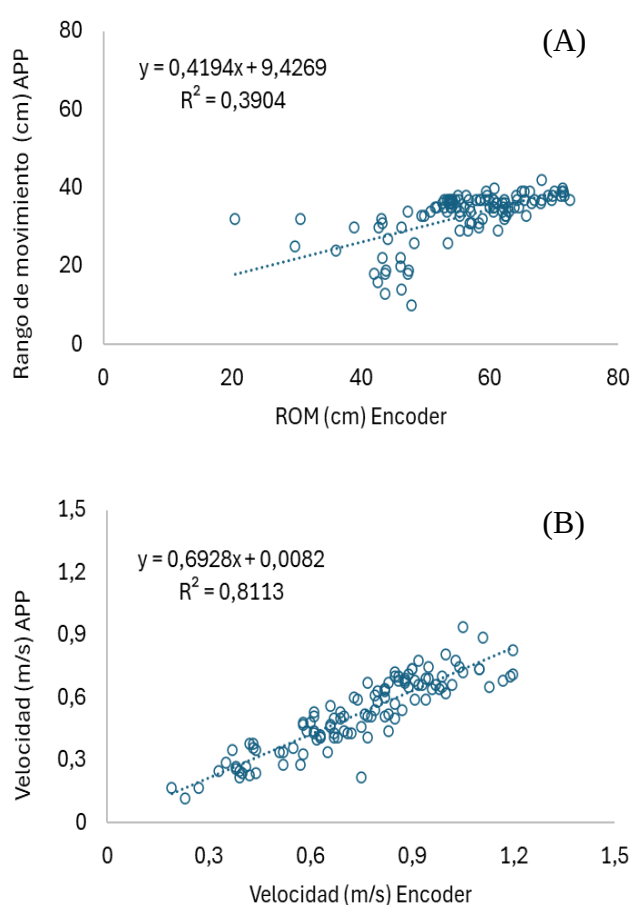
ROM: Rango de movimiento

Influencia del tipo de intensidad

En tercer lugar, se analizaron los datos generales para ambos métodos según la intensidad (**Tabla 4 y Figura 8**). Para alta intensidad, el ROM medido con el encoder fue de $52,6 \pm 8,2$ cm, mientras que con la APP fue de $28,5 \pm 6,8$ mostrando una diferencia significativa siendo 24,6 cm mayor en el caso del encoder ($SE=0,640$ cm; $p < .001$). Para baja intensidad, el ROM medido con el encoder fue de $55,8 \pm 7,5$ cm, mientras que con la APP fue de $31,8 \pm 7,0$ mostrando una diferencia significativa siendo 24,0 cm mayor en el caso del encoder ($SE=0,561$ cm; $p < .001$).

Figura 6

Datos individuales de rango de movimiento (A) y velocidad (B) en Press Militar



En la **Tabla 4** también se muestran los datos para la velocidad del movimiento. Para alta intensidad, la velocidad medida con el encoder fue de $0,61 \pm 0,17$ m/s, mientras que con la APP fue de $0,41 \pm 0,14$ mostrando una diferencia significativa siendo 0,189 m/s mayor en el caso del encoder ($SE=0,009$ m/s; $p < .001$). Para baja intensidad, la velocidad medida con el encoder fue de $0,82 \pm 0,17$ m/s, mientras que con la APP fue de $0,59 \pm 0,13$ mostrando una diferencia significativa siendo 0,231 m/s mayor en el caso del encoder ($SE=0,008$ m/s; $p < .001$).

Respecto a la alta intensidad, la **Figura 9A** mostró una relación positiva moderada para el ROM entre ambos métodos (ρ de Spearman = 0,457; $p < .001$). Asimismo, la **Figura 9B** muestra una fuerte relación positiva para la velocidad entre ambos métodos (ρ de Spearman = 0,887; $p < .001$).

Figura 7

Datos individuales de rango de movimiento (A) y velocidad (B) en Sentadilla.

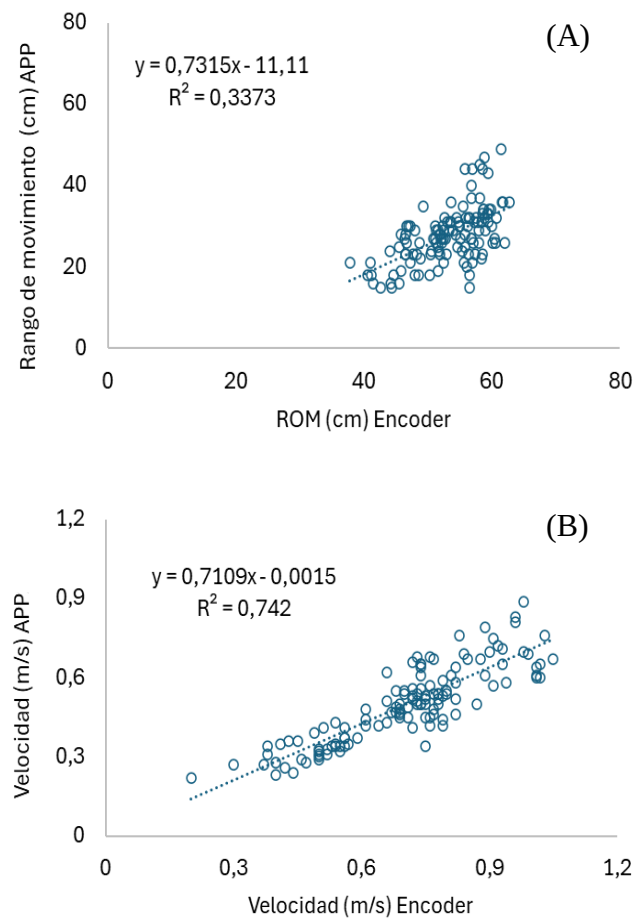


Tabla 4

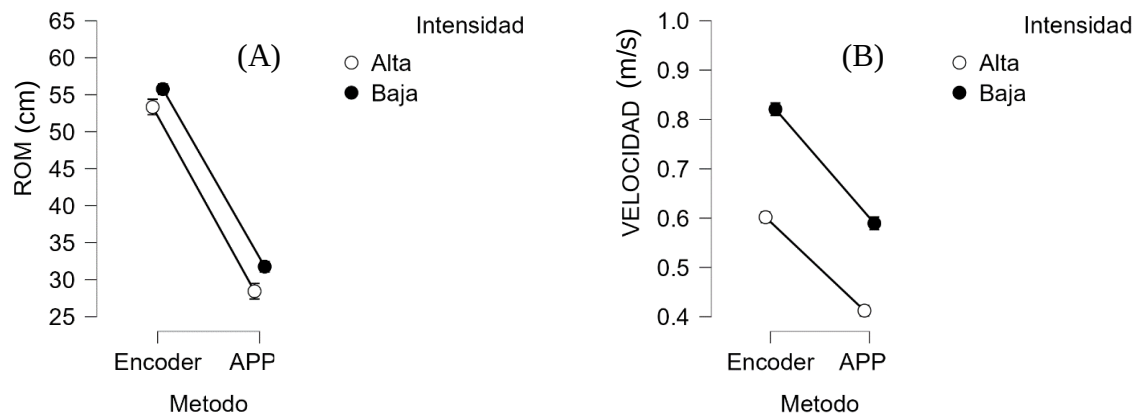
Valores descriptivos de método Encoder y del método APP para ROM y velocidad según la intensidad.

	ROM						Velocidad					
	Alta intensidad			Baja intensidad			Alta intensidad			Baja intensidad		
	Perdidos	Media	DE	Perdidos	Media	DE	Perdidos	Media	DE	Perdidos	Media	DE
Encoder	0	52,6	8,2	0	55,8	7,5	0	0,61	0,17	0	0,82	0,17
APP	17	28,5	6,8	4	31,8	7	17	0,41	0,14	3	0,59	0,13

DE: desviación estándar; ROM: Rango de movimiento.

Figura 8

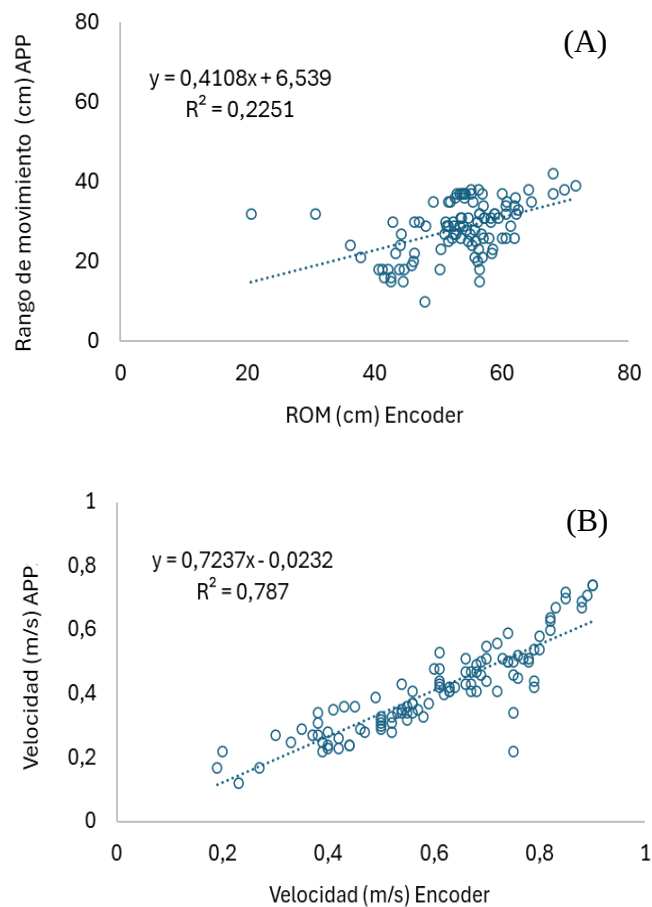
Comparación de las medidas de rango de movimiento (A) y velocidad (B) según la intensidad



ROM: Rango de movimiento

Figura 9

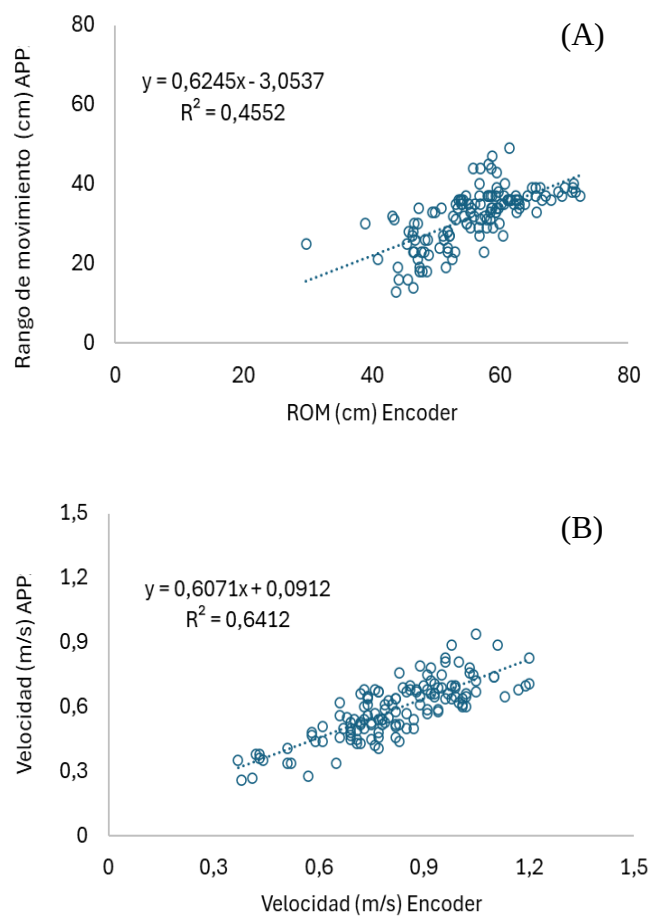
Datos individuales de rango de movimiento (A) y velocidad (B) en ejecuciones a Alta intensidad



Respecto a la baja intensidad, la **Figura 10A** mostró una relación positiva alta para el ROM entre ambos métodos (rho de Spearman = 0,745; $p < .001$). Asimismo, la **Figura 10B** muestra una alta relación positiva para la velocidad entre ambos métodos (rho de Spearman = 0,783; $p < .001$).

Figura 10

Datos individuales de rango de movimiento (A) y velocidad (B) en ejecuciones a Baja intensidad



Nivel de acuerdo entre ambos métodos

Datos globales

La **Tabla 5** muestra el coeficiente de correlación intraclase para el ROM y la velocidad de movimiento. Se puede observar un coeficiente moderado para el ROM (ICC= 0,608; 95% IC 0,525-0,679) y alto para la velocidad (ICC= 0,858; 95% IC 0,822-0,887). Finalmente, el método Bland-Altman nos confirma una diferencia media entre ambos métodos de +24,4 cm (95% IC 23,5-25,2 cm) a favor del Encoder para el ROM y de +0,21 m/s (95% IC 0,20-0,23 m/s) para la velocidad (**Figura 11**).

Tabla 5

Coeficiente de correlación intraclase para el Rango de movimiento y la Velocidad

	ICC	95% IC	
Rango de movimiento (cm)	0.608	0.525	0.679
Velocidad (m/s)	0.858	0.822	0.887

Influencia del tipo de ejercicio

Respecto al press militar, la **Tabla 6** muestra el coeficiente de correlación intraclase para el ROM y la velocidad de movimiento. Se puede observar un coeficiente moderado para el ROM (ICC= 0,578; 95% IC 0,444-0,687) y alto para la velocidad (ICC= 0,868; 95% IC 0,815-0,906). Finalmente, el método Bland-Altman nos confirma una diferencia media entre ambos métodos de +23,2 cm (95% IC 21,8-24,6 cm) a favor del Encoder para el ROM y de +0,22 m/s (95% IC 0,20-0,24 m/s) para la velocidad (**Figura 12**).

Respecto a la sentadilla, la **Tabla 7** muestra el coeficiente de correlación intraclase para el ROM y la velocidad de movimiento. Se puede observar un coeficiente moderado para el ROM (ICC= 0,587; 95% IC 0,468-0,686) y alto para la velocidad (ICC= 0,843; 95% IC 0,788-0,885). Finalmente, el método Bland-Altman nos confirma una diferencia media entre ambos métodos de +25,5 cm (95% IC 24,5-26,5 cm) a favor del Encoder para el ROM y de +0,21 m/s (95% IC 0,19-0,22 m/s) para la velocidad (**Figura 13**).

Figura 11

Diferencias de medición entre los métodos para el rango de movimiento (A) y la velocidad (B)

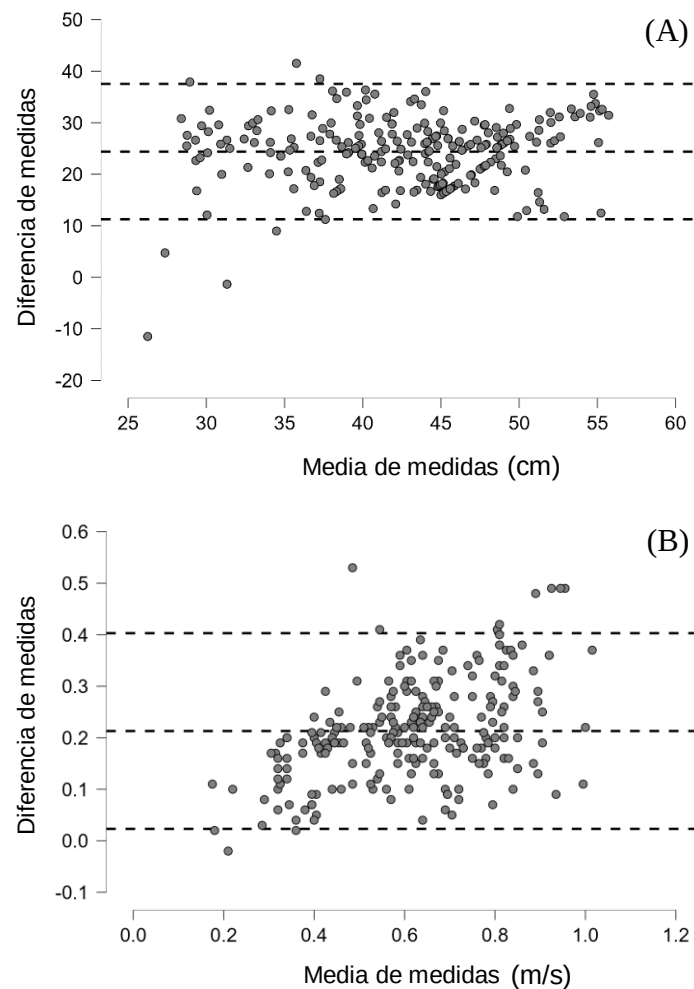


Tabla 6

Coeficiente de correlación intraclase para el rango de movimiento y la velocidad para el press militar

	ICC	95% IC	
Rango de movimiento (cm)	0,578	0,444	0,687
Velocidad (m/s)	0,868	0,815	0,906

Figura 12

Diferencias de medición entre los métodos para el rango de movimiento (A) y la velocidad (B) en el press militar

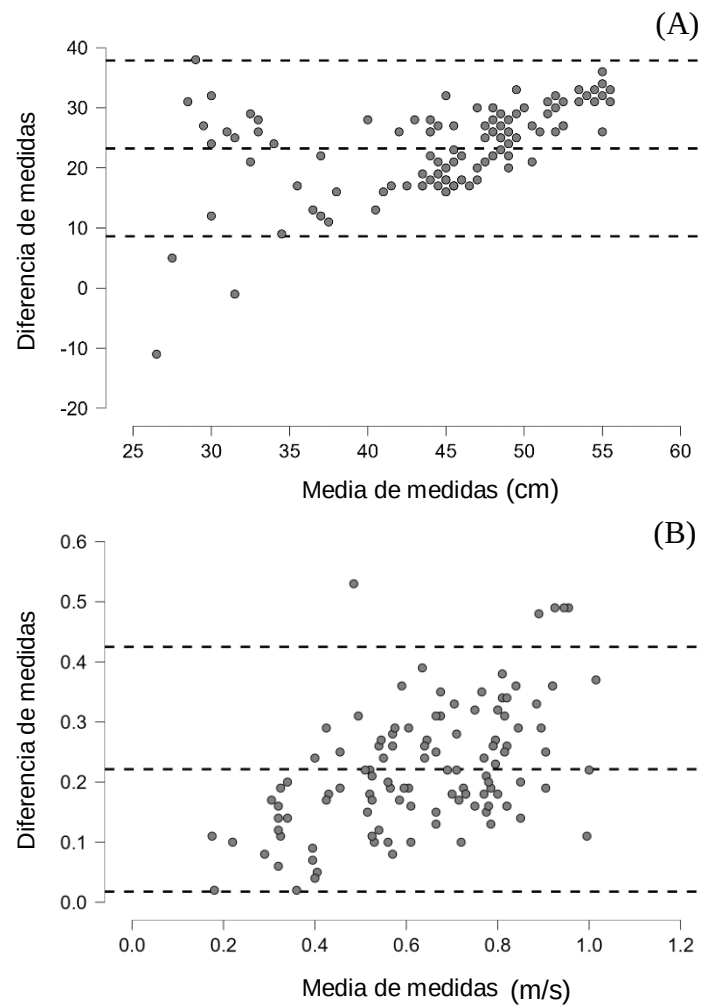


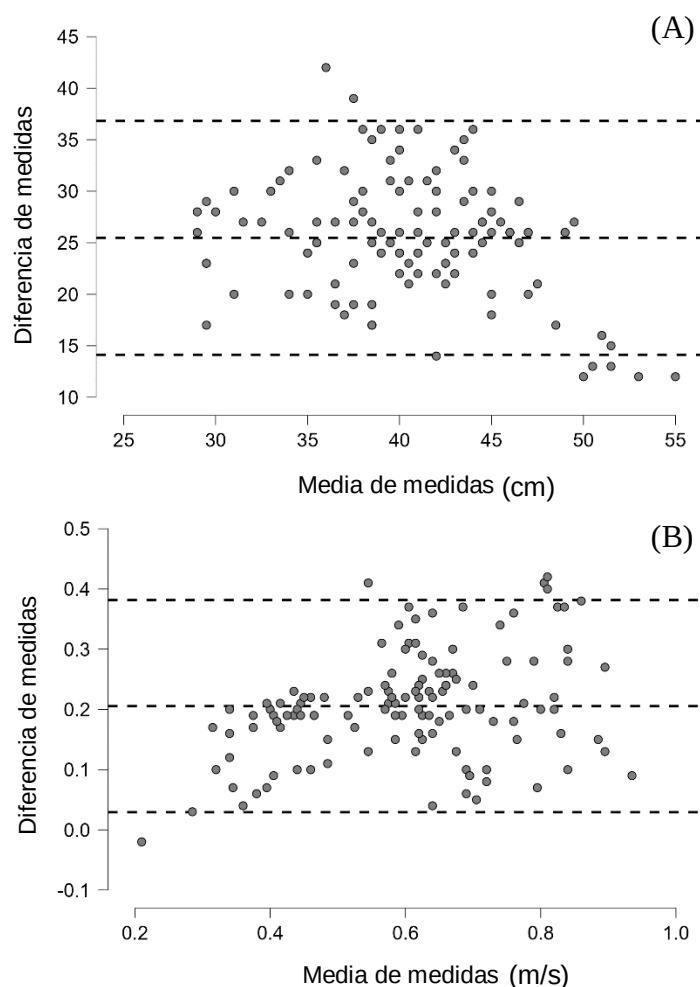
Tabla 7

Coeficiente de correlación intraclass para el rango de movimiento y la velocidad para la sentadilla

	ICC	95% IC	
Rango de movimiento (cm)	0,587	0,468	0,686
Velocidad (m/s)	0,843	0,788	0,885

Figura 13

Diferencias de medición entre los métodos para el rango de movimiento (A) y la velocidad (B) en la sentadilla



Influencia del tipo de intensidad

Respecto a la alta intensidad, la **Tabla 8** muestra el coeficiente de correlación intraclase para el ROM y la velocidad de movimiento. Se puede observar un coeficiente moderado para el ROM (ICC= 0,488; 95% IC 0,340-0,613) y alto para la velocidad (ICC= 0,867; 95% IC 0,814-0,905). Finalmente, el método Bland-Altman nos confirma una diferencia media entre ambos métodos de +24,9 cm (95% IC 23,4-26,4 cm) a favor del Encoder para el ROM y de +0,19 m/s (95% IC 0,17-0,21 m/s) para la velocidad (**Figura 14**).

Respecto a la baja intensidad, la **Tabla 9** muestra el coeficiente de correlación intraclase para el ROM y la velocidad de movimiento. Se puede observar un coeficiente moderado para el ROM (ICC= 0,488; 95% IC 0,340-0,613) y alto para la velocidad (ICC= 0,867; 95% IC 0,814-

0,905). Finalmente, el método Bland-Altman nos confirma una diferencia media entre ambos métodos de +24,0 cm (95% IC 23,0-25,0 cm) a favor del Encoder para el ROM y de +0,23 m/s (95% IC 0,21-0,25 m/s) para la velocidad (**Figura 15**).

Tabla 8

Coeficiente de correlación intraclass para el Rango de movimiento y la Velocidad para las ejecuciones a Alta intensidad

	ICC	95% IC	
Rango de movimiento (cm)	0,488	0,340	0,613
Velocidad (m/s)	0,867	0,814	0,905

Figura 14

Diferencias de medición entre los métodos para el rango de movimiento (A) y la velocidad (B) en ejecuciones a alta intensidad

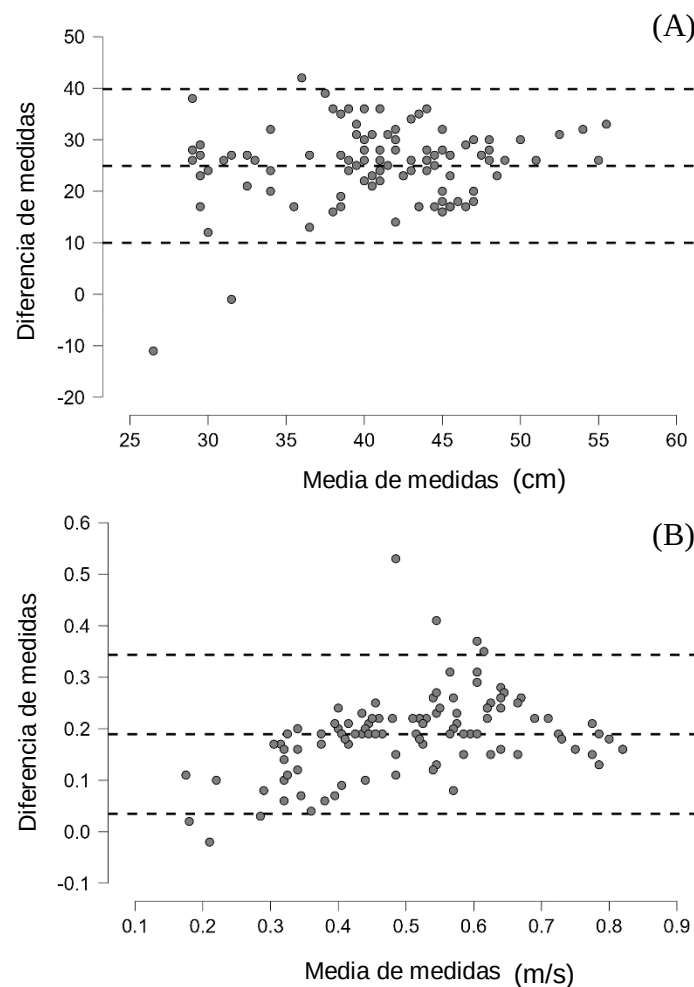


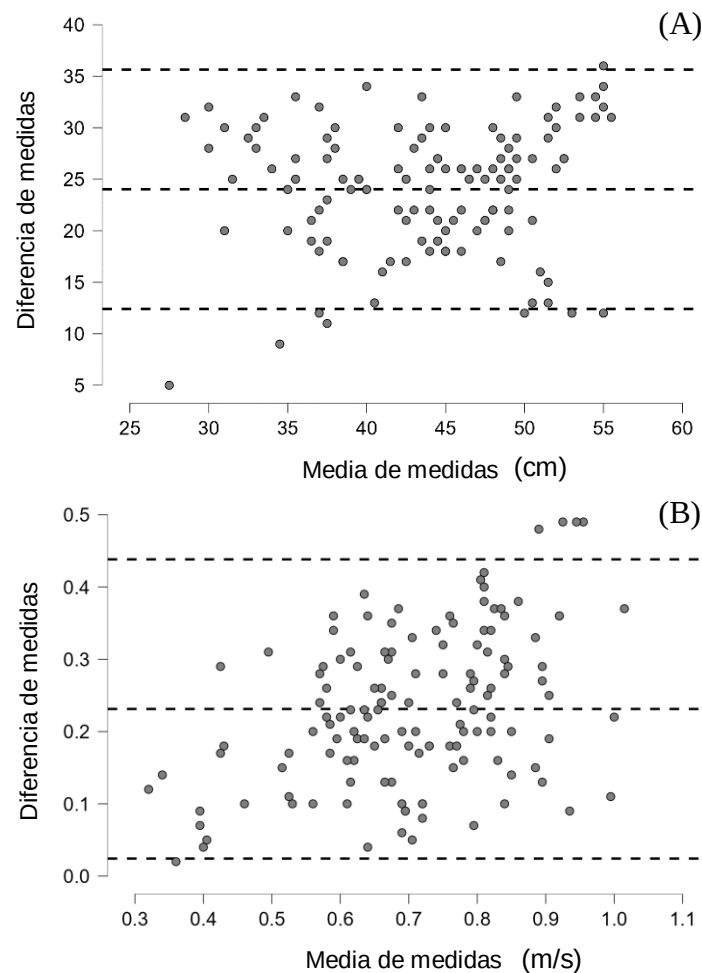
Tabla 9

Coeficiente de correlación intraclass para el Rango de movimiento y la Velocidad para las ejecuciones a Baja intensidad

	ICC	95% IC	
Rango de movimiento (cm)	0,665	0,561	0,749
Velocidad (m/s)	0,768	0,690	0,829

Figura 15

Diferencias de medición entre los métodos para el rango de movimiento (A) y la velocidad (B) en ejecuciones a baja intensidad.



Comparación entre APPdif Y APP

Se analizaron los datos generales para ambos métodos (**Tabla 10** y **Figura 16**). El ROM medido con la aplicación en diferido (APPdif) fue de $29,0 \pm 6,3$ cm, mientras que con la aplicación en directo (APP) fue de $30,3 \pm 7,1$ mostrando una diferencia no significativa siendo 1,3 cm mayor en el caso de la aplicación en directo (SE=0,654 cm; $p = 0,146$).

En la **Tabla 10** también se muestran los datos para la velocidad del movimiento. La velocidad medida con la aplicación en diferido fue de $0,41 \pm 0,14$ m/s, mientras que con la APP fue de $0,51 \pm 0,16$ mostrando una diferencia significativa siendo 0,107 m/s mayor en el caso de la aplicación en directo (SE=0,015 m/s; $p < .001$).

Tabla 10

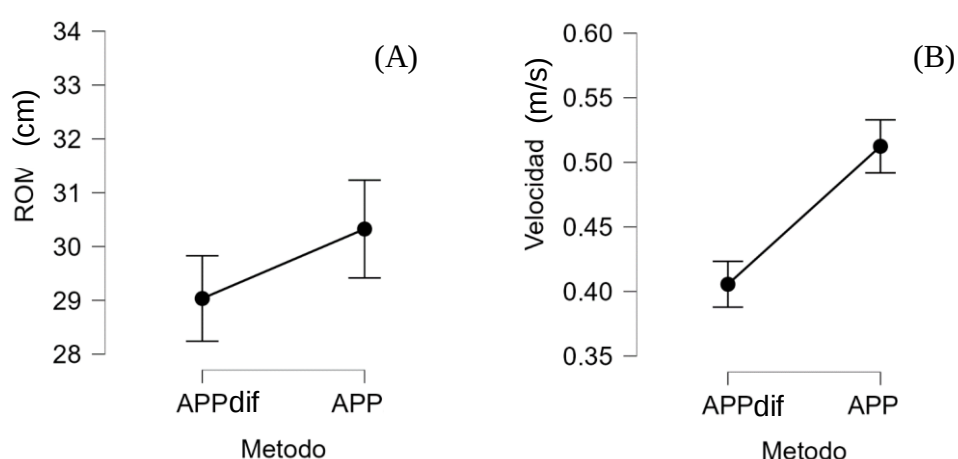
Valores descriptivos de método APPdif y del método APP para ROM y velocidad.

	APPdif			APP			
	Perdidos	Media	DE	Perdidos	Media	DE	p-valor
ROM (cm)	16	29,0	6,3	21	30,3	7,1	0,146
Velocidad (m/s)	16	0,41	0,14	20	0,51	0,16	<.001

DE: desviación estándar; ROM: Rango de movimiento

Figura 16

Comparación de las medidas de rango de movimiento (A) y velocidad (B)



ROM: Rango de movimiento; APPdif: Método que usa el análisis de la aplicación en diferido;
APP: Método que usa el análisis de la aplicación en directo.

Discusión

El principal resultado de este estudio es que la aplicación registra valores de ROM y de velocidad consistentemente más bajos que el encoder, aunque en el caso de la velocidad muestra una correlación alta con el encoder, en el caso del ROM es moderada. Además, las diferencias entre el análisis en diferido y en tiempo real de la aplicación parecen ser mínimas, indicando que el procesamiento en diferido no afecta significativamente la precisión.

Los resultados indican que la aplicación registró consistentemente valores más bajos de ROM en comparación con el encoder. Este patrón se mantuvo tanto en ejercicios de alta como de baja intensidad. La diferencia promedio en el ROM fue mayor en ejercicios de alta intensidad, lo que sugiere que la aplicación subestima el ROM en comparación con el encoder, especialmente cuando la intensidad del ejercicio es alta. A pesar de esta subestimación, la correlación de Spearman y el ICC entre los métodos fue moderada, lo que indica que APP, aunque es menos precisa en valores absolutos, refleja las variaciones del ROM en relación con el encoder.

Para calcular el ROM, la aplicación utiliza la estatura del usuario y mide los píxeles de altura en la pantalla (utilizando las coordenadas de la pose), sumando la distancia ojo-cadera y cadera-tobillo cuando el sujeto está en la posición superior de ejercicios como la sentadilla o el peso muerto. Tras comentar con el creador de la aplicación los errores, se llegó a la conclusión de que estos se debían a varios factores. La falta de ajuste en la altura del suelo al tobillo y de los ojos a la cabeza influye en la correcta medición del ROM, las rodillas ligeramente flexionadas o el torso inclinado pueden distorsionar las medidas, la lente del móvil también distorsiona y por último que la perspectiva de la cámara, que varía según la altura a la que se coloca el móvil, afecta también a la medición, ya que si no está en el suelo mide menos ROM.

En cuanto a la velocidad de ejecución, los resultados también muestran que la aplicación registró menores velocidades que el encoder en todas las condiciones. La diferencia en las mediciones fue más pronunciada en ejercicios de baja intensidad, tanto en sentadilla como en press. Este hallazgo sugiere que la aplicación tiende a subestimar la velocidad de ejecución, particularmente en condiciones de menor intensidad, o dicho de otra manera, a mayores velocidades. Sin embargo, la correlación de Spearman entre las velocidades medidas por la aplicación y el encoder fue alta, indicando una fuerte relación entre ambos métodos a pesar de las diferencias en los valores absolutos. Esta subestimación de la velocidad está arrastrada por los fallos en la medición del ROM.

Por otro lado, el análisis secundario comparando APP (medición en tiempo real) con APPdif (medición post-procesada) reveló diferencias mínimas entre las dos versiones de la aplicación (mayor diferencia en la medición del ROM). Esto sugiere que la precisión de APP no se ve significativamente afectada por el procesamiento en diferido en comparación con el análisis en tiempo. Por lo tanto, la medición en diferido podría ser una herramienta viable, siempre que se reconozcan y ajusten las subestimaciones en las mediciones de ROM y velocidad en relación con el encoder.

Existen en el mercado diversas aplicaciones similares que posibilitan el análisis de los movimientos de fuerza. Estas aplicaciones usan metodologías diversas pero principalmente realizan análisis de video aunque con sutiles diferencias entre ellas. Mediante la aplicación Iron Path Pro se realiza la grabación del ejercicio en video de forma lateral, se rastrea la trayectoria de la barra, y se utiliza una referencia conocida en el campo de visión para calcular el ROM y la velocidad concéntrica promedio (ACV) para cada repetición. Es interesante mencionar que la referencia se debe introducir de forma manual. Sin embargo, no es fiable al tener grandes límites de acuerdo (0,2 m/s) en el análisis mediante el método de Bland-Altman comparándolo con el transductor lineal (Kasovic et al., 2021).

Por otro lado, la aplicación iLOAD es diferente, en vez de medir la ACV de cada repetición, mide la velocidad media de cada serie y el trabajo total acumulado, por lo que incluye en su análisis tanto la fase concéntrica como la excéntrica. Sin embargo, no detecta el cambio de fase, por lo que utiliza un factor de eficiencia para ajustar la diferencia entre la fase concéntrica y excéntrica. Para utilizarla hay que introducir el ROM manualmente, pero no requiere de la grabación de un video, por lo que para una correcta medición el sujeto debe realizar todas las repeticiones de la serie con el mismo ROM. A pesar de todo esto, iLOAD mostró una alta validez para monitorear la MV y el trabajo total en un conjunto de repeticiones durante el ejercicio de media sentadilla (de Sá et al., 2019).

Finalmente, La aplicación My Lift utiliza también análisis de video, en la que el usuario tiene que indicar el inicio y final de la fase concéntrica de la repetición. Esta APP requiere que se introduzca el ROM de cada ejercicio manualmente, por lo que si no se realiza este rango de movimiento al completo los resultados no serán exactos. Se usa para estimar el 1RM mediante la velocidad de ejecución de una sola repetición o para analizar la pérdida de velocidad durante una serie, aunque en este caso se analiza solamente la primera y la última repetición, por lo que la primera puede no coincidir con la más rápida. A pesar de estos inconvenientes, la aplicación muestra alta validez y fiabilidad para medir la velocidad media

en comparación con un transductor lineal teniendo un coeficiente de correlación de Pearson de 0,94 (Balsalobre-Fernández et al., 2018).

Respecto a estas aplicaciones, Yekar se distingue por su capacidad de realizar mediciones automáticas en tiempo real utilizando inteligencia artificial, lo que reduce significativamente la necesidad de intervención manual y ofrece un mayor potencial a la hora de mejorar la precisión y la consistencia de los datos recopilados.

Limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación

En cuanto a las principales limitaciones del estudio, están determinadas por la pequeña escala a la que se ha realizado. La muestra con la que se ha llevado a cabo es muy pequeña, sin la presencia de ninguna mujer. La intensidad está determinada por cargas absolutas, por lo que lo óptimo habría sido usar cargas relativas, intentando alcanzar velocidades más extremas tanto bajas como altas.

Además, durante el primer protocolo con tres participantes, se observaron diferencias significativas en la precisión del análisis según la vestimenta de los sujetos. Como era previsible, el análisis fue mucho más preciso en el sujeto que llevaba pantalón corto comparado con aquellos que usaban pantalón largo. Esta variación se debía a la mejor visibilidad de la posición de la rodilla con pantalón corto, lo cual es crucial para la aplicación utilizada. Por lo tanto, se impuso el uso de pantalón corto en el nuevo protocolo para asegurar una correcta detección.

En el análisis diferido algunos vídeos aunque se recortaran de diferentes formas no fueron analizados por la aplicación, no detectaba que se estaba realizando el ejercicio a pesar de estar grabado exactamente igual que el resto que sí analizaba correctamente. Este problema también se presentó en el análisis en directo, donde en algunas series no se detectaba ninguna repetición o se omitían algunas repeticiones concretas dentro de la serie.

Por otra parte, en el análisis diferido la aplicación asume una estatura de 175cm y una longitud de fémur de 42cm, sin posibilidad de modificación. Aunque se contactó con el creador de la aplicación, quien aclaró que la longitud del fémur en el análisis frontal (tanto en directo como en diferido) no se utiliza, esta restricción representa una limitación significativa. La longitud del fémur solo se considera en la modalidad de análisis lateral que ofrece la aplicación.

Como futuras líneas de investigación en relación a la aplicación, se recomienda la realización de estudios adicionales para explorar la modalidad de análisis lateral de la aplicación, la cual utiliza la longitud del fémur y el diámetro del disco como medidas de referencia, para determinar su efectividad y precisión comparada con el análisis frontal. Además, sería interesante estudiar los diferentes ejercicios que se van añadiendo a la aplicación como el press banca o el peso muerto que hay en este momento disponibles.

Conclusiones

La investigación realizada ha evaluado la eficacia de la aplicación "Yekar" para medir el rango de movimiento (ROM) y la velocidad de ejecución en comparación con un encoder. Se ha encontrado que "Yekar" subestima estos valores, aunque mantiene una correlación alta con el encoder, especialmente la velocidad, lo que la hace útil para medir variaciones relativas.

Se ha analizado también la precisión de las mediciones en los diferentes ejercicios, habiendo muy pequeñas diferencias entre ellos, siendo favorable para el press militar al tener una mayor correlación con el encoder tanto en el ROM como en la velocidad.

La precisión de la aplicación en diferentes intensidades también ha sido evaluada, manteniendo diferencias similares respecto al encoder, sin embargo, en este caso el ROM es medido de forma más precisa en bajas intensidades, mientras que la velocidad es medida de forma más precisa a altas intensidades.

Además, se ha comprobado que las versiones en diferido y en tiempo real de la aplicación presentan diferencias mínimas, lo que permite su uso flexible tanto durante como después del ejercicio sin pérdida de precisión.

Aplicaciones Prácticas

El hecho de medir con relativa precisión la variación de la velocidad puede ser útil en el entrenamiento personalizado. En el entrenamiento basado en velocidad, estas variaciones pueden ser indicadores clave de la intensidad y la fatiga, permitiendo a los entrenadores ajustar las cargas y volúmenes de trabajo de manera relativamente precisa.

Referencias Bibliográficas

Araújo, D., Couceiro, M., Seifert, L., Sarmiento, H., & Davids, K. (2021). *Artificial Intelligence in Sport Performance Analysis*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003163589>

Ayala, F., López-Valenciano, A., Gámez Martín, J. A., De Ste Croix, M., Vera-García, F., García-Vaquero, M., Ruiz-Pérez, I., & Myer, G. (2019). A Preventive Model for Hamstring Injuries in Professional Soccer: Learning Algorithms. *International Journal of Sports Medicine*, 40(05), 344-353. <https://doi.org/10.1055/a-0826-1955>

Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., & Jiménez, S. L. (2018). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of Sports Sciences*, 36(1), 64-70. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1280610>

de Sá, E. C., Ricarte Medeiros, A., Santana Ferreira, A., García Ramos, A., Janicijevic, D., & Boullosa, D. (2019). Validity of the iLOAD® app for resistance training monitoring. *PeerJ*, 7, e7372. <https://doi.org/10.7717/peerj.7372>

Hanneman, S. K. (2008). Design, Analysis and Interpretation of Method-Comparison Studies. *AACN advanced critical care*, 19(2), 223-234. <https://doi.org/10.1097/01.AACN.0000318125.41512.a3>

Kasovic, J., Martin, B., Carzoli, J. P., Zourdos, M. C., & Fahs, C. A. (2021). Agreement Between the Iron Path App and a Linear Position Transducer for Measuring Average Concentric Velocity and Range of Motion of Barbell Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(Suppl 1), S95-S101. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003574>

Martínez-Cava, A., Hernández-Belmonte, A., Courel-Ibáñez, J., Morán-Navarro, R., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2020). Reliability of technologies to measure the barbell velocity: Implications for monitoring resistance training. *PLoS ONE*, 15(6), e0232465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232465>

Novatchkov, H., & Baca, A. (2013). Artificial Intelligence in Sports on the Example of Weight Training. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(1), 27-37.

Reis, F. J. J., Alaiti, R. K., Vallio, C. S., & Hespanhol, L. (2024). Artificial intelligence and Machine Learning approaches in sports: Concepts, applications, challenges, and future

perspectives. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 28(3), 101083.
<https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2024.101083>

Teikari, P., & Pietrusz, A. (2021). *Precision strength training: Data-driven artificial intelligence approach to strength and conditioning*. OSF. <https://doi.org/10.31236/osf.io/w734a>

Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & García Ramos, A. (2021). Velocity-Based Training: From Theory to Application. *Strength and Conditioning Journal*, 43, 31-49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000560>

Anexos

Anexo 1

DECLARACIÓN DE CONSETIMIENTO INFORMADO

Investigador Principal: Diego Fernández Fernández

Institución: Universidad de Valladolid

Consentimiento:

Al firmar este documento, reconozco que he leído y comprendido la hoja de información sobre el estudio proporcionada y que todas mis preguntas han sido respondidas satisfactoriamente.

Comprendo que mi participación es totalmente voluntaria y que puedo retirarme del estudio cuando quiera sin tener que dar explicaciones.

Puedo revocar mi consentimiento en cualquier momento y solicitar la eliminación de mis datos personales sin necesidad de justificar mi decisión.

He sido informado/a de que mis datos personales serán protegidos y que serán incluidos en un fichero conforme a las garantías del Reglamento General de Protección de Datos (RGPD), vigente desde el 25 de mayo de 2018, que derogó la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, sobre la protección de datos personales.

Tomando en cuenta todo lo anterior, **CONSIENTO** mi participación en el estudio.

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha:

Anexo 2

INFORMACIÓN SOBRE EL ESTUDIO

Descripción del Estudio:

Este es un estudio experimental cuyo objetivo es realizar una validación de una aplicación que usa inteligencia artificial para medir la velocidad de ejecución de diferentes ejercicios. Para llevarlo a cabo, es necesario realizar mediciones que incluyen la grabación de vídeos de los participantes. Estas grabaciones serán analizadas posteriormente para comparar los datos obtenidos mediante la aplicación “Yekar”, el encoder y el análisis de vídeo con el programa Kinovea.

Procedimientos:

1. Se le tomarán algunas medidas antropométricas.
2. Realizará dos series de sentadilla y dos series de press militar con diferentes pesos.
3. Durante su participación, se realizarán grabaciones en vídeo para analizar su velocidad de ejecución.