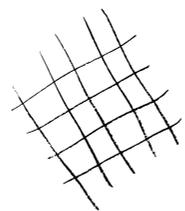


INTEGRACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA EN LA EVALUACIÓN CINEMÁTICA DEL SALTO VERTICAL EN JUGADORES UNIVERSITARIOS DE BALONCESTO

Integration of augmented reality in the kinematic assessment of the vertical jump in college basketball players



Anggie Juliana Rubiano Sarmiento

Universidad El Bosque

Correo electrónico: ajrubiano@unbosque.edu.co

ORCID: 0009-0000-7023-5487

Rosa María Granados Avellaneda

Universidad El Bosque

Correo electrónico: rgranados@unbosque.edu.co

ORCID: 0000-0002-5013-9073

Daniel Hoyos Caviedes

Politécnico Granacolombiano

Correo electrónico: dfrhoyosc@poligran.edu.co

ORCID: 0009-0003-5186-3797

ABSTRACT

The aim of this project is to evaluate the effectiveness of a methodology that integrates augmented reality (AR) into the kinematic assessment of vertical jumps in collegiate basketball players in Colombia. The vertical jump is a fundamental movement in basketball; however, its analysis under real game conditions is limited by traditional methods typically conducted in controlled environments. This project proposes a solution using AR to simulate a realistic basketball court environment, enhancing the precision and realism of biomechanical evaluations.

A protocol was developed and implemented in a pilot test with one participant, assessing vertical jump kinematics under two conditions: with and without AR in controlled settings. The OptoGait system was used to measure kinematic variables, while Gravity Sketch was employed to design a 3D

basketball court scenario, simulating real game conditions and providing greater contextualization of the tests.

The results demonstrated that the proposed methodology is effective, as it provides a more realistic environment that facilitates the collection of accurate data. AR enables the simulation of conditions close to real gameplay, contributing to improved player health, reduced injury risks, and enhanced athletic performance. It is recommended to apply this protocol to a larger sample of collegiate basketball players to validate its effectiveness. Furthermore, complementing this methodology with a motion lab equipped with validated tools, such as force platforms, optoelectronic cameras, and electromyography systems, could offer a more comprehensive analysis of kinetic and kinematic variables.

KEY WORDS

- Augmented reality
- Kinematics
- Vertical jump
- Biomechanics
- Basketball



INTRODUCCIÓN

El baloncesto es un deporte de alto impacto que combina diversas demandas físicas, que incluye una variedad de movimientos, desde cambios de dirección hasta saltos explosivos. El salto vertical se destaca como un movimiento indispensable para ejecutar rebotes, bloqueos, tiros y bandejas (Lam et al., 2022; Ziv & Lidor, 2010). Sin embargo, este tipo de actividad expone a los jugadores a un considerable riesgo de lesiones osteomusculares, tales como esguinces de tobillo, fracturas por estrés y rupturas del ligamento cruzado anterior (Quatman et al., 2006; Wei et al., 2018). Esta situación resalta la necesidad de analizar la biomecánica de estos movimientos para comprender mejor los riesgos y mejorar las técnicas de prevención.

El salto vertical, además, no depende únicamente de la capacidad física del jugador. Hay factores del juego en sí que influyen en cómo se ejecuta. Por ejemplo, la dirección en la que viene el balón, el contacto con otros jugadores y si el contexto es ofensivo o defensivo hacen que la mecánica del salto varíe (Rodríguez-Rosell et al., 2017). La biomecánica, por lo tanto, se convierte en una herramienta clave para entender y optimizar estos movimientos dentro de condiciones de juego específicas.

Algunos estudios muestran que, durante un partido, un jugador puede hacer hasta 70 saltos y soportar impactos de hasta nueve veces su peso corporal cada vez que aterriza (Abdelkrim et al., 2007). Este dato destaca la necesidad de profundizar en los riesgos biomecánicos del salto vertical y de buscar nuevas maneras para analizar estos movimientos en un ambiente que se asemeje a las

condiciones reales de juego (Lam et al., 2019). La realidad aumentada (RA) se presenta como una tecnología muy prometedora para esto, ya que permite una simulación que imita mejor el entorno deportivo (Madrigal Flores, 2019).

Entender los principios de la biomecánica deportiva ayuda a que tanto entrenadores como jugadores conozcan mejor cómo reacciona el cuerpo frente a diferentes estímulos y cómo varía la técnica con el tiempo (Toapanta et al., 2018). En particular, la cinemática, que se encarga de estudiar los movimientos en términos de espacio y tiempo, es muy útil en deportes como el baloncesto, donde el salto vertical es determinante. A través de la cinemática, es posible desglosar los factores que impactan la efectividad de este salto, lo cual influye tanto en el rendimiento como en la prevención de lesiones (Soares, 2012).

Los métodos tradicionales para analizar la cinemática suelen llevarse a cabo en espacios controlados, lo que puede dejar fuera elementos importantes para el realismo del juego. Al hacerlo así, se pasa por alto la complejidad de un partido real, donde influyen aspectos como el ambiente del escenario, los sonidos de la cancha, y las interacciones constantes entre jugadores. Dado el alto nivel de exigencia física en baloncesto y los riesgos asociados, explorar cómo la realidad aumentada (RA) puede enriquecer el análisis cinemático del salto vertical resulta esencial. Esta tecnología ofrece una oportunidad única para evaluar los movimientos en un entorno más parecido al de un partido, lo cual es especialmente útil para los jugadores universitarios en Colombia.

Por eso, es crucial realizar una prueba piloto que permita evaluar la eficacia de la metodología propuesta para medir la cinemática del salto vertical. Esta prueba serviría para identificar posibles ajustes en los procedimientos de recolección de datos, tales como la calibración de los equipos, las condiciones de control ambiental, y el protocolo de instrucción a los participantes. De esta manera, se asegura la validez de los resultados antes de llevar a cabo un estudio a mayor escala (Díaz-Muñoz, 2020). Con esto, se busca que la metodología responda bien a las necesidades del baloncesto en el contexto colombiano y contribuya a mejorar los procesos de evaluación cinemática en este deporte (Lam et al., 2022).

Por lo tanto, este proyecto se centra en la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la eficacia de la metodología que integra realidad aumentada para la evaluación cinemática del salto vertical en jugadores universitarios de baloncesto en Colombia?

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que siguió el desarrollo del proyecto se encuentra organizada de la siguiente manera:



Figura 1
Fases de la metodología

Se aplicó un enfoque mixto que combina tanto métodos cuantitativos como cualitativos para obtener una comprensión integral de la eficacia de esta metodología para el análisis cinemático del salto vertical en jugadores universitarios de baloncesto en Bogotá.



Población

Para esta prueba piloto, la muestra está compuesta por un solo jugador universitario de baloncesto en Bogotá. El participante es seleccionado con base en su experiencia en competiciones de baloncesto para asegurar su rendimiento en los saltos verticales. Además, el jugador debe estar libre de lesiones previas o actuales que puedan afectar su desempeño durante las pruebas.

Criterios de inclusión

El participante es un deportista, hombre o mujer, de entre 18 y 28 años, que entrena y juega baloncesto de manera competitiva en una universidad. Además, se encuentra en buen estado de salud general, sin antecedentes o diagnósticos de enfermedades cardiovasculares, osteomusculares, respiratorias, neurológicas, autoinmunes, metabólicas, renales, cáncer, o haber tenido procedimientos quirúrgicos recientes. También la aplicación de la prueba, requiere que el deportista esté libre de dolor físico no especificado y sin restricciones para realizar movimientos y practicar baloncesto. Además, debe estar en capacidad de recibir y seguir órdenes, y no debe estar haciendo uso de fármacos o medicamentos que alteren su estado de consciencia o alerta.

Criterios de exclusión

Se excluyeron a las personas menores de 18 años o mayores de 28 años, así como a las deportistas que se encuentren o sospechen estar en estado de embarazo. También se excluyeron aquellos deportistas que hayan presentado alguna lesión osteomuscular en los últimos seis meses. Finalmente, se excluyó a cualquier deportista que, por decisión propia, exprese no querer participar en las pruebas y/o no firmará el consentimiento informado.

Instrumentos

Se utilizó el sistema OptoGait, un dispositivo de análisis del movimiento con sensores ópticos de 1000 Hz y precisión de 1 cm, que mide parámetros espaciotemporales en la marcha, carrera y saltos (MicroGate, 2023). Los datos fueron procesados con un computador

ÈRE THE ONLY MAG, WHO KNO...
...MAYE'S HAPPY

y el software OptoGait, permitiendo comparar resultados y diseñar programas de recuperación.

Para la simulación del entorno, se emplearon gafas de realidad aumentada Meta Quest Pro, que superponen información digital en el entorno físico. Su integración con la plataforma LandingPad en un computador permitió gestionar la simulación y la interacción con el espacio virtual.

Se usaron cámaras de grabación para complementar el análisis cinemático y evaluar visualmente los movimientos. Además, se empleó un balón

de baloncesto (tamaño #7 para hombres y #6 para mujeres), asegurando condiciones de prueba acordes a las regulaciones oficiales.

Protocolo

Se ha diseñado un protocolo que comprende varias fases que garantizan la preparación adecuada del participante, la correcta ejecución de las pruebas y el cierre de la experiencia se presentan a continuación en la figura 2.

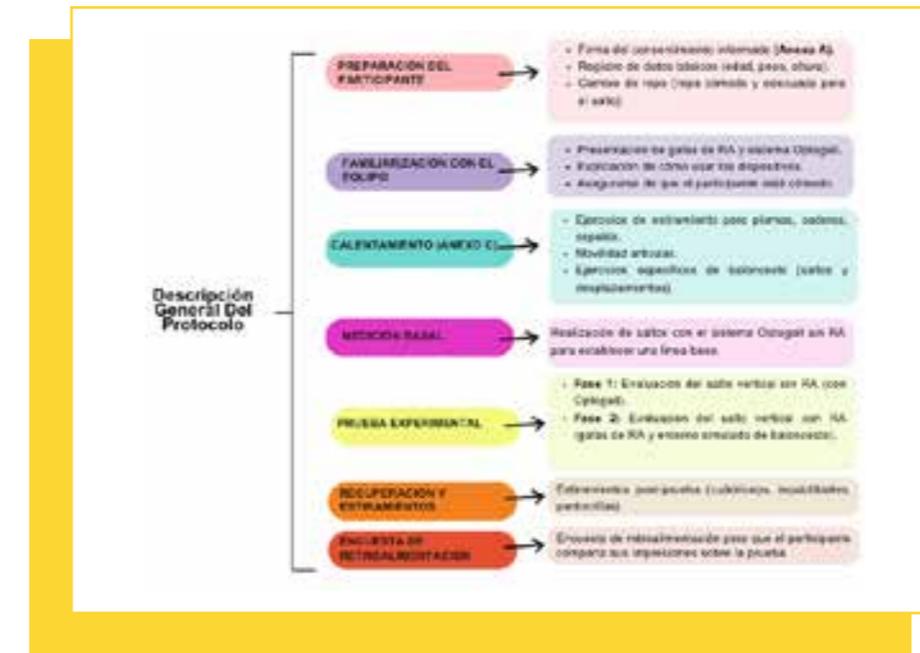


Figura 2. Descripción general de protocolo



RESULTADOS

Se presentan los hallazgos clave del proyecto, iniciando con la encuesta a 119 deportistas, la cual permitió caracterizar la población, definir criterios de inclusión y guiar el diseño del entorno de realidad aumentada. A partir de estos datos, se configuró un escenario virtual ajustado a las necesidades y preferencias identificadas para reflejar condiciones de juego realistas. Finalmente, se analizaron los resultados del protocolo experimental, diferenciando las condiciones con y sin realidad aumentada a través de variables cinemáticas registradas con OptoGait, como tiempos de vuelo, contacto y ángulos de movimiento, para evaluar su impacto en la cinemática del salto vertical.

Encuesta inicial

La encuesta aplicada a 119 deportistas permitió caracterizar la población y definir aspectos clave para el diseño del entorno de realidad aumentada. La mayoría de los participantes tienen entre 16 y 34 años y experiencia en baloncesto, lo que facilitó la estandarización de la muestra. Además, se identificó que entrenan principalmente en superficies de asfalto y coliseos, lo que orientó la ambientación virtual. En cuanto al calzado, se priorizaron zapatillas con buen agarre, tracción y soporte

para minimizar deslizamientos y optimizar el rendimiento. Con base en estos hallazgos, el entorno de realidad aumentada se configuró con piso de madera y ambientación tipo coliseo, incorporando elementos sensoriales para mejorar la inmersión y simular condiciones de juego realistas.

Diseño del escenario de realidad aumentada

El escenario de realidad aumentada se diseñó con base en las preferencias de los deportistas y en colaboración con un diseñador industrial y un entrenador de baloncesto. Se ambientó en un coliseo con piso de madera y luces simuladas para mejorar la inmersión (Figura 3). Se incluyeron jugadores virtuales y un cronómetro de 24 segundos para recrear una situación realista (Figura 3 y 4). La simulación plantea un tiro de media distancia con tres segundos en el reloj de posesión, donde aparece un defensor para aumentar la presión y provocar un salto (Figura 5 y 6). El diseño se desarrolló con Gravity Sketch y LandingPad, permitiendo ajustes en 3D a escala real. Las pruebas se realizaron con gafas Meta Quest Pro, facilitando la exploración y configuración del entorno en tiempo real.



Figura 3.



Figura 4.



Figura 5.



Figura 6.

Implementación del protocolo

La implementación del protocolo se realizó una planificación para optimizar la captura de datos con el sistema OptoGait y la calibración del entorno de realidad aumentada. Se obtuvo el consentimiento informado del participante y se registraron sus datos antropométricos. Se realizó un calentamiento específico antes de las pruebas para preparar al deportista y reducir el riesgo de lesión. En la fase sin realidad aumentada, se analizaron los saltos mediante OptoGait sin estímulos visuales externos (Figura 7). Luego, en la fase con realidad aumentada, el participante utilizó gafas Meta Quest Pro en un entorno virtual de coliseo con una simulación de juego bajo presión (Figura 8). Finalmente, se aplicaron ejercicios de estiramiento para favorecer la recuperación muscular.

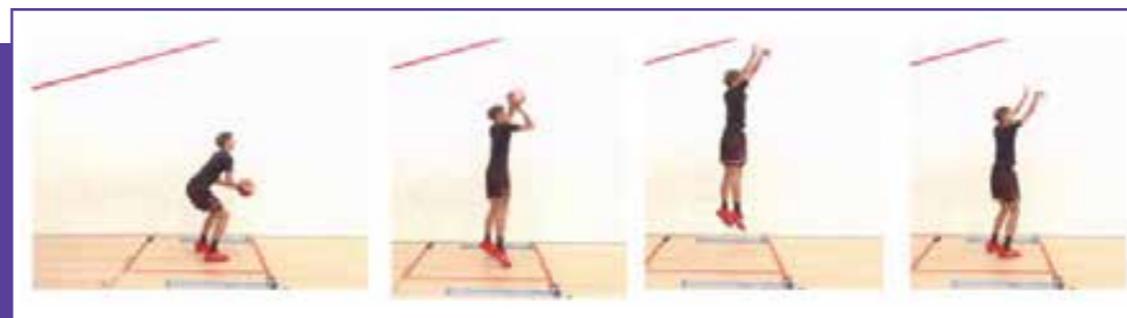


Figura 7.

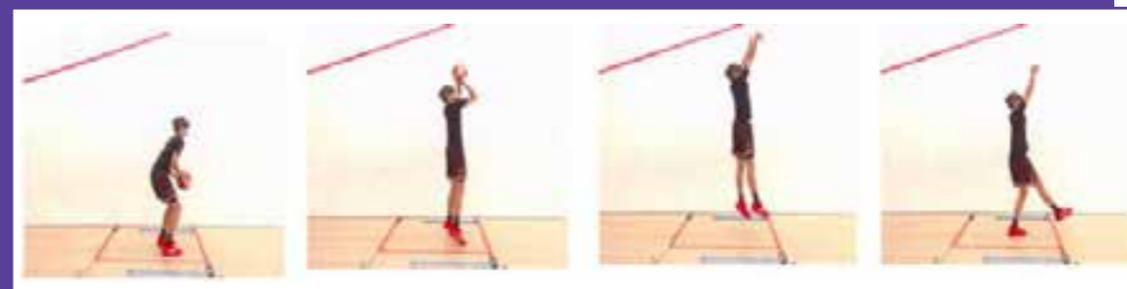


Figura 8.



Resultados cinemáticos

Se observan diferencias significativas en la ejecución del salto vertical cuando se utiliza realidad aumentada (RA) en comparación con una condición sin esta tecnología. A continuación, se presenta las variables cinemáticas evaluadas y arrojadas por el OptoGait:

Tabla 1.

Parámetro	T1 (Sin Realidad Aumentada)	T2 (Con Realidad Aumentada)
Altura del Salto (cm)	33.7	18.5
Tiempo de Vuelo (s)	0.524	0.388
Verticalidad	4.67	0.98
Distancia Punto de Salto (cm)	-7.2	18.8

Con RA, la altura del salto se redujo un 45% (18.5 cm vs. 33.7 cm), sugiere que los estímulos visuales adicionales afectan el rendimiento, limitando el potencial máximo del atleta en entornos con distracciones. Desde una perspectiva de prevención de lesiones, esta reducción puede reflejar una técnica modificada o menos eficiente, generando una distribución irregular de la carga y un posible estrés articular a largo plazo. Además, el menor tiempo de vuelo en RA (0.388 s vs. 0.524 s) indica ajustes posturales ante el entorno visual, lo que resalta la importancia de entrenar en condiciones desafiantes para mejorar estabilidad y control en competencia.

La verticalidad del salto se ve afectada en T2 debido a los ajustes posturales generados por los estímulos visuales adicionales, lo que puede comprometer la alineación y el control. Esto influye en el rendimiento, ya que una postura más estable optimiza la transferencia de fuerza. Además, el mayor desplazamiento lateral en T2 sugiere que el entorno visual impacta el control del movimiento, lo que podría traducirse en una menor eficiencia y equilibrio en situaciones de juego. Desde la prevención de lesiones, este desplazamiento aumenta el riesgo de aterrizajes desalineados, elevando la probabilidad de lesiones en tobillos y rodillas.

Análisis de ángulos articulares

En la figura 9 se observa las fases del salto sin RA donde el deportista muestra una ejecución del salto más eficiente, con una menor flexión de rodilla en

la fase propulsiva (95°), lo que indica una estrategia más directa para la generación de fuerza. Durante la fase de despegue, la extensión de rodilla alcanza los 170° , lo que permite una mayor altura en el salto. En la fase de vuelo, la extensión de cadera llega a 183° , lo que sugiere un control postural óptimo. Finalmente, en la fase de aterrizaje, la flexión de tobillo es de 76° , lo que indica un impacto bien distribuido y alineado.

Cuando se utiliza la RA como se observa en la figura 10, la biomecánica del salto se modifica. En la fase propulsiva, se observa una mayor flexión de rodilla (107°), posiblemente como estrategia de compensación ante la distracción visual. En el despegue, la extensión de rodilla es menor (160°), lo que reduce la eficiencia del impulso. En la fase de vuelo, la extensión de cadera también es menor (175°), lo que podría reflejar un ajuste postural adicional. Finalmente, en el aterrizaje, la flexión de tobillo aumenta significativamente (111°), lo que sugiere una adaptación del atleta para absorber el impacto en un entorno visualmente más desafiante.



Figura 9.



Figura 10.



DISCUSIÓN

Este estudio evaluó la eficacia de una metodología que integra la realidad aumentada (RA) en la evaluación cinemática del salto vertical en jugadores universitarios de baloncesto en Colombia. Los resultados indicaron que la RA permitió una simulación más realista del entorno de juego, facilitando una evaluación más precisa y representativa del movimiento.

En la fase de despegue, se observó que sin RA el jugador presentó una mayor flexión de rodilla, posiblemente debido a una mayor consciencia del movimiento en un entorno controlado. Con RA, la percepción del entorno de juego pudo haber inducido una ejecución con menor flexión. En el aterrizaje, el jugador con RA tendió a caer en apoyo unipodal, en contraste con la caída bilateral observada sin RA. Esto sugiere que la RA puede influir en la biomecánica del salto, favoreciendo una adaptación más acorde a situaciones reales de juego.

Estudios previos destacan el potencial de la RA y la realidad virtual (RV) en el análisis y mejora de habilidades deportivas. Investigaciones como las de Soltani y Morice (2023) y Pagé et al. (2019) han demostrado que estas tecnologías permiten una evaluación más precisa de la técnica deportiva y la toma de decisiones en baloncesto. Además, Lam et al. (2022) resaltan

la necesidad de evaluaciones más representativas de los movimientos deportivos, ya que los entornos de laboratorio pueden generar sesgos en los datos biomecánicos. La RA aborda esta limitación al proporcionar un contexto más realista.

La RA ofrece beneficios significativos para entrenadores, preparadores físicos, fisioterapeutas y la industria deportiva, al mejorar la precisión del análisis biomecánico en un entorno más dinámico. No obstante, una limitación del estudio fue la falta de un laboratorio de movimiento completamente equipado con plataformas de fuerza y electromiografía. Se utilizó el sistema OptoGait para la recolección de datos, aunque su capacidad de análisis es limitada en comparación con otros dispositivos avanzados.

La percepción del participante sobre el entorno simulado fue positiva, destacando la utilidad de la RA para recrear una situación similar a un partido real. Sin embargo, se sugirió que ciertos elementos, como la aparición repentina del defensor virtual, podrían mejorarse para aumentar la naturalidad del entorno. En general, la metodología propuesta representa un avance en la evaluación cinemática del salto vertical en baloncesto y su aplicación podría optimizar el entrenamiento y análisis del rendimiento deportivo.



CONCLUSIONES

Este estudio ha permitido evaluar la eficacia de una metodología innovadora que integra la RA en la evaluación cinemática del salto vertical en jugadores universitarios de baloncesto en Colombia. Los resultados proporcionan una base importante para el desarrollo y aplicación de herramientas tecnológicas avanzadas en el análisis biomecánico en deportes de alto rendimiento, con un enfoque específico en el baloncesto.

Se establecieron los parámetros necesarios para el diseño de una herramienta de RA que simula condiciones de juego. La metodología desarrollada logró replicar un entorno inmersivo con características cercanas a la dinámica real de una cancha de baloncesto, lo que permite a los jugadores experimentar una inmersión que favorece la ejecución de movimientos naturales y propios del contexto competitivo. Esto sugiere que la RA tiene un gran potencial para ser usada en el análisis biomecánico y en el entrenamiento deportivo, ayudando a los atletas a mejorar su desempeño en condiciones más realistas.

El protocolo diseñado para recolectar datos cinemáticos del salto vertical mediante RA ha demostrado ser funcional, permitiendo registrar datos sobre la ejecución de los movimientos de salto en un entorno simulado. Este protocolo establece un estándar inicial que puede ser replicado y mejorado en estudios futuros, facilitando una recolección de datos sistemática y detallada en estudios de biomecánica deportiva que incluyan variables de RA.

En la implementación de este protocolo, se identificaron variables cinemáticas esenciales para el

análisis del salto vertical, tales como la altura del salto, velocidad del salto y verticalidad, así como los ángulos en cada fase del salto. Estas variables brindan una base para la interpretación de los movimientos en el salto y son cruciales para el análisis biomecánico en deportes donde se involucre el salto. La identificación de estas variables, sumada a su cuantificación, aporta un entendimiento profundo de las demandas físicas y biomecánicas en jugadores de baloncesto.

Los datos obtenidos en la prueba piloto indican que la RA puede capturar información precisa y relevante sobre el salto vertical, aunque las limitaciones tecnológicas en este estudio pueden haber afectado el detalle de los datos. Es recomendable que futuras investigaciones complementen el uso de la RA con equipos de laboratorio siendo un escenario ideal y considerando diferentes aspectos como la tecnología, el espacio, el internet, las condiciones de luz y otros factores propios del entorno.

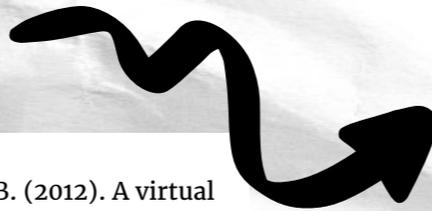
Asimismo, el estudio se basó en principios del diseño universal, garantizando que la metodología sea accesible, intuitiva y flexible para su aplicación en diferentes contextos. Los resultados sugieren que la RA tiene un gran potencial para la evaluación biomecánica del salto vertical y su uso en el entrenamiento deportivo, proporcionando una alternativa innovadora para estudios en entornos controlados donde la recreación de escenarios reales es un desafío. A pesar de las limitaciones, esta investigación abre la puerta a futuras mejoras en la aplicación de la RA en el análisis del rendimiento deportivo.

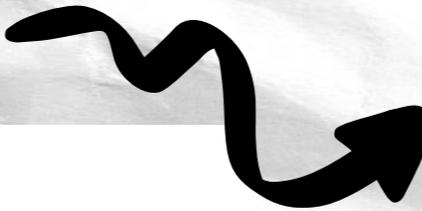




REFERENCIAS

- Abdelkrim, N. Ben, El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2). <https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.032318>
- Anicic, Z., Janicijevic, D., Knezevic, O. M., Garcia-Ramos, A., Petrovic, M. R., Cabarkapa, D., & Mirkov, D. M. (2023). Assessment of Countermovement Jump: What Should We Report? *Life*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/life13010190>
- Bieleman, H. J., Rijken, N. H. M., Reneman, M. F., Oosterveld, F. G. J., & Soer, R. (2021). Changes in kinematics and work physiology during progressive lifting in healthy adults. *Applied Ergonomics*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103396>
- Brazalovich, P., Simon, J. E., Criss, C. R., Yom, J. P., & Grooms, D. R. (2022). The effects of virtual reality immersion on drop landing mechanics. *Sports Biomechanics*. <https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2035427>
- Brizuela, G., Llana, S., Ferrandis, R., & García-Belenguer, A. C. (1997). The influence of basketball shoes with increased ankle support on shock attenuation and performance in running and jumping. *Journal of Sports Sciences*, 15(5). <https://doi.org/10.1080/026404197367146>
- Cha, M., Han, S., Lee, J., & Choi, B. (2012). A virtual reality based fire training simulator integrated with fire dynamics data. *Fire Safety Journal*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2012.01.004>
- Chappell, J. D., Creighton, R. A., Giuliani, C., Yu, B., & Garrett, W. E. (2007). Kinematics and electromyography of landing preparation in vertical stop-jump: Risks for noncontact anterior cruciate ligament injury. *American Journal of Sports Medicine*, 35(2). <https://doi.org/10.1177/0363546506294077>
- Díaz-Muñoz, G. (2020). Methodology of the pilot studies. *Revista Chilena de Radiología*, 26(3). <https://doi.org/10.4067/S0717-93082020000300100>
- Fernández-Sánchez, H., Guzmán-Facundo, F. R., Herrera-Medina, D., & Sidani, S. (2023). Importance of a Pilot Study in an intervention project. *Index de Enfermería*, 32(1). <https://doi.org/10.58807/indexenferm20233776>
- Flores Lara, J. E. (2019). *Uso de Realidad Virtual para el estudio del movimiento unidimensional: una actividad didáctica*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Fu, W., Fang, Y., Gu, Y., Huang, L., Li, L., & Liu, Y. (2017). Shoe cushioning reduces impact and muscle activation during landings from unexpected, but not self-initiated, drops. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(10). <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.03.009>
- Fu, W., Fang, Y., Liu, Y., & Hou, J. (2014). The effect of high-top and low-top shoes on ankle inversion kinematics and muscle activation in landing on a tilted surface. *Journal of Foot and Ankle Research*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/1757-1146-7-14>
- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2). <https://doi.org/10.1519/JSC.ob013e3181ccb18d>
- Gold, J. I., & Mahrer, N. E. (2018). Is virtual reality ready for prime time in the medical space? A randomized control trial of pediatric virtual reality for acute procedural pain management. *Journal of Pediatric Psychology*, 43(3). <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsx129>
- Gómez, M., Narvaez, E., & Orozco, N. (2018). *PERFIL BIOMECÁNICO DEL SALTO VERTICAL DEL LANZAMIENTO EN DEPORTISTAS DEL SELECCIONADO MASCULINO DE BALONCESTO MAES CAUCA*. Universidad del Cauca.
- Graur, F. (2014). Virtual Reality in Medicine — Going Beyond the Limits. In *The Thousand Faces of Virtual Reality*. <https://doi.org/10.5772/59277>
- Guáitara López, A. V. (2014). *Aplicación de realidad aumentada orientada a la publicidad de alto impacto en la empresa Vecova Cía. Ltda*. Facultad de Sistemas Mercantiles, Universidad Técnica de Ambato.
- Lai, J. W., & Cheong, K. H. (2022). Adoption of Virtual and Augmented Reality for Mathematics Education: A Scoping Review. *IEEE Access*, 10. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3145991>
- Lam, W. K., Kan, W. H., Chia, J. S., & Kong, P. W. (2022). Effect of shoe modifications on biomechanical changes in basketball: A systematic review. *Sports Biomechanics*, 21(5). <https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1656770>
- Lam, W. K., Liu, H., Wu, G. Q., Liu, Z. L., & Sun, W. (2019). Effect of shoe wearing time and midsole hardness on ground reaction forces, ankle stability and perceived comfort in basketball landing. *Journal of Sports Sciences*, 37(20). <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1633158>
- Lohse, K. R., Hilderman, C. G. E., Cheung, K. L., Tatla, S., & Van Der Loos, H. F. M. (2014). Virtual reality therapy for adults post-stroke: A systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy. *PLoS ONE*, 9(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093318>
- Longoria, N., Josué, R., Fierro, D. L., & Guillermina, L. (2015). Análisis de salto vertical repetido en jugadores de baloncesto. *Educación Física y Ciencia*, 17(2).
- Madrigal Flores, C. (2019). *Desarrollo y visualización de entornos inmersivos para el análisis biomecánico de movimiento en atletas de deportes de combate*. Universidad Nacional Autónoma de México.





MicroGate. (2023). *Manual de uso OptoGait*.

Mills, K., Idris, A., Pham, T. A., Porte, J., Wiggins, M., & Kavakli, M. (2018). Validity and reliability of a virtual reality game in evaluating the projected frontal plane knee angle when landing from a drop vertical jump. *Journal of Sport Rehabilitation*, 27(4). <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0264>

Oh, K., Stanley, C. J., Damiano, D. L., Kim, J., Yoon, J., & Park, H. S. (2018). Biomechanical evaluation of virtual reality-based turning on a self-paced linear treadmill. *Gait and Posture*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.07.175>

Pagé, C., Bernier, P. M., & Trempe, M. (2019). Using video simulations and virtual reality to improve decision-making skills in basketball. *Journal of Sports Sciences*, 37(21). <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1638193>

Pan, J. W., Sterzing, T., Pang, J. W., Chua, Y. H. K., & Kong, P. W. (2022). Influence of basketball shoe midsole inserts featuring different mechanical rebound properties on biomechanical loading and subjective perception during a side-cutting maneuver. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 236(1). <https://doi.org/10.1177/1754337120901984>

Paterno, M. V., Schmitt, L. C., Ford, K. R., Rauh, M. J., Myer, G. D., Huang, B., & Hewett, T. E. (2010). Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *American Journal of Sports Medicine*, 38(10). <https://doi.org/10.1177/0363546510376053>

Robert-Lachaine, X., Corbeil, P., Muller, A., Vallée-Marcotte, J., Mecheri, H., Denis, D., & Plamondon, A. (2021). Combined influence of transfer distance, pace, handled mass and box height on spine loading and posture. *Applied Ergonomics*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103377>



Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2017). Traditional vs. Sport-specific vertical jump tests: Reliability, validity, and relationship with the legs strength and sprint performance in adult and teen soccer and basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(1). <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001476>

RUSKIN, P. E. (2005). Virtual Reality Therapy for Anxiety Disorders: Advances in Evaluation and Treatment. *American Journal of Psychiatry*, 162(9). <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.162.9.1772>

Sánchez, B., & Lairado, L. (2023). *Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la mejora del salto vertical en deportistas jóvenes*. Universidad Europea.

Smirnova, V., Khamaturova, R., Kharin, N., Yaikova, E., Baltina, T., & Sachenkov, O. (2022). The Automatization of the Gait Analysis by the Vicon Video System: A Pilot Study. *Sensors*, 22(19). <https://doi.org/10.3390/s22197178>

Soares, W. (2012). Biomechanics applied to the sport: contributions, perspectives and challenges. *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*. Buenos Aires.

Soltani, P., & Morice, A. H. P. (2023). A multi-scale analysis of basketball throw in virtual reality for tracking perceptual-motor expertise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 33(2). <https://doi.org/10.1111/sms.14250>

Struzik, A., Pietraszewski, B., & Zawadzki, J. (2014). Biomechanical analysis of the jump shot in basketball. *Journal of Human Kinetics*, 42(1). <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0062>

Teresi, J. A., Yu, X., Stewart, A. L., & Hays, R. D. (2022). Guidelines for Designing and Evaluating Feasibility Pilot Studies. *Medical Care*, 60(1). <https://doi.org/10.1097/MLR.0000000000001664>