

Tecnologías emergentes aplicadas en el deporte¹.

Emerging technologies applied in sports.

Juan Sebastián Caballero Santafe²

Henry Eduardo Núñez Lázaro³

RESUMEN

El objetivo de este artículo es analizar la implementación de tecnologías emergentes en el deporte para mejorar la experiencia de atletas, entrenadores y aficionados. El mundo del deporte está en constante innovación, lo que exige un manejo eficiente de herramientas tecnológicas especializadas. Estas tecnologías emergentes se enfocan en ayudar a los deportistas a rendir mejor en el campo de juego, optimizar los regímenes de entrenamiento y revolucionar los procesos de toma de decisiones. Mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático, análisis predictivos y tecnologías de visión por computadora, se pueden establecer estrategias efectivas. Para este estudio, se seleccionaron 40 artículos de bases de datos como Scopus, ScienceDirect e IEEE. Los principales hallazgos indican que las herramientas tecnológicas no solo mejoran la competitividad, sino que también ayudan a prevenir lesiones futuras.

Palabras claves: *tecnologías emergentes, deportes, rendimiento físico, IA, biometría*

ABSTRACT

The objective of this article is to analyze the implementation of emerging technologies in sports to improve the experience of athletes, coaches and fans. The world of sports is in constant innovation, which requires efficient management of specialized technological tools. These emerging technologies focus on helping athletes perform better on the field, optimize training regimens, and revolutionize decision-making processes. By using machine learning algorithms, predictive analytics, and computer vision technologies, effective strategies can be established. For this study, 40 articles were selected from databases such as Scopus, ScienceDirect and IEEE. The main findings indicate that technological tools not only improve competitiveness, but also help prevent future injuries.

Keywords: *emerging technologies, sports, physical performance, AI, biometrics.*

- 1 Artículo de investigación. Producto del proyecto de investigación "Tecnologías emergentes utilizadas en el rendimiento físico deportivo" desarrollado como requisito para optar al título de ingeniero en TIC de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Libre Seccional Cúcuta. Director y/o asesor disciplinar del trabajo de investigación (artículo): Johan Gustavo Peñaranda Méndez
- 2 Juan Sebastián Caballero Santafe, estudiante de ingeniería en TIC Juans-caballeros@unilibre.edu.co
- 3 Henry Eduardo Núñez Lázaro, estudiante de ingeniería en TIC Henrye-nunezl@unilibre.edu.co

Fecha recepción:

Fecha aceptación:



© 2022 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías emergentes son aquellas que superan a las tecnologías tradicionales y tienen un impacto significativo en el aprendizaje y el conocimiento en un plazo de uno a cinco años. Cada vez se emplean más para fomentar la creatividad. Realizar una revisión exhaustiva de la conexión entre la creatividad y muy valiosas para futuros estudios sobre el uso de la tecnología y su influencia en la creatividad.(Li et al., 2022). Los avances en tecnologías más sofisticadas, que consumen energía de manera eficiente y de tamaño reducido han posibilitado la creación de dispositivos asequibles y discretos, equipados con protocolos de comunicación que son fácilmente compatibles con la mayoría de los smartphones. (Jenkins & Weerasekera, 2022).

El rápido crecimiento impulsa los límites de todas las áreas tecnológicas, lo cual esto ayuda a un beneficio para futuros estudios en este campo. Este artículo se especifica principalmente en el ámbito deportivo. En el mundo del deporte las tecnologías emergentes toman un papel fundamental en muchos aspectos, uno de esos es ayudar a los entrenadores a leer el rendimiento físico de los atletas, La inteligencia artificial (IA) se ha vuelto esencial en el análisis del rendimiento deportivo, facilitando la recolección y el examen de enormes cantidades de datos para mejorar el desempeño de los atletas y equipos. (Araújo et al., 2021).

El componente central del dispositivo portátil de sensores se integra con varios tipos como acelerómetros, giroscopios y sensores de frecuencia cardíaca, para recopilar datos de movimiento e indicadores fisiológicos en tiempo real. Estos datos abarcan la postura, intensidad del ejercicio y cambios en la frecuencia cardíaca, proporcionando información esencial para el monitor. (Yang, 2024). Los sensores impulsados por inteligencia artificial en dispositivos portátiles tienen el potencial de mejorar el desempeño atlético y la práctica médica en el ámbito deportivo al identificar modelos fisiológicos y acompañar a los deportistas durante el proceso de entrenamiento, competiciones y diagnóstico de lesiones (Chidambaram et al., 2022). Los

dispositivos inerciales de medición unitaria (IMU) y los acelerómetros triaxiales pueden detectar el comienzo de la fatiga antes de que los síntomas sean evidentes, lo que permite ajustes preventivos en el entrenamiento para potenciar el rendimiento y disminuir el riesgo de lesiones (Biró et al., 2024).

El empleo de sensores de movimiento para supervisar las cargas de entrenamiento y las métricas de los jugadores durante sesiones intensas ha evidenciado una disminución en la frecuencia de lesiones de tejidos blandos. Un estudio de 2016 reveló que los atletas que utilizaban tecnología wearable (tecnología ponible o vestible) durante sus entrenamientos tenían un 60% menos de probabilidad de sufrir este tipo de lesiones a lo largo de la temporada.(Seshadri et al., 2019). Estas tecnologías hacen una radiografía utilizada para analizar la columna vertebral y la postura sin presentar contraindicaciones ni efectos secundarios. Esta tecnología proyecta líneas de luz paralelas sobre la superficie posterior del tronco y a partir de la distorsión de estas líneas, se reconstruye una imagen digital de la superficie de la espalda, produciendo un modelo digital de la columna vertebral (Roggio et al., 2021). Además, La implementación acelerada de la atención médica a distancia en tiempos de pandemia COVID-19 fue ampliamente aceptada por la mayoría de los usuarios y trabajadores de la salud, esto indica que es factible extender rápidamente el uso de la telemedicina a otras áreas de la medicina deportiva ambulatoria.(Tenforde et al., 2020). La telemedicina permite al equipo técnico de los deportistas acceder y visualizar los datos en tiempo real desde cualquier lugar con acceso a internet. Esta tecnología puede ser de gran ayuda en la gestión de emergencias médicas, permitiendo orientar el diagnóstico de manera instantánea (Muniz-Pardos et al., 2021).

Por otro lado, las instalaciones deportivas no se quedan rezagados, pues la inteligencia artificial se ha extendido a todos los ámbitos de la vida, convirtiéndose en un símbolo de la tecnología avanzada y siendo fundamental para impulsar la automatización e inteligencia en los recintos deportivos (G. Chen & Wu, 2024). El big data en el deporte ha revolucionado a los equipos, entrenadores y atletas tomando decisiones estratégicas

y mejorando su desempeño. Algunos de esos ejemplos son análisis del rendimiento, análisis de oponentes y reclutamiento, la integración de big Data y Machine Learning mejora notablemente los sistemas inteligentes de fitness. Utilizando plataformas como Hadoop y Spark. Se permite almacenar y gestionar grandes volúmenes de datos de forma eficiente.

La capacidad de procesamiento rápido de Spark permite analizar extensos datos de movimiento, extrayendo valiosos conocimientos y patrones. (Liu & Cao, 2024). El progreso constante en las tecnologías de big data y aprendizaje profundo ha generado transformaciones significativas en los ámbitos de la visión por computadora y el análisis deportivo. Esto ha establecido un sólido punto de partida para la creación de sistemas inteligentes capaces de reconocer los movimientos de los jugadores de fútbol (X. Wang & Guo, 2023). También Se utilizan diferentes algoritmos de aprendizaje automático para detectar los factores más determinantes que distinguen a los equipos ganadores de los perdedores. Entre estos factores se encuentran la precisión de los pases, la cantidad de tiros a puerta, el lugar donde se juega el partido y la habilidad del equipo rival. (Apostolou & Tjortjis, 2019).

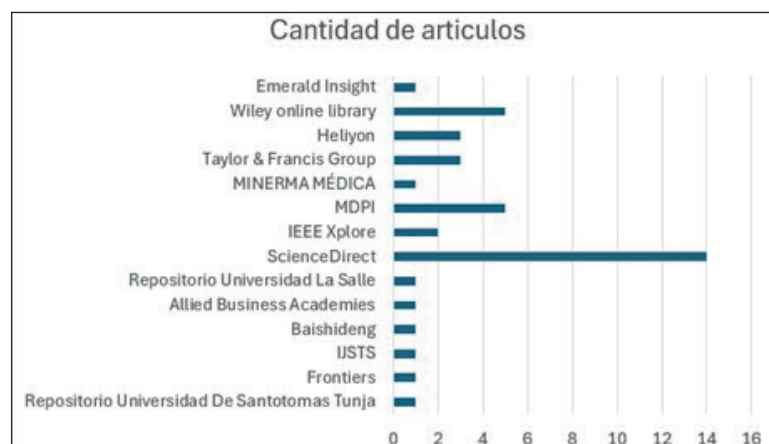
En este artículo se realizó una revisión de las tecnologías emergentes aplicadas en el ámbito deportivo. Se exploraron diversas investigaciones y estudios que analizan el impacto de la inteligencia artificial, big data y dispositivos portátiles en el rendimiento y la salud de los atletas. Se destacó

cómo estas tecnologías permiten a entrenadores y deportistas recolectar y analizar grandes cantidades de datos en tiempo real, mejorando así la toma de decisiones y la prevención de lesiones. La revisión también abarcó el uso de la telemedicina y su aceptación durante la pandemia de COVID-19, así como el papel de la inteligencia artificial en la automatización de instalaciones deportivas. La conclusión más significativa es que estas tecnologías no solo mejoran el rendimiento deportivo y reducen el riesgo de lesiones, sino que también abren nuevas oportunidades para la investigación y el desarrollo en el ámbito deportivo.

2. METODOLOGÍA

El tema para investigar se llevó a cabo en el primer semestre del año 2024 -1 con el objetivo de desarrollar un artículo de reflexión con las normas establecidas. Para la realización de este artículo se llevó a cabo un estudio de temas relacionados con las “tecnologías emergentes enfocadas al deporte” en donde se escogieron 40 artículos de investigación por su reconocimiento. Estos artículos, en su mayoría, corresponden a los años 2019 a 2024, con excepción de cuatro artículos de los años 2000, 2012, 2014 y 2015. Todos fueron obtenidos de prestigiosas bases de datos académicas, como ScienceDirect, Heliyon, IEEE, entre otras. En la siguiente Ilustración 1 se puede visualizar de donde se tomaron los artículos de investigación y cantidades.

Ilustración 1: bases de datos revisadas



Fuente: Elaboración propia

En la última década, el mundo del deporte ha experimentado una transformación significativa gracias a la incorporación de tecnologías emergentes. Estas innovaciones no solo han mejorado el rendimiento de los atletas, sino que también han revolucionado la manera en que entrenadores,

médicos deportivos y aficionados interactúan con el deporte. La Ilustración 2 se presenta una visión general de las principales tecnologías emergentes aplicadas en el ámbito deportivo. se puede visualizar de una forma más sencilla los datos presentados mediante el siguiente gráfico:

Ilustración 2: bases de datos revisadas



Fuente: Elaboración propia

Se puede destacar que la tecnología portátil y sensores de movimiento son los que más se ha indagado según las referencias, por ello se vio

importante realizar una comparación sobre los mismos, que se presenta en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1:
Artículos de sensores de movimiento y tecnología portátil

Análisis crítico	Aporte al deporte	Referencia	Año
Evaluación mediante captura óptica del movimiento dinámico relacionado con el rendimiento, usando tecnologías portátiles.	Mejora del rendimiento deportivo y prevención de lesiones.	Adesida, Y., Papi, E., & McGregor, A. H. (2019). Exploring the role of wearable technology in sport kinematics and kinetics: a systematic review. In <i>Sensors (Switzerland)</i> (Vol. 19, Issue 7). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/s19071597	2019
Recopilación y análisis de datos deportivos mediante sensores y sistemas de IA.	Mejora del rendimiento en deportes como baloncesto, béisbol y automovilismo.	Chidambaram, S., Maheswaran, Y., Patel, K., Soundarajah, V., Hashimoto, D. A., Seasteadt, K. P., McGregor, A. H., Markar, S. R., & Darzi, A. (2022). Using Artificial Intelligence-Enhanced Sensing and Wearable Technology in Sports Medicine and Rehabilitation	2022

Prototipo de dispositivo portátil con nodos y sensores para retroalimentación postural.	Correlación del ángulo de inclinación y rectitud de la espalda.	Jenkins, L., & Weerasekera, R. (2022). Sport-related back injury prevention with a wearable device. <i>Biosensors and Bioelectronics</i> : X, 11. https://doi.org/10.1016/j.biosx.2022.100202	2022
Sistemas avanzados de sensores para monitoreo continuo de datos fisiológicos y biomecánicos.	Prevención proactiva de lesiones y optimización del rendimiento.	Kovoor, M., Durairaj, M., Karyakarte, M. S., Zair Hussain, M., Ashraf, M., & Maguluri, L. P. (2024). Sensor-enhanced wearables and automated analytics for injury prevention in sports. <i>Measurement: Sensors</i> , 32, 101054. https://doi.org/10.1016/j.m easen.2024.101054	2024
Monitoreo en tiempo real mediante una aplicación y un ecosistema de reloj inteligente.	Caracterización de tensión fisiológica y térmica, y manejo de emergencias médicas.	Muniz-Pardos, B., Angeloudis, K., Guppy, F. M., Keramitsoglou, I., Sutehall, S., Bosch, A., Tanisawa, K., Hosokawa, Y., Ash, G. L., Schobersberger, W., Grundstein, A. J., Casa, D.	2021
Los sistemas de captura de movimiento sin marcadores revelan que, aunque proporcionan una solución práctica y asequible para el análisis del movimiento, la validez de los resultados debe ser confirmada por un clínico experimentado para asegurar su precisión.	La utilización de sistemas de análisis de movimiento sin marcadores, como el Microsoft Kinect, ofrece una aproximación rápida y no invasiva que mejora significativamente la investigación y la práctica en la biomecánica deportiva y rehabilitación	Roggio, F., Bianco, A., Palma, A., Ravalli, S., Maugeri, G., Rosa, M. Di, & Musumeci, G. (2021). Technological advancements in the analysis of human motion and posture management through digital devices. <i>World Journal of Orthopedics</i> , 12(7), 467-484. https://doi.org/10.5312/wj o.v12.i7.467	2021
El desarrollo de presentaciones de productos que van desde monitores de muñeca, electrónica epidérmica, píldoras electrónicas y prendas inteligentes, muchas de las cuales se precipitaron a través de la comercialización y mercantilización de la tecnología de sensores.	Analiza la aplicación de sensores portátiles para monitorear la evaluación del desempeño humano en dominios que requieren una transmisión precisa, confiable y oportuna de datos biométricos y biovitales adquiridos.	Seshadri, D. R., Magliato, S., Voos, J. E., & Drummond, C. (2019). Clinical translation of biomedical sensors for sports medicine. In <i>Journal of Medical Engineering and Technology</i> (Vol. 43, Issue 1, pp. 66-81). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/03 091902.2019.1612474	2019
Análisis de grandes volúmenes de datos para mejorar estrategias deportivas.	Incremento en la precisión de las estrategias y decisiones tácticas.	Ye, S., Feng, S., Huang, L., & Bian, S. (2020). Recent Progress in Wearable Biosensors: From Healthcare Monitoring to Sports Analytics. In <i>Biosensors</i> (Vol. 10, Issue 12). MDPI. https://doi.org/10.3390/BIOS10120205	2020
Los sensores pueden recopilar datos de movimiento de los atletas en tiempo real, lo que proporciona una retroalimentación más precisa y objetiva para el proceso de entrenamiento.	Tiene como objetivo explorar la aplicación de la detección rápida del comportamiento de video basada en dispositivos de sensores portátiles deportivos en el entrenamiento deportivo. Al integrar los datos de los sensores y la información de video, se proporciona un análisis del comportamiento más completo y preciso para ayudar a los entrenadores a comprender mejor el rendimiento y el progreso de los atletas.	Zhang, Y., Pi, Y., Wang, Q., Long, X., Wan, S., Liu, P., & Liu, Y. (2024). Application of video behavior fast detection based on wearable motion sensor devices in sports training. <i>Measurement: Sensors</i> , 33, 101096. https://doi.org/10.1016/j. measen.2024.101096	2024

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2 analiza varias investigaciones sobre el uso de la tecnología de sensores de movimiento y tecnología portátil. Las diferencias se centran en los métodos y enfoques utilizados, que van desde la captura óptica del movimiento hasta el uso de sensores portátiles. Los aportes incluyen la mejora del rendimiento deportivo, la prevención de lesiones y el monitoreo en tiempo real. Los estudios citados se publicaron entre 2019 y 2022,

abordando avances tecnológicos aplicados a diversas disciplinas deportivas y áreas de salud.

De igual manera la inteligencia artificial tiene un papel fundamental como aplicación en los deportes en la actualidad, en la Tabla 2 se muestran los principales hallazgos de dicha tecnología.

Tabla 2: Artículos de IA

Análisis crítico	Aporte en el deporte	Referencias	Año
Comprensión de patrones dinámicos de comportamiento e interacciones entre atletas.	Mejora de la comprensión e indicadores cinemáticos y fisiológicos, aplicados en fútbol y golf.	Araújo, D., Couceiro, M., Seifert, L., Sarmiento, H., & Davids, K. (2021). Artificial Intelligence in sport performance analysis. In Artificial Intelligence in Sport Performance Analysis. Taylor and Francis. https://doi.org/10.4324/9781003163589	2021
Análisis de datos complejos para optimizar ciclos de entrenamiento	Prevención de sobreentrenamiento y optimización del rendimiento	Biró, A., Cuesta-Vargas, A. I., & Szilágyi, L. (2024). AI-Assisted Fatigue and Stamina Control for Performance Sports on IMU-Generated Multivariate Times Series Datasets. <i>Sensors</i> , 24(1). https://doi.org/10.3390/s24010132	2024
Uso de algoritmos de colonias de hormigas y big data para diseño de instalaciones deportivas.	Mejora en la simulación y análisis de desarrollo de lugares de competencia deportiva.	Chen, G., & Wu, H. (2024). Optimization simulation of sports stadium training based on Ant colony algorithm and sensor network. <i>Measurement: Sensors</i> , 33, 101100. https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101100	2024
El desarrollo ordenado de la sociedad y la economía, la gente presta cada vez más atención a los deportes. Cómo proteger actualmente la seguridad de los atletas se ha vuelto cada vez más importante.	Tiene como objetivo explorar la aplicación de dispositivos portátiles con sensores basados en inteligencia artificial en el monitoreo de la salud humana en los deportes y evaluar sus efectos en los atletas.	Wei, S., Huang, P., Li, R., Liu, Z., & Zou, Y. (2021). Exploring the Application of Artificial Intelligence in Sports Training: A Case Study Approach. <i>Complexity</i> , 2021. https://doi.org/10.1155/2021/4658937	2021
Concluye con un resumen de los desafíos y oportunidades no resueltos para los futuros investigadores interesados en estas tecnologías	Estos nuevos biosensores portátiles son capaces de realizar un monitoreo continuo y no invasivo mediante la miniaturización de la electrónica y la integración con la microfluídica.	Yang, Y. (2024). Application of wearable devices based on artificial intelligence sensors in sports human health monitoring. <i>Measurement: Sensors</i> , 33, 101086.	2024

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 nos habla sobre la inteligencia artificial está transformando el deporte al mejorar la comprensión de los patrones de comportamiento y optimizar el rendimiento de los atletas. Los avances en sensores y algoritmos, como las colonias de hormigas y el big data, permiten un diseño más eficiente de instalaciones y el monitoreo de la salud. Además, los dispositivos portátiles ofrecen un control continuo y no invasivo del estado físico, abriendo nuevas oportunidades para futuras investigaciones en este ámbito.

3. RESULTADOS

3.1. Principios y fundamentos de las tecnologías emergentes aplicadas en el deporte

La industria deportiva ha incorporado rápidamente tecnologías de sectores como el aeroespacial, defensa y biomedicina. Esto incluye materiales ligeros de alto rendimiento como aleaciones de aluminio y titanio, compuestos de fibra de carbono, kevlar, tecnología láser, visión avanzada, imagenología, implantes, prótesis, suplementos nutricionales, bebidas con electrolitos, intervenciones quirúrgicas y mejoras biomédicas.(Fuss, 2014). El avance tecnológico ha cambiado drásticamente el ámbito deportivo en años recientes, los avances tecnológicos y la digitalización en varios sectores han sido significativos. La tecnología ha adquirido un papel esencial en muchas disciplinas deportivas, impulsada por el auge de internet y las tecnologías móviles.(Stevens et al., 2023). Las tecnologías emergentes en el deporte buscan mejorar el rendimiento, la salud y una buena experiencia a los atletas. Algunos de estos principios y fundamentos son el análisis de datos, inteligencia artificial, realidad virtual, monitoreo biométrico, robótica, entre otros.

Los desarrollos recientes en la tecnología de microfluidos han sentado las bases para la creación de biosensores portátiles avanzados. Estos dispositivos emergentes permiten un monitoreo continuo y no invasivo gracias a la reducción de tamaño de la electrónica y su integración con sistemas

microfluidicos (Ye et al., 2020) el surgimiento de la electrónica flexible, sensores bioquímicos, microfluidos suaves y microagujas sin dolor ha dado origen a una nueva era de biosensores portátiles. Estos dispositivos exploran nuevas formas de interactuar con la epidermis humana para monitorizar el estado fisiológico de manera innovadora.(Ye et al., 2020). Estas ayudas aclaran el avance en diversas tecnologías destacando como estos dispositivos están abriendo nuevas posibilidades para monitorear el estado físico y salvaguardar la salud del atleta, resaltando especialmente la innovación en la interfaz entre la tecnología y el cuerpo humano esto presenta una visión positiva y prometedora en este campo.

También el uso de microrobots (pequeño robot móvil) es una ventaja significativa, una posible aplicación no médica para los microrobots es la construcción de microestructuras en lo que se denomina una “fábrica en un escritorio”. Estos microrobots podrían utilizarse para ensamblar diferentes microcomponentes.(Jager et al., 2000). Esto sugiere la posibilidad de utilizar dicha tecnología en la fabricación de quipos deportivos, mejorando la precisión y el tiempo. Se anticipa que los actuadores de polímero electroactivo iónico, caracterizados por su flexibilidad y conformidad, encontrarán aplicaciones en múltiples ámbitos, incluyendo micro mecanizado para válvulas y bombas, sensores y actuadores integrados, dispositivos de laboratorio en chip, textiles inteligentes, robótica blanda y dispositivos biomédicos.(Khuyen et al., 2020). Por otro lado, una técnica de computación en la nube que implementa una red neuronal de función de base radial probabilística (PRBFN) para garantizar una predicción y clasificación precisas en la gestión de datos de salud, lo que es un aspecto crucial en los dispositivos portátiles IoT para el monitoreo de la salud de los deportistas. La integración de IA (inteligencia artificial) e IoT (internet de las cosas) en el ámbito deportivo ha generado capacidades innovadoras que están cambiando la forma en que se entiende y se practica el deporte. Esta convergencia ha tenido un impacto significativo en áreas como el

análisis de rendimiento, la prevención de lesiones y la toma de decisiones basada en datos.(Z. Chen & Dai, 2024). El desarrollo tecnológico es crucial para el futuro de la industria deportiva.(Qiu et al., 2022). La habilidad creciente de los competidores a nivel mundial está poniendo a prueba cada vez más la capacidad de las empresas para transformar sus conocimientos científicos y tecnológicos en una ventaja competitiva.(Petrović et al., 2015).

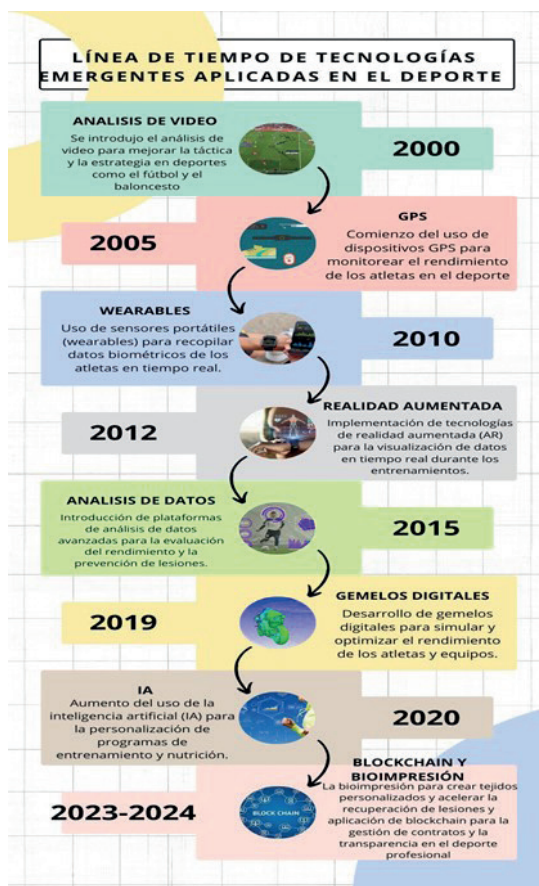
En la Ilustración 2 de la línea del tiempo de tecnologías emergentes en el deporte muestra la evolución y adopción de innovaciones clave que han transformado el rendimiento y la recuperación de los atletas. Desde el análisis de video en el 2000 hasta los avances en blockchain 2024, estas tecnologías han revolucionado la forma en que se aborda el entrenamiento y la competencia deportiva.

La evolución mostrada en esta línea de tiempo refleja cómo las tecnologías emergentes han

transformado el ámbito deportivo, proporcionando herramientas avanzadas para el monitoreo, análisis y mejora del rendimiento de los atletas. Estas tecnologías no solo han revolucionado la manera en que los entrenadores y atletas abordan el entrenamiento y la competición, sino que también han abierto nuevas oportunidades para la investigación y el desarrollo en el deporte. El impacto de estas innovaciones se manifiesta en la mejora continua del rendimiento deportivo y la reducción de lesiones, lo que subraya la importancia de seguir explorando y adoptando tecnologías emergentes en el futuro.

La conclusión más significativa es que estas tecnologías no solo mejoran el rendimiento deportivo y reducen el riesgo de lesiones, sino que también abren nuevas oportunidades para la investigación y el desarrollo en el ámbito deportivo.

Ilustración 2: Cronología de tecnologías emergentes en el deporte



Fuente: Elaboración propia

3.2. Tendencias tecnológicas funcionales en rendimiento deportivo

Las tecnologías emergentes utilizadas en el ámbito deportivo tienen una variedad de herramientas y tendencias innovadoras, por lo tanto, están cambiando la forma como se entrena, se juega y se gestiona los elementos deportivos. Algunas de estas tecnologías emergentes más utilizadas son inteligencia artificial, realidad virtual, big data, tecnologías de seguimiento, biotecnología entre otras. Generalmente, la principal meta de la investigación en inteligencia artificial es que las máquinas sean capaces de ejecutar tareas complejas que normalmente requieren inteligencia humana.(Qie, 2023). La inteligencia artificial es una tecnología que se utiliza en el deporte significativamente y tiene dos capacidades principales: una es llevar a cabo tareas repetitivas mediante la predicción de resultados basados en datos categóricos, y la otra es tomar decisiones de manera similar a los humanos resolviendo problemas a través de algoritmos.(Wei et al., 2021).

Las tecnologías de seguimiento o mayor conocido como wearables (tecnología ponible o vestible). Están creados para emplear redes de información avanzadas y una variedad de tecnologías de sensores con el fin de registrar diferentes datos vitales y monitorear el estado físico general del cuerpo.(Wei et al., 2021). Al evaluar detalladamente los complejos patrones de las métricas de rendimiento de los atletas, estos dispositivos portátiles con sensores permiten implementar una estrategia informada por datos que ayuda a minimizar el riesgo de lesiones en tejidos blandos y aquellas relacionadas con el calor.(Kovoor et al., 2024). Los sensores electroquímicos portátiles han demostrado ser útiles para medir niveles de lactato, potasio, glucosa, amoníaco, alcohol, cortisol y urea en el sudor humano, lo que facilita la monitorización de la salud y el rendimiento deportivo.(Zhou, 2021). En el voleibol, los entrenadores tienen la capacidad de supervisar múltiples jugadores al mismo tiempo y en tiempo real utilizando el sistema VERT de Unidad de Medición Inercial (IMU). Este sistema

permite medir con precisión la altura de los saltos sin verse limitados por posibles obstrucciones de las cámaras de marcación.(Adesida et al., 2019). Uno de los complementos de los wearables son la lectura de datos en donde el big data toma un papel importante al momento de analizar la estadística de los atletas y atribuyendo la realidad virtual o ayuda por video en donde se emplean modelos de visión computacional y métodos de aprendizaje automático, integrados con datos recopilados por sensores y grabaciones de video, para realizar una detección rápida y precisa del comportamiento.(Zhang et al., 2024).

La realidad virtual es una tendencia tecnológica deportiva y se usa principalmente para mejorar la rehabilitación y el rendimiento deportivo del atleta. La realidad virtual utiliza gráficos por computadora, emulación, multimedia, inteligencia artificial, redes, procesamiento paralelo y sensores ambientales para simular la visión, el oído, el tacto y otros sentidos, sumergiendo a las personas en un entorno virtual.(J. Wang, 2012).

El uso de la Realidad Virtual (VR) en el entrenamiento deportivo ha demostrado mejorar significativamente el rendimiento de los usuarios. Al combinar ejercicio y entretenimiento, las tecnologías VR no solo aumentan la condición física y la salud, sino que también se aplican exitosamente en deportes como fútbol, baloncesto y tenis de mesa.(Putranto et al., 2022). El empleo de la realidad virtual inmersiva ha mostrado avances en los patrones de movimiento en pacientes tras una reconstrucción del LCA (ligamento cruzado), lo cual tiene consecuencias para una rehabilitación más efectiva basada en criterios específicos para el retorno a la actividad deportiva.(Gsangaya et al., 2023).

Los humanos experimentan diversos cambios fisiológicos adaptativos al ejercicio, muchos relacionados con la termorregulación, los cuales pueden evaluarse mediante imágenes térmicas. Los estudios sobre termorregulación durante el ejercicio se clasifican en tres categorías: ejercicio de resistencia constante (más de 10 minutos a intensidad constante), ejercicio de resistencia breve (menos de 10 minutos con carga típica)

y pruebas de ejercicio incremental (aumento progresivo de la intensidad hasta el agotamiento). (Ramirez- GarciaLuna et al., 2022). La termografía deportiva emerge como una técnica innovadora en el ámbito deportivo, aportando información valiosa sobre la respuesta térmica del atleta a través de la medición no invasiva de la temperatura de la piel. Esta tecnología no solo previene lesiones, agotamiento y patologías musculares, sino que también ofrece un sinnúmero de beneficios para optimizar el rendimiento deportivo.

3.3. Beneficios aplicados en las tecnologías emergentes en el sector deportivo

Los beneficios aplicados en las tecnologías emergentes en el sector deportivo son extensos, la salud de los atletas es primordial buscando siempre una protección en donde sean capaces de explotar su 100% de su potencial sin verse perjudicados. La combinación de la tecnología y el conocimiento humano avanza cada segundo y esto ayuda a que los atletas sigan superándose. Algunos de estos ejemplos son: marcadores de pulsaciones, sobreesfuerzo, fibras de la ropa deportiva, entre otros, pero esas tecnologías no se centran solo en el beneficio físico sino también en la protección de los datos, hoy en día todo el mundo puede tener acceso a internet e información no deseada de los atletas, los deportes están implementando tecnologías de inteligencia artificial para proteger la información y enfrentar amenazas, asegurando así la seguridad de los datos. Las aplicaciones de IA y ML permiten tener un aprendizaje automático y facilitan la identificación de comportamientos inusuales y la detección de vulnerabilidades de seguridad. (Alexander, 2019). Por ende, la IA también mejora la detección de botnets (Un grupo de computadoras, conocidas como bots, han sido infectadas con un tipo de malware y son controladas de manera remota por un atacante).

Los investigadores han utilizado el aprendizaje automático (ML) para crear métodos que detectan redes de computadoras infectadas. Esto se logra analizando las consultas de dominio que los operadores maliciosos usan para comunicarse con los dispositivos comprometidos, lo que permite

prevenir sus acciones dañinas.(Calderón, n.d.). La tecnología permite decidir de manera más justa sobre las acciones que se toman en cualquier competencia, todas estas competencias cuentan con unas normas, estas normas se tienen que cumplir para que el resultado sea legal, el ojo humano no es infalible y el margen de error es muy alto por lo tanto se implementaron ayudas de monitoreo por video, cámara lenta entre otras. Estas sirven para impartir justicia con un margen de error del 0%, La implementación de tecnología en el arbitraje deportivo ha provocado importantes mejoras en la forma en que se dirigen los juegos.

En una variedad de deportes, la tecnología se está utilizando con mayor frecuencia para apoyar e incluso reemplazar a los árbitros humanos en ciertos casos. Este enfoque busca, en general, aumentar la precisión, la justicia y la imparcialidad en el arbitraje deportivo. (Goel, 2024). El uso de la realidad virtual (VR) en el entrenamiento de árbitros permite crear representaciones visuales que se asemejan más a las condiciones reales del campo de juego. Para ello, se emplean datos posicionales que permiten recrear escenarios de juego abierto y situaciones específicas, brindando a los árbitros la oportunidad de practicar la toma de decisiones en un entorno realista.(van Biemen et al., 2023). La introducción del VAR en la Superliga de fútbol de China redujo significativamente los fuera de juego y las faltas, aumentó el tiempo de juego total y disminuyó ligeramente la ventaja del equipo local, según un estudio que comparó 240 partidos de la temporada 2017 sin VAR con 240 partidos de la temporada 2018 con VAR.(de Oliveira et al., 2023).

El Blockchain toma un papel fundamental en el avance deportivo, Las empresas deportivas que utilizan blockchain son más eficientes en innovación que las que no la usan, destacando la importancia de modelos de negocio basados en esta tecnología.(Lopez-barreiro et al., 2022). Además, permiten la predicción de desarrollo futuro, este sistema también puede facilitar la predicción del desarrollo futuro de los atletas, optimizando el uso de recursos humanos, materiales y desempeñando un papel fundamental en

la formación de talentos deportivos.(Yu, 2021). La implementación de gemelos digitales y blockchain en la monitorización de pacientes ofrece importantes aplicaciones en el ámbito deportivo. Los gemelos digitales pueden simular el estado físico y de salud de un atleta, facilitando ajustes en tiempo real en sus programas de entrenamiento y recuperación. Por su parte, blockchain puede garantizar la integridad y privacidad de los datos de los atletas.(Nguyen & Voznak, 2024).

4. CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES

Este artículo analiza el impacto significativo de las nuevas tecnologías en el mundo deportivo. Las innovaciones como la inteligencia artificial (IA), el big data, la realidad aumentada (RA), los dispositivos de medición deportivas y la termografía son solo algunas de las que están cambiando la forma en que entrenamos, competimos y analizamos el rendimiento deportivo.

Los sistemas de análisis y predicción sofisticados que dependen de la inteligencia artificial ayudan a los entrenadores y atletas a tomar decisiones estratégicas. El big data permite la recopilación y análisis de grandes cantidades de datos, lo que permite una comprensión más profunda de la salud y el rendimiento de los deportistas. La realidad aumentada crea nuevas formas de entrenamiento y visualización de datos que benefician tanto a los atletas como a los espectadores.

Los aparatos de medición deportiva, como los wearables y los sensores, permiten un monitoreo continuo y preciso del rendimiento y las condiciones físicas de los deportistas, lo que ayuda a prevenir lesiones y optimizar el entrenamiento. La termografía se ha convertido en una herramienta útil para detectar lesiones tempranas y supervisar la recuperación.

Estas tecnologías no solo están mejorando la seguridad y el rendimiento de los atletas, sino que también están cambiando cómo disfrutamos del deporte. Las tecnologías emergentes, desde la gestión de equipos hasta la experiencia de los fanáticos, están creando nuevas oportunidades y desafíos que están redefiniendo el panorama deportivo.

Se puede afirmar que la incorporación de estas tecnologías emergentes en los deportes es una evolución necesaria para mantenernos al ritmo de un mundo en constante cambio. Para aprovechar al máximo estas innovaciones y seguir impulsando los límites del rendimiento deportivo, será esencial que ingenieros, científicos, entrenadores y atletas trabajen juntos.

El desarrollo y la adopción de estas tecnologías están intrínsecamente relacionados con el futuro del deporte, y este es solo el comienzo de una era emocionante y llena de posibilidades. En Colombia las tecnologías emergentes están revolucionando el deporte, proporcionando nuevas oportunidades para mejorar el rendimiento y la gestión de la salud de los atletas. El uso de dispositivos de monitoreo, aplicaciones de análisis de datos y plataformas de entrenamiento virtual está permitiendo a los equipos locales competir en un nivel más alto, optimizando su preparación y reduciendo el riesgo de lesiones.

Por ejemplo, tecnologías como el análisis de video avanzado y los sensores de rendimiento están siendo implementados para analizar y mejorar las habilidades de los deportistas en deportes como el fútbol y el ciclismo. Además, la telemedicina está facilitando el acceso a la atención médica especializada, esencial para la recuperación y el bienestar de los atletas en áreas con recursos limitados.

Estos avances no solo benefician a los equipos profesionales, sino que también democratizan el acceso a herramientas de alta tecnología para clubes locales y deportistas individuales, fomentando una cultura deportiva más inclusiva y competitiva. A pesar de los desafíos como la infraestructura y los costos, el potencial de estas tecnologías para transformar el deporte en Colombia es innegable, ofreciendo un camino prometedor hacia el desarrollo deportivo sostenible.

5. AGRADECIMIENTOS

Se desea expresar un sincero agradecimiento al tutor, Johan Gustavo Peñaranda Méndez, por su valiosa orientación y apoyo durante este proceso. Su paciencia, sabiduría y compromiso han

sido fundamentales para la culminación de este proyecto. Gracias a sus consejos y dirección, se lograron superar los desafíos y ampliar la comprensión en cada fase de la elaboración de este trabajo académico.

A la Universidad Libre Seccional Cúcuta se le extiende un reconocimiento por ofrecer un entorno académico de calidad, donde ha sido posible crecer tanto profesional como personalmente. La infraestructura, los recursos y el ambiente educativo proporcionados por la universidad han sido esenciales para dicho crecimiento.

Un especial agradecimiento se dirige a la Facultad de Ingeniería por su dedicación en la formación de profesionales competentes y comprometidos. El trabajo de esta facultad en fomentar el conocimiento y la investigación ha sido fundamental en el desarrollo académico. Se agradece a cada uno de los profesores del departamento de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicación por su arduo trabajo, dedicación y entrega. Sus enseñanzas, tanto dentro como fuera del aula, han sido vitales para el progreso educativo. Su habilidad para inspirar y motivar a los alumnos es digna de admiración, y se está sinceramente agradecido por el impacto positivo que han tenido en la trayectoria académica.

Sin el apoyo y estímulo brindado por todas estas personas e instituciones, este logro no habría sido alcanzable. A todos, se les expresa el más profundo reconocimiento.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Adesida, Y., Papi, E., & McGregor, A. H. (2019). Exploring the role of wearable technology in sport kinematics and kinetics: A systematic review. In *Sensors (Switzerland)* (Vol. 19, Issue 7). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/s19071597>
- ALEXANDER, W. LINDSAY. (2019). *ST. PAUL AT ATHENS (CLASSIC REPRINT)*. FORGOTTEN BOOKS.
- Apostolou, K., & Tjortjis, C. (2019, July 1). Sports Analytics algorithms for performance prediction. *10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, IISA 2019*. <https://doi.org/10.1109/IISA.2019.8900754>
- Araújo, D., Couceiro, M., Seifert, L., Sarmiento, H., & Davids, K. (2021). Artificial intelligence in sport performance analysis. In *Artificial Intelligence in Sport Performance Analysis*. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781003163589>
- Biró, A., Cuesta-Vargas, A. I., & Szilágyi, L. (2024). AI-Assisted Fatigue and Stamina Control for Performance Sports on IMU-Generated Multivariate Times Series Datasets. *Sensors*, 24(1). <https://doi.org/10.3390/s24010132>
- Calderón, R. (n.d.). *Universidad La Salle Bienes comunes digitales de la Universidad La Salle Piedras angulares de la investigación forense sobre delitos económicos*
- Programa forense de delitos económicos le Beneficios de la Inteligencia Arti&cial en Ciberseguridad.*
- Chen, G., & Wu, H. (2024). Optimization simulation of sports stadium training based on Ant colony algorithm and sensor network. *Measurement: Sensors*, 33, 101100. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101100>
- Chen, Z., & Dai, X. (2024). Utilizing AI and IoT technologies for identifying risk factors in sports. *Heliyon*, 10(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32477>
- Chidambaram, S., Maheswaran, Y., Patel, K., Sounderajah, V., Hashimoto, D. A., Seastedt, K. P., McGregor, A. H., Markar, S. R., & Darzi, A. (2022). Using Artificial Intelligence-Enhanced Sensing and Wearable Technology in Sports Medicine and Performance Optimisation. In *Sensors* (Vol. 22, Issue 18). MDPI. <https://doi.org/10.3390/s22186920>
- De Oliveira, M. S., Steffen, V., & Trojan, F. (2023). A systematic review of the literature on video assistant referees in soccer: Challenges and opportunities in sports analytics. *Decision Analytics Journal*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100232>
- Fuss, F. K., S. A., S. M., & M. R. (2014). *Routledge Handbook of Sports Technology and Engineering*. Routledge.
- Goel, A. (2024). IS TECHNOLOGY A COMPLEMENT OR SUBSTITUTE TO REFEREEING IN SPORTS? A REVIEW (Review study). *IJSTS International Journal of Sport Technology and Science International Journal of Sports Technology and Science*, 2(1), 13–23. <https://www.globsportsjournal.com/>
- Gsangaya, M. R., Htwe, O., Selvi Naicker, A., Md Yusoff, B. A. H., Mohammad, N., Soh, E. Z. F., & Silvaraju,

- M. (2023). Comparison between the effect of immersive virtual reality training versus conventional rehabilitation on limb loading and functional outcomes in patients after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective randomized controlled trial. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*, 34, 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2023.09.002>
- Jager, E. W. H., Inganäs, O., & Lundström, I. (2000). Microrobots for micrometer-size objects in aqueous media: Potential tools for single-cell manipulation. *Science*, 288(5475), 2335–2338. <https://doi.org/10.1126/science.288.5475.2335>
- Jenkins, L., & Weerasekera, R. (2022). Sport-related back injury prevention with a wearable device. *Biosensors and Bioelectronics: X*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.biosx.2022.100202>
- Khuyen, N. Q., Kiefer, R., Elhi, F., Anbarjafari, G., Martinez, J. G., & Tamm, T. (2020). A biomimetic approach to increasing soft actuator performance by friction reduction. *Polymers*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/POLYM12051120>
- Kovoor, M., Durairaj, M., Karyakarte, M. S., Zair Hussain, M., Ashraf, M., & Maguluri, L. P. (2024). Sensor-enhanced wearables and automated analytics for injury prevention in sports. *Measurement: Sensors*, 32, 101054. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101054>
- Li, Y., Kim, M., & Palkar, J. (2022). Using emerging technologies to promote creativity in education: A systematic review. *International Journal of Educational Research Open*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2022.100177>
- Liu, Y., & Cao, S. (2024). The analysis of aerobics intelligent fitness system for neurorobotics based on big data and machine learning. *Heliyon*, 10(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33191>
- Lopez-barreiro, J., Alvarez-sabucedo, L., Garcia-soidan, J. L., & Santos-gago, J. M. (2022). Use of Blockchain Technology in the Domain of Physical Exercise, Physical Activity, Sport, and Active Ageing: A Systematic Review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 13). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph19138129>
- Muniz-Pardos, B., Angeloudis, K., Guppy, F. M., Keramitsoglou, I., Sutethall, S., Bosch, A., Tanisawa, K., Hosokawa, Y., Ash, G. I., Schobersberger, W., Grundstein, A. J., Casa, D. J., Morrissey, M. C., Yamasawa, F., Zelenkova, I., Racinais, S., & Pitsiladis, Y. (2021). Wearable and telemedicine innovations for Olympic events and elite sport. In *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* (Vol. 61, Issue 8, pp. 1061–1072). Edizioni Minerva Medica. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12752-5>
- Nguyen, H. S., & Voznak, M. (2024). A Bibliometric Analysis of Technology in Digital Health: Exploring Health Metaverse and Visualizing Emerging Healthcare Management Trends. *IEEE Access*, 12, 23887–23913. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3363165>
- Petrović, L. T., Milovanović, D., & Desbordes, M. (2015). Emerging technologies and sports events: Innovative information and communication solutions. *Sport, Business and Management: An International Journal*, 5(2), 175–190. <https://doi.org/10.1108/SBM-06-2012-0021>
- Putranto, J. S., Heriyanto, J., Kenny, Achmad, S., & Kurniawan, A. (2022). Implementation of virtual reality technology for sports education and training: Systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 216, 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.139>
- Qie, X. (2023). Feedback delay of sports intelligent learning system based on model predictive control and artificial intelligence. *Measurement: Sensors*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100922>
- Qiu, Y., Liu, G., Muthu, B. A., & Sivaparthipan, C. B. (2022). Design of an energy-efficient IoT device with optimized data management in sports person health monitoring application. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 33(10). <https://doi.org/10.1002/ett.4258>
- Ramirez-GarciaLuna, J. L., Bartlett, R., Arriaga-Caballero, J. E., Fraser, R. D. J., & Saiko, G. (2022). Infrared Thermography in Wound Care, Surgery, and Sports Medicine: A Review. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.838528>
- Roggio, F., Bianco, A., Palma, A., Ravalli, S., Maugeri, G., Rosa, M. Di, & Musumeci, G. (2021). Technological advancements in the analysis of human motion and posture management through digital devices. *World Journal of Orthopedics*, 12(7), 467–484. <https://doi.org/10.5312/wjo.v12.i7.467>
- Seshadri, D. R., Magliato, S., Voos, J. E., & Drummond, C. (2019). Clinical translation of biomedical sensors for sports medicine. In *Journal of Medical Engineering and Technology* (Vol. 43, Issue 1, pp. 66–81). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/03091902.2019.1612474>

-
- Stevens, E., Espitia, F., Santo, U., Seccional, T., Julian, T., Triana, C., Universidad, Q., Tomas, S., & Tunja, S. (2023). *Tecnología Vestible para Evaluar Capacidades Físicas de Fuerza y Velocidad de Ejecución en Deportistas: Revisión Narrativa*.
- Tenforde, A. S., Iaccarino, M. A., Borgstrom, H., Hefner, J. E., Silver, J., Ahmed, M., Babu, A. N., Blauwet, C. A., Elson, L., Eng, C., Kotler, D., Homer, S., Makovitch, S., McInnis, K. C., Vora, A., & Borgstein, J. (2020). Telemedicine During COVID-19 for Outpatient Sports and Musculoskeletal Medicine Physicians. *PM and R*, 12(9), 926–932. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12422>
- van Biemen, T., Müller, D., & Mann, D. L. (2023). Virtual reality as a representative training environment for football referees. *Human Movement Science*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2023.103091>
- Wang, J. (2012). Research on application of virtual reality technology in competitive sports. *Procedia Engineering*, 29, 3659–3662. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.548>
- Wang, X., & Guo, Y. (2023). The intelligent football players' motion recognition system based on convolutional neural network and big data. *Heliyon*, 9(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22316>
- Wei, S., Huang, P., Li, R., Liu, Z., & Zou, Y. (2021). Exploring the Application of Artificial Intelligence in Sports Training: A Case Study Approach. *Complexity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/4658937>
- Yang, Y. (2024). Application of wearable devices based on artificial intelligence sensors in sports human health monitoring. *Measurement: Sensors*, 33, 101086. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101086>
- Ye, S., Feng, S., Huang, L., & Bian, S. (2020). Recent Progress in Wearable Biosensors: From Healthcare Monitoring to Sports Analytics. In *Biosensors* (Vol. 10, Issue 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/BIOS10120205>
- Yu, S. (2021). Application of Blockchain-Based Sports Health Data Collection System in the Development of Sports Industry. *Mobile Information Systems*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/4663147>
- Zhang, Y., Pi, Y., Wang, Q., Long, X., Wan, S., Liu, P., & Liu, Y. (2024). Application of video behavior fast detection based on wearable motion sensor devices in sports training. *Measurement: Sensors*, 33, 101096. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101096>
- Zhou, L. (2021). Molecularly Imprinted Sensor based on Ag-Au NPs/SPCE for Lactate Determination in Sweat for Healthcare and Sport Monitoring. *International Journal of Electrochemical Science*, 16, 1–13. <https://doi.org/10.20964/2021.10.54>