



Umar; Yovhandra Ockta; Rika Sepriani; Wiki Lofandri; Pringgo Mardesia (2025). Integrating GPT in the Development of Sports Biomechanics Learning: A Problem-Based Approach. *Journal of Sport and Health Research*. 17(Supl 2):154-165. <https://doi.org/10.58727/jshr.118912>

Original

Integración de GPT en el Desarrollo del Aprendizaje de la Biomecánica Deportiva: Un Enfoque Basado en Problemas

Integrating GPT in the Development of Sports Biomechanics Learning: A Problem-Based Approach

Integrando GPT no Desenvolvimento do Aprendizado de Biomecânica Esportiva: Uma Abordagem Baseada em Problemas

Umar¹, Yovhandra Ockta², Rika Sepriani¹, Wiki Lofandri³, Pringgo Mardesia¹

¹Faculty of Sport Sciences, Universitas Negeri Padang, Indonesia

²Faculty of Health Sciences, Universitas Teuku Umar, Indonesia

³Vocational School, Universitas Negeri Padang, Indonesia

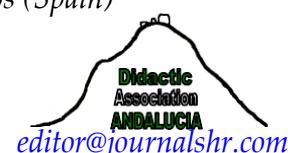
Corresponding Author: umarkepel@fik.unp.ac.id

Correspondence to:

Umar

Faculty of Sport Sciences, Universitas
Negeri Padang, Indonesia
umarkepel@fik.unp.ac.id

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



Received: 16/11/2025
Accepted: 02/12/2025



RESUME

El objetivo general de este estudio es explorar el uso de la tecnología basada en GPT para mejorar la educación en biomecánica deportiva. Agregar herramientas digitales a la educación ha hecho posible aprender de nuevas formas, especialmente en áreas difíciles como la biomecánica deportiva. Este estudio examina una aplicación móvil que emplea Transformadores Generativos Preentrenados (GPT) para mejorar la alfabetización en biomecánica, facilitar el desarrollo de habilidades y prevenir lesiones entre los estudiantes. La aplicación utiliza el modelo 4D (Definir, Diseñar, Desarrollar, Difundir) para ofrecer a los usuarios retroalimentación personalizada, análisis biomecánico y consejos sobre cómo evitar lesiones. "Pregúntale a GPT", su función principal, proporciona explicaciones, tutoriales y ayuda personalizada basada en las necesidades de aprendizaje de cada persona. Los expertos confirmaron que la aplicación era pedagógicamente sólida y que el contenido era correcto. Tanto los docentes (94,25%) como los estudiantes (96,25%) la calificaron como muy útil. La alfabetización en biomecánica de los estudiantes, su interés y comprensión de ideas importantes, especialmente las relacionadas con la prevención de lesiones y la mejora del rendimiento, mejoraron considerablemente. Las funciones interactivas de la aplicación, como el feed personalizado. Las tareas de aprendizaje basadas en retroalimentación y en problemas ayudaron a las personas a pensar críticamente y a aprender por sí mismas. Los hallazgos indican que las tecnologías basadas en GPT pueden mitigar las deficiencias de los métodos de enseñanza convencionales, caracterizados por un aprendizaje pasivo, al proporcionar plataformas escalables, interactivas y accesibles para la educación en biomecánica. El estudio muestra cómo las herramientas de IA podrían transformar la educación especializada, haciendo que el aprendizaje sea más divertido y apoyando el aprendizaje permanente. En estudios futuros, se podría investigar la incorporación de tecnologías de realidad aumentada o realidad virtual.

Palabras clave: GPT, Biomecánica, Prevención, Digital, Aprendizaje, ABP

ABSTRACT

The general objective of this study is to explore the use of GPT-based technology in enhancing sports biomechanics education. Adding digital tools to education has made it possible to learn in new ways, especially in hard areas like sports biomechanics. This study examines a mobile application that employs Generative Pretrained Transformers (GPT) to enhance biomechanics literacy, facilitate skill development, and prevent injuries among students. The app uses the 4D model (Define, Design, Development, Dissemination) to give users personalized feedback, biomechanical analysis, and advice on how to avoid injuries. "Ask GPT," its main feature, gives personalized explanations, tutorials, and help based on each person's learning needs. Experts confirmed that the app was pedagogically sound and that the content was correct. Both teachers (94.25%) and students (96.25%) rated it as very useful. Students' biomechanics literacy, interest, and understanding of important ideas, especially those about preventing injuries and improving performance, all got a lot better. The app's interactive features, like personalized feedback and problem-based learning tasks, helped people think critically and learn on their own. The findings indicate that GPT-based technologies can mitigate the shortcomings of conventional teaching methods, characterized by passive learning, by providing scalable, interactive, and accessible platforms for biomechanics education. The study shows how AI tools could change specialized education, making learning more fun and supporting lifelong learning. Future studies may investigate the incorporation of AR or VR technologies to enhance interactivity and immersion.

Keywords: GPT, Biomechanics, Preventing, Digital, Learning, PBL



Introducción

El desarrollo tecnológico del siglo XXI ha revolucionado la educación, haciéndola más accesible y participativa (González-pérez & Ramírez-montoya, 2022; Major et al., 2021; Zou et al., 2025). La educación digital también ha abierto la puerta a una nueva forma de relacionarse con estudiantes y profesores (Alsamh et al., 2024; El-Haggar et al., 2023; Engelbrecht & Borba, 2024). De esta manera, la educación superior se adapta a las nuevas tecnologías y necesidades de los estudiantes, que también están en constante evolución (Khalilov, 2025; Oyedokun, 2025; Singun, 2025). Pero la tecnología todavía no se está aprovechando al máximo en la educación deportiva. Esto se manifiesta en que muchas clases de deportes todavía emplean métodos convencionales como conferencias, libros de texto y demostraciones directas. Estas maneras no involucran a los estudiantes en el desarrollo de habilidades practices (Omarov et al., 2024; Putra et al., 2024). Una de las asignaturas que aplica la tecnología informática en el análisis es biomecánica deportiva. Los deportes de alta exigencia motriz y técnica necesitan ser analizados para garantizar el uso de las técnicas adecuadas, evitar lesiones y mejorar el rendimiento (Souaifi et al., 2025). Los deportistas que deseen mejorar su rendimiento y prevenir lesiones deben conocer la biomecánica, el estudio de las leyes del movimiento aplicadas al deporte. Pero la forma en que se suele enseñar la biomecánica no siempre llega a exponer de manera más interactiva los fundamentos de la biomecánica, generando lagunas en el conocimiento de los estudiantes. (Keogh et al., 2024; Sengul, 2024).

GPT se puede aprovechar para proporcionar experiencias de aprendizaje personalizadas, explicando, guiando y dando retroalimentación a cada estudiante (Bernal, 2024; Cuéllar et al., 2025; Liu et al., 2024). GPT puede ayudar en la alfabetización física generando situaciones que impliquen análisis biomecánico y toma de decisiones de la vida real (Saglam et al., 2025). GPT, de OpenAI, es capaz de procesar el lenguaje natural con gran exactitud, lo que abre la puerta a experiencias de aprendizaje más interactivas, personalizadas y efectivas. (Chang et al., 2024; Roumeliotis & Tselikas, 2023; Yenduri et al., 2024).

Al estudiar biomecánica deportiva, las GPT pueden facilitar que estudiantes y deportistas

aprendan las bases de la biomecánica y cómo éstas pueden prevenir lesiones y mejorar el rendimiento. La biomecánica estudia cómo se mueve el cuerpo al hacer ejercicio, y así poder reconocer patrones, corregir técnicas y ajustar mejor las cargas de entrenamiento (Umar & Utama, 2018). Conocer la biomecánica evita lesiones y optimiza el movimiento. Pero la enseñanza de la biomecánica muchas veces se enfrenta con la dificultad de hacer una integración de la teoría con la práctica y la comprensión de los fundamentos de la biomecánica (Clyne & Billiar, 2016).

Tener un buen entendimiento de la biomecánica es muy importante para mejorar el rendimiento de los atletas, prevenir lesiones y optimizar los resultados del entrenamiento. (Glazier & Mehdizadeh, 2019). La investigación muestra que los atletas que tienen un bajo entendimiento de la biomecánica tienen un riesgo de lesiones 2,5 veces mayor, y el 40 % de las lesiones deportivas son causadas por técnicas incorrectas debido a la falta de comprensión de la biomecánica. (Bustos et al., 2021; Dos'Santos et al., 2021). Esto muestra lo importante que es tener una buena comprensión de la biomecánica del deporte, especialmente entre los estudiantes de ciencias del deporte. La aplicación de la biomecánica deportiva en el aprendizaje utilizando el método de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) ha sido conocida desde hace mucho tiempo como uno de los enfoques más efectivos en la enseñanza. (Anazifa & Djukri, 2017; Hmelo-Silver, 2004).

Al implementar el modelo PBL, se fomenta que los estudiantes se involucren activamente en la resolución de problemas del mundo real, que en este caso pueden aplicarse al aprendizaje de la biomecánica y la prevención de lesiones deportivas. Al incorporar GPT en el aprendizaje PBL se espera generar un ambiente de aprendizaje más interactivo, enriquecido y orientado a problemas. El objetivo de esta investigación es analizar la integración de GPT en el desarrollo del aprendizaje de la biomecánica deportiva mediante un enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas, evaluando su impacto en la comprensión conceptual, la aplicación práctica y la capacidad de prevención de lesiones de los estudiantes.

Materiales y Métodos

Diseño de la investigación

La investigación y el desarrollo se orientan a crear y evaluar aplicaciones móviles basadas en



GPT para apoyar el aprendizaje de la biomecánica. Para su elaboración se adopta el modelo 4D (Definición, Diseño, Desarrollo y Difusión), lo que permite seguir una secuencia de trabajo ordenada y rigurosa que asegure la producción de materiales educativos con buena calidad (Gorbi Irawan et al., 2018).

El proceso comienza identificando las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de la biomecánica deportiva y definiendo con precisión los objetivos que se busca alcanzar. En esta fase también se revisan las condiciones reales del aprendizaje para reconocer qué obstáculos existen y qué tipo de materiales o recursos didácticos serán necesarios para responder adecuadamente a esas necesidades. En el diseño, el contenido se estructura en función de los objetivos de aprendizaje y las necesidades del estudiante, y la interfaz de la aplicación se diseña para mejorar la validez y el atractivo del aprendizaje. Se aplica la integración con GPT para dar solución a un PBL que mejore el entendimiento de la biomecánica y lesiones deportivas. La etapa de desarrollo busca generar un producto legítimo y funcional, con revisiones de expertos y pruebas en el aula. Se recogen datos para verificar la validez y usabilidad de los medios diseñados. La divulgación se hace para dar a conocer el resultado del desarrollo y que sea adoptado por los usuarios. Los resultados de la prueba se utilizarán para refinar la aplicación antes de su lanzamiento.

Validación y usabilidad

La validación se realizó con métricas de evaluación, herramientas diagnósticas e indicadores pragmáticos. Las puntuaciones obtenidas en la validación se expresaron utilizando una escala tipo Likert y posteriormente se analizaron empleando el coeficiente V de Aiken (Azwar, 2014), con el fin de determinar el nivel de validez de cada uno de los ítems. La usabilidad de la aplicación se valoró a través de opiniones de profesores y estudiantes recogidas a través de un cuestionario tipo Likert. Indicadores de practicidad: facilidad de uso, utilidad para enseñar biomecánica y viabilidad a largo plazo de

las herramientas de aprendizaje basadas en GPT. Las puntuaciones de usabilidad se transformaron luego en porcentajes (0-100). Estos resultados de evaluación se categorizaron siguiendo criterios preestablecidos, como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Criterios de Validez

Validez		Práctica	
Correlación	Descripción	Porcentajes	Descripción
0.801 – 1.00	Muy alta	0 – 20%	Not practical
0.601 – 0.800	Alta	21 – 40%	Less
0.401 – 0.600	Moderada	41 – 60%	Fairly
0.001 – 0.400	Baja	61 – 80%	Practical
≤ 0.00	No válido	81 – 100%	Very practical

Resultados

Diseño y Validación por Expertos del Prototipo

La aplicación Android “GPT Biomecánica” incorpora una interfaz actual y fácil de usar, pensada para que el usuario pueda desplazarse por sus funciones sin complicaciones. Desde la pantalla principal es posible acceder de inmediato al Módulo de Alfabetización en Biomecánica, al asistente Pregunta a GPT, a las Estadísticas de Aprendizaje y al perfil personal del usuario, todo organizado de manera intuitiva para agilizar la experiencia.

En el Módulo de Alfabetización, los contenidos avanzan semanalmente desde conceptos básicos hasta un nivel intermedio, cada uno con una breve descripción, tiempo estimado y un indicador de progreso. La función “Pregunta a GPT” permite resolver dudas sobre biomecánica, lesiones deportivas y análisis del movimiento mediante respuestas claras y ejemplos prácticos. La sección “Consejos sobre Lesiones Deportivas” ofrece información esencial sobre prevención y primeros cuidados en un formato breve. Por último, el panel de Estadísticas muestra el tiempo de estudio, las preguntas realizadas y la constancia diaria, facilitando el seguimiento del aprendizaje. En conjunto, la aplicación actúa como un compañero digital para apoyar el aprendizaje de la biomecánica. La Figura 1 muestra el diseño general de la aplicación.

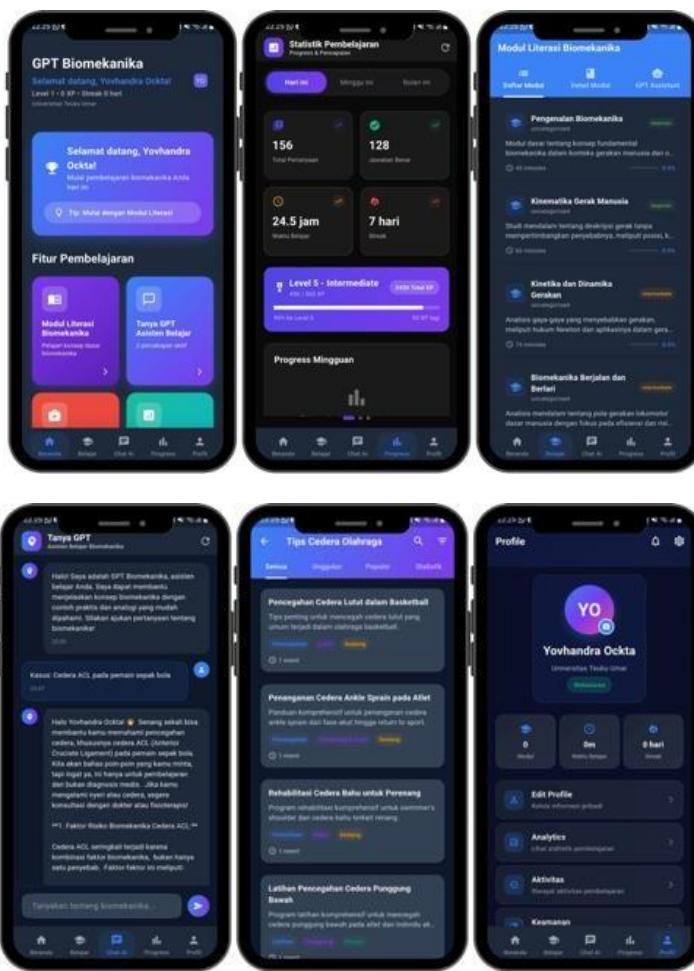


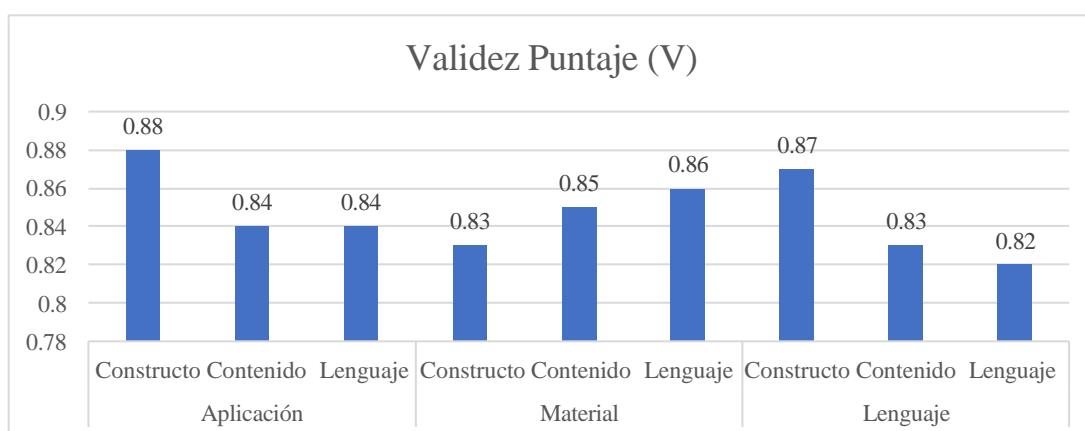
Figura 1. GPT Biomekanika

La Validez del Producto

Tres expertos llevaron a cabo la validación a través de informes escritos, garantizando la precisión y la calidad pedagógica. La validación involucró retroalimentación, estableciendo la validez de los medios. Los resultados de la validación se resumieron en la Tabla 2 y la Imagen 2.

**Tabla 2.** Validación del Producto

Indicador	Elemento	Validez		
		Puntaje (V)	Media	Información
Aplicación	Constructo	0.88		Muy alto
	Contenido	0.84	0.85	Muy alto
	Lenguaje	0.84		Muy alto
Material	Constructo	0.83		Muy alto
	Contenido	0.85	0.84	Muy alto
	Lenguaje	0.86		Muy alto
Lenguaje	Constructo	0.87		Muy alto
	Contenido	0.83	0.84	Muy alto
	Lenguaje	0.82		Muy alto

**Figura 2.** Gráfico de Resultados Validada

La puntuación de validez muestra que el contenido, el lenguaje y los materiales educativos en la plataforma son de muy buena calidad, por lo que los materiales educativos están en consonancia con los principios educativos en la enseñanza de la biomecánica.

Aplicación Práctica

La prueba de expertos validó que esta plataforma es muy buena para aprender

biomécanica teórica y práctica. En la fase de validación, se evaluó la utilidad del medio biomédico en Android, obteniéndose una puntuación media V para utilidad, lenguaje y diseño instruccional. Esta evaluación se acompañó de comentarios de profesores y estudiantes sobre la aplicación. Los resultados de la evaluación de la practicidad por parte de los docentes y estudiantes se recopilaron en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la evaluación de practicidad por parte de los docentes

Aspectos de Evaluación	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Aplicación para docentes			
Facilidad de uso de la aplicación para enseñar biomecánica.	3.72	3.81	3.82
Beneficios de la aplicación en la enseñanza de la biomecánica.	3.66	3.71	3.81
Aplicabilidad de la aplicación en la instrucción de biomecánica	3.8	3.77	3.82
Porcentaje de instalación (%)	3.78	3.73	3.80



Categoría	Porcentaje medio	94.25%	
Categoría	Muy Práctico		
Implementación por Estudiantes			
Simplicidad del aprendizaje de biomecánica usando la aplicación.	3.78	3.89	3.85
Ventajas de la aplicación en el aprendizaje de la biomecánica.	3.81	3.83	3.83
Aplicabilidad de la aplicación en actividades de aprendizaje.	3.85	3.90	3.82
Asignación de tiempo para el uso de la aplicación.	3.89	3.89	3.90
Porcentaje de instalación (%)	3.84	3.82	3.89
Categoría	Porcentaje medio	96.25%	Muy Práctico

Los resultados muestran que la implementación del aprendizaje de biomecánica no solo es sencilla de aplicar, sino que también enriquece la experiencia de los estudiantes. Tanto los alumnos como los docentes otorgaron valoraciones cuyo promedio se ubicó en la categoría de “muy práctico”. Los detalles completos pueden consultarse en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la valoración de practicidad por los estudiantes

Aspectos de Evaluación	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Simplicidad en el aprendizaje de conceptos de biomecánica facilitada por la aplicación.	3.47	3.48	3.52
Las ventajas de la aplicación para estudiantes en la educación de biomecánica.	3.63	3.57	3.59
Soporte de la aplicación para el aprendizaje de la biomecánica de los estudiantes.	3.53	3.85	3.65
Asignación de tiempo para el uso de la aplicación en el aprendizaje de la biomecánica.	3.69	3.82	3.77
Porcentaje de instalación (%)	3.58	3.68	3.68
Categoría	Porcentaje medio	90.76%	Muy Práctico

Luego, hay algunos comentarios de varios expertos, es decir, de expertos en materiales, lenguaje y medios, para mejorar la calidad del producto que se

desarrolla; para más detalles, se puede ver en la tabla 5.

Tabla 5. Comentarios de algunos expertos

Experto	Comentario
Expertos en materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Organizar el contenido de forma secuencial. • Incluir toda la teoría necesaria. • Usar ejemplos prácticos.
Experto en idiomas	<ul style="list-style-type: none"> • Usar lenguaje claro y accesible. • Usar un lenguaje sencillo. • Frases claras y concisas.
Experto en medios	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño visual que apoye el contenido. • Incluir gráficos y ejemplos visuales.



-
- Presentación visual atractiva y clara.
-



Discusión

La investigación y el desarrollo pueden contribuir al aprendizaje, específicamente en el aprendizaje de la biomecánica deportiva. La implementación de la tecnología en el aprendizaje ayuda mucho al proceso educativo, de modo que se logren los objetivos de aprendizaje.

Diversos estudios respaldan la incorporación de tecnologías educativas en los procesos de aprendizaje. Por ejemplo, Naseer et al (2024) destacaron el papel transformador que pueden tener las herramientas digitales en la educación superior, señalando que los itinerarios de aprendizaje personalizados contribuyen a aumentar tanto la motivación como el rendimiento de los estudiantes. De manera similar, Wang et al (2022) Analizaron cómo las apps móviles pueden mejorar el acceso a la educación, sobre todo en áreas que requieren práctica o son altamente complejas, como la biomecánica. Hu et al (2024) destacaron el creciente uso de plataformas con IA en la educación y cómo estas ofrecen aprendizajes más personalizados, algo especialmente útil en áreas aplicadas como el deporte.

La integración de herramientas basadas en GPT en la educación abre oportunidades importantes para mejorar el aprendizaje. Estas tecnologías permiten a los estudiantes avanzar a su propio ritmo, revisar los contenidos cuando lo necesiten y recibir retroalimentación personalizada, algo especialmente útil en biomecánica, donde la precisión y el análisis detallado son fundamentales. Además, el uso de escenarios PBL favorece el pensamiento crítico y el aprendizaje autónomo. Aun así, el estudio presenta limitaciones: la muestra es reducida y no representa a todos los estudiantes deportistas, y depender únicamente de dispositivos móviles puede excluir a quienes tienen dificultades tecnológicas. Futuras investigaciones podrían incorporar AR o VR para visualizar movimientos biomecánicos en 3D y realizar estudios longitudinales para conocer el impacto a largo plazo. En síntesis, los resultados apoyan el uso de tecnologías educativas basadas en GPT como una vía eficaz y personalizada para fortalecer la enseñanza de la biomecánica deportiva y la prevención de lesiones..

Conclusión

Esta investigación pone en evidencia el gran potencial que ofrece la tecnología GPT para renovar la forma en que se enseña la biomecánica deportiva. El desarrollo de una aplicación móvil permitió superar varias limitaciones presentes en los métodos de enseñanza tradicionales, como la escasa retroalimentación individualizada o la falta de experiencias realmente interactivas. Al integrar GPT, la aplicación puede responder de manera inmediata a preguntas relacionadas con conceptos biomecánicos, prevención de lesiones o análisis del movimiento, lo que genera un entorno de aprendizaje más cercano, personalizado y útil para comprender y aplicar los contenidos en situaciones reales.

Los resultados reflejan mejoras claras en la alfabetización biomecánica, en el desarrollo de habilidades prácticas y en el conocimiento vinculado a la prevención de lesiones. A ello se suma que los altos niveles de validez y usabilidad confirmados tanto por especialistas como por los propios usuarios muestran que la herramienta es sólida desde el punto de vista pedagógico, sencilla de utilizar y fácilmente adaptable a distintos contextos formativos. Tanto estudiantes como docentes valoraron positivamente su utilidad, su diseño intuitivo y las funciones interactivas que ofrece.

No obstante, aún quedan aspectos que merecen ser explorados. Trabajar con muestras más amplias y diversas, incorporar tecnologías como la realidad aumentada o virtual (AR/VR), o realizar estudios longitudinales permitiría obtener una visión más profunda del impacto a largo plazo de estas herramientas. En conjunto, los hallazgos respaldan la integración de soluciones educativas basadas en inteligencia artificial como GPT como una alternativa escalable, flexible y personalizada para transformar la enseñanza y el aprendizaje de la biomecánica deportiva.

Agradecimientos

1 autor agradece al DPPM Kemdiktisaintek y al LPPM de la Universidad Negeri Padang por el financiamiento otorgado (Contrato n.º 088/C3/DT.05.00/PL/2025), así como al equipo de investigación por su apoyo durante el estudio.



Conflictos de Intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés

Referencias

- Alsamh, M. H., Hawbani, A., Kumar, S., & Hamood Alsamhi, S. (2024). Multisensory Metaverse-6G: A New Paradigm of Commerce and Education. *IEEE Access*, 12(March), 75657–75677. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3392838>
- Anazifa, R. D., & Djukri. (2017). Project- based learning and problem- based learning: Are they effective to improve student's thinking skills? *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 346–355. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.11100>
- Azwar, S. (2014). *Metode Penelitian*. Pustaka Pelajar.
- Bernal, M. E. (2024). Revolutionizing eLearning Assessments: The Role of GPT in Crafting Dynamic Content and Feedback. *Journal of Artificial Intelligence and Technology*, 4(3), 188–199. <https://doi.org/10.37965/jait.2024.0513>
- Bustos, A. O., Belluscio, V., Camomilla, V., Lucangeli, L., Rizzo, F., Sciarra, T., Martelli, F., & Giacomozzi, C. (2021). Overuse-related injuries of the musculoskeletal system: Systematic review and quantitative synthesis of injuries, locations, risk factors and assessment techniques. *Sensors*, 21(7). <https://doi.org/10.3390/s21072438>
- Chang, C. Y., Chen, I. H., & Tang, K. Y. (2024). Roles and research trends of ChatGPT-based learning: A bibliometric analysis and systematic review. *Educational Technology and Society*, 27(4), 471–486. [https://doi.org/10.30191/ETS.202410_27\(4\).TP03](https://doi.org/10.30191/ETS.202410_27(4).TP03)
- Clyne, A. M., & Billiar, K. L. (2016). Problem-based learning in biomechanics: Advantages, challenges, and implementation strategies. *Journal of Biomechanical Engineering*, 138(7), 1–9. <https://doi.org/10.1115/1.4033671>
- Cuéllar, Ó., Contero, M., & Hincapié, M. (2025). Personalized and Timely Feedback in Online Education: Enhancing Learning with Deep Learning and Large Language Models. *Multimodal Technologies and Interaction*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/mti9050045>
- Diekfuss, J. A., Bonnette, S., Hogg, J. A., Riehm, C., Grooms, D. R., Singh, H., Anand, M., Slutsky-Ganesh, A. B., Wilkerson, G. B., & Myer, G. D. (2021). Practical Training Strategies to Apply Neuro-Mechanistic Motor Learning Principles to Facilitate Adaptations Towards Injury-Resistant Movement in Youth. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 3(1), 3–16. <https://doi.org/10.1007/s42978-020-00083-0>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., McBurnie, A., Comfort, P., & Jones, P. A. (2021). Biomechanical Determinants of Performance and Injury Risk During Cutting: A Performance-Injury Conflict? *Sports Medicine*, 51(9), 1983–1998. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01448-3>
- El-Haggar, N., Amouri, L., Alsumayt, A., Alghamedy, F. H., & Aljameel, S. S. (2023). The Effectiveness and Privacy Preservation of IoT on Ubiquitous Learning: Modern Learning Paradigm to Enhance Higher Education. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/app13159003>
- Engelbrecht, J., & Borba, M. C. (2024). Recent developments in using digital technology in mathematics education. *ZDM - Mathematics Education*, 56(2), 281–292. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01530-2>
- Glazier, P. S., & Mehdizadeh, S. (2019). Challenging Conventional Paradigms in Applied Sports Biomechanics Research. *Sports Medicine*, 49(2), 171–176. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1030-1>
- González-pérez, L. I., & Ramírez-montoya, M. S. (2022). COMPETENCIES TYPES (LEARNING SKILLS, LITERACY SKILLS, LIFE SKILLS) Components of Education 4.0 in 21st Century Skills Frameworks: Systematic Review. *Sustainability (Switzerland)*, 14(3), 1–31.
- Gorbi Irawan, A., nyoman Padmadewi, N., & Putu Artini, L. (2018). Instructional materials development through 4D model. *SHS Web of Conferences*, 42, 00086. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184200086>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.



- <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hu, Z., Liu, Z., & Su, Y. (2024). AI-Driven Smart Transformation in Physical Education: Current Trends and Future Research Directions. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(22), 1–15. <https://doi.org/10.3390/app142210616>
- Keogh, J. W. L., Moro, C., & Knudson, D. (2024). Promoting learning of biomechanical concepts with game-based activities. *Sports Biomechanics*, 23(3), 253–261. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1845470>
- Khalilov, A. P. T. (2025). Strategic Planning-Based Management Practices In Higher Education Institution. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences (PJLSS)*, 23(1), 4772–4781. <https://doi.org/10.57239/pjrss-2025-23.1.00377>
- Liu, S., Guo, X., Hu, X., & Zhao, X. (2024). Advancing Generative Intelligent Tutoring Systems with GPT-4: Design, Evaluation, and a Modular Framework for Future Learning Platforms. *Electronics (Switzerland)*, 13(24), 1–17. <https://doi.org/10.3390/electronics13244876>
- Major, L., Francis, G. A., & Tsapali, M. (2021). The effectiveness of technology-supported personalised learning in low- and middle-income countries: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 52(5), 1935–1964. <https://doi.org/10.1111/bjet.13116>
- Martín-Rodríguez, A., & Madrigal-Cerezo, R. (2025). Technology-Enhanced Pedagogy in Physical Education: Bridging Engagement, Learning, and Lifelong Activity. *Education Sciences*, 15(4), 1–31. <https://doi.org/10.3390/educsci15040409>
- Naseer, F., Khan, M. N., Tahir, M., Addas, A., & Aeajaz, S. M. H. (2024). Integrating deep learning techniques for personalized learning pathways in higher education. *Heliyon*, 10(11), e32628. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32628>
- Omarov, N., Omarov, B., Azhibekova, Z., & Omarov, B. (2024). Applying an augmented reality game-based learning environment in physical education classes to enhance sports motivation. *Retos*, 2041, 269–278. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9719156>
- Oyedokun, T. T. (2025). Navigating the dynamics of present-day academic libraries: An in-depth analysis of strategies, challenges, and emerging trends. *IFLA Journal*, 51(2), 470–489. <https://doi.org/10.1177/03400352241291907>
- Putra, C. A., Permadi, A. S., & Setiawan, M. A. (2024). Information technology innovation in sports learning: understanding global trends and challenges. *Retos*, 2041, 844–854.
- Roumeliotis, K. I., & Tselikas, N. D. (2023). ChatGPT and Open-AI Models: A Preliminary Review. *Future Internet*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/fi15060192>
- Saglam, S., Uludag, V., Karaduman, Z. O., Arican, M., Yücel, M. O., & Dalaslan, R. E. (2025). Comparative evaluation of artificial intelligence models GPT-4 and GPT-3.5 in clinical decision-making in sports surgery and physiotherapy: a cross-sectional study. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 25(1), 163. <https://doi.org/10.1186/s12911-025-02996-8>
- Sengul, O. (2024). Linking Traditional Teaching to Innovative Approaches: Student Conceptions in Kinematics. *Education Sciences*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/educsci14090973>
- Singun, A. J. (2025). Unveiling the barriers to digital transformation in higher education institutions: a systematic literature review. In *Discover Education* (Vol. 4, Issue 1). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00430-9>
- Souaifi, M., Dhahbi, W., Jebabli, N., Ceylan, H. İ., Boujabli, M., Muntean, R. I., & Dergaa, I. (2025). Artificial Intelligence in Sports Biomechanics: A Scoping Review on Wearable Technology, Motion Analysis, and Injury Prevention. *Bioengineering*, 12(8), 1–42. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12080887>
- Umar, & Utama, J. P. (2018). *Biomekanika Olahraga*. Sukabina Press.
- Wang, H., Xie, Z., Lu, L., Su, B., Jung, S., & Xu, X. (2022). A mobile platform-based app to assist undergraduate learning of human kinematics in biomechanics courses. *Journal of Biomechanics*, 142(August). <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2022.111243>



- Yenduri, G., Ramalingam, M., Selvi, G. C., Supriya, Y., Srivastava, G., Maddikunta, P. K. R., Raj, G. D., Jhaveri, R. H., Prabadevi, B., Wang, W., Vasilakos, A. V., & Gadekallu, T. R. (2024). GPT (Generative Pre-Trained Transformer) - A Comprehensive Review on Enabling Technologies, Potential Applications, Emerging Challenges, and Future Directions. *IEEE Access*, 12(March), 54608–54649. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3389497>
- Zou, Y., Kuek, F., Feng, W., & Cheng, X. (2025). Digital learning in the 21st century: trends, challenges, and innovations in technology integration. *Frontiers in Education*, 10. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1562391>