

Innovaciones tecnológicas en el paradeporte: impacto en el rendimiento y desafíos éticos. Una revisión narrativa

MANUEL DURÁN FERNÁNDEZ^{1,2}, RAÚL SMITH PLAZA^{1,3,4,5}

ABSTRACT

Technological Innovations in Parasport: Impact on Performance and Ethical Challenges - A Narrative Review

Introduction: Paralympic sport has advanced through technological innovations that enhance performance and participation of paraathletes. Nevertheless, these developments raise ethical and social concerns about competitive equity and access. **Objective:** To examine the impact of technological innovations on paraathlete performance and the associated ethical implications. **Materials and Methods:** A narrative review (2014-2024) was conducted in PubMed, Scopus, and Google Scholar using the keywords “*Paralympic sport*”, “*adaptive sport*”, “*paraathletics*”, “*assistive technology*”, “*sports prosthesis*”, “*sports wheelchair*”, “*inertial sensors*”, “*artificial intelligence*”, “*virtual reality*”. **Results:** Sportsspecific prostheses for paraathletics, paracycling, paragolf and paraswimming improve efficiency and biomechanical control. Optimised sports wheelchairs increase manoeuvrability and reduce injuries in wheelchair basketball, rugby, tennis and T54 racing. Wearable sensors and artificial intelligence facilitate objective performance monitoring and functional classification. Emerging technologies such as 3D printing and virtual reality are transforming training and rehabilitation. **Conclusions:** Technological innovations enhance performance and inclusion but require regulations and policies to ensure fair access and to prevent “technological doping”.

Keywords: Assistive technology, paralympic sport, sports prosthesis, artificial intelligence, virtual reality.

RESUMEN

Introducción: El paradeporte paralímpico ha experimentado un notable avance gracias a innovaciones tecnológicas que han mejorado el rendimiento deportivo y la participación de los paraatletas. Sin embargo, estos progresos plantean desafíos éticos y sociales relacionados con la equidad competitiva y

¹Subdirección de Desarrollo Académico e Investigación, Instituto Teletón. Chile.

²Facultad de Medicina, Universidad Mayor. Chile.

³Facultad de Medicina Clínica Alemana, Universidad del Desarrollo. Santiago, Chile.

⁴Comité Médico y Antidopaje, Comité Paralímpico de las Américas.

⁵Hospital Clínico Mutual de Seguridad C.Ch.C. Santiago, Chile.

Recibido: 04-04-2025

Aceptado: 23-06-2025

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de interés en relación con este manuscrito.

Correspondencia:

Manuel Durán Fernández
manuel.duran@teleton.cl

el acceso a la tecnología. **Objetivo:** Explorar el impacto de las innovaciones tecnológicas en el rendimiento de los paraatletas y analizar sus implicancias éticas. **Materiales y Métodos:** Se efectuó una revisión narrativa (2014-2024) en PubMed, Scopus y Google Scholar utilizando los términos “*Paralympic sport*”, “*deporte adaptado*”, “*paraatletismo*”, “*tecnología asistiva*”, “*prótesis deportivas*”, “*silla de ruedas deportiva*”, “*sensores inerciales*”, “*inteligencia artificial*”, “*realidad virtual*”. **Resultados:** Las prótesis deportivas específicas para disciplinas como para atletismo, para ciclismo, para golf y para natación mejoran la eficiencia energética y el control biomecánico. Las sillas de ruedas deportivas optimizadas incrementan la maniobrabilidad y reducen lesiones en baloncesto, rugby y tenis en silla de ruedas y en carreras. Los sensores portátiles y la inteligencia artificial facilitan la monitorización objetiva del desempeño y la clasificación funcional. Tecnologías emergentes como la impresión 3D y la realidad virtual transforman el entrenamiento y la rehabilitación. **Conclusiones:** Las innovaciones tecnológicas potencian el desempeño y la inclusión, pero requieren regulaciones y políticas que garanticen acceso justo y eviten el *dopaje tecnológico*.

Palabras clave: Tecnología asistiva, deporte paralímpico, prótesis deportivas, inteligencia artificial, realidad virtual.

Introducción

En las últimas décadas, el paradeporte y, en particular, el deporte paralímpico, han experimentado una profunda transformación: han pasado de ser percibidos como simples herramientas de rehabilitación o actividades recreativas a convertirse en verdaderos mega-eventos de alto rendimiento deportivo, comparables a los Juegos Olímpicos y cristalizados en la vitrina global de los Juegos Paralímpicos^{1,2}.

El término paradeporte se emplea para describir la práctica deportiva de personas con discapacidad e incluye tanto deportes adaptados (versiones modificadas de disciplinas convencionales), como deportes creados ex profeso para esta población. Dentro de este abanico, el deporte paralímpico agrupa aquellas modalidades recogidas en el programa oficial del Comité Paralímpico Internacional, y disputadas en los Juegos Paralímpicos, considerados la cúspide competitiva para los paraatletas³. Distinguir entre paradeporte y deporte paralímpico resulta crucial, pues mientras el primero suele perseguir fines recreativos o

formativos, el segundo se orienta al alto rendimiento y a la competencia de élite.

Promover la actividad física desde los programas de rehabilitación es crucial, pues no solo aporta beneficios físicos y psicológicos, sino que también fomenta la socialización, el disfrute y la ruptura de estereotipos^{4,5}. La práctica deportiva mejora la calidad de vida y facilita la inclusión social de las personas con discapacidad al desafiar percepciones erróneas y otorgarles mayor visibilidad.

El incremento sostenido de para deportistas ha venido acompañado de una demanda creciente por equipamiento y tecnologías cada vez más sofisticadas, destinadas a maximizar el rendimiento y la seguridad⁶. Sin embargo, estos avances generan interrogantes éticos y sociales relativos al acceso equitativo, la comparación con los deportistas olímpicos y la regulación de ayudas tecnológicas en competencia.

El objetivo de la revisión es analizar cómo las innovaciones tecnológicas influyen en el rendimiento de los para atletas, identificar las tecnologías más relevantes en el deporte paralímpico actual y discutir sus implicancias éticas y sociales, con especial énfasis en los

desafíos que enfrentan los deportistas y sus equipos técnicos para acceder y regular dichas innovaciones.

Material o Pacientes y Método

Esta revisión narrativa se llevó a cabo mediante una búsqueda exhaustiva de la literatura científica en las bases de datos PubMed, Scopus y Google Scholar. La búsqueda se realizó en agosto de 2024, incluyendo publicaciones de los últimos diez años (2014-2024) para garantizar una perspectiva contemporánea de los avances tecnológicos. Se emplearon combinaciones de palabras clave y términos MeSH en español e inglés, tales como: “paradeporte”, “deporte adaptado”, “paralímpico”, “tecnología asistiva”, “prótesis deportivas”, “sillas de ruedas deportivas”, “sensores en deporte”, “inteligencia artificial”, “realidad virtual” y “ética en deporte”.

Crterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron estudios originales, revisiones sistemáticas, metaanálisis y artículos de opinión que abordaran:

- El uso de tecnologías específicas en el paradeporte, como prótesis, sillas de ruedas, dispositivos de evaluación y tecnologías de entrenamiento y rehabilitación.
- El impacto de estas tecnologías en el rendimiento deportivo de los paratletas.
- Consideraciones éticas y sociales relacionadas con el acceso y la regulación de estas tecnologías.

Se excluyeron:

- Publicaciones que no estuvieran disponibles en texto completo.
- Artículos en idiomas distintos al español o inglés.
- Estudios que no abordaran directamente el tema de interés o cuya metodología no fuera explicitada

Procedimiento de selección

La selección de la literatura se realizó en

tres fases:

1. Revisión de Títulos y Resúmenes: Se identificaron artículos potencialmente relevantes basados en su título y resumen.
2. Evaluación del Texto Completo: Los artículos preseleccionados fueron leídos íntegramente para confirmar su pertinencia y cumplimiento de los criterios de inclusión.
3. Extracción y Síntesis de Datos: Se extrajeron datos clave de los estudios seleccionados, centrándose en las tecnologías empleadas, su aplicación en el deporte adaptado, resultados en el rendimiento y aspectos éticos.

Clasificación de las tecnologías

Para facilitar el análisis y la discusión, las tecnologías identificadas se clasificaron en las siguientes categorías:

- Prótesis deportivas.
- Tecnología de sillas de ruedas deportivas.
- Tecnología de sensores y evaluación.
- Tecnologías emergentes: incluyendo inteligencia artificial, impresión 3D y realidad virtual.
- Consideraciones éticas y sociales

Limitaciones metodológicas

Dado el carácter narrativo de esta revisión, no puede descartarse la omisión de estudios potencialmente relevantes. Si bien no se utilizaron herramientas formales para la evaluación de la calidad metodológica, se priorizó la inclusión de literatura revisada por pares, con metodología claramente explicitada y con una adecuada pertinencia temática en relación con el paradeporte y las innovaciones tecnológicas. Adicionalmente, la restricción idiomática a publicaciones en español e inglés pudo haber limitado el alcance de la evidencia considerada.

Resultados

Prótesis deportivas

Existen diferencias significativas entre una prótesis diseñada para uso general y una prótesis

específica para competencia deportiva. Las prótesis deportivas incorporan modificaciones en su diseño para compensar la pérdida funcional del atleta y a las exigencias funcionales de la disciplina deportiva correspondiente⁷. Cada deporte puede requerir componentes únicos en las prótesis, dependiendo de las necesidades específicas de cada disciplina⁸.

a) Prótesis de Para atletismo

Diseñadas para ser ligeras y eficientes, estas prótesis incorporan materiales que absorben impactos y mecanismos que almacenan y liberan energía elástica durante la carrera, imitando la función del tendón de Aquiles⁶. En el caso de las prótesis para miembros superiores, se busca proporcionar estabilidad durante la salida desde el partidor y corregir los patrones biomecánicos alterados, además de optimizar la técnica y la coordinación motora durante la fase de aceleración y el patrón de carrera. Esto se logra mediante diseños aerodinámicos y la compensación del peso perdido por la amputación⁹.

b) Prótesis de Para ciclismo

Las prótesis para ciclismo varían según la deficiencia en las extremidades superiores o inferiores del atleta. Incluyen dispositivos terminales especializados que se adhieren a los pedales o manillares, mejorando el control y la transferencia mecánica de energía¹⁰. Estudios han mostrado que la personalización de estas prótesis permite una mejor transferencia de fuerza y reduce el riesgo de lesiones por sobreuso.

c) Prótesis Para golf

En golf, las prótesis de extremidades superiores pueden incluir dispositivos terminales que ayudan a sujetar correctamente el palo y realizar un *swing* adecuado¹¹. Para las extremidades inferiores, se han desarrollado dispositivos protésicos que mejoran la movilidad y la mecánica del *swing*, como absorbentes de torsión y nuevos diseños de pies protésicos que facilitan la rotación y absorben impactos, adaptándose a terrenos irregulares¹².

d) Prótesis Para natación

Se han desarrollado prótesis específicas

para entrenamientos acuáticos, fabricadas con materiales hidrófugos y configuraciones que optimizan la propulsión, favoreciendo un desplazamiento eficiente en el agua¹³. Entre sus adaptaciones se incluyen aletas o paletas ajustables que incrementan la estabilidad y la velocidad del nadador. Cabe destacar que, de acuerdo con el reglamento de la natación paralímpica, el uso de prótesis está prohibido durante las competencias oficiales, por ello, estos dispositivos se emplean fuera de competencia.

Los avances en la tecnología de prótesis han ampliado significativamente las oportunidades para que personas con amputaciones o deficiencias en las extremidades participen en deportes y actividades físicas¹⁴. Sin embargo, aunque estas innovaciones favorecen la autonomía funcional de los paratletas al mejorar su rendimiento, también plantean preocupaciones sobre la equidad y el potencial de crear disparidades en el acceso a tecnologías avanzadas entre los paratletas, dependiendo del nivel socioeconómico y acceso a recursos tecnológicos¹⁵.

Sillas de ruedas deportivas y tecnología de asistencia

Los deportes en silla de ruedas implican demandas biomecánicas específicas que pueden influir en el rendimiento y aumentar el riesgo de lesiones en los atletas¹⁶. Los avances en el diseño de sillas de ruedas deportivas, incluyendo el uso de materiales ligeros y duraderos, han tenido un impacto notable en el rendimiento deportivo⁷. Algunos ejemplos de la aplicación de estas mejoras tecnológicas en diferentes disciplinas son¹⁷:

a) Baloncesto en silla de ruedas

Las sillas han evolucionado gracias a la tecnología, con diseños que optimizan la eficiencia en la propulsión, disminuyen la demanda energética durante la propulsión y mejoran la maniobrabilidad en la cancha. Ajustes personalizados en la posición del asiento, el ángulo de las ruedas y el centro de gravedad contribuyen a mejorar el rendimiento¹⁸.

b) Rugby en silla de ruedas

Las sillas están diseñadas para adaptarse a las diversas clasificaciones funcionales de los jugadores y deben ser capaces de mejorar el rendimiento en la cancha, siendo durables y estables para enfrentar las demandas físicas del juego¹⁹.

c) Tenis en silla de ruedas

Las sillas empleadas en esta disciplina se optimizan para proporcionar la máxima capacidad de giro y aceleración explosiva, atributos críticos dada la frecuencia de cambios bruscos de dirección. En estudios cinemáticos se ha observado que una altura de asiento relativamente baja y un ángulo de inclinación de las ruedas más pronunciado favorecen el rendimiento en términos de velocidad²⁰. Sin embargo, tanto la altura del asiento como el resto de las dimensiones se personalizan según la capacidad funcional y las necesidades específicas de cada deportista, de modo que el diseño final equilibre estabilidad, eficiencia y control durante el juego.

d) Carreras en silla de ruedas

Este tipo de equipo son personalizados según las condiciones antropométricas de los atletas, lo que influye en su rendimiento²¹. Se ha visto que ajustar el ángulo de las ruedas traseras y la posición de las ruedas en las sillas de carreras optimizan la eficiencia de la propulsión al mejorar la aplicación de fuerza y reducir el costo metabólico, lo que mejora el rendimiento del atleta²².

e) Ciclismo manual (Handcycling)

El diseño de las bicicletas de mano es clave para mejorar el rendimiento de los atletas, ya que elementos como la posición del asiento, la altura y longitud de la manivela, y la posición de los agarres deben personalizarse. Estos ajustes optimizan la técnica y la eficiencia en el movimiento, mejorando la capacidad del atleta para generar fuerza de manera más efectiva durante las fases de empuje y tracción del ciclo de propulsión, lo que se traduce en un rendimiento superior en competencias²³.

Tecnología de sensores

Los sensores portátiles están transformando los deportes adaptados al ofrecer herramientas avanzadas para el monitoreo y optimización del rendimiento de los atletas con discapacidad²⁴. Estas tecnologías también se utilizan en la prevención de lesiones²⁵ y en la clasificación de atletas, proporcionando datos biomecánicos y funcionales cuantificables que contribuyen a la equidad en la competencia²⁶. Los sensores inerciales y electromiográficos (EMG) constituyen las herramientas de mayor aplicación práctica, especialmente en deportes en silla de ruedas²⁷.

Principales aplicaciones de los sensores:

- Clasificación de atletas: Ofrecen datos objetivos sobre las capacidades funcionales, mejorando la precisión en la clasificación²⁶.
- Prevención de lesiones: Ayudan a identificar patrones de movimiento que pueden predisponer a lesiones, permitiendo intervenciones preventivas²⁵.
- Optimización del entrenamiento: Facilitan la caracterización del rendimiento, permitiendo ajustar los programas de entrenamiento de forma personalizada.
- Personalización del equipo: Proporcionan información para ajustar las variables del diseño biomecánico del equipamiento según las necesidades individuales.

Ejemplos de uso de sensores:*a) Goalball*

Los sensores permiten medir y analizar movimientos específicos, ayudando a planificar entrenamientos más efectivos y personalizados para mejorar la competitividad de los jugadores²⁸.

b) Tenis de mesa paralímpico

Facilitan el análisis de la técnica de los jugadores, optimizando las habilidades específicas requeridas y ajustando el entrenamiento en comparación con la versión convencional del deporte²⁹.

c) *Tenis en silla de ruedas*

Evalúan la biomecánica del tronco y los hombros, así como las vibraciones en las extremidades superiores, contribuyendo a optimizar el entrenamiento y prevenir lesiones³⁰.

d) *Carreras en silla de ruedas*

Permiten evaluar el perfil de velocidad durante el ciclo de propulsión y determinar la inclinación óptima del tronco, mejorando la eficiencia y el rendimiento³¹.

e) *Powerlifting paralímpico*

Los sensores inerciales permiten una evaluación detallada de la velocidad de la barra durante levantamientos máximos, ayudando a optimizar el entrenamiento y mejorar el rendimiento³².

Aunque los sensores proporcionan retroalimentación sincrónica de parámetros cinemáticos y musculares, con un claro potencial para mejorar las habilidades motoras y acelerar la rehabilitación física, todavía es necesario profundizar en el desarrollo de nuevos dispositivos de procesamiento, métodos y algoritmos, así como interfaces y protocolos de transferencia de datos de baja latencia³³.

Tecnologías emergentes

Las tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA), la impresión 3D y la realidad virtual (RV) están impactando significativamente en los deportes paralímpicos, mejorando el entrenamiento, la evaluación y la interacción atleta-tecnología y la personalización de los entornos competitivos.

a) *Impresión 3D en el paradeporte*

La impresión 3D ha emergido como una herramienta clave en la construcción de prótesis especializadas para deportes de élite, permitiendo la creación de dispositivos personalizados y más accesibles para los atletas³⁴. Existen casos documentados de medallistas paralímpicos que han utilizado prótesis fabricadas mediante impresión 3D, demostrando su eficacia en competencia³⁵. La posibilidad de producir prótesis a menor costo y en menos

tiempo facilita el acceso y la personalización de acuerdo con los parámetros antropométricos y biomecánicos del usuario.

b) *Inteligencia artificial en el entrenamiento y la evaluación*

La IA está revolucionando el entrenamiento y la evaluación en los deportes adaptados. Al potenciar la capacidad de análisis de los sensores, permite analizar grandes conjuntos de datos multivariantes de tipo cinemático, fisiológico y electromiográfico, facilitando la creación de programas de entrenamiento personalizados para los paratletas³⁶. Algoritmos de aprendizaje automático pueden predecir riesgos de lesión y sugerir modificaciones específicas en el patrón motor o en la mecánica del gesto deportivo para mejorar el rendimiento.

c) *Realidad virtual para el entrenamiento y la rehabilitación*

La RV ofrece entornos inmersivos que simulan escenarios competitivos, permitiendo a los atletas practicar y mejorar sus habilidades en un contexto controlado. Esta tecnología es útil tanto para el desarrollo de habilidades técnicas³⁷ como para la preparación mental y estratégica de cara a las competiciones³⁸. Estudios han demostrado mejoras en la concentración y reducción de la ansiedad precompetitiva mediante el uso de RV.

Consideraciones éticas y sociales

La equidad en el deporte es un principio meritocrático ampliamente aceptado, y los avances tecnológicos que influyen en el rendimiento deportivo generan controversia³⁹. El término “dopaje tecnológico” ha sido propuesto para describir el uso de tecnologías asistivas, como prótesis y sillas de ruedas avanzadas, que pueden otorgar ventajas injustas a ciertos atletas⁴. Esta problemática se ve exacerbada por las disparidades en el acceso a tecnologías asistivas, que suelen depender del nivel de desarrollo económico de los países, afectando la distribución de medallas en los Juegos Paralímpicos⁴¹.

Sin embargo, estas innovaciones también tienen un impacto positivo en la inclusión social y el rendimiento deportivo, al facilitar

la participación y promover la integración de personas con discapacidad⁴². Para equilibrar las ventajas y desventajas de la tecnología y garantizar la equidad deportiva, es esencial establecer regulaciones adecuadas sobre el equipamiento tecnológico utilizado en las competiciones⁴³. Estas regulaciones deben considerar tanto el potencial de la tecnología para mejorar el rendimiento como las implicaciones éticas relacionadas con el acceso y la justicia en el deporte.

Discusión

Las innovaciones tecnológicas han transformado el panorama del paradeporte, ampliando las posibilidades de rendimiento de los atletas con discapacidad, pero también introduciendo desafíos éticos y sociales complejos. Los avances en prótesis deportivas, sillas de ruedas optimizadas y tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y la realidad virtual, han permitido que los paratletas alcancen niveles de desempeño comparables, e incluso superiores, a sus pares sin discapacidad^{6,7}. Sin embargo, esta evolución plantea cuestionamientos sobre la equidad en las competencias, dado que no todos los atletas tienen acceso equitativo a estas innovaciones.

El impacto de la tecnología en el rendimiento ha sido más evidente en la personalización del equipamiento, lo que permite a los atletas adaptar sus dispositivos a sus necesidades biomecánicas específicas⁸. Por ejemplo, las prótesis utilizadas en disciplinas como atletismo y ciclismo han mostrado mejoras en la eficiencia energética, mientras que las sillas de ruedas para deportes como baloncesto y rugby optimizan la maniobrabilidad y reducen las lesiones^{18,19}. Estas mejoras han sido clave para ampliar la participación y mejorar la competitividad de los atletas con discapacidad¹⁵. Sin embargo, la personalización excesiva puede plantear inquietudes sobre ventajas injustas y el llamado “dopaje tecnológico”, dado que ciertos dispositivos pueden conferir beneficios significativos en comparación con los estándares convencionales⁴⁰.

Las tecnologías de sensores han revolucio-

nado la evaluación y el monitoreo del rendimiento, proporcionando retroalimentación en tiempo real que optimiza el entrenamiento y previene lesiones^{24,25}. Estas herramientas permiten que los entrenadores ajusten las cargas de trabajo y las estrategias en función de datos objetivos, facilitando un entrenamiento más eficiente y seguro²⁶. Sin embargo, el acceso a estas tecnologías sigue siendo desigual, especialmente en países con menos recursos, lo que perpetúa las disparidades en la comunidad del paradeporte⁴¹.

Desde una perspectiva ética, la integración de estas tecnologías plantea desafíos sobre la autenticidad de los logros deportivos. La dependencia excesiva en dispositivos avanzados puede modificar la naturaleza misma de la competencia, cuestionando si el mérito deportivo reside en las habilidades del atleta o en la tecnología que utiliza³⁹. Además, la falta de regulaciones claras sobre el uso de estas tecnologías en competiciones oficiales podría generar tensiones entre los principios de inclusión y justicia deportiva⁴³.

Otro aspecto relevante es la representación cultural de los paratletas en los medios, donde sus logros a menudo se presentan en función de las tecnologías que emplean. Esta narrativa puede reforzar estereotipos que reducen la identidad del atleta a su capacidad tecnológica, desviando la atención de sus habilidades y logros personales⁴². Es esencial promover una representación equilibrada que valore tanto la dimensión humana como la tecnológica del deporte adaptado.

Finalmente, para mitigar estas desigualdades y fomentar la equidad, es imprescindible desarrollar políticas y regulaciones que aseguren un acceso justo a las innovaciones tecnológicas. La colaboración entre organizaciones deportivas, investigadores y fabricantes será crucial para garantizar que el avance tecnológico no comprometa los principios fundamentales del deporte paralímpico⁴⁰. A su vez, los entrenadores desempeñan un papel clave al integrar conocimientos técnicos y éticos en sus prácticas, asegurando que los atletas puedan beneficiarse de la tecnología de manera responsable y justa^{36,43}.

No obstante, esta revisión presenta limi-

taciones inherentes a su diseño. Al tratarse de una revisión narrativa, existe el riesgo de sesgo en la selección de la literatura y la posible omisión de estudios relevantes. La heterogeneidad de los estudios considerados, tanto en diseño como en calidad metodológica, dificulta la comparación directa de los hallazgos y limita la generalización de las conclusiones. Para avanzar en este campo, se hace necesario implementar enfoques sistemáticos que profundicen en los impactos específicos de las tecnologías en distintos contextos del paradesporte.

Con base en lo anterior, se proponen las siguientes líneas para futuras investigaciones:

- Evaluaciones empíricas que permitan medir el impacto concreto de determinadas tecnologías en el rendimiento y el bienestar de los paratletas.
- Análisis de accesibilidad, enfocados en identificar y superar las barreras económicas y sociales que impiden un acceso equitativo a estas innovaciones.
- Desarrollo de marcos éticos y legales que regulen el uso de tecnologías emergentes, garantizando justicia y transparencia en su aplicación.
- Formación especializada para entrenadores y personal de apoyo, con una integración de conocimientos técnicos y consideraciones éticas, para una aplicación más reflexiva y equitativa de la tecnología.

En suma, el paradesporte se encuentra en una encrucijada en la que la tecnología puede actuar como una herramienta de empoderamiento o como un factor que profundiza las desigualdades existentes. Solo mediante un enfoque equilibrado, colaborativo y éticamente orientado se podrá garantizar que el deporte adaptado mantenga su esencia inclusiva, competitiva y humana. Es responsabilidad de toda la comunidad deportiva -desde instituciones y fabricantes hasta entrenadores y medios de comunicación- velar por una implementación justa de las innovaciones tecnológicas, asegurando que sus beneficios estén al alcance de todos los paratletas, sin comprometer los principios fundamentales de equidad y espíritu deportivo que sustentan la práctica atlética.

Agradecimientos: Queremos agradecer a la Subdirección de Desarrollo Académico e Investigación, dependiente de la Dirección Médica Nacional de Teletón Chile, por su apoyo durante todo el proceso de confección y publicación del presente trabajo.

Referencias Bibliográficas

1. Derman W, Badenhorst M, Blauwet C, Emery CA, Fagher K, Lee Y-H, et al. Para sport translation of the IOC consensus on recording and reporting of data for injury and illness in sport. *Br J Sports Med*. 2021;55:1068-76.
2. Pullen E, Jackson D, Silk M. Watching disability: UK audience perceptions of the Paralympics, equality and social change. *European Journal of Communication*. 2020;35:469-83.
3. Dubon ME, Rovito C, Van Zandt DK, Blauwet CA. Youth Para and Adaptive Sports Medicine. *Curr Phys Med Rehabil Rep*. 2019;7:104-15.
4. Aitchison B, Rushton AB, Martin P, Barr M, Soundy A, Heneghan NR. The experiences and perceived health benefits of individuals with a disability participating in sport: A systematic review and narrative synthesis. *Disability and Health Journal*. 2022;15:101164.
5. Martin JJ. Benefits and barriers to physical activity for individuals with disabilities: a social-relational model of disability perspective. *Disabil Rehabil*. 2013;35:2030-7.
6. De Luigi AJ. The effects on sports performance of technologic advances in sports prostheses and wheelchairs. *PM R*. 2024;16:409-17.
7. De Luigi AJ, editor. *Adaptive Sports Medicine: A Clinical Guide*. Internet. Cham: Springer International Publishing; 2023. cited 2024 Oct 30. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-44285-8>
8. De Luigi AJ. Sports-Specific Prostheses: An Overview. *Curr Phys Med Rehabil Rep*. 2024;12:19-25.
9. P DG, P RS. Desarrollo de una Prótesis de Extremidad Superior para Competir en Pruebas de Velocidad. Reporte de Caso. *Archivos de la Sociedad Chilena de Medicina del Deporte*. 2019;64:47-55.
10. Tiele A, Soni-Sadar S, Rowbottom J, Patel S, Mathewson E, Pearson S, et al. Design and Development of a Novel Upper-Limb Cycling Prosthesis. *Bioengineering (Basel)*. 2017;4:89.
11. Chang MH, Kim DH, Kim S-H, Lee Y, Cho S, Park H-S, et al. Anthropomorphic Prosthetic Hand Inspired by Efficient Swing Mechanics for Sports Acti-

- vities. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*. 2022;27:1196-207.
12. Sidiropoulos AN, Nelson LM, Pruziner AL, Glasberg JJ, Maikos JT. Evaluation of Weight Shift and X-Factor During Golf Swing of Veterans With Lower Limb Loss. *Am J Phys Med Rehabil*. 2023;102:85-91.
13. Goldstein T, Oreste A, Hutnick G, Chory A, Chehata V, Seldin J, et al. A Pilot Study Testing a Novel 3D Printed Amphibious Lower Limb Prosthesis in a Recreational Pool Setting. *Pm & R*. 2020;12:783.
14. Batley A, Sewell P, Dyer B. Facilitators and barriers for participation in sports and physical activity for children with lower-limb absence: A systematic review. *Prosthet Orthot Int*. 2023;47:368-78.
15. Howe PD, Silva CF. The cyborgification of paralympic sport. *Mov Sport Sci/Sci Mot*. 2017;17-25.
16. Briley SJ, Vegter RJK, Goosey-Tolfrey VL, Mason BS. Alterations in shoulder kinematics are associated with shoulder pain during wheelchair propulsion sprints. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2022;32:1213.
17. Matsuwaka ST, Latzka EW. Summer Adaptive Sports Technology, Equipment, and Injuries. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2019;27:48-55.
18. Slikke RMA van der, Berger MAM, Bregman DJJ, Veeger DHEJ. Wearable Wheelchair Mobility Performance Measurement in Basketball, Rugby, and Tennis: Lessons for Classification and Training. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2020;20:3518.
19. Haydon D, Pinder R, Grimshaw P, Robertson W. Elite wheelchair rugby: a quantitative analysis of chair configuration in Australia. <http://dx.doi.org/101007/s12283-016-0203-0>Internet. 2016; cited 2024 Oct 30; Available from: <https://digital.library.adelaide.edu.au/dspace/handle/2440/105124>
20. Rietveld T, Vegter RJK, der Woude LHV, de Groot S. The interaction between wheelchair configuration and wheeling performance in wheelchair tennis: a narrative review. *Sports Biomech*. 2024;23:370-91.
21. Donegá TJ, Borges JP, Dos Santos SS, Alves DAC, Ferreira JF, Arruda Neto JE, et al. Prescription methodology integrated with equipment designed for customising racing wheelchair. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2024;1-13.
22. Novel Evaluation Tool for Wheelchair Racing Performance: Precise Adjustment of the Wheel Axle and Torque Measurement during Wheelchair PropulsionInternet. cited 2024 Oct 30. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijshs/advpub/0/advpub_202407/_article
23. Nevin J, Kouwijzer I, Stone B, Quittmann OJ, Hettinga F, Abel T, et al. The Science of Handcycling: A Narrative Review. *Int J Sports Physiol Perform*. 2022;17:335-42.
24. Frontiers | Wireless sensor system for real-time performance monitoring in sportsInternet. cited 2024 Oct 30. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/sports-and-active-living/articles/10.3389/fspor.2023.1305117/full>
25. Holanda FJ de, Guebli A. The Modern Technology to Stimulate and Improve Sports Performance for the Paralympic Athletes. *JOURNAL OF PHYSICAL ACTIVITY AND SPORT, SOCIETY, EDUCATION AND HEALTH*Internet. 2020; cited 2024 Oct 30; Available from: https://www.academia.edu/44295179/The_Modern_Technology_to_Stimulate_and_Improve_Sports_Performance_for_the_Paralympic_Athletes
26. Rum L, Sten O, Vendrame E, Belluscio V, Camomilla V, Vannozzi G, et al. Wearable Sensors in Sports for Persons with Disability: A Systematic Review. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2021;21:1858.
27. Nikolis L, Graff C, Nikolis A, Tow S. Wearable electronic devices in parasports: A focused review on para athlete classification. *PM&R*. 2024;16:404-8.
28. Ikeda T, Iguchi Y, Ishihara Y, Shimasaki Y, Ikeda H, Yoshimura M. Activity Profiles of International Goalball Players Using Wearable Devices. *順天堂醫事雑誌*. 2019;advpub.
29. Measuring Upper Limb Kinematics of Forehand and Backhand Topspin Drives with IMU Sensors in Wheelchair and Able-Bodied Table Tennis PlayersInternet. cited 2024 Oct 30. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/24/8303>
30. Sensors for Wheelchair Tennis: Measuring Trunk and Shoulder Biomechanics and Upper Extremity Vibration during Backhand StrokeInternet. cited 2024 Oct 30. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/19/6576>
31. Analyzing Intra-Cycle Velocity Profile and Trunk Inclination during Wheelchair Racing PropulsionInternet. cited 2024 Oct 30. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/1/58>
32. Validation of an Automatic Inertial Sensor-Based Methodology for Detailed Barbell Velocity Monitoring during Maximal Paralympic Bench PressInternet. cited 2024 Oct 30. Available from: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/24/9904>
33. Review of Real-Time Biomechanical Feedback Systems in Sport and RehabilitationInternet. cited 2024 Oct 30. Available from: <https://www.mdpi.com/1424->

8220/22/8/3006

34. Patralekh MK, Mohanta S, Lal H. 13 - Role of 3D printing in sports and prosthetics. In: Rangappa SM, Ayyappan V, Siengchin S, editors. *Additive Manufacturing Materials and Technology*Internet. Elsevier; 2024cited 2024 Oct 30. p. 341–57. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780443184628000131>
35. First 3D-printed prosthetic used at the Paralympics | Guinness World RecordsInternet.cited 2024 Oct 30. Available from: <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/460423-first-3d-printed-prosthetic-used-at-the-paralympics>
36. Chidambaram S, Maheswaran Y, Patel K, Sounderajah V, Hashimoto DA, Seastedt KP, et al. Using Artificial Intelligence-Enhanced Sensing and Wearable Technology in Sports Medicine and Performance Optimisation. *Sensors*. 2022;22:6920.
37. Pérez-Trejos LE, Salazar LG, Ortiz-Muñoz D, Arango-Hoyos G-P. Effect of a virtual reality program to improve trunk stability in Paralympic shot put and javelin throwers. A case study. *Revista de investigación e innovación en ciencias de la salud*. 2022;4:34–48.
38. Frontiers | Virtual training, real effects: a narrative review on sports performance enhancement through interventions in virtual realityInternet.cited 2024 Oct 30. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2023.1240790/full>
39. Fairness, Regulation of Technology and Enhanced Human: A Comparative Analysis of the Pistorius Case and the Cybathlon: Sport, Ethics and Philosophy: Vol 15, No 4Internet.cited 2024 Oct 30. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17511321.202.1818278>
40. Zwierzchowski J, Gawel E. Performance enhancement and doping in adaptive sports: legal framework within the International Paralympic Committee. 2021.
41. Participation and Achievement in the Summer Paralympic Games: The Influence of Income, Sex, and Assistive Technology by Giulia Oggero, Louise Puli, Emma M. Smith, Chapal Khasnabis :: SSRNInternet.cited 2024 Oct 30. Available from: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3893558
42. Frontiers | Innovation for Positive Sustainable Legacy From Mega Sports Events: Virtual Reality as a Tool for Social Inclusion Legacy for Paris 2024 Paralympic GamesInternet.cited 2024 Oct 30. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/sports-and-active-living/articles/10.3389/fspor.2021.625677/full>
43. Brown J. The Creation and Regulation of Sports Equipment: Implications for the Future. *Entertainment and Sports Law Journal*Internet. 2020cited 2024 Oct 30;18. Available from: <https://www.entsportslawjournal.com/article/id/863/>