



REVISTA D'EDUCACIÓ FÍSICA I ESPORTS

Apunts Educación Física y Deportes

ISSN: 1577-4015

ISSN: 2014-0983

info@revista-apunts.com

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya

España

Sá, Karina; Nogueira, Claudio; Gorla, José; Silva, Andressa; Magno e Silva, Marília; Costa e Silva, Anselmo
Clasificación basada en datos fácticos en los deportes en silla de ruedas: revisión sistemática
Apunts Educación Física y Deportes, vol. 39, núm. 153, 2023, Junio-Octubre, pp. 52-66
Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya
Barcelona, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551674794007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto



Clasificación basada en datos fácticos en los deportes en silla de ruedas: revisión sistemática

Karina Sá^{1*} , Cláudio Nogueira² , José Gorla¹ , Andressa Silva³ ,
Marília Magno e Silva⁴ y Anselmo Costa e Silva⁵

¹ Facultad de Educación Física de la Universidad de Campinas, Campinas (Brasil).

² Departamento de Educación Física de la Universidad Castelo Branco, Río de Janeiro (Brasil).

³ Universidad Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil).

⁴ Facultad de Fisioterapia y Terapia Ocupacional de la Universidad Federal de Pará, Belém (Brasil).

⁵ Facultad de Educación Física de la Universidad Federal de Pará, Belém (Brasil).



Citación

Sá, K., Nogueira, C., Gorla, J., Silva, A., Magno e Silva, M. & Costa e Silva, A. (2023). Evidence-based Classification in Wheelchair Sports: A Systematic Review. *Apunts Educación Física y Deportes*, 153, 52-66.
[https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2023/3\).153.05](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2023/3).153.05)

Editado por:

© Generalitat de Catalunya
Departament de la Presidència
Institut Nacional d'Educació
Física de Catalunya (INEFC)

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Karina Sá
karina-sa@outlook.com

Sección:

Educación física

Idioma del original:

Inglés

Recibido:

21 de septiembre de 2022

Aceptado:

19 de enero de 2023

Publicado:

1 de julio de 2023

Portada:

Dos jóvenes practican kitesurf
en estilo libre. Adobestock
©MandicJovan. Mediterraneo

Resumen

El objetivo de este estudio es dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Qué tipo de prueba de clasificación basada en datos fácticos está debatiéndose para los deportes paralímpicos en silla de ruedas? ¿Qué tipo de herramienta utilizan los investigadores para cuantificar estas pruebas de clasificación basadas en datos fácticos? Se llevó a cabo una revisión sistemática en las bases de datos de PubMed y ScienceDirect. Los principales parámetros que describieron los estudios fueron la fuerza muscular de las extremidades superiores y el tronco, junto con indicadores del rendimiento en cuestión de movilidad, en particular la velocidad. Las principales pruebas realizadas en estos estudios fueron pruebas de fuerza isométrica, pruebas de inclinación, esprints y pruebas de aceleración. Los instrumentos más utilizados en los estudios fueron células de carga y dinamómetros, sistemas de vídeo, dispositivos láser, plataformas de fuerza y sensores inerciales. Las herramientas de la biomecánica son importantes aliadas para la clasificación basada en datos fácticos. Las pruebas de clasificación con equipos y sensores que proporcionan mediciones objetivas de los parámetros permiten validar pruebas de campo sencillas y obtener valores fiables relativos a dichos parámetros durante la clasificación de los deportistas.

Palabras clave: clasificación basada en datos fácticos, deportes en silla de ruedas, deportes paralímpicos, medición, tecnologías en el deporte.

Introducción

Once de los veintidós deportes paralímpicos de verano son modalidades en silla de ruedas: rugby en silla de ruedas, baloncesto en silla de ruedas, World Para Athletics, tenis en silla de ruedas, tenis de mesa, parabádminton, esgrima en silla de ruedas, paratriatlón, paratiro, paratiro con arco y *boccia* (Comité Paralímpico Internacional, 2020). Las personas que practican deportes en silla de ruedas suelen clasificarse con las siguientes discapacidades aptas: deterioro de la fuerza muscular (por ejemplo, lesión medular, distrofia muscular, síndrome pospolio y espina bífida), deterioro de la amplitud de movimientos pasivos (por ejemplo, artrogriposis y contractura derivadas de la inmovilización crónica de una articulación o de un traumatismo que afecte a una articulación), alteración de las extremidades (por ejemplo, amputación y dismelia), diferencia de longitud en las piernas, hipertonía (por ejemplo, parálisis cerebral, lesión cerebral traumática e ictus), ataxia (por ejemplo, parálisis cerebral, lesión cerebral traumática, ictus y esclerosis múltiple) y atetosis (por ejemplo, parálisis cerebral, lesión cerebral traumática e ictus) (Comité Paralímpico Internacional, 2017).

A lo largo de los años, desde el desarrollo de las modalidades adaptadas, ha habido algún tipo de clasificación. Inicialmente, la clasificación de los deportistas se basó en el diagnóstico médico del individuo, e incluía clases distintas para personas con lesión medular (ISMWSF), amputaciones y otras (ISOD), ceguera y discapacidad visual (IBSA), parálisis cerebral (CPISRA), así como para personas con discapacidad auditiva (ICSD) y discapacidad intelectual (Special Olympics e INAS) (Reina et al., s.f.). Con la maduración del movimiento paralímpico y la popularización de las modalidades, aparecieron algunas incoherencias en el sistema de clasificación: personas con el mismo diagnóstico podían presentar funcionalidades diferentes, por lo que el sistema se actualizó y ahora se basa en la funcionalidad de los deportistas (Reina et al., s.f.; Tweedy y Vanlandewijck, 2014).

Además, desde la perspectiva de la funcionalidad, existe una relación taxonómica entre la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF) de la Organización Mundial de la Salud y la Clasificación Funcional Paralímpica, en la que es posible aplicar el lenguaje y la estructura de la CIF al contexto del deporte paralímpico (Tweedy, 2002). Así, el sistema de Clasificación Funcional se basa en las definiciones y el lenguaje de la CIF (Tweedy y Vanlandewijck, 2014). Por lo tanto, la clasificación dejó de considerar la lesión en sí misma y empezó a tener en cuenta el impacto de la lesión en la realización de tareas, es decir, en su funcionalidad, y se fue actualizando el código de clasificación hasta llegar a la forma que conocemos hoy en día.

Por cuestiones de juego limpio, las federaciones deportivas deben evaluar y clasificar la discapacidad de un deportista (Vanlandewijck et al., 2011). Las federaciones de cada deporte, reguladas por el Comité Paralímpico Internacional (CPI), tienen sus propias normas de clasificación. Según la definición del CPI, los deportistas se agrupan en clases según el grado en que su discapacidad permanente afecta a las actividades fundamentales de cada deporte (Código de clasificación de deportistas del CPI, 2015). La clasificación deportiva puede ser en parte un proceso subjetivo-cuantitativo (Vanlandewijck et al., 2011). Las reglas de clasificación de cada deporte paralímpico en silla de ruedas tienen principios similares, pero cada deporte tiene sus características de evaluación y sus clases.

La clasificación contribuye significativamente a un rendimiento satisfactorio en los Juegos Paralímpicos (Tachibana et al., 2019). Algunos sistemas de clasificación se basan en el juicio de clasificadores experimentados y estas evaluaciones pueden dar lugar a clasificaciones cuestionables, asignando a los deportistas a clases que pueden darles ventajas o desventajas con respecto a sus competidores (Tweedy y Vanlandewijck, 2014; Van der Slikke et al., 2018). En este sentido, la clasificación basada en datos fácticos (EBC, por sus siglas en inglés) ha ido ganando en popularidad a lo largo de los últimos años. Un sistema de EBC tiene por meta ofrecer clasificaciones más objetivas según datos empíricos obtenidos con métodos cuantitativos.

En este sentido, un sistema basado en datos fácticos requiere el desarrollo de la investigación científica, con el fin de responder a preguntas relevantes para el proceso de clasificación de los deportistas. Así, Tweedy et al. (2016) diseñaron un esquema que pretende resolver dudas sobre el proceso de desarrollo de sistemas de clasificación basados en datos fácticos. Este proceso es secuencial y consta de seis pasos:

- Paso 1. Identificar el deporte diana y los tipos de discapacidad que deben clasificarse. En este paso, se selecciona el tipo de discapacidad de entre los diez tipos aptos para el deporte paralímpico (deterioro de la fuerza muscular, deterioro de la amplitud de movimientos pasivos, discapacidad en las extremidades, diferencia de longitud en las piernas, hipertonía, ataxia, atetosis, baja estatura, discapacidad visual y discapacidad intelectual) y dentro de estos tipos se escogen las discapacidades aptas para cada deporte.
- Paso 2. Diseñar el modelo teórico de los factores determinantes del rendimiento deportivo. En este paso, el investigador determina cómo se evalúa el rendimiento deportivo general e identifica los factores que determinan el rendimiento global en este deporte, tales como la fuerza muscular, la amplitud de movimientos, etc.

- Paso 3a. Diseñar indicadores válidos de las discapacidades. Este paso identifica formas de medir directamente uno de los diez tipos de discapacidades aptas, es decir, métodos para inferir la discapacidad a partir del conocimiento de las estructuras y funciones corporales intactas.
- Paso 3b. Diseñar indicadores de rendimiento estandarizados y específicos para cada deporte. En este paso, se diseñan indicadores estandarizados y específicos para cada deporte que cuantifican el rendimiento de forma individual o colectiva. Por lo tanto, la selección de la prueba debe tener en cuenta si el resultado permite predecir el rendimiento, si el indicador creado tiene en cuenta las diferencias en los indicadores de discapacidad y si los factores que no se valoran tienen una influencia mínima.
- Paso 4. Evaluar la fuerza relativa de la asociación entre los indicadores válidos de la discapacidad y los indicadores específicos del rendimiento deportivo. En este paso, se evalúa la fuerza relativa de la relación entre los indicadores de discapacidad y los indicadores de rendimiento específicos para el deporte en deportistas con discapacidad. Las pruebas que presentan relaciones sólidas y con significación estadística pueden incorporarse a los sistemas de calificación, ayudando así a orientar a los profesionales en la toma de decisiones durante el proceso de calificación.
- Paso 5. Utilizar los resultados del Paso 4 para determinar los criterios mínimos de discapacidad, el número de clases y los métodos de asignación de clases. En este paso, se definen los criterios mínimos de discapacidad, es decir, se determina que la discapacidad es lo suficientemente grave como para afectar negativamente al rendimiento en ese deporte. Además de determinar el número de clases en función de los grados de compromiso en cada deporte, se utilizan métodos estadísticos para lograr estos resultados.

El proceso para hacer que la clasificación se base en datos fácticos requiere muchos estudios, siguiendo cada uno de estos pasos, con el fin de que las evaluaciones se acerquen lo más posible al ideal, aumentando la confianza en los procesos y permitiendo que la visión paralímpica se haga realidad (Tweedy et al., 2016, 2018).

Este tema plantea al menos dos cuestiones: ¿Qué tipo de pruebas de EBC se están debatiendo para los deportes paralímpicos en silla de ruedas? ¿Qué tipo de herramientas se utilizan en la investigación para cuantificar esas pruebas de EBC? Por lo tanto, el objetivo de esta revisión sistemática era analizar qué tipo de pruebas cuantitativas, basadas en técnicas de análisis del movimiento (por ejemplo, mediciones

inerciales, videofotogrametría, etc.), ha estado aplicando la literatura para la EBC en relación con los deportes paralímpicos en silla de ruedas.

Materiales y métodos

Consideraciones previas

El presente estudio va en línea con los elementos de información prioritarios para revisiones sistemáticas y metaanálisis (PRISMA, por sus siglas en inglés). Se registró en el Registro Internacional Prospectivo de Revisiones Sistemáticas (PROSPERO; https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?ID=CRD42020166767) el 28/04/2020 (número de registro CRD42020166767) (Booth et al., 2012). Las preguntas de este estudio se ajustan a la estrategia PICO de la siguiente manera: (1) Participantes: deportistas en silla de ruedas; (2) Intervención: investigación sobre la clasificación basada en datos fácticos; (3) Comparación: datos descriptivos sobre la clasificación basada en datos fácticos; y (4) Resultados: principales pruebas e instrumentos que hacen más objetiva la clasificación de los deportes paralímpicos.

Criterios de admisibilidad

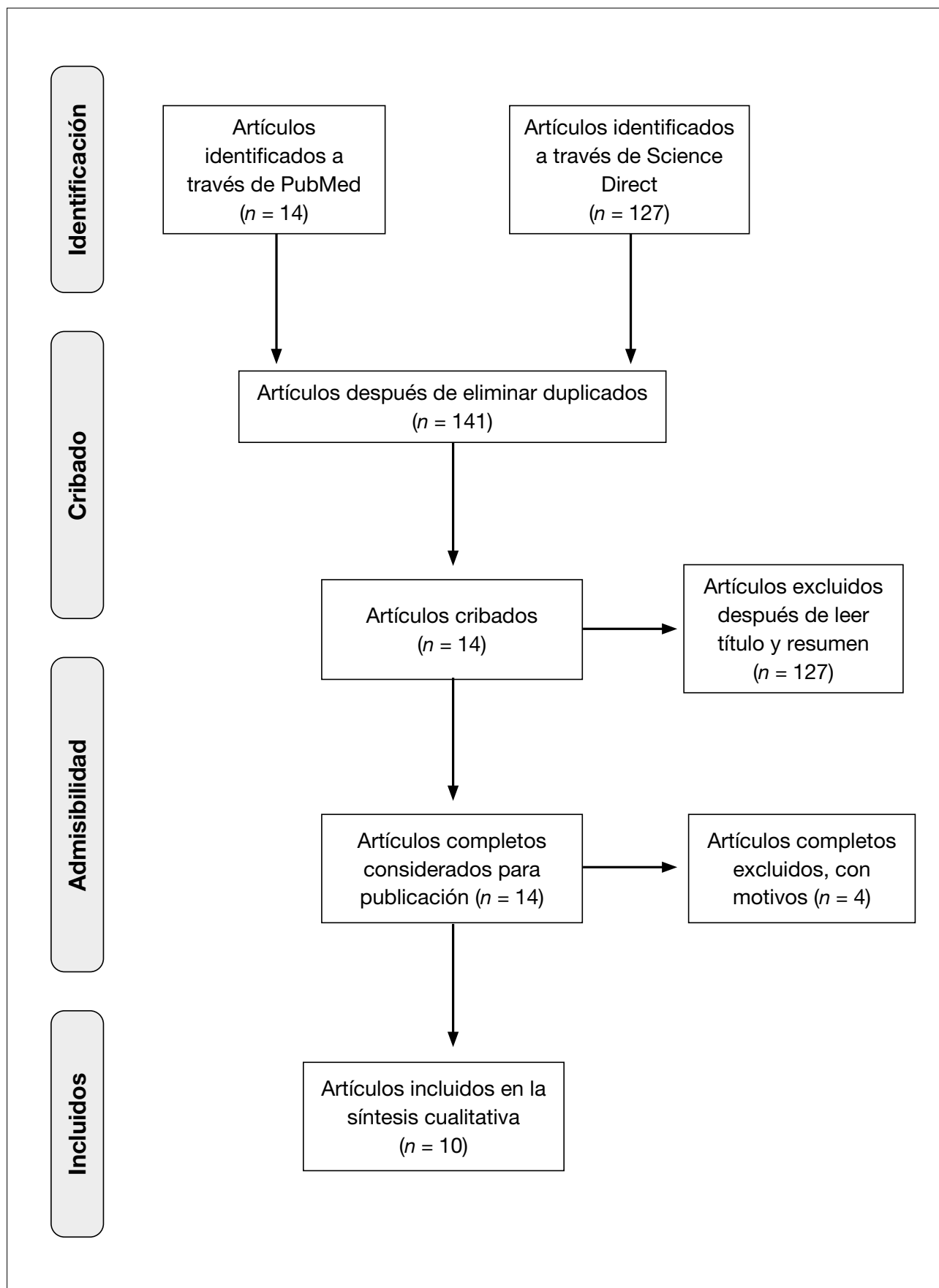
Para tenerse en cuenta, los manuscritos debían: (1) ser estudios transversales redactados en inglés; (2) presentar metodologías para la cuantificación del rendimiento en deportes en silla de ruedas; (3) presentar datos cuantitativos de clasificación basada en datos fácticos en deportes en silla de ruedas; y (4) incluir análisis del movimiento en deportistas paralímpicos. Esta investigación excluyó los estudios que fuesen: (1) introducción de actas de congresos; (2) estudios duplicados; (3) estudios que aplicasen clasificaciones basadas en datos fácticos de deportes paralímpicos sin silla de ruedas.

Estrategia de búsqueda

Se realizaron búsquedas sistemáticas en las siguientes bases de datos con restricción del idioma inglés y sin restricción de fecha: PubMed/Medline y ScienceDirect. Los términos de búsqueda utilizados fueron: “evidence-based classification” (clasificación basada en datos fácticos) y “wheelchair sports” (deportes en silla de ruedas). Tras la búsqueda, dos investigadores seleccionaron los artículos de forma independiente, excluyendo los trabajos duplicados. La elección se basó en los títulos y resúmenes de los artículos y en los criterios de inclusión previamente descritos (Figura 1). Un tercer investigador resolvió los desacuerdos ocasionales.

Figura 1

Diagrama de flujo.



Extracción de datos

La extracción de datos fue realizada de forma independiente por dos investigadores y, en los casos en que surgieron incoherencias, las resolvió un tercer investigador. De los estudios seleccionados, se extrajeron las siguientes características: nombre del autor, año, objetivo, deporte, muestra, parámetro evaluado, pruebas, sensores y equipos, y principales resultados.

Evaluación de la calidad

Los estudios se evaluaron mediante la herramienta AXIS de evaluación de estudios transversales (Downes et al., 2016). Esta herramienta consta de veinte preguntas que evalúan la calidad y el riesgo de sesgo de los estudios transversales.

Resultados

Estudios incluidos

Este estudio identificó un total de 141 artículos en las bases de datos y seleccionó 14 artículos mediante la lectura del título y el resumen. Después, se leyeron íntegramente los artículos y se aplicaron los criterios de inclusión mencionados. Solamente hubo cuatro estudios que no cumplieron los criterios de inclusión: un estudio era una revisión sistemática (Morriën et al., 2017); un apartado de libro (Ungerer, 2018); un estudio no se centraba en aspectos de clasificación (Van der Slikke et al., 2015); y un estudio se centraba en personas sin discapacidades físicas (Vanlandewijck et al., 2011). Finalmente, quedaron 10 artículos para esta revisión (Figura 1). En cuanto a la cronología de estos estudios, el primero se publicó en 2014 (Borren et al., 2014) y los dos más recientes, en 2020 (Mason et al., 2019; Van der Slikke et al., 2020), hasta la presentación de esta revisión.

Evaluación de la calidad

La evaluación de la calidad y el rigor metodológico de los estudios seleccionados se llevó a cabo mediante la herramienta AXIS. Se identificó que, para las 20 preguntas presentes en la herramienta AXIS, ninguno de los artículos incluía los ítems 7, 9 (métodos) y 14 (resultados). Además, los ítems 3 (métodos), 13 (resultados) y 19 (otros) eran negativos en todos los artículos. En general, todos los artículos tienen una buena calidad metodológica; esto hace que sus resultados sean fiables (véase el material suplementario 1). Esta evaluación no influyó en la selección de los estudios.

Resumen de estudios

Descubrimos que el rugby en silla de ruedas era el deporte más estudiado ($N = 8$) (Altmann et al., 2016, 2017; Borren et al., 2014; Hyde et al., 2016; Mason et al., 2019; Santos et al., 2017; Squair et al., 2017; Van der Slikke et al., 2020), seguido del baloncesto en silla de ruedas ($N = 4$) (Altmann et al., 2016; Borren et al., 2014; Hyde et al., 2016; Van der Slikke et al., 2020), World Para Athletics ($N = 2$) (Connick et al., 2017; Hyde et al., 2016), y el tenis en silla de ruedas ($N = 1$) (Van der Slikke et al., 2020). Algunos de los artículos evaluaron más de un deporte (Altmann et al., 2017; Hyde et al., 2016; Van der Slikke et al., 2020). En cuanto a la EBC, los principales instrumentos que utilizaron los investigadores para llevar a cabo sus evaluaciones fueron: células de carga y dinamómetro ($N = 3$) (Altmann et al., 2017; Connick et al., 2017; Mason et al., 2019); sistemas de vídeo ($N = 3$) (Borren et al., 2014; Connick et al., 2017; Hyde et al., 2016); dispositivo láser ($N = 2$) (Altmann et al., 2016; Connick et al., 2017); sensores inerciales ($N = 2$) (Van der Slikke et al., 2018, 2020); y plataforma de fuerza ($N = 1$) (Santos et al., 2017). Las pruebas más extendidas fueron: pruebas de fuerza isométrica ($N = 4$) (Altmann et al., 2017; Connick et al., 2017; Hyde et al., 2016; Mason et al., 2019); pruebas de inclinación ($N = 2$) (Altmann et al., 2016, 2017); esprints ($N = 2$) (Altmann et al., 2016; Connick et al., 2017); aceleración ($N = 2$) (Altmann et al., 2016, 2017); pruebas en situación de partido y pruebas de campo ($N = 2$) (Van der Slikke et al., 2018, 2020); pruebas de pase ($N = 1$) (Borren et al., 2014); prueba de lanzamiento ($N = 1$) (Hyde et al., 2016); e inclinación del tronco hacia los lados ($N = 1$) (Santos et al., 2017). Algunas de las variables computadas fueron: fuerza ($N = 4$) (Altmann et al., 2017; Connick et al., 2017; Hyde et al., 2016; Mason et al., 2019); valores de velocidad y aceleración ($N = 2$) (Van der Slikke et al., 2018, 2020); altura de inclinación ($N = 2$) (Altmann et al., 2016, 2017); y límites de estabilidad (LoS, por sus siglas en inglés) en sedestación ($N = 1$) (Santos et al., 2017). Más información en la Tabla 1.

La EBC tiene por fin hacer más precisa la clasificación en los deportes paralímpicos mediante el uso de pruebas e indicadores. Para ello, es importante 1) seleccionar los parámetros más relevantes que deben evaluarse y las condiciones de la evaluación; 2) elegir los instrumentos y pruebas adecuados para evaluar dichos parámetros; 3) proporcionar valores objetivos que contribuyan a la elección de la clase de un deportista.

Tabla 1*Datos extraídos de los estudios admisibles relativos a la clasificación basada en datos fácticos en los deportes en silla de ruedas.*

Estudio	Finalidad	Paradeporte /Muestra	Evaluación de la prueba	Herramientas de cuantificación	Variables cuantificadas	Principales resultados de la clasificación
(Borren et al., 2014)	Analizar a jugadores de rugby en silla de ruedas mientras realizan diferentes técnicas de pase y comparar a deportistas de diferentes clases.	Rugby en silla de ruedas / 15 deportistas	Pase de pecho. Pase de impacto. Pase por encima del brazo. Pase lateral.	Análisis cinemático.	Fuerza, potencia y velocidad de lanzamiento con cada una de las técnicas de pase.	El grupo sin función del tríceps tenía un lanzamiento medio de 3.5 m y el grupo con función del tríceps tenía un lanzamiento medio de 8 m. De este modo, los deportistas con clases más altas obtuvieron mejores resultados que los deportistas de categorías bajas. Además, se observó que la clasificación actual tenía una buena correlación con las conclusiones del estudio.
(Hyde et al., 2016)	Investigar la influencia de la barra de sujeción, la configuración del asiento y la fuerza de la parte superior del cuerpo y del tronco durante los lanzamientos en sedestación en deportistas con lesión medular (LME).	Rugby en silla de ruedas, baloncesto en silla de ruedas y World Para Athletics / 10 deportistas	Pruebas de fuerza y lanzamiento en sedestación.	Análisis cinemático; Fuerza de agarre; Dinamómetro.	Se recogieron datos cinemáticos en 3D (150 Hz) para ambas afecciones utilizando configuraciones de asiento estandarizadas y autoseleccionadas. Se midió la fuerza de agarre dominante y no dominante con ayuda de un dinamómetro, mientras que la fuerza de la parte superior del cuerpo y del tronco se midió utilizando contracciones isométricas contra una célula de carga.	Los deportistas rindieron mejor cuando utilizaron una barra de sujeción. La configuración del asiento no influyó en el rendimiento. Los indicadores de fuerza de agarre mostraron una correlación significativa con la velocidad del lanzamiento. Estos resultados contribuyen a la investigación de la clasificación basada en datos fácticos.
(Altmann et al., 2016)	Evaluar la repercusión de la discapacidad en el tronco utilizando la clasificación de discapacidades en el tronco (TIC, por sus siglas en inglés) en el rendimiento.	Rugby en silla de ruedas / 55 deportistas: - 21 con puntuación 0 en la TIC. - 13 con una puntuación de 0.5 en la TIC. - 11 con una puntuación de 1.0 en la TIC. - 10 con una puntuación de 1.5 en la TIC.	Prueba de esprint de 10 m. Prueba de giro. Prueba de inclinación. Prueba de aceleración inicial máxima. Prueba de golpeo.	Sensores infrarrojos; Un sensor (AMR Sports).	Prueba de esprint de 10 m: tiempo para realizar la prueba [s]. Prueba de giro: tiempo para recorrer la distancia de 10 m [s]. Prueba de inclinación: altura de inclinación [mm]. Prueba de aceleración máxima inicial [m/s ²]. Prueba de golpeo: Distancia [m] necesaria para alcanzar una diferencia de 81 cm entre deportistas por puntuación de la TIC; e impulso de esprint [kg*m/s].	El estudio demostró que la discapacidad en el tronco influye en la aceleración en los dos primeros metros, por lo que podemos deducir que los deportistas con discapacidad leve en el tronco son más competentes en el rugby en silla de ruedas que los deportistas con discapacidad grave en el tronco.

Leyenda: esta tabla presenta la información principal de los artículos que se seleccionaron para esta revisión.

Tabla 1 (Continuación)*Datos extraídos de los estudios admisibles relativos a la clasificación basada en datos fácticos en los deportes en silla de ruedas.*

Estudio	Finalidad	Paradeporte /Muestra	Evaluación de la prueba	Herramientas de cuantificación	Variables cuantificadas	Principales resultados de la clasificación
(Santos et al., 2017)	Evaluaron la influencia de la clasificación de rugby en silla de ruedas (RSR) y el nivel competitivo en la función del tronco utilizando límites de estabilidad en sedestación (LoS).	Rugby en silla de ruedas / 28 deportistas divididos en tres grupos según la competición nacional o internacional en función de las categorías de la IWRF: un grupo de punto bajo, compuesto por jugadores de 0.5-1.5 puntos, $N = 8$; un grupo de punto medio, con jugadores de 2.0-2.5 puntos, $N = 14$; y un grupo de punto alto, con jugadores de 3.0-3.5 puntos, $N = 6$.	Los participantes tenían que sentarse en un bloque de madera, inclinarse y estirar el cuerpo todo lo posible hacia ocho direcciones predefinidas. La investigación dispuso las ocho direcciones en forma de diamante, separándolas por intervalos de 45 grados.	Plataforma de fuerza.	Los límites de estabilidad (LoS) en sedestación se calcularon como el área de la elipse ajustada a la oscilación del punto de presión (CoP, por sus siglas en inglés) máxima alcanzada en cada una de las ocho direcciones.	Los jugadores de punto alto tenían un límite de estabilidad (LoS) en sedestación más alto que los jugadores de punto bajo. El LoS puede ser una forma válida de evaluación de la discapacidad en el tronco, la cual contribuye a una clasificación basada en datos fácticos.
(Connick et al., 2017)	Validar las pruebas de fuerza isométrica y analizar si los indicadores de fuerza pueden utilizarse para clasificar a los deportistas.	Carreras en silla de ruedas / 32 deportistas	Pruebas de fuerza isométrica máxima: extensión del brazo (derecho e izquierdo), extensión combinada del brazo + flexión del tronco, flexión aislada del tronco pronación del antebrazo combinada con fuerza de agarre (derecha e izquierda). Rendimiento en las carreras en silla de ruedas	Célula de carga de tipo S; Unidad Muscledab; Cámara de vídeo; Dartfish Prosuite; Dinamómetro T; Dispositivos láser.	Pruebas de fuerza isométrica: fuerza máxima Rendimiento en carrera: velocidad máxima (0–15 m) (m/s), velocidad máxima (absoluta) (m/s).	Las seis pruebas de fuerza se correlacionaron con el rendimiento ($r = 0.54$ - 0.88). Mediante el análisis de conglomerados, se identificaron 4 clases y, en el caso de 6 deportistas, la asignación difería de su clase actual; las clases T53 y T54 no presentaban diferencias significativas en ninguno de los resultados de rendimiento. Esto demuestra que tal vez haya que revisar el sistema de clases adoptado para este deporte. Estos resultados contribuyen a la clasificación basada en datos fácticos de carreras en silla de ruedas.

Leyenda: esta tabla presenta la información principal de los artículos que se seleccionaron para esta revisión.

Tabla 1 (Continuación)*Datos extraídos de los estudios admisibles relativos a la clasificación basada en datos fácticos en los deportes en silla de ruedas.*

Estudio	Finalidad	Paradeporte / Muestra	Evaluación de la prueba	Herramientas de cuantificación	Variables cuantificadas	Principales resultados de la clasificación
(Squair et al., 2017)	Establecer un protocolo de prueba autónoma ideal para predecir la capacidad cardiovascular durante la competición de rugby en silla de ruedas.	Rugby en silla de ruedas / 26 deportistas.	Nivel neurológico e integridad de la lesión. Integridad autónoma de la lesión. Hemodinámica en reposo. Prueba de provocación ortostática. Prueba de compresión en frío. Rendimiento del ejercicio en competición.	Normas internacionales para la clasificación neurológica de la lesión medular (ISNCSCI, por sus siglas en inglés); Electrocardiografía con una derivación mediante electrodos de respuestas simpaticocutáneas (RSC) (SSR, por sus siglas en inglés); esfigmomanómetro automatizado.	Puntuaciones motoras de las extremidades superiores e inferiores (en una escala de 0 a 5). Respuestas simpaticocutáneas (en una escala de 0 a 2). Medir las SSR de la neuroestimulación mediana. Hemodinámica en reposo (FC, TAS). Intolerancia ortostática. Prueba de compresión en frío = cambios en la TA y la FC con el cambio de temperatura. FC máxima durante la competición	Los cambios en la TAS durante la prueba de provocación ortostática y la TCP de pies y manos se correlacionaron significativamente con la respuesta cardiovascular en la competición. Los resultados demuestran la importancia de incorporar evaluaciones de la capacidad cardiovascular a la clasificación para que las competiciones sean más equitativas.
(Altmann et al., 2017)	Evaluar la relación entre el deterioro de la fuerza del tronco y el rendimiento en el rugby en silla de ruedas a través del concepto de “clases naturales”.	Rugby en silla de ruedas y baloncesto en silla de ruedas / 27 deportistas	Prueba de fuerza muscular isométrica máxima del tronco (tres direcciones: hacia delante, hacia la izquierda y hacia la derecha). Limitación de la actividad: prueba de inclinación (levantar la rueda no fija del suelo utilizando las piernas), y prueba de aceleración del tronco (realizar la aceleración máxima, manteniendo la velocidad entre 3 y 5 m, y luego desacelerar)	Célula de carga; Cheetah LMT.	Prueba de fuerza muscular isométrica máxima del tronco: fuerza isométrica media (N). Prueba de inclinación: La altura de la inclinación (diferencia entre H1 y H0 [mm]). Prueba de aceleración: Desplazamiento de la silla de ruedas (m) y tiempo (s).	La altura de inclinación presentaba correlaciones significativas con la fuerza izquierda, la fuerza derecha, la fuerza frontal y la aceleración. El análisis de conglomerados demostró que existe al menos un punto de corte en el rendimiento, lo que respalda el concepto de “clases naturales”. La fuerza del tronco desempeña un papel fundamental en la clasificación de este deporte.

Leyenda: esta tabla presenta la información principal de los artículos que se seleccionaron para esta revisión.

Tabla 1 (Continuación)*Datos extraídos de los estudios admisibles relativos a la clasificación basada en datos fácticos en los deportes en silla de ruedas.*

Estudio	Finalidad	Paradeporte / Muestra	Evaluación de la prueba	Herramientas de cuantificación	Variables cuantificadas	Principales resultados de la clasificación
(Van der Slikke et al., 2018)	Evaluar si las mediciones con sensores inerciales podrían ofrecer un punto de vista alternativo para la clasificación.	Baloncesto en silla de ruedas / 76 deportistas	Primer grupo: partido. Segundo grupo: prueba de campo estandarizada.	Sensores inerciales.	Seis resultados clave del rendimiento en silla de ruedas: Velocidad media (m/s). Velocidad media óptima (m/s). Aceleración media (m/s ²). Velocidad media de rotación (m/s ²). Velocidad media de rotación óptima (°/s). Aceleración media de rotación (°/s)	Los deportistas de clase baja mostraron resultados de rendimiento inferiores respecto a los de clase media; sin embargo, no hubo diferencias entre los deportistas de clase media y los de clase alta. El método de “Two Step” reveló dos conglomerados, uno de clase baja y otro de clase media/alta. Los factores de predicción más importantes del modelo fueron los resultados del movimiento hacia delante. Estos resultados demuestran la posibilidad de revisar las clases en el ámbito del baloncesto.
(Mason et al., 2020)	Validar y probar la fiabilidad de una batería de pruebas de fuerza isométrica uniarticular para la clasificación basada en datos fácticos en el rugby en silla de ruedas (RSR).	Rugby en silla de ruedas / 20 deportistas (RSR) y 30 participantes sin discapacidad (SD)	Los participantes, en sedestación, realizaron una batería de pruebas de fuerza isométrica: flexión y extensión del hombro y flexión y extensión del codo	Célula de carga de tipo S; MuscleLab.	Fuerza isométrica máxima (N)	La batería de pruebas reveló un aumento de la resistencia a la flexión en torno al hombro y al codo. Además, la batería de pruebas logró una buena fiabilidad. Así pues, los resultados sugieren que la batería de pruebas puede utilizarse para inferir con seguridad el deterioro de la fuerza en jugadores de RSR, respaldando así un sistema de clasificación basado en datos fácticos.
(Van der Slikke et al., 2020)	Aplicar el Monitor de Rendimiento de Movilidad en Silla de Ruedas (WMP, por sus siglas en inglés) a los deportistas para identificar los factores y resultados que influyen en la clasificación y el rendimiento.	Baloncesto en silla de ruedas (BSR), tenis en silla de ruedas (TSR) y rugby en silla de ruedas (RSR) / 29 jugadores de BSR; 32 jugadores de RSR; 15 jugadores de TSR	Se evaluó a los deportistas durante partidos de competición en cada paradeporte.	Sensores inerciales.	Velocidad media (m/s) Velocidad media óptima (m/s) Aceleración media en los 2 primeros m desde la posición estática (m/s ²) Velocidad media de rotación durante una curva (m/s) Velocidad media de rotación óptima durante un giro sin desplazamiento (m/s) Aceleración rotacional media (m/s ²).	El BSR obtuvo mejores resultados en el VMP, seguido del TSR y, por último, del RSR. En todos los deportes, se avanzó a velocidad inversa durante una cantidad de tiempo considerable, aproximadamente el 10 %. Gracias a los resultados obtenidos con este trabajo, fue posible determinar que la intensidad es un factor importante para los programas de entrenamiento de BSR, al igual que la maniobrabilidad para el TSR y el nivel de discapacidad para el RSR.

Leyenda: esta tabla presenta la información principal de los artículos que se seleccionaron para esta revisión.

Discusión

Nuestros resultados aportan la siguiente información: 1) la mayoría de los estudios menciona la fuerza muscular de los miembros superiores y del tronco y los indicadores de rendimiento de la movilidad (principalmente la velocidad) como parámetros principales; 2) la mayoría de los estudios realiza las siguientes pruebas: pruebas de fuerza isométrica; pruebas de inclinación; esprints; y aceleración; 3) la mayoría de los estudios utiliza los siguientes instrumentos: células de carga y dinamómetro; sistemas de vídeo; dispositivo láser; plataforma de fuerza; y sensores inerciales.

Panorama de los deportes en silla de ruedas y sistema de clasificación

Los paradesportes abordados en los artículos fueron el baloncesto en silla de ruedas, el rugby en silla de ruedas, World Para Athletics y el tenis en silla de ruedas. Si bien estos paradesportes tienen rasgos bastante diferentes, presentan características similares dentro de sus aspectos clasificatorios. En general, el sistema de clasificación de los deportes en silla de ruedas evalúa el tronco y las extremidades superiores e inferiores de los deportistas. El rugby en silla de ruedas, el baloncesto en silla de ruedas y el tenis en silla de ruedas evalúan las funciones de las extremidades inferiores como criterio de admisibilidad: los deportistas aptos para la competición tienen al menos una discapacidad en las extremidades inferiores que les impide jugar en posición erguida (*IWBF Official Player Classification Manual, 2021; WWR Classification Rules, 2022*). Dado que existen varias categorías de competición dentro del paratletismo mundial, la función de las extremidades inferiores de un deportista determina su clasificación. En este deporte, no es obligatorio que los jugadores tengan una discapacidad en las extremidades inferiores, ya que en algunas competiciones de atletismo compiten deportistas con discapacidad en las extremidades superiores (*Reglamento de clasificación de WPA, 2018*). Van der Slikke et al. demostraron en su manuscrito una clara relación entre la clasificación funcional y el rendimiento (Van der Slikke et al., 2018). Cuanto mayor sea la clase del deportista, mayor será su rendimiento en las pruebas que evalúan la habilidad y en las pruebas en situación de partido. En este sentido, el uso de estas pruebas durante el proceso de clasificación podría facilitar las decisiones de los clasificadores.

Las clasificaciones relativas a los cuatro deportes mencionados se basan en la función del tronco y las extremidades superiores de los deportistas. El actual sistema de clasificación del rugby en silla de ruedas, que practican deportistas con tetraplejia o con una discapacidad física

equivalente, consta de siete clases que van de 0.5 a 3.5 (*WWR Classification Rules, 2022*). El sistema de clasificación del baloncesto en silla de ruedas, practicado por deportistas con discapacidad motora o física, tiene clases que van de 1.0 a 4.5 (*IWBF Official Player Classification Manual, 2021*). En World Para Athletics, existen dos categorías de competición: pruebas de pista y pruebas de campo. Los deportistas con alteraciones de su coordinación motora pueden encajar en las clases T32-T34 (seguimiento) y F31-F34 (lanzamiento). Los deportistas con alteración de las extremidades o cambios en la potencia muscular pueden encajar en las clases T51-T54 (seguimiento) y F51-F57 (lanzamiento) (*Reglamento de clasificación de WPA, 2018*). Para poder participar en el tenis en silla de ruedas, los deportistas deben tener una movilidad limitada. Hay dos clases de tenis en silla de ruedas: Open y Quad (*Reglas de clasificación para el tenis en silla de ruedas, 2019*).

En general, al evaluar los criterios mínimos de asignación para estos deportes, seguimos la premisa de que la discapacidad admisible afecta a las funciones del deportista para realizar tareas y actividades específicas que son fundamentales para el deporte. Así pues, la diferencia radica en las discapacidades admisibles determinadas en cada uno de estos deportes. En el caso del baloncesto en silla de ruedas, tenemos deterioro de la fuerza muscular, deterioro de la amplitud de movimientos pasivos, discapacidad en las extremidades, diferencia de longitud en las piernas, hipertonía, ataxia y atetosis. En el rugby en silla de ruedas, la diferencia de longitud en las piernas no se considera una discapacidad admisible y lo mismo ocurre con el tenis en silla de ruedas, que no considera admisibles la diferencia de longitud en las piernas ni la discapacidad en las extremidades. En World Para Athletics, para los deportistas que compiten en silla de ruedas, tenemos las clases T51-T54: discapacidad de las extremidades, deterioro de la amplitud de movimientos pasivos, deterioro de la fuerza muscular y diferencia de longitud en las piernas; para las clases T32-T34 tenemos hipertonía, atetosis y ataxia; para las clases F31-F34: hipertonía, atetosis y ataxia y, por último, para las clases F51-F57: discapacidad de las extremidades, deterioro de la amplitud de movimientos pasivos, deterioro de la fuerza muscular y diferencia de longitud en las piernas.

Un sistema de clasificación no consiste meramente en comprobar quién cumple los requisitos para competir. Proporciona una estructura que controla o mitiga la repercusión de la discapacidad física de un deportista en los resultados finales de una competición mediante la creación de clases adecuadas relativas a cada deporte (Tweedy y Vanlandewijck, 2014).

Pruebas y parámetros evaluados

Varios parámetros pueden hacer que la clasificación sea más precisa al permitir una clasificación basada en datos fácticos: la fuerza, la velocidad, la aceleración, la distancia recorrida y las angulaciones, todos ellos descritos en los estudios mencionados anteriormente. Se necesitan pruebas para obtener indicadores objetivos y fiables en relación con dichos parámetros.

Se llevaron a cabo estudios centrados en el análisis de la fuerza que demostraron que la fuerza muscular (extremidades superiores y tronco) guarda una estrecha relación con el rendimiento deportivo (Altmann et al., 2016, 2017; Borren et al., 2014; Hyde et al., 2016; Mason et al., 2019). Por lo tanto, se recomienda evaluar la fuerza que tiene cada individuo en este momento y, así, inferir cuánta fuerza se ha perdido (Beckman et al., 2017). De este modo, tanto las pruebas isométricas multiarticulares en ángulos articulares que facilitan la máxima producción de fuerza (Altmann et al., 2017; Beckman et al., 2017; Mason et al., 2019) como las pruebas de lanzamiento (Borren et al., 2014; Hyde et al., 2016) parecen adecuadas para evaluar la fuerza muscular. Además, la fuerza del tronco está relacionada con la capacidad de realizar inclinaciones laterales y flexiones/extensiones del tronco, directamente vinculadas a las clases deportivas. Santos et al. (2017) demostraron cómo las plataformas de fuerza evalúan objetivamente el tronco mediante el uso de datos del centro de presión (CoP) y los límites de estabilidad (LoS) en sedestación obtenidos mediante pruebas de inclinación del tronco en ocho direcciones diferentes. Roldan et al. evaluaron el control del tronco en deportistas de *boccia* mediante la escala de tronco BISFed y una batería de pruebas posturográficas consistente en dos tareas estáticas y una dinámica. La escala de función del tronco (TFS, por sus siglas en inglés) BISFed no fue capaz de discriminar clases deportivas; sin embargo, las tareas posturográficas sí fueron capaces de discriminar clases ($p = .004$). Concluyeron que es necesario desarrollar nuevas pruebas de campo para evaluar la estabilización del tronco (Roldan et al., 2020).

Del mismo modo, la velocidad (variación de la posición en el espacio en relación con el tiempo) está estrechamente vinculada a la aceleración (tasa de cambio de la velocidad de un objeto en el tiempo) y ambas se relacionan con el buen rendimiento en deportes que requieren desplazarse en silla de ruedas manteniendo la velocidad máxima y la capacidad de responder con aceleración rápidamente después de frenar (Goosey-Tolfrey et al., 2012). Pruebas como el test de agilidad de Illinois (Rietveld et al., 2019; Usma-Alvarez et al., 2010), el test de velocidad de 20 metros (De Groot et al., 2012; Rietveld et al., 2019), el test de la araña y el test de la mariposa-esprint (Rietveld et al., 2019) pretenden analizar estas variables midiendo la capacidad del deportista para realizar una tarea en el menor tiempo posible (alta velocidad y alta aceleración).

Squair et al. (2017) propusieron que las pruebas de capacidad cardiovascular serían una herramienta interesante en relación con el rugby en silla de ruedas. El estudio observó que un cambio en la presión arterial sistólica (PAS) durante una prueba de desafío ortostático se correlacionaba con la FC máxima en competición. Este hallazgo es verdaderamente relevante: las funciones cardiovasculares pueden constituir un factor limitante en un deporte de gran exigencia aeróbica como es el rugby en silla de ruedas. La inclusión de evaluaciones cardiovasculares a la hora de clasificar a estos deportistas puede ayudar a garantizar la igualdad de condiciones, evitando ventajas o desventajas relacionadas con un control cardiovascular deficiente. Sin embargo, a pesar de la importancia de esta medida, su aplicabilidad sigue siendo un reto para la EBC porque es difícil discriminar entre la capacidad cardiovascular y la falta de entrenamiento; de ahí que el uso de esta medida para la EBC merezca una investigación más exhaustiva. Este parámetro no se incluye en el actual proceso de clasificación de este paradesporte.

Instrumentos

Es necesario destacar la importancia de utilizar equipos que proporcionen indicadores fiables para orientar las evaluaciones. En esta revisión, se observó que los principales equipos utilizados en el rugby en silla de ruedas eran equipos de análisis de fuerza, unidades de medición inercial, sensores de infrarrojos, sistemas de vídeo y plataformas de fuerza. En el baloncesto en silla de ruedas, se trataba de sistemas de vídeo, unidades de medición inercial y equipos de análisis de fuerza. En World Para Athletics, se empleaban equipos de videoanálisis y análisis de la fuerza, mientras que en el tenis en silla de ruedas se utilizaban unidades de medición inercial.

Los investigadores usan sistemas de vídeo (tanto en 2D como en 3D) para el análisis biomecánico. La resolución de imagen, la resolución temporal y la frecuencia de fotogramas por segundo son características que los investigadores deben tener en cuenta a la hora de analizar vídeos. Por ejemplo, las frecuencias de fotogramas iguales o superiores a 120 Hz proporcionan imágenes detalladas y permiten realizar análisis de movimiento (Souza, 2016). En los deportes en silla de ruedas, Borren et al. (2014) utilizaron el vídeo para analizar las técnicas de lanzamiento y las trayectorias. Los autores identificaron que los deportistas de clase deportiva inferior obtenían resultados más bajos de velocidad y distancia de lanzamiento que los de clase deportiva superior. Estos resultados indican que la velocidad y la distancia de lanzamiento están relacionadas con la funcionalidad de los deportistas. Hyde et al. (2016) también utilizaron el vídeo para analizar los lanzamientos. Los investigadores utilizaron un sistema de vídeo para cuantificar la influencia de la configuración del asiento y del uso de una barra de sujeción. Mediante análisis de vídeo, los autores evaluaron la

velocidad de lanzamiento e identificaron que el lanzamiento con barra de sujeción daba lugar a una velocidad de la mano significativamente mayor que el lanzamiento sin pértiga y que no había diferencias significativas en la velocidad de la mano en el lanzamiento entre las configuraciones de asiento estándar y autoseleccionado durante el lanzamiento en sedestación con o sin barra de sujeción. La velocidad de lanzamiento está relacionada con el rendimiento deportivo y la discapacidad, por lo que cuantificar este parámetro como medida de evaluación puede ayudar a decidir la clasificación. El estudio también utilizó el vídeo como equipo auxiliar para posicionar el tronco del deportista y recibir información en tiempo real (Connick et al., 2017). Los sistemas basados en vídeo no solo analizan el lanzamiento, sino también la velocidad, la aceleración y la distancia que recorre una silla de ruedas. Corroborando dicho alcance, Connick et al. (2017) utilizaron tecnología láser para medir la velocidad de las sillas de ruedas.

La investigación utiliza equipos como células de carga (dispositivo que mide la fuerza convirtiendo la carga que actúa sobre él en una generación de electricidad medible) y dinamómetros (aparato que mide la fuerza a través de la deformación de un muelle que sufre por la acción de una fuerza aplicada sobre él, por lo que la intensidad se indica en la graduación que lleva la estructura) para evaluar la fuerza muscular. Las células son medidores de tensión que captan la fuerza electrónicamente, amplificándola y registrándola en newtons. Estos dispositivos permiten evaluar la fuerza del tronco y las extremidades superiores en pruebas de fuerza isométrica (Stark et al., 2011; Steeves et al., 2019). Los dinamómetros isocinéticos son máquinas informatizadas que se consideran el método de referencia para evaluar la fuerza muscular, lo cual incluye la fuerza máxima, la resistencia, la potencia y el ángulo de fuerza máxima. Sin embargo, no son equipos accesibles dado su elevado precio y su difícil movilidad. Destaca como alternativa el dinamómetro manual digital. Un dinamómetro de mano sufre la fuerza de agarre de la mano, midiendo digitalmente la intensidad de esta fuerza en newtons y, a partir de la fuerza de agarre de la mano, se calcula la fuerza total de una persona. Se utiliza para medir el par isométrico y tiene una buena correlación con el método de referencia (Stark et al., 2011).

La unidad de medición inercial (UMI) es un dispositivo en el que se fusionan las señales de un acelerómetro, un giroscopio y, en algunos casos, un magnetómetro, y se utiliza en los análisis de movimiento (Kianifar et al., 2019; Toft Nielsen et al., 2018). Van der Slikke et al. (2018) estudiaron la posibilidad de que los sensores inerciales ofreciesen indicadores alternativos para la clasificación en el baloncesto en silla de ruedas. Mediante el uso de indicadores de velocidad y aceleración en silla de ruedas, el estudio comprobó que los deportistas de clase deportiva alta (4.0-4.5) conseguían un

mejor rendimiento que los de clase deportiva baja (1.0-1.5). Además, los autores observaron que los deportistas de clase deportiva media (2.0-3.0) ofrecían resultados de rendimiento similares a los de alto nivel. Esto indica que los deportistas de clase deportiva media podrían incorporarse a clases superiores, lo que sugiere que algunas clases de baloncesto en silla de ruedas que existen actualmente dejarían de existir si el proceso de clasificación se basara en estudios más eficientes. Van der Slikke et al. (2020) también utilizaron sensores inerciales para investigar cuáles son los aspectos más importantes relativos al rendimiento de movilidad en silla de ruedas (WMP) en cada deporte. Estos autores determinaron que el baloncesto en silla de ruedas es el deporte que requiere una mayor intensidad de rendimiento, mientras que, en el tenis en silla de ruedas, la maniobrabilidad es un factor de rendimiento clave. En el rugby, los investigadores han observado que el WMP está relacionado con el nivel de discapacidad física/motora del deportista. Estos resultados podrían utilizarse directamente en las directrices de clasificación y entrenamiento, haciendo hincapié en la intensidad para el baloncesto en silla de ruedas, centrándose en la maniobrabilidad para el tenis en silla de ruedas y en los programas de entrenamiento basados en el nivel de discapacidad para el rugby en silla de ruedas. Además, los autores subrayaron la importancia de utilizar estos sensores en futuras clasificaciones. Mediante indicadores como la aceleración, la velocidad y la oscilación del tronco, es posible obtener parámetros de evaluación e incorporarlos al sistema de clasificación.

Asimismo, los investigadores utilizan plataformas de fuerza para obtener indicadores objetivos del equilibrio. Estos indicadores se basan en el desplazamiento del propio centro de presión, es decir, el punto de aplicación de las fuerzas verticales que actúan sobre una base de apoyo (Harro y Garascia, 2019). Santos et al. (2017) evaluaron si la clasificación en el ámbito del rugby en silla de ruedas y el nivel competitivo influyen en la función del tronco de los deportistas con discapacidad física, en relación con los límites de estabilidad (LoS) en sedestación a través del centro de presión (CoP), que el estudio analizó a través de la prueba de inclinación del tronco en ocho direcciones diferentes. La investigación identificó que los LoS eran mayores en los deportistas de clase deportiva alta (3.0-3.5) en comparación con los deportistas de clase deportiva baja (0.5-1.5). Por lo tanto, la LoS pueden ser un método válido para evaluar la discapacidad en el tronco, y podrían contribuir al diseño de una clasificación basada en datos fácticos para el rugby en silla de ruedas.

Los instrumentos descritos anteriormente ofrecen indicadores útiles para generar patrones de movimiento y permiten reducir el riesgo de error de los análisis. El aprendizaje automático puede ayudar a este proceso informando de patrones de movimiento y generando ecuaciones de predicción a partir de dichos patrones (Heo et al., 2019). Sin embargo,

el primer paso que debe darse en esta dirección es recoger adecuadamente los datos e interpretarlos de forma correcta en el marco del análisis de la biomecánica y el movimiento con el fin de extraer parámetros importantes para cada paradesporte. El reto es hacer que la clasificación sea cada vez más tecnológica, lo cual precisa de recursos y formación profesional para que los clasificadores puedan utilizar eficazmente los equipos de evaluación.

Retos para implantar un sistema de clasificación basado en datos fácticos

El proceso para conseguir una clasificación más tecnológica se enfrenta a numerosos factores, tales como la inversión económica y la formación profesional. La implementación de instrumentos durante el proceso de clasificación o incluso para realizar encuestas supondría un gran gasto debido a la compra de dichos equipos y a la formación profesional de las personas encargadas de la clasificación; además, todo esto llevaría tiempo. Sin embargo, el importante valor de estos cambios justificaría el gasto y existen alternativas, como la asociación con universidades y centros de investigación (como es el caso ya del CPI, que actualiza sus códigos en función del trabajo de investigación que se lleva a cabo en grandes universidades).

En cuanto a las recomendaciones para el futuro, este estudio ofrece una visión de un futuro en el que será posible utilizar instrumentos tecnológicos en todo el proceso de clasificación y en el que se podrán utilizar pruebas que aporten indicadores fiables y objetivos, como las presentadas aquí.

EBC: ¿pruebas aisladas o en situación de partido?

Tal y como hemos visto a lo largo del estudio, la clasificación de los deportes en silla de ruedas avanza hacia el uso de datos fácticos que respalden la elección de las clases de los deportistas. Estos datos fácticos nos orientan hacia el uso de pruebas, ya sean pruebas aisladas o de campo (pruebas de habilidad o rendimiento que se realizan en la pista o en el campo, como el test de Illinois y la prueba de velocidad de 20 metros) y las pruebas en situación de partido (pruebas que simulan partidos de competición), además de la posibilidad de utilizar la tecnología para facilitar la decisión. Desde esta perspectiva, cuando analizamos pruebas aisladas como las pruebas manuales de fuerza y las evaluaciones de la amplitud de movimientos, estas evalúan aspectos concretos (aislados) que, al unirse, formarán un conjunto de información que facilitará las decisiones del clasificador. Esta característica es interesante de cara a la evaluación de la admisibilidad para el deporte y quizás como criterio diferenciador en caso de que surjan dudas. En cambio, las pruebas de habilidad y las pruebas en situación de partido nos proporcionan

información sobre el rendimiento del deportista, que ya hemos visto que está estrechamente relacionado con la clase funcional. Estas pruebas serían interesantes para clasificar a los deportistas; sin embargo, es necesario tener en cuenta una serie de cuestiones. Los deportistas con más tiempo de práctica que otros deportistas englobados en la misma clase podrían presentar rendimientos diferentes, lo cual resultaría confuso en el momento de la clasificación. Por lo tanto, la combinación de pruebas aisladas y pruebas de aptitudes y en situación de partido parece ser un planteamiento adecuado. Además, las tecnologías portátiles son de gran ayuda durante estas pruebas.

Perspectivas

Este tema es relevante y actual, y esta revisión sistemática presenta y analiza varias pruebas e instrumentos que pueden utilizarse en la clasificación basada en datos fácticos de los deportes en silla de ruedas. En este sentido, el presente estudio brinda una vía para la aplicación práctica de estos recursos, así como posibles obstáculos para su implementación. Puede ser utilizado por los investigadores para generar nuevos estudios y también por los profesionales que se ocupan más de cerca de la clasificación de los deportistas en diferentes deportes.

Conclusiones

Este estudio muestra el importante papel que desempeña la tecnología en el proceso de clasificación basado en datos fácticos. Mediante una serie de instrumentos, podemos acceder a indicadores objetivos de los parámetros evaluados en el proceso de clasificación y validar pruebas sencillas que puedan aplicarse en las directrices de clasificación. Asimismo, los estudios indican que el uso de la tecnología ha ido aumentando en la clasificación de los deportes en silla de ruedas. Las mediciones recogidas con los instrumentos mencionados pueden orientar y ayudar a los investigadores durante el proceso de clasificación, mitigando así el error humano. También es esencial formar a clasificadores para obtener resultados fiables en el proceso. Con el tiempo, la inclusión de tecnología adecuada en el proceso de clasificación elevará el nivel de las competiciones deportivas. La delimitación de parámetros claros, con un menor riesgo de errores, aportará mayor claridad a los deportistas y les ayudará a desarrollarse mejor en sus respectivas clases.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado en parte por la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiación 001.

Referencias

- Altmann, V. C., Groen, B. E., Hart, A. L., Vanlandewijck, Y. C., & Keijsers, N. L. W. (2017). Classifying trunk strength impairment according to the activity limitation caused in wheelchair rugby performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(2), 649–657. <https://doi.org/10.1111/sms.12921>
- Altmann, V. C., Groen, B. E., Hart, A. L., Vanlandewijck, Y. C., van Limbeek, J., & Keijsers, N. L. W. (2016). The impact of trunk impairment on performance-determining activities in wheelchair rugby. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(9), 1005–1014. <https://doi.org/10.1111/sms.12720>
- Beckman, E. M., Connick, M. J., & Tweedy, S. M. (2017). Assessing muscle strength for the purpose of classification in Paralympic sport: A review and recommendations. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 391–396. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.010>
- Borren, G. L., Gooch, S. D., Ingram, B., Jenkins, A., & Dunn, J. (2014). Classification Efficiency in Wheelchair Rugby: Throwing Analysis. *IFAC Proceedings Volumes*, 47(3), 4772–4777. <https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.01335>
- Connick, M. J., Beckman, E., Vanlandewijck, Y., Malone, L. A., Blomqvist, S., & Tweedy, S. M. (2017). Cluster analysis of novel isometric strength measures produces a valid and evidence-based classification structure for wheelchair track racing. *British Journal of Sports Medicine*, 52(17), 1123–1129. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097558>
- De Groot, S., Balvers, I. J. M., Kouwenhoven, S. M., & Janssen, T. W. J. (2012). Validity and reliability of tests determining performance-related components of wheelchair basketball. *Journal of Sports Sciences*, 30(9), 879–887. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.675082>
- Goosey-Tolfrey, V. L., Mason, B., & Burkett, B. (2012). The role of the velocometer as an innovative tool for Paralympic coaches to understand wheelchair sporting training and interventions to help optimise performance. *Sports Technology*, 5(1–2), 20–28. <https://doi.org/10.1080/19346182.2012.686503>
- Harro, C. C., & Garascia, C. (2019). Reliability and Validity of Computerized Force Platform Measures of Balance Function in Healthy Older Adults: *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 42(3), E57–E66. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000175>
- Heo, J., Yoon, J. G., Park, H., Kim, Y. D., Nam, H. S., & Heo, J. H. (2019). Machine Learning-Based Model for Prediction of Outcomes in Acute Stroke. *Stroke*, 50(5), 1263–1265. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.024293>
- Hyde, A., Hogarth, L., Sayers, M., Beckman, E., Connick, M. J., Tweedy, S., & Burkett, B. (2016). The Impact of an Assistive Pole, Seat Configuration, and Strength in Paralympic Seated Throwing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7), 977–983. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0340>
- International Paralympic Committee. (2017). Classification Model Rules for Para Sports. https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/170217125550391_2017_01_18+Classification+Model+Rules+for+Para+Sports.pdf
- International Paralympic Committee. (2020). Paralympic Sports - List of Para Sports and Events. <https://www.paralympic.org/sports>
- IPC Athlete Classification Code. (2015). International Paralympic Committee (IPC). https://www.paralympic.org/sites/default/files/2020-05/170704160235698_2015_12_17%2BClassification%2BCode_FINAL2_0-1.pdf
- IWBF Official Player Classification Manual (2021). IWBF. <https://iwbf.org/the-game/classification/>
- Kianifar, R., Joukov, V., Lee, A., Raina, S., & Kulić, D. (2019). Inertial measurement unit-based pose estimation: Analyzing and reducing sensitivity to sensor placement and body measures. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 6. <https://doi.org/10.1177/2055668318813455>
- Mason, B. S., Altmann, V. C., Hutchinson, M. J., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2019). Validity and reliability of isometric tests for the evidence-based assessment of arm strength impairment in wheelchair rugby classification. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(6), 559–563. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.12.022>
- Morriën, F., Taylor, M. J. D., & Hettinga, F. J. (2017). Biomechanics in Paralympics: Implications for Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(5), 578–589. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0199>
- Reina, R., Vivaracho, I., García-Alaguero, J. L., & Roldán, A. (n.d.). *Guía sobre la clasificación en el deporte paralímpico*.
- Rietveld, T., Vegter, R. J. K., Van der Slikke, R. M. A., Hoekstra, A. E., Van der Woude, L. H. V., & de Groot, S. (2019). Wheelchair mobility performance of elite wheelchair tennis players during four field tests: Inter-trial reliability and construct validity. *PLoS ONE*, 14(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217514>
- Roldán, A., Barbado, D., Vera-García, F. J., Sarabia, J. M., & Reina, R. (2020). Inter-Rater Reliability, Concurrent Validity and Sensitivity of Current Methods to Assess Trunk Function in Boccia Player with Cerebral Palsy. *Brain Sciences*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/brainsci10030130>
- Santos, P. B. R., Vigário, P. S., Mainenti, M. R. M., Ferreira, A. S., & Lemos, T. (2017). Seated limits-of-stability of athletes with disabilities with regard to competitive levels and sport classification. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(12), 2019–2026. <https://doi.org/10.1111/sms.12847>
- Souza, R. B. (2016). An Evidence-Based Videotaped Running Biomechanics Analysis. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 27(1), 217–236. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2015.08.006>
- Squair, J. W., Phillips, A. A., Currie, K. D., Gee, C., & Krassioukov, A. V. (2017). Autonomic testing for prediction of competition performance in Paralympic athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(1), 311–318. <https://doi.org/10.1111/sms.12900>
- Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held Dynamometry Correlation With the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review. *PM & R*, 3(5), 472–479. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.10.025>
- Steeves, D., Thornley, L. J., Goreham, J. A., Jordan, M. J., Landry, S. C., & Fowles, J. R. (2019). Reliability and Validity of a Novel Trunk-Strength Assessment for High-Performance Sprint Flat-Water Kayakers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(4), 486–492. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0428>
- Tachibana, K., Mutsuzaki, H., Shimizu, Y., Doi, T., Hotta, K., & Wadano, Y. (2019). Influence of Functional Classification on Skill Tests in Elite Female Wheelchair Basketball Athletes. *Medicina*, 55(11). <https://doi.org/10.3390/medicina55110740>
- Toft Nielsen, E., Jørgensen, P. B., Mechlenburg, I., & Sørensen, H. (2018). Validation of an inertial measurement unit to determine countermovement jump height. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*, 16, 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2018.09.002>
- Tweedy, S. M. (2002). Taxonomic Theory and the ICF: Foundations for a Unified Disability Athletics Classification. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 19(2), 220–237. <https://doi.org/10.1123/apaq.19.2.220>
- Tweedy, S. M., Connick, M. J., & Beckman, E. M. (2018). Applying Scientific Principles to Enhance Paralympic Classification Now and in the Future. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 29(2), 313–332. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.01.010>
- Tweedy, S. M., Mann, D., & Vanlandewijck, Y. C. (2016). Research needs for the development of evidence-based systems of classification for physical, vision, and intellectual impairments. In Y. C. Vanlandewijck & W. R. Thompson (Eds.), *Training and Coaching the Paralympic Athlete* (pp. 122–149). Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119045144.ch7>

- Tweedy, S. M., & Vanlandewijck, Y. C. (2014). International Paralympic Committee position stand—Background and scientific principles of classification in Paralympic sport. *British Journal of Sports Medicine* 2011;45: 259-269. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.065060>
- Ungerer, G. (2018). Classification in para sport for athletes following cervical spine trauma. In *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 158, pp. 371–377). New York: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63954-7.00035-5>
- Usma-Alvarez, C. C., Chua, J. J. C., Fuss, F. K., Subic, A., & Burton, M. (2010). Advanced performance analysis of the Illinois agility test based on the tangential velocity and turning radius in wheelchair rugby athletes. *Sports Technology*, 3(3), 204–214. <https://doi.org/10.1080/19346182.2011.564284>
- Van der Slikke, R. M. A., Berger, M. a. M., Bregman, D. J. J., Lagerberg, A. H., & Veeger, H. E. J. (2015). Opportunities for measuring wheelchair kinematics in match settings; reliability of a three inertial sensor configuration. *Journal of Biomechanics*, 48(12), 3398–3405. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.06.001>
- Van der Slikke, R. M. A., Berger, M. A. M., Bregman, D. J. J., & Veeger, D. H. E. J. (2020). Wearable Wheelchair Mobility Performance Measurement in Basketball, Rugby, and Tennis: Lessons for Classification and Training. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(12). <https://doi.org/10.3390/s20123518>
- Van der Slikke, R. M. A., Bregman, D. J. J., Berger, M. A. M., de Witte, A. M. H., & Veeger, D.-J. H. E. J. (2018). The Future of Classification in Wheelchair Sports: Can Data Science and Technological Advancement Offer an Alternative Point of View? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(6), 742–749. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0326>
- Vanlandewijck, Y. C., Verellen, J., & Tweedy, S. (2011). Towards evidence-based classification in wheelchair sports: Impact of seating position on wheelchair acceleration. *Journal of Sports Sciences*, 29(10), 1089–1096. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.576694>
- Wheelchair Tennis Classification Rules. (2019). International Tennis Federation.
- WPA Classification Rules and Regulations. (2018). World Para Athletics. https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/180305152713114_2017_12_20++WPA+Classification+Rules+and+Regulations_Edition+2018+online+version+.pdf
- WWR Classification Rules. (2022). WWR. <https://worldwheelchair.rugby/the-game-classifications/>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la URL <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES