



Classificació basada en dades fàctiques en els esports en cadira de rodes: revisió sistemàtica

Karina Sá¹ , Cláudio Nogueira² , José Gorla¹ , Andressa Silva³ ,
Marília Magno e Silva⁴  i Anselmo Costa e Silva⁵ 

¹ Facultat d'Educació Física de la Universitat de Campinas, Campinas (Brasil).

² Departament d'Educació Física de la Universitat Castelo Branco, Rio de Janeiro (Brasil).

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

⁴ Facultat de Fisioteràpia i Teràpia Ocupacional de la Universitat Federal de Pará, Belém (Brasil).

⁵ Facultat d'Educació Física de la Universitat Federal de Pará, Belém (Brasil).



Citació

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.\(2023/3\).153.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2023/3).153.04)

Resum

L'objectiu d'aquest estudi és donar resposta a les preguntes següents: Quin tipus de prova de classificació basada en dades fàctiques s'està debatent per als esports paralímpics en cadira de rodes? Quin tipus d'eina utilitzen els investigadors per quantificar aquestes proves de classificació basades en dades fàctiques? Es va dur a terme una revisió sistemàtica a les bases de dades de PubMed i ScienceDirect. Els principals paràmetres que van descriure els estudis van ser la força muscular de les extremitats superiors i el tronc, juntament amb indicadors del rendiment en qüestió de mobilitat, en particular la velocitat. Les principals proves fetes en aquests estudis van ser proves de força isomètrica, proves d'inclinació, esprints i proves d'acceleració. Els instruments més utilitzats en els estudis van ser cèl·lules de càrrega i dinamòmetres, sistemes de vídeo, dispositius làser, plataformes de força i sensors inercials. Les eines de la biomecànica són aliades importants per a la classificació basada en dades fàctiques. Les proves de classificació amb equips i sensors que proporcionen mesuraments objectius dels paràmetres permeten validar proves de camp senzilles i obtenir valors fiables relatius als paràmetres esmentats durant la classificació dels esportistes.

Paraules clau: classificació basada en dades fàctiques, esports en cadira de rodes, esports paralímpics, mesurament, tecnologies en l'esport.

Editat per:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Karina Sá
karina-sa@outlook.com

Secció:
Educació física

Idioma de l'original:
Anglès

Rebut:
21 de setembre de 2022

Acceptat:
19 de gener de 2023

Publicat:
1 de juliol de 2023

Coberta:
Dos joves practiquen surf d'estel
en estil lliure. Adobestock
©MandicJovan. Mediterraneo

Introducció

Onze dels vint-i-dos esports paralímpics d'estiu són modalitats en cadira de rodes: rugbi en cadira de rodes, bàsquet en cadira de rodes, atletisme paralímpic, tennis en cadira de rodes, tennis de taula, paràbàdminton, esgrima en cadira de rodes, paratriatló, tir paralímpic, tir amb arc paralímpic i *boccia* (Comitè Paralímpic Internacional, 2020). Les persones que practiquen esports en cadira de rodes solen classificar-se amb les següents discapacitats aptes: deteriorament de la força muscular (per exemple, lesió medul·lar, distròfia muscular, síndrome postpòlio i espina bífida), deteriorament de l'amplitud de moviments passius (per exemple, artrogriposis i contractura derivades de la immobilització crònica d'una articulació o d'un traumatisme que afecti una articulació), alteració de les extremitats (per exemple, amputació i dismèlia), diferència de longitud en les cames, hipertonia (per exemple, paràlisi cerebral, lesió cerebral traumàtica i ictus), atàxia (per exemple, paràlisi cerebral, lesió cerebral traumàtica, ictus i esclerosi múltiple) i atetosi (per exemple, paràlisi cerebral, lesió cerebral traumàtica i ictus) (Comitè Paralímpic Internacional, 2017).

Al llarg dels anys, des del desenvolupament de les modalitats adaptades, hi ha hagut algun tipus de classificació. Inicialment, la classificació dels esportistes es va basar en el diagnòstic mèdic de l'individu, i incloïa classes diferents per a persones amb lesió medul·lar (ISMWSF), amputacions i d'altres (ISOD), ceguesa i discapacitat visual (IBSA), paràlisi cerebral (CPISRA), així com per a persones amb discapacitat auditiva (ICSD) i discapacitat intel·lectual (Special Olympics i INAS) (Reina et al., s/d). Amb la maduració del moviment paralímpic i la popularització de les modalitats, van aparèixer algunes incoherències en el sistema de classificació: persones amb el mateix diagnòstic podien presentar funcionalitats diferents, per la qual cosa el sistema es va actualitzar i ara es basa en la funcionalitat dels esportistes (Reina et al., s/d; Tweedy i Vanlandewijck, 2014).

A més, des de la perspectiva de la funcionalitat, hi ha una relació taxonòmica entre la Classificació Internacional del Funcionament, de la Discapacitat i de la Salut (CIF) de l'Organització Mundial de la Salut i la Classificació Funcional Paralímpica, en la qual és possible aplicar el llenguatge i l'estructura de la CIF al context de l'esport paralímpic (Tweedy, 2002). Així, el sistema de Classificació Funcional es basa en les definicions i el llenguatge de la CIF (Tweedy i Vanlandewijck, 2014). Per tant, la classificació va deixar de considerar la lesió en si mateixa i va començar a tenir en compte l'impacte de la lesió en la realització

de tasques, és a dir, en la seva funcionalitat, i es va anar actualitzant el codi de classificació fins a arribar a la forma que coneixem avui dia.

Per qüestions de joc net, les federacions esportives han d'avaluar i classificar la discapacitat d'un esportista (Vanlandewijck et al., 2011). Les federacions de cada esport, regulades pel Comitè Paralímpic Internacional (CPI), tenen les seves pròpies normes de classificació. Segons la definició del CPI, els esportistes s'agrupen en classes segons el grau en què la seva discapacitat permanent afecta les activitats fonamentals de cada esport (Codi de classificació d'esportistes del CPI, 2015). La classificació esportiva pot ser en part un procés subjectiu quantitatiu (Vanlandewijck et al., 2011). Les regles de classificació de cada esport paralímpic en cadira de rodes tenen principis similars, però cada esport té les seves característiques d'avaluació i les seves classes.

La classificació contribueix significativament a un rendiment satisfactori en els Jocs Paralímpics (Tachibana et al., 2019). Alguns sistemes de classificació es basen en el judici de classificadors experimentats i aquestes avaluacions poden donar lloc a classificacions qüestionables, ja que assignen els esportistes a classes que poden donar-los avantatges o desavantatges respecte als seus competidors (Tweedy i Vanlandewijck, 2014; Van der Slikke et al., 2018). En aquest sentit, la classificació basada en dades fàctiques (EBC, per les sigles en anglès) ha anat guanyant popularitat al llarg dels últims anys. Un sistema d'EBC té per meta oferir classificacions més objectives segons dades empíriques obtingudes amb mètodes quantitius.

En aquest sentit, un sistema basat en dades fàctiques requereix el desenvolupament de la recerca científica, a fi de respondre a preguntes rellevants per al procés de classificació dels esportistes. Així, Tweedy et al. (2016) van dissenyar un esquema que pretén resoldre dubtes sobre el procés de desenvolupament de sistemes de classificació basats en dades fàctiques. Aquest procés és seqüencial i consta de sis passos:

- Pas 1. Identificar l'esport diana i els tipus de discapacitat que s'han de classificar. En aquest pas, se selecciona el tipus de discapacitat d'entre els deu tipus aptes per a l'esport paralímpic (deteriorament de la força muscular, deteriorament de l'amplitud de moviments passius, discapacitat en les extremitats, diferència de longitud a les cames, hipertonia, atàxia, atetosi, baixa estatura, discapacitat visual i discapacitat intel·lectual) i dins d'aquests tipus s'escullen les discapacitats aptes per a cada esport.

- Pas 2. Dissenyar el model teòric dels factors determinants del rendiment esportiu. En aquest pas, l'investigador determina com s'avalua el rendiment esportiu general i identifica els factors que determinen el rendiment global en aquest esport, tals com la força muscular, l'amplitud de moviments, etc.
- Pas 3a. Dissenyar indicadors vàlids de les discapacitats. Aquest pas identifica maneres de mesurar directament un dels deu tipus de discapacitats aptes, és a dir, mètodes per inferir la discapacitat a partir del coneixement de les estructures i funcions corporals intactes.
- Pas 3b. Dissenyar indicadors de rendiment estandarditzats i específics per a cada esport. En aquest pas, es dissenyen indicadors estandarditzats i específics per a cada esport que quantifiquen el rendiment de manera individual o col·lectiva. Per tant, la selecció de la prova ha de tenir en compte si el resultat permet predir el rendiment, si l'indicador creat té en compte les diferències en els indicadors de discapacitat i si els factors que no es valoren tenen una influència mínima.
- Pas 4. Avaluar la força relativa de l'associació entre els indicadors vàlids de la discapacitat i els indicadors específics del rendiment esportiu. En aquest pas, s'avalua la força relativa de la relació entre els indicadors de discapacitat i els indicadors de rendiment específics per a l'esport en esportistes amb discapacitat. Les proves que presenten relacions sòlides i amb significació estadística poden incorporar-se als sistemes de qualificació, la qual cosa ajuda a orientar els professionals en la presa de decisions durant el procés de qualificació.
- Pas 5. Utilitzar els resultats del Pas 4 per determinar els criteris mínims de discapacitat, el nombre de classes i els mètodes d'assignació de classes. En aquest pas, es defineixen els criteris mínims de discapacitat, és a dir, es determina que la discapacitat és prou greu com per afectar negativament el rendiment en aquest esport. A més de determinar el nombre de classes en funció dels graus de compromís en cada esport, s'utilitzen mètodes estadístics per aconseguir aquests resultats.

El procés per fer que la classificació es basi en dades fàctiques requereix molts estudis, seguint cada un d'aquests passos, a fi que les avaluacions s'apropin el més possible a l'ideal, s'augmenti la confiança en els processos i es permeti que la visió paralímpica es faci realitat (Tweedy et al., 2016, 2018).

Aquest tema planteja almenys dues qüestions: Quin tipus de proves d'EBC s'estan debatent per als esports paralímpics en cadira de rodes? Quin tipus d'eines s'utilitzen en la recerca per quantificar aquestes proves d'EBC? Per

tant, l'objectiu d'aquesta revisió sistemàtica era analitzar quin tipus de proves quantitatives, basades en tècniques d'anàlisi del moviment (per exemple, mesuraments inercials, videofotogrametria, etc.), ha estat aplicant la literatura per a l'EBC en relació amb els esports paralímpics en cadira de rodes.

Materials i mètodes

Consideracions prèvies

El present estudi va en línia amb els elements d'informació prioritaris per a revisions sistemàtiques i metaanàlisi (PRISMA, per les sigles en anglès). Es va registrar en el Registre Internacional Prospectiu de Revisions Sistemàtiques (PROSPERO; https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?ID=CRD42020166767) el 28/04/2020 (número de registre CRD42020166767) (Booth et al., 2012). Les preguntes d'aquest estudi s'ajusten a l'estratègia PICO de la manera següent: (1) Participants: esportistes en cadira de rodes; (2) Intervenció: recerca sobre la classificació basada en dades fàctiques; (3) Comparació: dades descriptives sobre la classificació basada en dades fàctiques; i (4) Resultats: principals proves i instruments que fan més objectiva la classificació dels esports paralímpics.

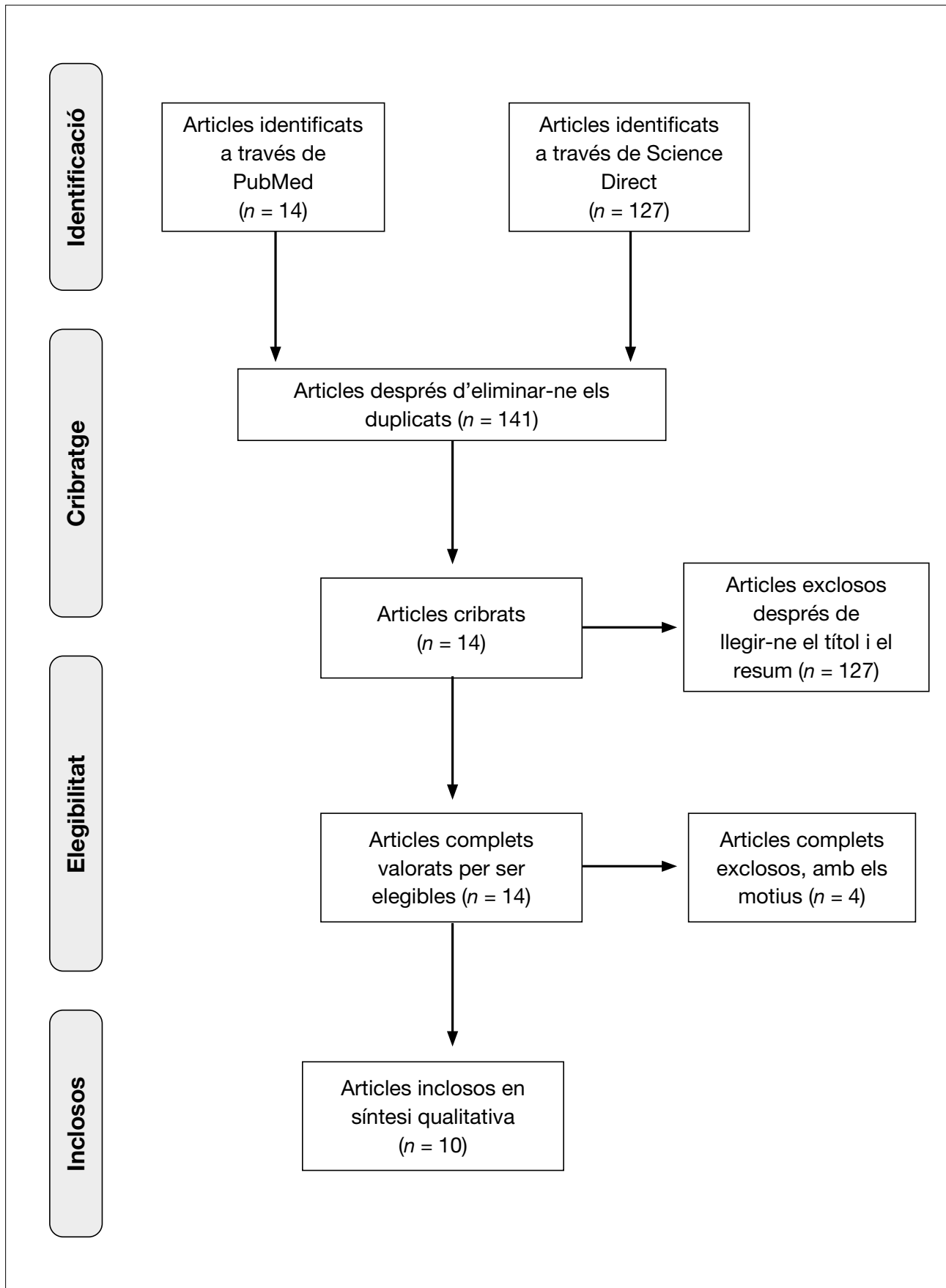
Criteris d'admissibilitat

Per tenir-se en compte, els manuscrits havien de: (1) ser estudis transversals redactats en anglès; (2) presentar metodologies per a la quantificació del rendiment en esports en cadira de rodes; (3) presentar dades quantitatives de classificació basada en dades fàctiques en esports en cadira de rodes; i (4) incloure anàlisi del moviment en esportistes paralímpics. Aquesta recerca va excloure els estudis que fossin: (1) introducció d'actes de congressos; (2) estudis duplicats; (3) estudis que apliquessin classificacions basades en dades fàctiques d'esports paralímpics sense cadira de rodes.

Estratègia de cerca

Es van fer cerques sistemàtiques a les següents bases de dades amb restricció de l'idioma anglès i sense restricció de data: PubMed/Medline i ScienceDirect. Els termes de cerca utilitzats van ser: "evidence-based classification" (classificació basada en dades fàctiques) i "wheelchair sports" (esports en cadira de rodes). Després de la cerca, dos investigadors van seleccionar els articles de manera independent, exclouent-ne els treballs duplicats. L'elecció es va basar en els títols i resums dels articles i en els criteris d'inclusió prèviament descrits (Figura 1). Un tercer investigador va resoldre els desacords ocasionals.

Figura 1
Diagrama de flux.



Extracció de dades

L'extracció de dades la van fer de manera independent dos investigadors i, en els casos en què van sorgir incoherències, les va resoldre un tercer investigador. Dels estudis seleccionats, se'n van extreure les característiques següents: nom de l'autor, any, objectiu, esport, mostra, paràmetre avaluat, proves, sensors i equips, i principals resultats.

Avaluació de la qualitat

Els estudis es van avaluar mitjançant l'eina AXIS d'avaluació d'estudis transversals (Downes et al., 2016). Aquesta eina consta de vint preguntes que avaluen la qualitat i el risc de biaix dels estudis transversals.

Resultats

Estudis inclosos

Aquest estudi va identificar un total de 141 articles a les bases de dades i va seleccionar 14 articles mitjançant la lectura del títol i el resum. Després, es van llegir íntegrament els articles i es van aplicar els criteris d'inclusió esmentats. Només hi va haver quatre estudis que no van complir els criteris d'inclusió: un estudi era una revisió sistemàtica (Morriën et al., 2017); un apartat de llibre (Ungerer, 2018); un estudi no se centrava en aspectes de classificació (Van der Slikke et al., el 2015); i un estudi se centrava en persones sense discapacitats físiques (Vanlandewijck et al., 2011). Finalment, van quedar 10 articles per a aquesta revisió (Figura 1). Quant a la cronologia d'aquests estudis, el primer es va publicar el 2014 (Borren et al., 2014) i els dos més recents, el 2020 (Mason et al., 2019; Van der Slikke et al., 2020), fins a la presentació d'aquesta revisió.

Avaluació de la qualitat

L'avaluació de la qualitat i el rigor metodològic dels estudis seleccionats es va dur a terme mitjançant l'eina AXIS. Es va identificar que, per a les 20 preguntes presents a l'eina AXIS, cap dels articles no incloïa els ítems 7, 9 (mètodes) i 14 (resultats). A més, els ítems 3 (mètodes), 13 (resultats) i 19 (d'altres) eren negatius a

tots els articles. En general, tots els articles tenen una bona qualitat metodològica; això fa que els seus resultats siguin fiables (vegeu el material suplementari 1). Aquesta avaluació no va influir en la selecció dels estudis.

Resum d'estudis

Vam descobrir que el rugbi en cadira de rodes era l'esport més estudiat ($N = 8$) (Altmann et al., 2016, 2017; Borren et al., 2014; Hyde et al., 2016; Mason et al., 2019; Santos et al., 2017; Squir et al., 2017; Van der Slikke et al., 2020), seguit del bàsquet en cadira de rodes ($N = 4$) (Altmann et al., 2016; Borren et al., 2014; Hyde et al., 2016; Van der Slikke et al., 2020), atletisme adaptat ($N = 2$) (Connick et al., 2017; Hyde et al., 2016), i el tennis en cadira de rodes ($N = 1$) (Van der Slikke et al., 2020). Alguns dels articles van avaluar més d'un esport (Altmann et al., 2017; Hyde et al., 2016; Van der Slikke et al., 2020). Quant a l'EBC, els principals instruments que van utilitzar els investigadors per dur a terme les seves avaluacions van ser: cèl·lules de càrrega i dinamòmetre ($N = 3$) (Altmann et al., 2017; Connick et al., 2017; Mason et al., 2019); sistemes de vídeo ($N = 3$) (Borren et al., 2014; Connick et al., 2017; Hyde et al., 2016); dispositiu làser ($N = 2$) (Altmann et al., 2016; Connick et al., 2017); sensors inercials ($N = 2$) (Van der Slikke et al., 2018, 2020); i plataforma de força ($N = 1$) (Santos et al., 2017). Les proves més esteses van ser: proves de força isomètrica ($N = 4$) (Altmann et al., 2017; Connick et al., 2017; Hyde et al., 2016; Mason et al., 2019); proves d'inclinació ($N = 2$) (Altmann et al., 2016, 2017); esprints ($N = 2$) (Altmann et al., 2016; Connick et al., 2017); acceleració ($N = 2$) (Altmann et al., 2016, 2017); proves en situació de partit i proves de camp ($N = 2$) (Van der Slikke et al., 2018, 2020); proves de passada ($N = 1$) (Borren et al., 2014); prova de llançament ($N = 1$) (Hyde et al., 2016); i inclinació del tronc cap als costats ($N = 1$) (Santos et al., 2017). Algunes de les variables computades van ser: força ($N = 4$) (Altmann et al., 2017; Connick et al., 2017; Hyde et al., 2016; Mason et al., 2019); valors de velocitat i acceleració ($N = 2$) (Van der Slikke et al., 2018, 2020); alçada d'inclinació ($N = 2$) (Altmann et al., 2016, 2017); i límits d'estabilitat (LoS, per les sigles en anglès) en sedestació ($N = 1$) (Santos et al., 2017). Més informació a la Taula 1.

Taula 1

Dades extretes dels estudis admissibles relatius a la classificació basada en dades fàctiques en els esports en cadira de rodes.

Estudi	Finalitat	Esport adaptat/Mostra	Avaluació de la prova	Eines de quantificació	Variabls quantificades	Principals resultats de la classificació
(Borren et al., 2014)	Analitzar a jugadors de rugby en silla de ruedas mientras realizan diferentes técnicas de pase y comparar a deportistas de diferentes clases.	Rugbi en cadira de rodes / 15 esportistes	Passada de pit. Passada d'impacte. Passada per sobre del braç. Passada lateral.	Anàlisi cinemàtica.	Força, potència i velocitat de llançament amb cada una de les tècniques de passada.	El grup sense funció del tríceps tenia un llançament mitjà de 3.5 m i el grup amb funció del tríceps tenia un llançament mitjà de 8 m. D'aquesta manera, els esportistes amb classes més altes van obtenir millors resultats que els esportistes de categories baixes. A més, es va observar que la classificació actual tenia una bona correlació amb les conclusions de l'estudi.
(Hyde et al., 2016)	Investigar la influència de la barra de subjecció, la configuració del seient i la força de la part superior del cos i del tronc durant els llançaments en sedestació en esportistes amb lesió medul·lar (LME).	Rugbi en cadira de rodes, bàsquet en cadira de rodes i atletisme paralímpic / 10 esportistes	Proves de força i llançament en sedestació.	Anàlisi cinemàtica. Força d'agafada. Dinamòmetre.	Es van recollir dades cinemàtiques en 3D (150 Hz) per a ambdues afeccions utilitzant configuracions de seient estandarditzades i autoseleccionades. Es va mesurar la força d'agafada dominant i no dominant amb ajuda d'un dinamòmetre, mentre que la força de la part superior del cos i del tronc es va mesurar utilitzant contraccions isomètriques contra una cèl·lula de càrrega.	Els esportistes van rendir millor quan van utilitzar una barra de subjecció. La configuració del seient no va influir en el rendiment. Els indicadors de força d'agafada van mostrar una correlació significativa amb la velocitat del llançament. Aquests resultats contribueixen a la recerca de la classificació basada en dades fàctiques.
(Altmann et al., 2016)	Avaluar la repercussió de la discapacitat en el tronc utilitzant la classificació de discapacitats en el tronc (TIC, per les sigles en anglès) en el rendiment.	Rugbi en cadira de rodes / 55 esportistes: - 21 amb puntuació 0 a la TIC. - 13 amb una puntuació de 0.5 a la TIC. - 11 amb una puntuació d'1.0 a la TIC. - 10 amb una puntuació d'1.5 a la TIC.	Prova d'esprint de 10 m. Prova de gir. Prova d'inclinació. Prova d'acceleració inicial màxima. Prova de cop.	Sensors infrarojos; Un sensor (AMR Sports).	Prova d'esprint de 10 m: temps per fer la prova [s]. Prova de gir: temps per recórrer la distància de 10 m [s]. Prova d'inclinació: alçada d'inclinació [mm]. Prova d'acceleració màxima inicial [m/s ²]. Prova de cop: distància [m] necessària per assolir una diferència de 81 cm entre esportistes per puntuació de la TIC; i impuls d'esprint [kg*m/s].	L'estudi va demostrar que la discapacitat en el tronc influeix en l'acceleració als dos primers metres, per la qual cosa podem deduir que els esportistes amb discapacitat lleu en el tronc són més competents en el rugbi en cadira de rodes que els esportistes amb discapacitat greu en el tronc.

Llegenda: aquesta taula presenta la informació principal dels articles que es van seleccionar per a aquesta revisió.

Taula 1 (Continuació)*Dades extretes dels estudis admissibles relatius a la classificació basada en dades fàctiques en els esports en cadira de rodes.*

Estudi	Finalitat	Esport adaptat/Mostra	Avaluació de la prova	Eines de quantificació	Variabls quantificades	Principals resultats de la classificació
(Santos et al., 2017)	Van avaluar la influència de la classificació de rugbi en cadira de rodes (RCR) i el nivell competitiu en la funció del tronc utilitzant límits d'estabilitat en sedestació (LoS).	Rugbi en cadira de rodes / 28 esportistes dividits en tres grups segons la competició nacional o internacional en funció de les categories de l'IWRF: un grup de punt baix, compost per jugadors de 0.5-1.5 punts, $N = 8$; un grup de punt mitjà, amb jugadors de 2.0-2.5 punts, $N = 14$; i un grup de punt alt, amb jugadors de 3.0-3.5 punts, $N = 6$.	Els participants s'havien d'asseure en un bloc de fusta, inclinar-se i estirar el cos el màxim possible en vuit direccions predefinides. La recerca va disposar les vuit direccions en forma de diamant, separant-les per intervals de 45 graus.	Plataforma de força.	Els límits d'estabilitat (LoS) en sedestació es van calcular com l'àrea de l'el·lipse ajustada a l'oscil·lació del punt de pressió (CoP, per les sigles en anglès) màxima assolida en cadascuna de les vuit direccions.	Els jugadors de punt alt tenien un límit d'estabilitat (LoS) en sedestació més alt que els jugadors de punt baix. El LoS pot ser una forma vàlida d'avaluar la discapacitat en el tronc, la qual contribueix a una classificació basada en dades fàctiques.
(Connick et al., 2017)	Validar les proves de força isomètrica i analitzar si els indicadors de força es poden utilitzar per classificar els esportistes.	Carreres en cadira de rodes / 32 esportistes	Proves de força isomètrica màxima: extensió del braç (dret i esquerre), extensió combinada del braç + flexió del tronc, flexió aïllada del tronc. Pronació de l'avantbraç combinada amb força d'agafada (dreta i esquerra). Rendiment en les carreres en cadira de rodes	Cèl·lula de càrrega de tipus S. Unitat Muscledab. Càmera de vídeo. Dartfish Prosuite. Dinamòmetre T. Dispositius làser.	Proves de força isomètrica: força màxima. Rendiment en carrera: velocitat màxima (0-15 m) (m/s), velocitat màxima (absoluta) (m/s).	Les sis proves de força es van correlacionar amb el rendiment ($r = 0.54-0.88$). Mitjançant l'anàlisi de conglomerats, es van identificar 4 classes i, en el cas de 6 esportistes, l'assignació diferia de la seva classe actual; les classes T53 i T54 no presentaven diferències significatives en cap dels resultats de rendiment. Això demostra que potser calgui revisar el sistema de classes adoptat per a aquest esport. Aquests resultats contribueixen a la classificació basada en dades fàctiques de carreres en cadira de rodes

Llegenda: aquesta taula presenta la informació principal dels articles que es van seleccionar per a aquesta revisió.

Taula 1 (Continuació)*Dades extretes dels estudis admissibles relatius a la classificació basada en dades fàctiques en els esports en cadira de rodes.*

Estudi	Finalitat	Esport adaptat/ Mostra	Avaluació de la prova	Eines de quantificació	Variables quantificades	Principals resultats de la classificació
(Squair et al., 2017)	Establir un protocol de prova autònoma ideal per predir la capacitat cardiovascular durant la competició de rugbi en cadira de rodes.	Rugbi en cadira de rodes / 26 esportistes.	Nivell neurològic i integritat de la lesió. Integritat autònoma de la lesió. Hemodinàmica en repòs. Prova de provocació ortostàtica. Prova de compressió en fred. Rendiment de l'exercici en competició.	Normes internacionals per a la classificació neurològica de la lesió medul·lar (ISNCSCI, per les sigles en anglès); Electrocardiografia amb una derivació mitjançant elèctrodes de respostes simpaticocutànies (RSC) (SSR, per les sigles en anglès); esfigmomanòmetre automatitzat.	Puntuacions motrius de les extremitats superiors i inferiors (en una escala de 0 a 5). Respostes simpaticocutànies (en una escala de 0 a 2). Mesurar les SSR de la neuroestimulació mitjana. Hemodinàmica en repòs (FC, TAS). Intolerància ortostàtica. Prova de compressió en fred = canvis en la TA i la FC amb el canvi de temperatura. FC màxima durant la competició	Els canvis en la TAS durant la prova de provocació ortostàtica i la TCP de peus i mans es van correlacionar significativament amb la resposta cardiovascular en la competició. Els resultats demostren la importància d'incorporar avaluacions de la capacitat cardiovascular a la classificació perquè les competicions siguin més equitatives.
(Altmann et al., 2017)	Avaluar la relació entre el deteriorament de la força del tronc i el rendiment en el rugbi en cadira de rodes a través del concepte de "classes naturals".	Rugbi en cadira de rodes i bàsquet en cadira de rodes / 27 esportistes.	Prova de força muscular isomètrica màxima del tronc (tres direccions: cap endavant, cap a l'esquerra i cap a la dreta). Limitació de l'activitat: prova d'inclinació (aixecar la roda no fixa de terra utilitzant les cames), i prova d'acceleració del tronc (fer l'acceleració màxima, mantenint la velocitat entre 3 i 5 m, i després desaccelerar)	Cèl·lula de càrrega; Cheetah LMT.	Prova de força muscular isomètrica màxima del tronc: força isomètrica mitjana (N). Prova d'inclinació: L'alçada de la inclinació (diferència entre H1 i H0 [mm]). Prova d'acceleració: desplaçament de la cadira de rodes (m) i temps (s).	L'alçada d'inclinació presentava correlacions significatives amb la força esquerra, la força dreta, la força frontal i l'acceleració. L'anàlisi de conglomerats va demostrar que hi ha almenys un punt de tall en el rendiment, la qual cosa reafirma el concepte de "classes naturals". La força del tronc exerceix un paper fonamental en la classificació d'aquest esport.

Llegenda: aquesta taula presenta la informació principal dels articles que es van seleccionar per a aquesta revisió.

Taula 1 (Continuació)*Dades extretes dels estudis admissibles relatius a la classificació basada en dades fàctiques en els esports en cadira de rodes.*

Estudi	Finalitat	Esport adaptat/ Mostra	Avaluació de la prova	Eines de quantificació	Variables quantificades	Principals resultats de la classificació
(Van der Slikke et al., 2018)	Avaluar si els mesuraments amb sensors inercials podrien oferir un punt de vista alternatiu per a la classificació.	Bàsquet en cadira de rodes / 76 esportistes	Primer grup: partit. Segon grup: prova de camp estandarditzada.	Sensors inercials.	Sis resultats clau del rendiment en cadira de rodes: Velocitat mitjana (m/s). Velocitat mitjana òptima (m/s). Acceleració mitjana (m/s ²). Velocitat mitjana de rotació (m/s ²). Velocitat mitjana de rotació òptima (°/s). Acceleració mitjana de rotació (°/s)	Els esportistes de classe baixa van mostrar resultats de rendiment inferiors respecte als de classe mitjana; tanmateix, no hi va haver diferències entre els esportistes de classe mitjana i els de classe alta. El mètode de "Two Step" va revelar dos conglomerats, un de classe baixa i un altre de classe mitjana/alta. Els factors de predicció més importants del model van ser els resultats del moviment cap endavant. Aquests resultats demostren la possibilitat de revisar les classes en l'àmbit del bàsquet.
(Mason et al., 2020)	Validar i provar la fiabilitat d'una bateria de proves de força isomètrica uniaxial per a la classificació basada en dades fàctiques en el rugbi en cadira de rodes (RCR).	Rugbi en cadira de rodes / 20 esportistes (RCR) i 30 participants sense discapacitat (SD)	Els participants, en sedestació, van fer una bateria de proves de força isomètrica: flexió i extensió de l'espatlla i flexió i extensió del colze.	Cèl·lula de càrrega de tipus S; MuscleLab.	Força isomètrica màxima (N)	La bateria de proves va revelar un augment de la resistència a la flexió entorn de l'espatlla i el colze. A més, la bateria de proves va aconseguir una bona fiabilitat. Així doncs, els resultats suggereixen que la bateria de proves es pot utilitzar per inferir amb seguretat el deteriorament de la força en jugadors de RCR, la qual cosa reafirma un sistema de classificació basat en dades fàctiques.
(Van der Slikke et al., 2020)	Aplicar el Monitor de Rendiment de Mobilitat en Cadira de Rodes (WMP, per les sigles en anglès) als esportistes per identificar els factors i resultats que influeixen en la classificació i el rendiment.	Bàsquet en cadira de rodes (BCR), tennis en cadira de rodes (TCR) i rugbi en cadira de rodes (RCR) / 29 jugadors de BCR; 32 jugadors de RCR; 15 jugadors de TCR	Es van avaluar els esportistes durant partits de competició en cada esport adaptat.	Sensors inercials.	Velocitat mitjana (m/s) Velocitat mitjana òptima (m/s) Acceleració mitjana en els 2 primers m des de la posició estàtica (m/s ²) Velocitat mitjana de rotació durant un revolt (m/s) Velocitat mitjana de rotació òptima durant un gir sense desplaçament (m/s) Acceleració rotacional mitjana (m/s ²).	El BCR va obtenir millors resultats en el VMP, seguit del TCR i, finalment, del RCR. En tots els esports, es va avançar a velocitat inversa durant una quantitat de temps considerable, aproximadament el 10 %. Gràcies als resultats obtinguts amb aquest treball, va ser possible determinar que la intensitat és un factor important per als programes d'entrenament de BCR, igual com la maniobrabilitat per al TCR i el nivell de discapacitat per al RCR.

Llegenda: aquesta taula presenta la informació principal dels articles que es van seleccionar per a aquesta revisió.

L'EBC té per objectiu fer més precisa la classificació en els esports paralímpics mitjançant l'ús de proves i indicadors. Per a això, és important 1) seleccionar els paràmetres més rellevants que s'han d'avaluar i les condicions de l'avaluació; 2) triar els instruments i proves adequats per avaluar aquests paràmetres; 3) proporcionar valors objectius que contribueixin a l'elecció de la classe d'un esportista.

Discussió

Els nostres resultats aporten la informació següent: 1) la majoria dels estudis esmenta la força muscular dels membres superiors i del tronc i els indicadors de rendiment de la mobilitat (principalment la velocitat) com a paràmetres principals; 2) la majoria dels estudis fa les proves següents: proves de força isomètrica; proves d'inclinació; esprints; i acceleració; 3) la majoria dels estudis utilitza els instruments següents: cèl·lules de càrrega i dinamòmetre; sistemes de vídeo; dispositiu làser; plataforma de força; i sensors inercials.

Panorama dels esports en cadira de rodes i sistema de classificació

Els esports adaptats abordats als articles van ser el bàsquet en cadira de rodes, el rugbi en cadira de rodes, l'atletisme adaptat i el tennis en cadira de rodes. Si bé aquests esports adaptats tenen trets bastant diferents, presenten característiques similars dins dels seus aspectes classificatoris. En general, el sistema de classificació dels esports en cadira de rodes avalua el tronc i les extremitats superiors i inferiors dels esportistes. El rugbi en cadira de rodes, el bàsquet en cadira de rodes i el tennis en cadira de rodes avaluen les funcions de les extremitats inferiors com a criteri d'admissibilitat: els esportistes aptes per a la competició tenen almenys una discapacitat en les extremitats inferiors que els impedeix jugar en posició dreta (*IWBF Official Player Classification Manual, 2021; WWR Classification Rules, 2022*). Atès que hi ha diverses categories de competició dins de l'atletisme adaptat mundial, la funció de les extremitats inferiors d'un esportista en determina la classificació. En aquest esport, no és obligatori que els jugadors tinguin una discapacitat en les extremitats inferiors, ja que en algunes competicions d'atletisme competeixen esportistes amb discapacitat en les extremitats superiors (Reglament de classificació de la WPA, 2018). Van der Slikke et al. van demostrar al seu manuscrit una clara relació entre la classificació funcional i el rendiment (Van der Slikke et al., 2018). Com més gran sigui la classe de l'esportista, millor serà

el seu rendiment en les proves que avaluen l'habilitat i en les proves en situació de partit. En aquest sentit, l'ús d'aquestes proves durant el procés de classificació podria facilitar les decisions dels classificadors.

Les classificacions relatives als quatre esports esmentats es basen en la funció del tronc i les extremitats superiors dels esportistes. L'actual sistema de classificació del rugbi en cadira de rodes, que practiquen esportistes amb tetraplegia o amb una discapacitat física equivalent, consta de set classes que van de 0.5 a 3.5 (*WWR Classification Rules, 2022*). El sistema de classificació del bàsquet en cadira de rodes, practicat per esportistes amb discapacitat motriu o física, té classes que van d'1.0 a 4.5 (*IWBF Official Player Classification Manual, 2021*). En l'atletisme adaptat, hi ha dues categories de competició: proves de pista i proves de camp. Els esportistes amb alteracions de la seva coordinació motriu poden encaixar en les classes T32-T34 (seguiment) i F31-F34 (llançament). Els esportistes amb alteració de les extremitats o canvis en la potència muscular poden encaixar en les classes T51-T54 (seguiment) i F51-F57 (llançament) (Reglament de classificació de la WPA, 2018). Per poder participar en el tennis en cadira de rodes, els esportistes han de tenir una mobilitat limitada. Hi ha dues classes de tennis en cadira de rodes: Open i Quad (Regles de classificació per al tennis en cadira de rodes, 2019).

En general, en avaluar els criteris mínims d'assignació per a aquests esports, seguim la premissa que la discapacitat admissible afecta les funcions de l'esportista per desenvolupar tasques i activitats específiques que són fonamentals per a l'esport. Així doncs, la diferència rau en les discapacitats admissibles determinades en cada un d'aquests esports. En el cas del bàsquet en cadira de rodes, tenim deteriorament de la força muscular, deteriorament de l'amplitud de moviments passius, discapacitat en les extremitats, diferència de longitud a les cames, hipertonia, atàxia i atetosi. En el rugbi en cadira de rodes, la diferència de longitud a les cames no es considera una discapacitat admissible i passa el mateix amb el tennis en cadira de rodes, que no considera admissibles la diferència de longitud a les cames ni la discapacitat en les extremitats. En l'atletisme adaptat, per als esportistes que competeixen en cadira de rodes, tenim les classes T51-T54: discapacitat de les extremitats, deteriorament de l'amplitud de moviments passius, deteriorament de la força muscular i diferència de longitud a les cames; per a les classes T32-T34 tenim hipertonia, atetosi i atàxia; per a les classes F31-F34: hipertonia, atetosi i atàxia i, finalment, per a les classes F51-F57: discapacitat de les extremitats, deteriorament de

l'amplitud de moviments passius, deteriorament de la força muscular i diferència de longitud a les cames.

Un sistema de classificació no consisteix merament a comprovar qui compleix els requisits per competir. Proporciona una estructura que controla o mitiga la repercussió de la discapacitat física d'un esportista en els resultats finals d'una competició mitjançant la creació de classes adequades relatives a cada esport (Tweedy i Vanlandewijck, 2014).

Proves i paràmetres avaluats

Diversos paràmetres poden fer que la classificació sigui més precisa atès que permeten una classificació basada en dades fàctiques: la força, la velocitat, l'acceleració, la distància recorreguda i les angulacions, tots ells descrits en els estudis esmentats anteriorment. Es necessiten proves per obtenir indicadors objectius i fiables en relació amb aquests paràmetres.

Es van dur a terme estudis centrats en l'anàlisi de la força que van demostrar que la força muscular (extremitats superiors i tronc) té una estreta relació amb el rendiment esportiu (Altmann et al., 2016, 2017; Borren et al., 2014; Hyde et al., 2016; Mason et al., 2019). Per tant, es recomana avaluar la força que té cada individu en aquest moment i, així, inferir quanta força s'ha perdut (Beckman et al., 2017). D'aquesta manera, tant les proves isomètriques multiarticulades en angles articulars que faciliten la màxima producció de força (Altmann et al., 2017; Beckman et al., 2017; Mason et al., 2019) com les proves de llançament (Borren et al., 2014; Hyde et al., 2016) semblen adequades per avaluar la força muscular. A més, la força del tronc està relacionada amb la capacitat de fer inclinacions laterals i flexions/extensions del tronc, directament vinculades a les classes esportives. Santos et al. (2017) van demostrar com les plataformes de força avaluen objectivament el tronc mitjançant l'ús de dades del centre de pressió (CoP) i els límits d'estabilitat (LoS) en sedestació obtinguts mitjançant proves d'inclinació del tronc en vuit direccions diferents. Roldan et al. van avaluar el control del tronc en esportistes de *boccia* mitjançant l'escala de tronc BISFed i una bateria de proves posturogràfiques consistent en dues tasques estàtiques i una de dinàmica. L'escala de funció del tronc (TFS, per les sigles en anglès) BISFed no va ser capaç de discriminar classes esportives; tanmateix, les tasques posturogràfiques sí que van ser capaces de discriminar classes ($p = .004$). Van concloure que és necessari desenvolupar noves proves de camp per avaluar l'estabilització del tronc (Roldan et al., 2020).

De la mateixa manera, la velocitat (variació de la posició en l'espai en relació amb el temps) està estretament vinculada a l'acceleració (taxa de canvi de la velocitat d'un objecte en el temps) i les dues es relacionen amb el bon rendiment

en esports que requereixen desplaçar-se en cadira de rodes mantenint la velocitat màxima i la capacitat de respondre amb acceleració ràpidament després de frenar (Goosey-Tolfrey et al., 2012). Proves com el test d'agilitat d'Illinois (Rietveld et al., 2019; Usma-Alvarez et al., 2010), el test de velocitat de 20 metres (De Groot et al., 2012; Rietveld et al., 2019), el test de l'aranya i el test de la papallona-esprint (Rietveld et al., 2019) pretenen analitzar aquestes variables mesurant la capacitat de l'esportista per dur a terme una tasca en el mínim temps possible (alta velocitat i alta acceleració). Squair et al. (2017) van proposar que les proves de capacitat cardiovascular serien una eina interessant en relació amb el rugbi en cadira de rodes. L'estudi va observar que un canvi en la pressió arterial sistòlica (PAS) durant una prova de desafiament ortostàtic es correlacionava amb la FC màxima en competició. Aquesta troballa és veritablement rellevant: les funcions cardiovasculars poden constituir un factor limitant en un esport de gran exigència aeròbica com és el rugbi en cadira de rodes. La inclusió d'avaluacions cardiovasculars a l'hora de classificar aquests esportistes pot ajudar a garantir la igualtat de condicions, i evitar així avantatges o desavantatges relacionats amb un control cardiovascular deficient. Tanmateix, malgrat la importància d'aquesta mesura, la seva aplicabilitat continua sent un repte per a l'EBC perquè és difícil discriminar entre la capacitat cardiovascular i la falta d'entrenament; per això l'ús d'aquesta mesura per a l'EBC mereix una recerca més exhaustiva. Aquest paràmetre no s'inclou en l'actual procés de classificació d'aquest esport adaptat.

Instruments

És necessari destacar la importància d'utilitzar equips que proporcionin indicadors fiables per orientar les avaluacions. En aquesta revisió, es va observar que els principals equips utilitzats en el rugbi en cadira de rodes eren equips d'anàlisi de força, unitats de mesurament inercial, sensors d'infrarojos, sistemes de vídeo i plataformes de força. En el bàsquet en cadira de rodes, es tractava de sistemes de vídeo, unitats de mesurament inercial i equips d'anàlisi de força. En l'atletisme adaptat, es feien servir equips de videoanàlisi i anàlisi de la força, mentre que en el tennis en cadira de rodes s'utilitzaven unitats de mesurament inercial.

Els investigadors utilitzen sistemes de vídeo (tant en 2D com en 3D) per a l'anàlisi biomecànica. La resolució d'imatge, la resolució temporal i la freqüència de fotogrames per segon són característiques que els investigadors han de tenir en compte a l'hora d'analitzar vídeos. Per exemple, les freqüències de fotogrames iguals o superiors a 120 Hz proporcionen imatges detallades i permeten fer anàlisis de moviment (Souza, 2016). En els esports en cadira de rodes, Borren et al. (2014) van utilitzar el vídeo per analitzar les

tècniques de llançament i les trajectòries. Els autors van identificar que els esportistes de classe esportiva inferior obtenien resultats més baixos de velocitat i distància de llançament que els de classe esportiva superior. Aquests resultats indiquen que la velocitat i la distància de llançament estan relacionades amb la funcionalitat dels esportistes. Hyde et al. (2016) també van utilitzar el vídeo per analitzar els llançaments. Els investigadors van utilitzar un sistema de vídeo per quantificar la influència de la configuració del seient i de l'ús d'una barra de subjecció. Mitjançant anàlisis de vídeo, els autors van avaluar la velocitat de llançament i van identificar que el llançament amb barra de subjecció donava lloc a una velocitat de la mà significativament més gran que el llançament sense perxa i que no hi havia diferències significatives en la velocitat de la mà en el llançament entre les configuracions de seient estàndard i autoseleccionat durant el llançament en sedestació amb barra de subjecció o sense. La velocitat de llançament està relacionada amb el rendiment esportiu i la discapacitat, per la qual cosa quantificar aquest paràmetre com a mesura d'avaluació pot ajudar a decidir la classificació. L'estudi també va utilitzar el vídeo com a equip auxiliar per posicionar el tronc de l'esportista i rebre informació en temps real (Connick et al., 2017). Els sistemes basats en vídeo no només analitzen el llançament, sinó també la velocitat, l'acceleració i la distància que recorre una cadira de rodes. Corroborant aquest abast, Connick et al. (2017) van utilitzar tecnologia làser per mesurar la velocitat de les cadires de rodes.

La recerca utilitza equips com ara cèl·lules de càrrega (dispositiu que mesura la força convertint la càrrega que hi actua a sobre en una generació d'electricitat mesurable) i dinamòmetres (aparell que mesura la força a través de la deformació d'una molla que pateix per l'acció d'una força aplicada a sobre, per la qual cosa la intensitat s'indica en la graduació que porta l'estructura) per avaluar la força muscular. Les cèl·lules són mesuradors de tensió que capten la força electrònicament, l'amplien i la registren en newtons. Aquests dispositius permeten avaluar la força del tronc i les extremitats superiors en proves de força isomètrica (Stark et al., 2011; Steeves et al., 2019). Els dinamòmetres isocinètics són màquines informatitzades que es consideren el mètode de referència per avaluar la força muscular, la qual cosa inclou la força màxima, la resistència, la potència i l'angle de força màxima. Tanmateix, no són equips accessibles atès el seu elevat preu i la seva difícil mobilitat. Destaca com a alternativa el dinamòmetre manual digital. Un dinamòmetre de mà rep la força d'agafada de la mà, i mesura digitalment la intensitat d'aquesta força en newtons i, a partir de la força d'agafada de la mà, es calcula la força total d'una persona. S'utilitza per mesurar el parell isomètric i té una bona correlació amb el mètode de referència (Stark et al., 2011).

La unitat de mesurament inercial (UMI) és un dispositiu en el qual es fusionen els senyals d'un acceleròmetre, un giroscopi i, en alguns casos, un magnetòmetre, i s'utilitza en les anàlisis de moviment (Kianifar et al., 2019; Toft Nielsen et al., 2018). Van der Slikke et al. (2018) van estudiar la possibilitat que els sensors inercials oferissin indicadors alternatius per a la classificació al bàsquet en cadira de rodes. Mitjançant l'ús d'indicadors de velocitat i acceleració en cadira de rodes, l'estudi va comprovar que els esportistes de classe esportiva alta (4.0-4.5) aconseguen un millor rendiment que els de classe esportiva baixa (1.0-1.5). A més, els autors van observar que els esportistes de classe esportiva mitjana (2.0-3.0) oferien resultats de rendiment similars als d'alt nivell. Això indica que els esportistes de classe esportiva mitjana es podrien incorporar a classes superiors, la qual cosa suggereix que algunes classes de bàsquet en cadira de rodes que existeixen actualment deixarien d'existir si el procés de classificació es basés en estudis més eficients. Van der Slikke et al. (2020) també van utilitzar sensors inercials per investigar quins són els aspectes més importants relatius al rendiment de mobilitat en cadira de rodes (WMP) en cada esport. Aquests autors van determinar que el bàsquet en cadira de rodes és l'esport que requereix una intensitat de rendiment més gran, mentre que, en el tennis en cadira de rodes, la maniobrabilitat és un factor de rendiment clau. En el rugbi, els investigadors han observat que el WMP està relacionat amb el nivell de discapacitat física/motriu de l'esportista. Aquests resultats es podrien utilitzar directament en les directrius de classificació i entrenament, posant èmfasi en la intensitat per al bàsquet en cadira de rodes, centrant-se en la maniobrabilitat per al tennis en cadira de rodes i en els programes d'entrenament basats en el nivell de discapacitat per al rugbi en cadira de rodes. A més, els autors van subratllar la importància d'utilitzar aquests sensors en futures classificacions. Mitjançant indicadors com l'acceleració, la velocitat i l'oscil·lació del tronc, és possible obtenir paràmetres d'avaluació i incorporar-los al sistema de classificació.

Així mateix, els investigadors utilitzen plataformes de força per obtenir indicadors objectius de l'equilibri. Aquests indicadors es basen en el desplaçament del mateix centre de pressió, és a dir, el punt d'aplicació de les forces verticals que actuen sobre una base de suport (Harro i Garascia, 2019). Santos et al. (2017) van avaluar si la classificació en l'àmbit del rugbi en cadira de rodes i el nivell competitiu influeixen en la funció del tronc dels esportistes amb discapacitat física, en relació amb els límits d'estabilitat (LoS) en sedestació a través del centre de pressió (CoP), que l'estudi va analitzar a través de la prova d'inclinació del tronc en vuit direccions diferents. La investigació va identificar que els LoS eren més grans en els esportistes de classe esportiva alta (3.0-3.5) en comparació amb els esportistes de classe esportiva baixa

(0.5-1.5). Per tant, els LoS poden ser un mètode vàlid per avaluar la discapacitat en el tronc, i podrien contribuir al disseny d'una classificació basada en dades fàctiques per al rugbi en cadira de rodes.

Els instruments descrits anteriorment ofereixen indicadors útils per generar patrons de moviment i permeten reduir el risc d'error de les anàlisis. L'aprenentatge automàtic pot ajudar aquest procés informant de patrons de moviment i generant equacions de predicció a partir d'aquests patrons (Heo et al., 2019). No obstant això, el primer pas que s'ha de fer en aquesta direcció és recollir adequadament les dades i interpretar-les de manera correcta en el marc de l'anàlisi de la biomecànica i el moviment a fi d'extreure paràmetres importants per a cada esport adaptat. El repte és fer que la classificació sigui cada vegada més tecnològica, la qual cosa requereix recursos i formació professional perquè els classificadors puguin utilitzar eficaçment els equips d'avaluació.

Reptes per implantar un sistema de classificació basat en dades fàctiques

El procés per aconseguir una classificació més tecnològica s'enfronta a nombrosos factors, tals com la inversió econòmica i la formació professional. La implementació d'instruments durant el procés de classificació o fins i tot per fer enquestes suposaria una gran despesa a causa de la compra dels equips esmentats i a la formació professional de les persones encarregades de la classificació; a més, tot això portaria temps. No obstant això, l'important valor d'aquests canvis justificaria la despesa i hi ha alternatives, com ara l'associació amb universitats i centres de recerca (com és el cas ja del CPI, que actualitza els seus codis en funció del treball de recerca que es duu a terme en grans universitats).

Pel que fa a les recomanacions per al futur, aquest estudi ofereix una visió d'un futur en què serà possible utilitzar instruments tecnològics en tot el procés de classificació i en què es podran utilitzar proves que aportin indicadors fiables i objectius, com les presentades aquí.

EBC: proves aïllades o en situació de partit?

Tal com hem vist al llarg de l'estudi, la classificació dels esports en cadira de rodes avança cap a l'ús de dades fàctiques que donin suport a l'elecció de les classes dels esportistes. Aquestes dades fàctiques ens orienten cap a l'ús de proves, ja siguin proves aïllades o de camp (proves d'habilitat o rendiment que es fan a la pista o en el camp, com el test d'Illinois i la prova de velocitat de 20 metres) i les proves en situació de partit (proves que simulen partits de competició), a més de la possibilitat d'utilitzar la tecnologia per facilitar la decisió. Des d'aquesta perspectiva, quan

analitzem proves aïllades com les proves manuals de força i les avaluacions de l'amplitud de moviments, aquestes avaluen aspectes concrets (aïllats) que, en unir-se, formaran un conjunt d'informació que facilitarà les decisions del classificador. Aquesta característica és interessant de cara a l'avaluació de l'admissibilitat per a l'esport i potser com a criteri diferenciador en cas que sorgeixin dubtes. En canvi, les proves d'habilitat i les proves en situació de partit ens proporcionen informació sobre el rendiment de l'esportista, que ja hem vist que està estretament relacionat amb la classe funcional. Aquestes proves serien interessants per classificar els esportistes; tot i així, és necessari tenir en compte una sèrie de qüestions. Els esportistes amb més temps de pràctica que altres esportistes englobats en la mateixa classe podrien presentar rendiments diferents, la qual cosa resultaria confusa en el moment de la classificació. Per tant, la combinació de proves aïllades i proves d'aptituds i en situació de partit sembla que sigui una bona manera d'avançar. A més, les tecnologies portàtils són de gran ajuda durant aquestes proves.

Perspectives

Aquest tema és rellevant i actual, i aquesta revisió sistemàtica presenta i analitza diverses proves i instruments que es poden utilitzar en la classificació basada en dades fàctiques dels esports en cadira de rodes. En aquest sentit, el present estudi brinda una via per a l'aplicació pràctica d'aquests recursos, així com possibles obstacles per a la seva implementació. Pot ser utilitzat pels investigadors per generar nous estudis i també pels professionals que s'ocupen més de prop de la classificació dels esportistes en diferents esports.

Conclusió

Aquest estudi mostra el paper important que té la tecnologia en el procés de classificació basat en dades fàctiques. Mitjançant una sèrie d'instruments, podem accedir a indicadors objectius dels paràmetres avaluats en el procés de classificació i validar proves senzilles que es puguin aplicar en les directrius de classificació. Així mateix, els estudis indiquen que l'ús de la tecnologia ha anat augmentant en la classificació dels esports en cadira de rodes. Els mesuraments recollits amb els instruments esmentats poden orientar i ajudar els investigadors durant el procés de classificació, i mitigar així l'error humà. També és essencial formar classificadors per obtenir resultats fiables en el procés. Amb el temps, la inclusió de tecnologia adequada en el procés de classificació elevarà el nivell de les competicions esportives. La delimitació de paràmetres clars, amb un risc d'errors inferior, aportarà més claredat als esportistes i els ajudarà a desenvolupar-se millor en les seves respectives classes.

Agraïments

Aquest estudi ha estat finançat en part per la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPIS) - Codi de finançament 001.

Referències

- 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/ijsp.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/ijsp.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>
- Roldan, A., Barbado, D., Vera-Garcia, 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/ijsp.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/bjism.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/ijpspp.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/>

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a l'URL <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan inclosos a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>