

Validation of Test Studies for the Analysis of Aerobic Power in Tetraplegic Athletes

Luiz Felipe Castelli Correia de Campos¹
Luiz Marcelo Ribeiro da Luz¹
Cristian Eduardo Duarte Rocha²
Claudio Diehl Nogueira³
Víctor Labrador Roca^{4*}
José Irineu Gorla⁵

¹ Faculty of Education and Humanities, Physical Education Teaching, University of Bio-Bio (Chile).

² Faculty of Education Sciences, San Sebastián University (Chile).

³ Universidade Castelo Branco (Rio de Janeiro, Brazil).

⁴ National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), Centre de Barcelona, University of Barcelona (Spain).

⁵ Faculdade de Educação Física-DEAFA, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP (Campinas, Brazil).

Validació de proves per a l'anàlisi de la potència aeròbica en atletes tetraplègics

Luiz Felipe Castelli Correia de Campos¹
Luiz Marcelo Ribeiro da Luz¹
Cristian Eduardo Duarte Rocha²
Claudio Diehl Nogueira³
Víctor Labrador Roca^{4*}
José Irineu Gorla⁵

¹ Facultat d'Educació i Humanitats, Pedagogia en Educació Física, Universitat del Bio-Bio (Xile).

² Facultat de Ciències de l'Educació, Universitat San Sebastián (Xile).

³ Universitat Castelo Branco (Rio de Janeiro, Brasil).

⁴ Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC), Centre de Barcelona, Universitat de Barcelona (Espanya).

⁵ Facultat d'Educació Física-DEAFA, Universitat Estatal de Campinas-UNICAMP (Campinas, Brasil).

Abstract

The following study presents a review of the literature from 1980 to 2011 that aims to find original methodologies to evaluate aerobic power in athletes with tetraplegia, to describe the methodological procedures used and to present the possible methodological errors analysed so that other studies can develop more reliable and adequate protocols for this population. The databases *ScienceDirect*, *Scopus*, *Pubmed* and *Medline* were searched using the keywords "Wheelchair Users", "Spinal Cord Injury", "Field Test", "Validation" and "Peak Oxygen Consumption". After an in-depth analysis of the manuscripts, 10 articles were selected, all with international authors. It can be concluded that the use of these resources is an important area of interest in the field of parasport performance, although there are some restrictions due to the types of disability, the difficulty of obtaining homogeneous samples and the difficulty of obtaining sufficient sample groups to perform statistical procedures. Despite the evolution in evaluation processes in the field of sport, more studies should be proposed so that the field protocols become more reliable and adequate for this population.

Keywords: aerobic power, disability, test validation, peak oxygen consumption

Resum

El següent estudi presenta una revisió de textos, entre els anys 1980 i 2011, els objectius dels quals és trobar metodologies originals per a l'avaluació de la potència aeròbica en atletes amb tetraplegia, descriure els procediments metodològics utilitzats i presentar els possibles errors metodològics analitzats perquè altres recerques incideixin en el desenvolupament de protocols més fidedignes i adequats per a aquesta població. S'han consultat les bases de dades *ScienceDirect*, *Scopus*, *Pubmed* i *Medline* utilitzant les paraules clau "Wheelchair Users", "Spinal Cord Injury", "Field Test", "Validation" i "Peak Oxygen Consumption". Després de l'anàlisi en profunditat dels manuscrits, van ser seleccionats 10 articles, tots d'autoria internacional. Es pot concloure que la utilització d'aquests recursos és una important àrea d'interès en el camp del rendiment paraesportiu, encara que es presenten algunes restriccions a causa dels tipus de discapacitat, la dificultat d'aconseguir mostres homogènies i la dificultat d'obtenir grups de mostra en nombres considerats suficients per a la realització de procediments estadístics. Malgrat l'evolució dels processos d'avaluació en l'àmbit paraesportiu, més estudis haurien de ser proposats perquè els protocols de camp es tornin més fidedignes i adequats per a aquesta població.

Paraules clau: potència aeròbica, discapacitat, validació de proves, pic de consum d'oxigen

* Correspondence:
Víctor Labrador Roca (vilaroca86@gmail.com).

* Correspondència:
Víctor Labrador Roca (vilaroca86@gmail.com).

Introduction

To maximise the results in high-performance competitions, it is essential to prescribe exercises with the right volume and intensities, as well as to conduct periodic monitoring and evaluations that make it possible for the athlete's performance to improve.

The evaluation of aerobic power in athletes with spinal cord injuries (henceforth SCI), as an indicator of the upper tolerance limit in aerobic exercise, is of significant interest in the field of para-sport performance (Vanlandewijck, Vliet, Verellen, & Theisen, 2006). These evaluations are usually conducted via laboratory protocols or field tests. With regard to laboratory procedures, the most common instruments are the arm ergometer (Goosey-Tolfrey, Castle, & Webborn, 2006; Lewis, Nash, Hamm, Martins, & Groah, 2007), the wheelchair ergometer (Dallmeijer, Hopman, Van As, & Van der Woude, 1996; Janssen, Dallmeijer, Veeger, & Van der Woude, 2002), and the wheelchair belt (Janssen, Dallmeijer, & Van der Woude, 2001; Schrieks, Barnes, & Hodges, 2011).

On the one hand, laboratory measurements are more precise in measuring $\dot{V}O_{2peak}$, but access to instruments is restricted because of their high cost. On the other hand, coaches look for practical and easy-to-use tools, which can be applied quickly and efficiently in the development of their athletes (Goosey-Tolfrey et al., 2006; Laskin, Slivka, & Frogley, 2004; Vanlandewijck et al., 2006).

Thus, the use of field tests emerges as an alternative, not only as an easily accessible and easy-to-use tool but also because of similarities in terms of development and activity, regarding competitive events. (Laskin et al., 2004; Vinet et al., 1996).

Evaluations of aerobic power via field tests in individuals without functional diversity are conducted and used successfully (Poulain, Vinet, Bernard, & Varray, 1999; Vanlandewijck et al., 2006; Vinet et al., 1996). However, when the same tests with similar equations are used in athletes with different kinds of physical disability, the results yield erroneous information on these individuals' real condition.

In the case of tetraplegia, the athletes have a dysfunction of the sympathetic autonomic nervous system, which can be aggravated by the type and level of injury; thus, the more affected the athlete is, the lower their possibilities of achieving high heart rate and oxygen consumption levels. This justifies the need to

Introducció

Per a la maximització dels resultats en competicions d'alt rendiment, és imprescindible la prescripció d'exercicis amb volum i intensitats adequades, així com la realització d'un seguiment i unes avaluacions periòdiques que millorin el rendiment de l'esportista.

L'avaluació de la potència aeròbica en atletes amb lesió de la medulla espinal (d'ara endavant LME), com a indicador de límit màxim de tolerància a l'exercici aeròbic, és una àrea d'interès important en el camp del rendiment paraesportiu (Vanlandewijck, Vliet, Verellen, & Theisen, 2006). Habitualment es realitzen a través de protocols de laboratori o amb proves de camp. En relació amb els procediments de laboratori, els instruments més comuns són l'ergòmetre de braç (Goosey-Tolfrey, Castle, & Webborn, 2006; Lewis, Nash, Hamm, Martins, & Groah, 2007), l'ergòmetre de cadira de rodes (Dallmeijer, Hopman, Van As, & Van der Woude, 1996; Janssen, Dallmeijer, Veeger, & Van der Woude, 2002) i la cinta per a cadira de rodes (Janssen, Dallmeijer, & Van der Woude, 2001; Schrieks, Barnes, & Hodges, 2011).

D'una banda, el mesurament de laboratori presenta una millor precisió en el mesurament del $\dot{V}O_{2pic}$, però l'accés als instruments és restringit per l'elevat cost que presenten. D'altra banda, els entrenadors busquen eines pràctiques i de fàcil execució per utilitzar en el desenvolupament dels seus atletes de forma ràpida i eficient (Goosey-Tolfrey et al., 2006; Laskin, Slivka, & Frogley, 2004; Vanlandewijck et al., 2006).

D'aquesta forma, sorgeix com a alternativa la utilització de proves de camp, no només com a eina de fàcil accés i d'execució senzilla, sinó per presentar similituds, en termes de desenvolupament i activitat, en relació amb els esdeveniments competitiu (Laskin et al., 2004; Vinet et al., 1996).

Les avaluacions de la potència aeròbica a través de proves de camp en individus sense diversitat funcional s'estan desenvolupant i s'utilitzen amb èxit (Poulain, Vinet, Bernard, & Varray, 1999; Vanlandewijck et al., 2006; Vinet et al., 1996). No obstant això, quan les mateixes proves amb equacions similars són utilitzades en atletes amb diferents tipus de discapacitat física, els resultats generen informacions errònies en relació amb la condició real d'aquests individus.

En el cas de la tetraplegia, els atletes presenten una disfunció del sistema autonòmic simpàtic, la qual cosa pot ser agreujat pel tipus i el nivell de la lesió, sent així la relació que com més afectat estigui l'atleta menors seran les possibilitats d'aconseguir nivells elevats de

create specific equations for this kind of population (Goosey-Tolfrey et al., 2006).

In view of these possibilities, several research teams have presented validated equations to measure aerobic power in athletes with physical disabilities, despite a number of restrictions due to the different deficiencies, with the difficulty of obtaining homogeneous samples and the frequently small sample groups.

Franklin et al. (1990) correlated the values of $\dot{V}O_{2peak}$ obtained via the arm ergometer and found a moderate correlation ($r = 0.84$). Years later, Vinet et al. (2002) correlated the values of $\dot{V}O_{2peak}$ obtained via the ALBT (Adapted Leger and Boucher Test for athletes dependent on a wheelchair) test on a Tartan track with the values obtained in the portable ergospirometer and identified a moderate correlation ($r^2 = 0.81$). On the other hand, studies like those by Vanderthomenn et al. (2002), Vanlandewijck et al. (2006) and Vinet et al. (1996) showed smaller correlations than $r = 0.69$ when measuring $\dot{V}O_{2peak}$ in field tests, which means that evaluators should be careful when interpreting the results in order to avoid overestimating the real aerobic power of athletes with tetraplegia, given that they are evaluated and included in sample groups with amputees, subjects with the sequelae of poliomyelitis, paraplegics or even individuals with no disability (Goosey-Tolfrey et al., 2006; Vanlandewijck et al., 2006).

In the studies cited above, athletes with tetraplegia are found in the samples; however, there is still a need to develop protocols that are capable of reliably measuring the cardiorespiratory condition of athletes with tetraplegia on the track, given that the leading protocols developed in the population are on a Tartan track. The validation of the protocols on the track will not only allow for greater proximity in competitions held on a track but may also offer coaches the possibility of more precisely analysing the cardiorespiratory parameter.

Therefore, the objective of this study was to find original methodologies in the literature to evaluate the aerobic power of athletes with tetraplegia, to describe the methodological procedures used, and to present the possible methodological errors analysed so that other studies can develop more reliable and adequate protocols for this population.

frequència cardíaca i consum d'oxigen. Aquest fet justifica la necessitat de crear equacions específiques per a aquest tipus de població (Goosey-Tolfrey et al., 2006).

Davant aquestes possibilitats, diversos investigadors han intentat presentar equacions validades per mesurar la potència aeròbica en atletes amb discapacitat física, malgrat la quantitat de restriccions presentades a causa de les diferents deficiències, amb la dificultat d'obtenir mostres homogènies i moltes vegades, disposar de grups petits de mostreig.

Franklin et al. (1990) van correlacionar els valors de $\dot{V}O_{2pic}$ obtinguts a través de l'ergòmetre de braç i van trobar correlació moderada ($r = 0.84$). Anys més tard, Vinet et al. (2002) van correlacionar els valors de $\dot{V}O_{2pic}$ obtinguts en la prova ALBT (Adapted Leger and Boucher Test per a atletes dependents amb cadira de rodes) en la pista de tartan amb els valors obtinguts en l'ergoespiròmetre portàtil i van identificar correlació moderada de ($r^2 = 0.81$). D'altra banda, estudis com els de Vanderthomenn et al. (2002); Vanlandewijck et al. (2006); Vinet et al. (1996) van presentar correlacions més petites que $r = 0.69$ en el mesurament de $\dot{V}O_{2pic}$ en proves de camp, la qual cosa requereix tenir per part dels avaluadors certa cura en la interpretació dels resultats per no sobreestimar la real potència aeròbica dels atletes amb tetraplegia, atès que són avaluats i inserits en grups de mostreig amb subjectes amputats, amb seqüeles de poliomièlitis, paraplàgics o fins i tot individus sense discapacitat (Goosey-Tolfrey et al., 2006; Vanlandewijck et al., 2006).

En els estudis anteriorment citats, s'observa la presència d'atletes amb tetraplegia en el mostreig, no obstant això, existeix encara la necessitat del desenvolupament de protocols que siguin capaços de mesurar de forma fefaent la condició cardiorespiratòria d'atletes amb tetraplegia en pista, atès que els principals protocols desenvolupats en la població són en pista de tartan. La validació dels protocols en pista, a més de permetre una major proximitat en modalitats de disputa en pista, podrà oferir als entrenadors la possibilitat d'una anàlisi més precisa del paràmetre cardiorespiratori.

Per tant, aquest estudi va tenir com a objectiu, trobar en la literatura, metodologies originals per a l'avaluació de la potència aeròbica en atletes amb tetraplegia, descriure els procediments utilitzats i finalment, presentar els possibles errors metodològics analitzats perquè altres recerques busquin desenvolupament de protocols més fidèdignes i adequats per a la referida població.

Method

This study can be described as a literature review, which, according to Thomas, Nelson and Silverman (2012), is a type of research whose purpose is to locate and summarise all the relevant literature on a given topic.

To carry it out, a search was conducted in the *SCIVERSE* database, a tool constructed to integrate the scientific and historical contents of the main data used in physical education, such as *ScienceDirect*, *Scopus*, *Pubmed* and *Medline*.

An in-depth search was conducted with the following combinations of keywords: “Wheelchair Users” plus “Spinal Cord Injury”, in order to verify the number of articles, lectures and doctoral theses related to wheelchair users with SCI in general terms. Then we performed a search using the following combinations of terms: “Wheelchair Users”, combined with “Field Test”, “Validation” and “Peak Oxygen Consumption”, to analyse studies related to the construction of field tests to evaluate aerobic power in athletes with physical disabilities.

The research was limited to terms in English, and only studies conducted between 1980 and 2011 were taken into account. After the initial culling of studies (all of which were analysed in detail), a reference list was generated which included 86 manuscripts which might meet the objective of the study. As the inclusion criteria for the review, after reading the title and abstracts, the studies had to have the following characteristics: a) an original methodological proposal to analyse aerobic power in athletes with physical disabilities; b) the sample had to contain athletes with tetraplegia; c) the tests performed had to measure $\dot{V}O_{2\max}$ or peak; and d) clarity in the description of the sample, procedures and results.

After a detailed analysis of the manuscripts considering the inclusion factors, ten articles were chosen, all by international authors (Figure 1).

To carry out the study, each article was outlined in detail with a description of the authors and the year of publication, the sample used in the study and the number of participants according to type of disability, the methodology used in both field tests and laboratory procedures and the main results obtained, and the prediction equation to measure $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ and the correlation levels between the direct and indirect measurements.

Metodologia

Aquest estudi correspon a una revisió de literatura que, segons Thomas, Nelson i Silverman (2012) és un tipus de recerca que té com a finalitat, situar i sintetitzar tota la literatura rellevant sobre un determinat tema.

Per al desenvolupament del treball, es va realitzar una cerca en la base de dades *SCIVERSE*, eina construïda per a la integració dels continguts científics i històrics de les principals bases de dades utilitzades en educació física, com *ScienceDirect*, *Scopus*, *Pubmed* i *Medline*.

S'ha realitzat una cerca en profunditat amb les següents combinacions de paraules clau: “Wheelchair Users” sumat a “Spinal Cord Injury”, la finalitat de la qual era verificar la quantitat d'articles, conferències i tesis doctorals que estaven relacionades als usuaris de cadira de rodes amb LME en termes generals. Després s'ha realitzat una cerca a través de les següents combinacions terminològiques: “Wheelchair Users”, combinats amb “Field Test”, “Validation” i “Peak Oxygen Consumption”, per a l'anàlisi d'estudis relacionats amb la construcció de proves de camp per a l'avaluació de la potència aeròbica en atletes amb discapacitat física.

La recerca es va limitar a les terminologies en llengua anglesa i van ser considerats estudis realitzats en el període 1980-2011. Després de la primera selecció d'estudis, tots van ser analitzats al detall, o sigui, es va generar una llista de referència on van ser inclosos 86 manuscrits amb possibilitat de correspondre a l'objectiu de l'estudi. Com a criteri d'inclusió en la revisió, després de la lectura del títol i dels resums, els estudis havien de presentar les següents característiques: a) proposta original de metodologia per a l'anàlisi de la potència aeròbica en atletes amb discapacitat física; b) la mostra havia de contenir atletes amb tetraplegia; c) les proves realitzades havien de presentar mesurament de $\dot{V}O_{2\max}$ o pic, i d) claredat en la descripció de la mostra, procediments i resultats.

Després de l'anàlisi detallat dels manuscrits considerant els factors d'inclusió, van ser seleccionats 10 articles, tots d'autoria internacional (figura 1).

Per al desenvolupament de l'estudi, cada article va ser detallat amb la descripció de l'autor i l'any de publicació; la mostra utilitzada en l'estudi i el nombre de participants d'acord amb el tipus de discapacitat; la metodologia utilitzada tant en les proves de camp, com en els procediments de laboratori utilitzats i els principals resultats obtinguts, així com l'equació de predicció per al mesurament de $\dot{V}O_{2\text{pic}}$ i els nivells de correlació entre els mesuraments directes i indirectes.

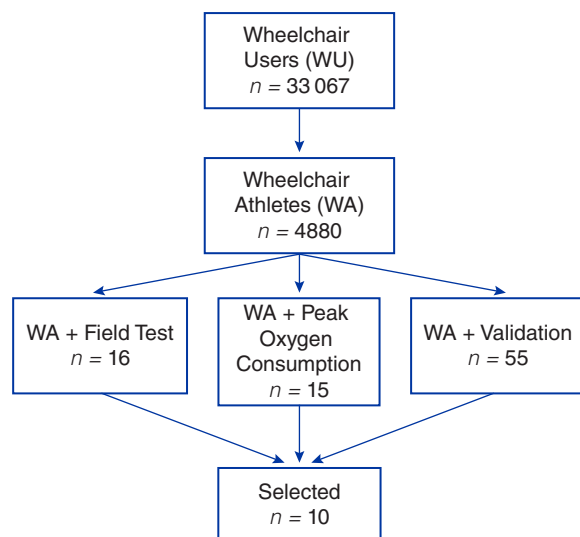


Figure 1. Results obtained from the combinations of terms and searches in the SCIVERSE database.

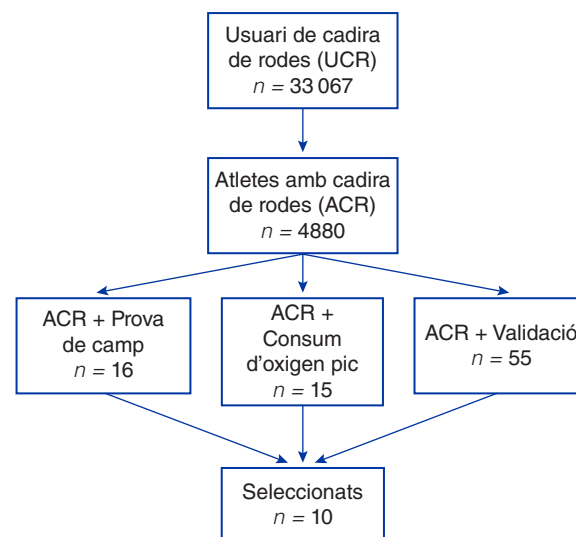


Figura 1. Resultats obtinguts a través de les combinacions terminològiques i cerques a la base de dades SCIVERSE.

Results and Discussion

This research aimed to identify and analyze the methods to evaluate aerobic power in athletes with tetraplegia.

According to Vanlandewijck (1999), the first study to predict the aerobic conditions of wheelchair users in field tests was proposed by Rhodes, McKenzie, Courrs and Rogers (1981). Years later, Franklin et al. (1990) promoted this area of interest which was emerging in the field of parasport performance.

Rhodes et al. (1981) and Franklin et al. (1990) validated the protocol adapted to the 12-minute race for wheelchair users initially proposed by Cooper (1968) on a 400 m track with a Tartan surface. As an adaptation of the original test, the authors proposed a rectangular route in which the athlete had to go as far as possible in 12 minutes. After correlating the distance travelled and the $\dot{V}O_{2peak}$ measured in the laboratory protocol performed by the arm ergometer, both studies provided indications that this field test provided sound estimates of $\dot{V}O_{2peak}$ in wheelchair users, $r^2 = 0.77$ and $r = 0.84$, respectively.

In addition to the distance travelled, Rhodes et al. (1981) used the correlation of other independent variables like blood pressure, heart rate and the anthropometric characteristics of the subjects, with $\dot{V}O_{2peak}$ as

Resultats i discussió

Aquesta recerca va tenir com a objectiu identificar i analitzar els mètodes per avaluar la potència aeròbica en atletes amb tetraplegia.

Segons Vanlandewijck (1999), el primer estudi per a la predicció del condicionament aeròbic dels usuaris de cadira de rodes en proves de camp va ser proposat per Rhodes, McKenzie, Courrs i Rogers (1981) i anys més tard, Franklin et al. (1990) van passar a fomentar aquesta àrea d'interès que obre camí en el camp de l'execució paraesportiva.

Rhodes et al. (1981) i Franklin et al. (1990) van validar el protocol adaptat de prova de la carrera de 12 minuts per a usuaris en cadira de rodes, proposat inicialment per Cooper (1968) en pista de 400 m en superfície de tartan. Com a adaptació a la prova original, els autors van proposar un recorregut rectangular en el qual l'atleta havia de realitzar la distància més llarga possible en 12 minuts. En tots dos estudis, després de la correlació entre la distància recorreguda i el $\dot{V}O_{2pic}$ mesurat en el protocol de laboratori realitzat amb l'ergòmetre de braç, van proporcionar indicis que la referida prova de camp presentava bona estimació de $\dot{V}O_{2pic}$ en l'usuari en cadira de rodes, $r^2 = 0.77$ i $r = 0.84$, respectivament.

A més de la distància recorreguda, Rhodes et al. (1981) van utilitzar la correlació d'altres variables independents com la tensió arterial, la freqüència cardíaca i les característiques antropomètriques dels subjectes,

the dependent variable, to increase the prediction in the regression equation, while Franklin et al. (1990) only used the distance travelled.

As a methodological limitation, the studies did not consider the material's resistance and used standard wheelchairs, which could have generated information that compromised the results, given that the resistance of the material on the surface used, as well as the failure to previously check the material, rendered it impossible to analyse the real distance that the athlete could travel given that there was a possible alteration in the information on the $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ level. Nonetheless, the advantage of using this test is the possibility of evaluating several athletes at the same time because it is easy to use and inexpensive.

On the other hand, the disadvantages are that since the test lasts at most 12 minutes, the lack of motivation and inability to maintain a constant pace could alter the desired results. Furthermore, it is a discontinuous test and not very similar to the efforts made during competition.

Vinet et al. (1996) adapted the ALBT Test for wheelchair users and correlated the variables length of the test, % HRmax and $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ with the results obtained on the wheelchair belt test. The ALBT was carried out on a 400-metre Tartan track marked with cones every 50-m; the athlete had to travel the distance following the speed predetermined by audio. The initial speed was 4 km/h and it increased 1 km/h every minute until the athlete reached exhaustion.

The variables analysed and correlated at the end of the tests, length of the test, % HRmax and $\dot{V}O_{2\text{peak}}$, confirmed that the ALBT was a valid test to measure the levels of $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ in athletes in wheelchairs ($r = 0.65$). However, when comparing the results of the equation predetermined by Leger and Boucher (1980) for individuals without disabilities, it did not show validity, thus confirming the need for specific equations for individuals with physical disabilities.

The study had a methodological limitation, not because of the small sample of just 9 paraplegic athletes (28.9 ± 4.2 years old) but because it did not specify the kind of injury, that is, whether the paraplegic is spastic or flaccid, or whether or not they have muscle tone at the level of the injury due to the existence – considered significant – of the

com a variable dependent del $\dot{V}O_{2\text{pic}}$ per a l'augment de la predicció en l'equació de regressió, mentre que Franklin et al. (1990) va utilitzar només la distància recorreguda.

Com a limitació metodològica, els estudis no van considerar la resistència del material i van utilitzar cadires de rodes estàndard, fet que hauria pogut generar informacions que comprometessin els resultats, atesa que la resistència del material enfront de la superfície utilitzada, com el no reconeixement previ del material, impossibiliten l'anàlisi de la distància real que podria ser recorreguda per l'atleta, portant a una possible alteració de les informacions del nivell de $\dot{V}O_{2\text{pic}}$. No obstant això, l'avantatge de la utilització d'aquesta prova és la possibilitat d'avaluar diversos atletes al mateix temps, sent de fàcil realització i de baix cost.

D'altra banda, els desavantatges són que, com la prova és màxima durant 12 minuts, la falta de motivació i la incapacitat de mantenir el ritme constant podrien alterar els resultats desitjats, a més de ser una prova no contínua i no representar molta similitud amb els esforços realitzats durant la competició.

Vinet et al. (1996) van realitzar l'adaptació del Test ALBT per a persones usuàries de cadira de rodes i van correlacionar les variables: durada de la prova, %FCmax i $\dot{V}O_{2\text{pic}}$ amb els resultats obtinguts en la prova de la cinta per a la cadira de rodes. L'ALBT es va dur a terme en una pista de tartan de 400 m marcats cada 50 m amb cons, i per tant, l'atleta havia d'efectuar el recorregut d'acord amb la velocitat preestablerta per àudio, sent la velocitat inicial de 4 km/h amb l'increment de 1 km/h cada minut, fins a l'extenuació.

Les variables analitzades i correlacionades al final de les proves, durada de la prova, %FCmax i $\dot{V}O_{2\text{pic}}$ van confirmar l'ALBT com a prova vàlida per mesurar els nivells de $\dot{V}O_{2\text{pic}}$ en atletes usuaris en cadira de rodes ($r = 0.65$). No obstant això, quan s'ha comparat els resultats de l'equació preestablerta per Leger i Boucher (1980) per a individus sense discapacitat, no han presentat validesa, confirmant així, la necessitat d'equacions específiques per a individus amb discapacitat física.

L'estudi ha presentat una limitació metodològica, no pel petit nombre de la mostra de 9 atletes paraplàgics (28.9 ± 4.2 anys), però sí per no categoritzar el tipus de lesió, o sigui, si la paraplegia és espàstica o flàccida, o sigui si presenten o no to muscular, al nivell de la lesió, a causa de l'existència considerada significativa dels paràmetres fisiològics, metabòlics i neuromusculars entre

physiological, metabolic and neuromuscular parameters among athletes with injuries above and below the first lumbar vertebra (L1).

Later, Poulain et al. (1999) analysed whether the ALBT Test could be reproduced for wheelchair users. Eight male athletes with paraplegia were chosen (30.8 ± 5.1 years old). All the subjects performed the test, whose protocol was similar to the one used by Vinet et al. (1996), three times. At the end, the values referring to room temperature (RT), maximum speed (Vmax) in the last leg and maximum heart rate (HRmax) attained during the last minute of the test were collected and analysed.

The conclusion of this study is that there was no significant difference ($p < .05$) between the means of the variables of RT, HRmax and Vmax, so the test was easily reproducible. By chronological series, Vinet et al. (2002) proposed the validation of the equation to predict $\dot{V}O_{2peak}$ in athletes who are wheelchair users via the ALBT Test. Fifty-six wheelchair users of both sexes participated, 36 of them paraplegic, 5 amputees and 12 individuals with sequelae from poliomyelitis.

The first limitation of the study is that no details on the athletes were provided regarding the type and level of injury of the paraplegics, nor on the level of the amputation in the athletes who participated in the study. On the other hand, the athletes were divided into two groups, the first with the purpose of developing the regression equation and the second to analyse the external validity of the equation. Furthermore, the athletes were assigned a coefficient according to the level of the injury. The paraplegics were given a coefficient of 1, while the amputees and those with sequelae from poliomyelitis were given a coefficient of 0. These values were inserted as the dependent variable in the equation to measure $\dot{V}O_{2peak}$.

The independent variables collected in the test were: distance travelled, maximum speed reached in the last minute and number of propulsions, and they were analysed and contributed to developing the equation to predict $\dot{V}O_{2peak}$ ($r^2 = 0.81$). The unique methodological and scientific feature of the study was the use of the wheelchair resistance variable, proposed initially by Vinet et al. (1998), as a component capable of influencing the participant's performance, which should therefore be analysed carefully in tests using wheelchairs.

atletes amb lesió per damunt i sota la primera vèrtebra lumbar (L1).

Després, Poulain et al. (1999) van analitzar la reproductibilitat del Test ALBT per a subjectes usuaris de cadira de rodes. Van ser seleccionats 8 atletes del sexe masculí amb paraplegia (30.8 ± 5.1 anys). Tots els subjectes van realitzar tres vegades la prova, el protocol de la qual va ser semblant a l'utilitzat per Vinet et al. (1996). Al final de la prova es van recollir i analitzar els valors referents a la temperatura de l'ambient (TA), velocitat màxima (Vmax) de l'última etapa i el valor de la freqüència cardíaca màxima (FCmax) aconseguida durant el minut final de la prova.

La conclusió de l'estudi va ser que no hi va haver diferència significativa ($p < .05$) entre les mitjanes de les variables de TA, FCmax i Vmax, per la qual cosa la prova va presentar bona reproductibilitat. Per la seqüència cronològica, Vinet et al. (2002) van proposar la validació de l'equació per a la predicció de $\dot{V}O_{2pic}$ en atletes usuaris de cadira de rodes, a través del Test ALBT. Van participar 56 usuaris de cadira de rodes de tots dos sexes, sent 36 paraplègics, 5 amputats i 12 individus amb seqüela de poliomièlitis.

Com a primera limitació de l'estudi, els atletes no van ser detallats en relació amb el tipus i el nivell de lesió dels paraplègics ni tampoc al nivell d'amputació dels atletes que van participar de l'estudi. D'altra banda, els atletes van ser dividits en dos grups, el primer amb la proposta d'elaboració de l'equació de regressió i el segon per a l'anàlisi de validesa externa de l'equació. A més, els atletes van rebre un coeficient d'acord amb el nivell de la lesió. Els paraplègics van ser atribuïts amb el coeficient 1, mentre que els amputats i amb seqüeles de poliomièlitis, van rebre el coeficient 0. Aquests valors van ser inserits com a variable dependent en l'equació per a mesurament de $\dot{V}O_{2pic}$.

Les variables independents recollides en la prova van ser: distància recorreguda, velocitat màxima aconseguida en l'últim minut i el nombre de propulsions. Aquestes variables van ser analitzades i van contribuir a l'elaboració de l'equació de predicció de $\dot{V}O_{2pic}$ ($r^2 = 0.81$). El diferencial metodològic i científic d'aquest estudi va ser la utilització de la variable resistència de la cadira, proposat inicialment per Vinet et al. (1998), com a component capaç d'influenciar en el rendiment del participant i que ha de ser analitzat amb cura quan a les proves s'utilitza cadira de rodes.

Vanderthomenn et al. (2002) held the incremental progressive field test in an octagonal route, with four sides measuring 11-m and four sides measuring 2.83-m and a speed predetermined by the sound signal proposed in the conventional test by Leger and Boucher (1980). Of the variables collected in the study, the stage in which the athlete stopped the test had a greater correlation with $\dot{V}O_{2peak}$ ($r^2 = 0.59$), so the authors proposed the equation to predict $\dot{V}O_{2peak}$ solely considering the stage attained during the test.

However, it is important to highlight that each stage in the test is faster, so each stage has an increase in the number of beeps (minimum 6 beeps and maximum 18 beeps). With this information, the author could have verified the distance travelled as an essential parameter, given that it is more reliable than just the stage reached. Furthermore, the sample was comprised of a heterogeneous group ($n = 2$ tetraplegics, $n = 26$ paraplegics, $n = 5$ with sequelae from poliomyelitis and $n = 4$ amputees), which may have compromised its results given that even though a tetraplegic athlete could have gotten further than an amputee, their metabolic and physiological parameters may have had lower responses than amputees due to their compromised autonomic nervous system.

Laskin et al. (2004) set out to validate two continuous field tests with sub-maximum effort to measure $\dot{V}O_{2peak}$ in athletes with physical disabilities. Test 1 consisted in the athlete travelling along a handball court at a speed of 60 propulsions per minute, and test 2 asked them to travel it at a speed of 80 propulsions per minute; both tests lasted 5 minutes. Compared in the arm ergometer, test 1 and test 2 showed a good correlation for measuring $\dot{V}O_{2peak}$, $r^2 = 0.73$ and $r^2 = 0.74$ respectively. The same was found in relation to the comparison between the tests ($r = 0.87$). However, test 2 was more easily reproducible in the variables of heart rate, subjective perception of effort and distance travelled. The author reached the conclusion that even though test 2 was more easily reproducible, both tests are reliable to measure $\dot{V}O_{2peak}$ in athletes who use wheelchairs.

On the other hand, the efforts in collective wheelchair sports are characterised as intermittent, and since the test is continuous, it is not similar to the efforts made in competitive events, a situation which

Vanderthomenn et al. (2002) van desenvolupar la prova de camp incremental progressiva en el recorregut octagonal, sent quatre costats d'11 m i quatre costats amb 2.83 m amb velocitat predeterminada pel senyal sonor proposta en la prova convencional de Leger i Boucher (1980). De les variables recollides en l'estudi, l'etapa en la qual l'atleta ha interromput la prova va tenir major correlació amb el $\dot{V}O_{2pic}$ ($r^2 = 0.59$). Així, els autors van proposar l'equació per a la predicció del $\dot{V}O_{2pic}$ considerant solament l'etapa aconseguida durant la prova.

No obstant això, és important ressaltar que l'etapa en la prova té increment en la velocitat, sent així, cada etapa té un augment del nombre de *beeps* (mínim 6 *beeps* i màxim 18 *beeps*). Amb això, l'autor podria haver verificat la distància recorreguda com un paràmetre primordial, atès que és més fidedigne que solament l'etapa aconseguida. A més, la mostra va ser composta per un grup heterogeni ($n = 2$ tetaplègics, $n = 26$ paraplàgics, $n = 5$ amb seqüeles de poliomièlitis i $n = 4$ amputats), el que podia haver compromés els seus resultats atès que, malgrat que l'atleta amb tetraplegia s'hagués pogut desplaçar amb major distància en relació amb l'atleta amputat, possiblement els seus paràmetres metabòlics i fisiològics podrien tenir respostes inferiors als subjectes amputats a causa del compromís del sistema nerviós autònom sim-pàtic.

Laskin et al. (2004) van proposar la validació de dues proves de camp contínues amb esforç submàxims per al mesurament de $\dot{V}O_{2pic}$ en atletes amb discapacitat física. La prova 1 consistia que l'atleta recorregués la pista d'handbol amb velocitat de 60 propulsions per minut, i la prova 2, que la recorregués amb velocitat de 80 propulsions per minut, ambdues proves van tenir durada de 5 minuts. Comparades en l'ergòmetre de braç, la prova 1 i la prova 2 van presentar bona correlació per al mesurament de $\dot{V}O_{2pic}$, $r^2 = 0.73$ i $r^2 = 0.74$ respectivament. El mateix resultat es va observar en relació amb la comparació entre les proves ($r = 0.87$). No obstant això, la prova 2 va presentar més reproductibilitat en les variables de freqüència cardíaca, percepció subjectiva de l'esforç i distància recorreguda, concloent que, malgrat que la prova 2 presentés més reproductibilitat, ambdues proves són fiables per al mesurament de $\dot{V}O_{2pic}$ en atletes usuaris de cadira de rodes.

D'altra banda, els esforços en les modalitats col·lectives en cadira de rodes es caracteritzen com a intermitents, i la prova per ser contínua, no representa

was verified in the studies by Rhodes et al. (1981) and Franklin et al. (1990).

Vanlandewijck et al. (2006) determined the impact of the ergonomic variables (wheelchair and its respective users) and environmental variables (test surface) in the 25-m Shuttle Run test to optimise the predictability of the $\dot{V}O_{2peak}$. In this case, 11 male subjects were chosen, 7 paraplegics, 1 with cerebral paralysis and 3 individuals with no disability (31 ± 6.62 years old). The methodological limitations were the inclusion of athletes without functional diversity in the study and the failure to report these subjects' level of training in the wheelchair; nor was the level and kind of paraplegia of the athletes described.

The test was adapted from Leger and Lambert's (1982) 25-m Shuttle Run, which consisted in two individuals running back and forth between cones set 25 apart at a speed predetermined by the audio. Of the three stages, at first the subjects performed the test under normal conditions on a Tartan PVC and cement track. After that, an increase in mechanical resistance was introduced (lower calibre of tyres) on a soft and linoleum surface, and thirdly the soft and linoleum surface was used, but with a reduced turning capacity. It was concluded that the $\dot{V}O_{2peak}$ was similar under all three conditions; however, the mechanical resistance, as proposed by Vinet et al. (1998), and the capacity to turn acted significantly to lower performance on the test, primarily on the variable related to the time the field test lasted.

After this, the authors used these dependent variables to calculate the linear regression to predict $\dot{V}O_{2peak}$ ($r = 0.64$). Bearing in mind the ergonomic and environmental information, they noted a regular correlation in the prediction of the $\dot{V}O_{2peak}$, which may be justified by the heterogeneous characteristics and the sample size ($n = 11$).

Goosey-Tolfrey (2008) analysed the validity and reproducibility of the incremental progressive test for wheelchair users based on the protocol initially proposed by Ramsbottom, Brewer and Williams (1988) for individuals with no disability. The purpose of the test was to measure the aerobic capacity of individuals through a 20-m back-and-forth race according to the speed predetermined by the sound signal. Twenty-four highly trained male wheelchair users were

similar to the efforts in events competitive, situation verified in the researches of Rhodes et al. (1981) and Franklin et al. (1990).

Vanlandewijck et al. (2006) have determined the impact of the ergonomic variables (chair and its respective users) and environmental (surface of the test) in the 25-m Shuttle Run test to optimize the predictability of the $\dot{V}O_{2peak}$. In this case, 11 subjects of the male sex, 7 paraplegics, 1 with cerebral paralysis and 3 individuals without disability (31 ± 6.62 years). As a methodological limitation, the inclusion of athletes without functional diversity in the study and the failure to report these subjects' level of training in the wheelchair; nor was the level and kind of paraplegia of the athletes described.

The test was adapted from Leger and Lambert (1982) – Shuttle Run 25 m, which consisted in two individuals running back and forth between cones set 25 apart at a speed predetermined by the audio. Of the three stages, at first the subjects performed the test under normal conditions on a Tartan PVC and cement track. After that, an increase in mechanical resistance was introduced (lower calibre of tyres) on a soft and linoleum surface, and thirdly the soft and linoleum surface was used, but with a reduced turning capacity. It was concluded that the $\dot{V}O_{2peak}$ was similar under all three conditions; however, the mechanical resistance, as proposed by Vinet et al. (1998), and the capacity to turn acted significantly to lower performance on the test, primarily on the variable related to the time the field test lasted.

After this, the authors used these dependent variables to calculate the linear regression to predict $\dot{V}O_{2peak}$ ($r = 0.64$). Bearing in mind the ergonomic and environmental information, they noted a regular correlation in the prediction of the $\dot{V}O_{2peak}$, which may be justified by the heterogeneous characteristics and the sample size ($n = 11$).

Goosey-Tolfrey (2008) analysed the validity and reproducibility of the incremental progressive test for wheelchair users based on the protocol initially proposed by Ramsbottom, Brewer and Williams (1988) for individuals with no disability. The purpose of the test was to measure the aerobic capacity of individuals through a 20-m back-and-forth race according to the speed predetermined by the sound signal. Twenty-four highly trained male wheelchair users were

chosen to be the subjects; however, these subjects were not described in terms of the kind of physical disability they had.

Initially, they performed the laboratory maximum effort test using the wheelchair ergometer to measure $\dot{V}O_{2peak}$ and HRmax. Then all the subjects were subjected to the field test and retest. It was observed that the field test did not show validity in measuring the aerobic capacity ($\dot{V}O_{2peak}$) in athletes who are wheelchair users. However, there was reproducibility in the variables HRmax and distance travelled.

These results could be conditioned by the type of effort made in the wheelchair, as well as the braking and acceleration during the tests, which could end up altering the original methodological proposal by only observing the increase in speed without the decrease in the pace of the race or propulsion. It is also interesting to note that the subjects chosen for the sample in the study were not clearly described.

Table 1 shows different studies related to the field test validation in participants with physical disabilities. It specifically lists with regard to each test: the author(s) and year of publication, the sample, the method used and the main results obtained.

Final Considerations

The evaluation of aerobic power via $\dot{V}O_{2peak}$ in athletes who are wheelchair users, primarily with tetraplegia, is indispensable given that it is one of the indicators of the upper tolerance limit in aerobic exercise, in addition to providing guidance for prescribing and monitoring training in terms of the intensity of effort required during training sessions and official competitions.

With the development of this study, we can conclude that the use of these resources is an important area of interest within the field of parasport performance, but that there are still restrictions because of the shortcomings, the difficulty of getting homogeneous samples where athletes with tetraplegia are compared to athletes with amputations of lower limbs or with athletes with no disability, which can compromise the results due to both the motor control and the autonomic sympathetic nervous system factors generally observed in tetraplegic athletes.

masculí usuaris de cadira de rodes altament entrenats, no obstant això, els subjectes no van ser descrits en relació al tipus de deficiència física que va compondre la mostra.

Inicialment, van realitzar la prova de laboratori d'esforç màxim a través de l'ergòmetre de cadira de rodes per al mesurament de $\dot{V}O_{2pic}$ i la FCmax. Seguidament, tots els subjectes van ser sotmesos al test i al retest de camp. S'observa que la prova de camp no ha presentat validesa en relació al mesurament de la capacitat aeròbica ($\dot{V}O_{2pic}$) en atletes usuaris de cadira de rodes. No obstant això, sí que ha presentat reproductibilitat en les variables FCmax i en la distància recorreguda.

Els resultats observats podrien estar condicionats pel tipus d'esforç realitzat en cadira de rodes, com el frenat i l'acceleració durant la prova, amb la qual cosa podria acabar alterant la proposta metodològica original solament observant l'increment de la velocitat sense disminució del ritme de cursa o de propulsió. També és interessant destacar que els subjectes seleccionats per a la mostra de l'estudi no van ser caracteritzats de forma clara.

A la taula 1 es contemplen diversos estudis relacionats amb la validació de proves de camp en atletes amb discapacitat física. S'hi especifiquen: les autories i l'any de publicació, la mostra, el mètode utilitzat i els principals resultats obtinguts.

Consideracions finals

L'avaluació de la potència aeròbica a través del $\dot{V}O_{2pic}$ en atletes usuaris de cadira de rodes, principalment amb tetraplegia, es torna indispensable, atès que, és un dels indicadors de límit màxim de tolerància a l'exercici aeròbic, a més de proporcionar subsidis per a la prescripció i el control dels entrenaments enfront de la intensitat de l'esforç exigida durant les sessions d'entrenament i competicions oficials.

Amb el desenvolupament d'aquest estudi, es pot concloure que la utilització d'aquests recursos són una important àrea d'interès en el camp del rendiment paraesportiu, però encara presenten restriccions a causa de les deficiències en la dificultat d'aconseguir mostres homogènies on els atletes amb tetraplegia són comparats amb atletes amb amputació de membre inferior o amb atletes sense deficiència, la qual cosa pot comprometre els resultats a causa dels factors tant de control motor com de sistema nerviós autònom simpàtic observat generalment en atletes tetraplègics.

Table 1
Studies to validate field tests analysing power aerobics in athletes with physical disabilities

Author(s)/Year	Sample	Method	Result	R
Franklin et al. (1990)	N=30 male wheelchair users. n=25 paraplegics, n=2 polio sequelae, n=3 amputees	Correlation of lab test using arm ergometer with the progressive field test – adapted 12-minute race	$D \text{ (miles)} = 0.37 + 0.0337 \cdot \dot{V}O_{2\text{max}} \text{ (ml/kg/min)}$	$r = 0.84$
Vinet et al. (1996)	n=9 male paraplegics	Correlation of lab test using wheelchair belt with the incremental progressive field test – ALBT	The variables analysed: length of the test, %HRmax and $\dot{V}O_{2\text{max}}$ showed good correlation between tests	$r = 0.65$
Vanlandewijck et al. (1999)	n=46 male athletes n=5 myelomeningocele, n=5 cerebral paralysis, n=13 spinal cord injury, n=4 poliomyelitis, n=12 amputees	Correlation of lab test using arm ergometer with field test of incremental progressive intensity– 25-m Shuttle Run	The test shows good reproducibility but does not reflect real values of aerobic power	$r = 0.67$
Poulain et al. (1999)	n=8 male athletes with paraplegia	Field test with incremental progressive intensity – ALBT	Good reproducibility in the variables RT, HRmax and Vmax	–
Vanderthommen et al. (2002)	n=37, 2 female and 35 male trained wheelchair users. Tetraplegics (n=2), Paraplegics (n= 26), Poliomyelitis sequelae (n=5), Amputees (n=4)	Field test with incremental progressive intensity – Octagon Multistage Test (OMST)	$\dot{V}O_{2\text{peak}} = 18.03 + 0.78 \cdot \text{score}$	$r^2 = 0.59$
Vinet et al. (2002)	n=56 male and female athlete wheelchair users Paraplegics (n=39), Amputees (n=5), Poliomyelitis sequelae (n=12)	Field test with incremental progressive intensity – ALBT	$\dot{V}O_{2\text{peak}} = 0.22 \cdot V_{\text{max}} - 0.63 \log_{\text{idade}} + 0.05 \cdot \text{IMC} - 0.25 \text{ (level)} - 0.52$	$r^2 = 0.81$
Laskin et al. (2004)	n=24 athlete wheelchair users. Paraplegics, amputees, congenital malformation and cerebral paralysis.	Continuous sub-maximum tests (test 1=60 propulsions per minute, test 2=80 propulsions per minute)	60 prop/min: $\dot{V}O_{2\text{peak}} \text{ (L/min)} = 0.74 + 0.31(\text{classification}) + 0.003 \text{ (m)} - 0.15(\text{PSE})$ 80 prop/min: $\dot{V}O_{2\text{peak}} \text{ (L/min)} = 1.50 + 0.0029(\text{m}) - 0.16 \text{ (PSE)} + 0.235 \text{ (classification)}$	60 prop/min ($r^2 = 0.73$) 80 prop/min ($r^2 = 0.74$)
Vanlandewijck et al. (2006)	n=11 male athletes: n=7 paraplegics, n=1 cerebral paralysis n=3 no disability	Field test with incremental progressive intensity – 25-m Shuttle Run	$\dot{V}O_{2\text{peak}} = 0.67 + 0.023 \text{ SR (s)} - 39.48 \text{ MR (m/s}^2\text{)} + 5.11 \text{ TC (s)}$	$r = 0.64$
Gossey-Tolfrey et al. (2008)	n=24 male athletes, practitioners of wheelchair handball – highly trained	Field test with incremental progressive intensity – 20-m Shuttle Run compared to test with wheelchair ergometer	The HRmax and distance travelled between test and retest were reproducible, but the test does not measure real aerobic power	–

Source: Prepared by authors.

Taula 1

Estudis de validació de proves de camp per a l'anàlisi de la Potència Aeròbica en atletes amb deficiència física

Autor/Any	Mostra	Mètode	Resultat	R
Franklin et al. (1990)	$n=30$ usuaris de cadira de rodes de sexe masculí. $n=25$ paraplègics, $n=2$ seqüela de poliomielitis, $n=3$ amputats	Correlació de test de laboratori d'ergòmetre de braç amb la prova de camp contínua – Cursa 12 minuts adaptada	$D \text{ (milles)} = 0.37 + 0.0337 \cdot \dot{V}O_{2\text{max}}$ (ml/kg/min)	$r=0.84$
Vinet et al. (1996)	$n=9$ paraplègics de sexe masculí	Correlació del test de laboratori de cinta per a cadira de rodes amb la prova de camp incremental progressiva – ALBT	Les variables analitzades: durada de la prova, %FCmax i $\dot{V}O_{2\text{max}}$ van presentar bona correlació entre les proves	$r=0.65$
Vanlandewijck et al. (1999)	$n=46$ atletes de sexe masculí $n=5$ mielomeningocele, $n=5$ Paràlisi cerebral, $n=13$ Lesió medul·lar, $n=4$ poliomielitis, $n=12$ amputats	Correlació de la prova de laboratori d'ergòmetre de braç amb la prova de camp d'intensitat incremental progressiva – Shuttle Run 25 m	La prova presenta bona reproductibilitat, però no reflecteix valors reals de Potència Aeròbica	$r=0.67$
Poulain et al. (1999)	$n=8$ atletes amb paraplegia del sexe masculí	Prova de camp amb intensitat incremental progressiva – ALBT	Bona reproductibilitat en les variables de TA, FCmax i Vmax	–
Vanderthommen et al. (2002)	$n=37$, 2 dones i 35 homes usuaris de cadira de rodes entrenats. Tetraplègics ($n=2$), Paraplègics ($n=26$), Seqüela de poliomielitis ($n=5$), Amputats ($n=4$)	Prova de camp amb intensitat incremental progressiva – Octagon Multistage Test (OMST)	$\dot{V}O_{2\text{pic}} = 18.03 + 0.78 \cdot \text{score}$	$r^2=0.59$
Vinet et al. (2002)	$n=56$ atletes usuaris de cadira de rodes d'ambdós sexes Paraplègics ($n=39$), Amputats ($n=5$), Seqüela de poliomielitis ($n=12$)	Prova de camp amb intensitat incremental progressiva – ALBT	$\dot{V}O_{2\text{pic}} = 0.22 \cdot V_{\text{max}} - 0.63$ $\log_{\text{edade}} + 0.05 \cdot \text{IMC} - 0.25$ (nivell) – 0.52	$r^2=0.81$
Laskin et al. (2004)	$n=24$ atletes usuaris de cadira de rodes. Paraplègics, amputats, mala formació congènita i paràlisi cerebral.	Proves submàximes contínues (Prova 1 = 60 propulsions per minut, Prova 2 = 80 propulsions per minut)	60 prop/min: $\dot{V}O_{2\text{pic}} \text{ (L/min)} = 0.74 + 0.31(\text{classificació}) + 0.003 \text{ (m)} - 0.15(\text{PSE})$ 80 prop/min: $\dot{V}O_{2\text{pic}} \text{ (L/min)} = 1.50 + 0.0029(\text{m}) - 0.16 \text{ (PSE)} + 0.235 \text{ (classificació)}$	60 prop/min ($r^2=0.73$) 80 prop/min ($r^2=0.74$)
Vanlandewijck et al. (2006)	$n=11$ atletes del sexe masculí, $n=7$ paraplègics, $n=1$ paràlisi cerebral $n=3$ sense discapacitat	Prova de camp intensitat incremental progressiva – Shuttle Run 25 m	$\dot{V}O_{2\text{pic}} = 0.67 + 0.023 \text{ SR (s)} - 39.48 \text{ MR (m/s}^2\text{)} + 5.11 \text{ TC (s)}$	$r=0.64$
Gossey-Tolfrey et al. (2008)	$n=24$ atletes del sexe masculí, practicants d'handbol en cadira de rodes - altament entrenats	Prova de camp amb intensitat incremental progressiva – Shuttle Run 20 m comparat a la prova en ergòmetre de cadira de rodes	La FCmax i Distància recorreguda entre el test i retest van ser reproduïbles, però la prova no mesura la Potència Aeròbica real	–

Font: Elaboració pròpia.

Another restriction is related to the difficulty of getting sample groups in sufficient numbers to perform statistical procedures. The general studies do not properly characterise athletes belonging to the sample in terms of the type of musculature (flaccid or spastic), the level of spinal cord injuries (cervical, above or below L1), the level of the amputation, or the degree of motor effects in subjects with cerebral paralysis. In terms of the material used in the protocols developed, they are not presented in detail, meaning whether they are an everyday wheelchair or official wheelchair in the different sports specialities practised by athletes with physical disabilities (rugby, basketball, track and field).

Likewise, different variables are explored which hinder a comparison among studies, such as associated factors which contribute to the fact that the majority of field tests have low to moderate correlations, and thus it is impossible to reach a consensus on the ideal protocol and to ascertain the variables that affect the evaluative process of aerobic power.

Despite the development of evaluation processes in the field of parasport, more studies should be proposed so that the field protocols are more reliable and appropriate for this population. In this way, sports technicians could carry out sport evaluations more easily, quickly and reliably.

Conflict of Interests

No conflict of interest was reported by the authors.

Una altra restricció està relacionada amb la dificultat d'obtenir grups de mostra en nombres considerats suficients per a la realització de procediments estadístics. Els estudis de forma general no caracteritzen de forma pertinent els atletes pertanyents a la mostra en relació al tipus de musculatura (flàccida o espàstica) ni al nivell de lesió de la medulla espinal (cervical, a dalt o sota L1), tampoc el nivell d'amputació, el grau d'afectació motriu en subjectes amb paràlisi cerebral. Quant al material utilitzat en els protocols realitzats, no es presenta detalladament, o sigui, si són cadira de rodes de passeig (cadira de dia a dia) o cadires oficials de les respectives modalitats esportives practicades pels atletes amb discapacitat física (Rugbi, Bàsquet, Atletisme).

També s'exploren diferents variables que dificulten la comparació entre els estudis, com són factors associats que van contribuir al fet que la majoria de proves de camp presentessin correlacions de baixes a moderades i així, va ser impossible arribar a un consens en el protocol ideal i conèixer quines variables incideixen en el procés avaluat al de la potència aeròbica.

Malgrat l'evolució dels processos d'avaluació en l'àmbit paraesportiu, s'han de proposar més estudis per tal que els protocols de camp esdevinguin més fidedignes i adequats per a aquesta població. D'aquesta forma els tècnics esportius podran realitzar el procés d'avaluació amb més facilitat i de forma més ràpida i fiable.

Conflicte d'interessos

Les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.

References

- Cooper, K. H. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake: Correlation between field and treadmill testing. *Journal of the American Medical Association*, 4, 201-203. doi:10.1001/jama.1968.03140030033008
- Dallmeijer, A. J., Hopman, M. T., Van As, H. H., & Van der Woude, L. H. (1996). Physical capacity and physical strain in persons with tetraplegia; the role of sport activity. *Spinal Cord*, 34, 729-735. doi:10.1038/sc.1996.133
- Franklin, A. F., Swantek, K. I., Grais, S. L., Johnstone, K. S., Gordon, S., & Timmis, G. C. (1990). Field test estimation of maximal oxygen consumption in wheelchair users. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 71, 574-578.
- Goosey-Tolfrey, V. (2008). The multi-stage fitness test as a predictor of endurance fitness in wheelchair athletes. *Journal of Sports Sciences*, 26(5), 511-517. doi:10.1080/02640410701624531
- Goosey-Tolfrey, V., Castle, P., & Webborn, N. (2006). Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players.

Referències

- British Journal of Sports Medicine*, 40(8), 684-687. doi:10.1136/bjism.2006.026815
- Janssen, T. W., Dallmeijer, A. J., & Van der Woude, L. H. (2001). Physical capacity and race performance of handcycple users. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 38, 33-40.
- Janssen, T. W., Dallmeijer, A. J., Veeger, D., & Van der Woude, L. H. (2002). Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 39(1), 29-39.
- Laskin, J. J., Slivka, D., & Frogley, M. A. (2004). A cadence based sub-maximal field test for the prediction of peak oxygen consumption in elite wheelchair basketball athletes. *Journal of Exercise Physiology-Online*, 7(1), 8-18.
- Leger, L., & Boucher, R. (1980). An indirect continuous running multistage field test: The University of Montreal track test. *Canadian Journal of Applied Sports Science*, 5, 77-84.

- Leger, L., & Lambert, J. A. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict $\dot{V}O_{2\max}$. *European Journal of Applied Physiology*, 49, 1-12. doi:10.1007/BF00428958
- Lewis, J. E., Nash, M. S., Hamm, L. F., Martins, S. C., & Groah, S. L. (2007). The relationship between perceived exertion and physiologic indicators of stress during graded arm exercise in persons with spinal cord injuries. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88, 1205-1211. doi:10.1016/j.apmr.2007.05.016
- Poulain, M., Vinet, A., Bernard, P. L., & Varray, A. (1999). Reproducibility of the adapted Leger and Boucher test for wheelchair-dependent athletes. *Spinal Cord*, 37(2), 129-135. doi:10.1038/sj.sc.3100774
- Ramsbottom, R., Brewer, J., & Williams, C. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, 22(4), 141-144. doi:10.1136/bjism.22.4.141
- Rhodes, E. C., McKenzie, D. C., Courrs, K. D., & Rogers, A. R. (1981). A field test for the prediction of aerobic capacity in male paraplegics and quadriplegics. *Canadian Journal of Applied Sports Science*, 6(4), 192-186.
- Schrieks, I. C., Barnes, M. J., & Hodges, L. D. (2011). Comparison study of treadmill versus arm ergometry. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 31(4), 326-331. doi:10.1111/j.1475-097X.2011.01014.x
- Thomas, J., Nelson, J., & Silverman, S. (2012). *Métodos de pesquisa em atividade física* (6a ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Vanderthomenn, M., Francaux, M., Colinet, C., Lehance, C., Lhermerout, C., Crielaard, J. M., & Theisen, D. (2002). A multistage field test of wheelchair users for evaluation of fitness and prediction of peak oxygen consumption. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 39(6), 685-692. doi:10.1055/s-1999-9465
- Vanlandewijck, Y. (1999). Field test evaluation of aerobic, anaerobic, and wheelchair basketball skill performances. *International Journal of Sports Medicine*, 20, 548-554.
- Vanlandewijck, Y., Vliet, P. V., Verellen, J., & Theisen, D. (2006). Determinants of shuttle run performance in the prediction of peak $\dot{V}O_2$ in wheelchair users. *Disability and Rehabilitation*, 28(20), 1259-1266. doi:10.1080/09638280600554769
- Vinet, A., Bernard, P. L., Ducomps, C., Selchow, O., Gallais, D. L., & Micallef, J. P. (1998). A field deceleration test to assess total wheelchair resistance. *International Journal of Rehabilitation Research*, 21(4), 397-401. doi:10.1097/00004356-199812000-00007
- Vinet, A., Bernard, P. L., Poulain, M., Varray, A., Gallais, D. L., & Micallef, J. P. (1996). Validation of an incremental field test for the direct assessment of peak oxygen uptake in wheelchair-dependent athletes. *Spinal Cord*, 34, 288-293. doi:10.1038/sc.1996.52
- Vinet, A., Gallais, D. L., Bouges, S., Bernard, P. L., Poulain, M., Varray, A., & Micallef, J. P. (2002). Prediction of $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ in wheelchair-dependent athletes from the adapted Leger and Boucher test. *Spinal Cord*, 40(10), 507-512. doi:10.1038/sj.sc.3101361