

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).

Validación de pruebas para el análisis de la potencia aeróbica en atletas tetrapléjicos

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 Facultad de Educación y Humanidades, Pedagogía en Educación Física, Universidad del Bio-Bio (Chile).

² Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad San Sebastián (Chile).

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

⁴ Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC), Centro de Barcelona, Universidad de Barcelona (España).

⁵ Facultad de Educación Física-DEAFA, Universidad 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 paraspport 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

Resumen

El siguiente estudio presenta una revisión de textos, entre los años 1980 y 2011, cuyos objetivos son encontrar metodologías originales para la evaluación de la potencia aeróbica en atletas con tetrapleja, describir los procedimientos metodológicos utilizados y presentar los posibles errores metodológicos analizados para que otras investigaciones incidan en el desarrollo de protocolos más fidedignos y adecuados para dicha población. Se han consultado las bases de datos *ScienceDirect*, *Scopus*, *Pubmed* y *Medline* utilizando las palabras clave “Wheelchair Users”, “Spinal Cord Injury”, “Field Test”, “Validation” y “Peak Oxygen Consumption”. Tras el análisis en profundidad de los manuscritos, se seleccionaron 10 artículos de autorías internacionales. Se puede concluir que la utilización de estos recursos es una importante área de interés en el campo del rendimiento paradesportivo, aunque se presentan algunas restricciones a causa de los tipos de discapacidad, la dificultad de conseguir muestras homogéneas y la dificultad de obtener grupos de muestra en números considerados suficientes para la realización de procedimientos estadísticos. A pesar de la evolución de los procesos de evaluación en el ámbito paradesportivo, se deberían proponer más estudios para que los protocolos de campo se vuelvan más fidedignos y adecuados para esta población.

Palabras clave: potencia aeróbica, discapacidad, validación de pruebas, pico de consumo de oxígeno

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

* Correspondencia:
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 parasport 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 $\dot{V}O_2$ peak, 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

Introducción

Para la maximización de los resultados en competiciones de alto rendimiento, es imprescindible la prescripción de ejercicios con volumen e intensidades adecuadas, así como la realización de un seguimiento y unas evaluaciones periódicas que hagan posible la mejora en el rendimiento del deportista.

La evaluación de la potencia aeróbica en atletas con lesión de la médula espinal (en adelante LME), como indicador de límite máximo de tolerancia al ejercicio aeróbico, es un área de interés importante en el campo de rendimiento paradesportivo (Vanlandewijck, Vliet, Verellen, & Theisen, 2006). Habitualmente se realizan a través de protocolos de laboratorio o con pruebas de campo. Con relación a los procedimientos de laboratorio, los instrumentos más comunes son el ergómetro de brazo (Goosey-Tolfrey, Castle, & Webborn, 2006; Lewis, Nash, Hamm, Martins, & Groah, 2007), el ergómetro de silla de ruedas (Dallmeijer, Hopman, Van As, & Van der Woude, 1996; Janssen, Dallmeijer, Veeger, & Van der Woude, 2002), y la cinta para silla de ruedas (Janssen, Dallmeijer, & Van der Woude, 2001; Schrieks, Barnes, & Hodges, 2011).

Por un lado, la medición de laboratorio presenta una mejor precisión en la medición del $\dot{V}O_2$ pico, pero el acceso a los instrumentos es restringido por su elevado coste que presentan. Por otro lado, los entrenadores buscan herramientas prácticas y de fácil ejecución para utilizar en el desarrollo de sus atletas de forma rápida y eficiente (Goosey-Tolfrey et al., 2006; Laskin, Slivka, & Frogley, 2004; Vanlandewijck et al., 2006).

De esta forma, surgen como alternativa la utilización de pruebas de campo, no solo como herramientas de fácil acceso y de ejecución sencilla, sino por presentar similitudes en términos de desarrollo y actividad, en relación con los eventos competitivos (Laskin et al., 2004; Vinet et al., 1996).

Las evaluaciones de la potencia aeróbica a través de pruebas de campo en individuos sin diversidad funcional se desarrollan y se utilizan con éxito (Poulain, Vinet, Bernard, & Varray, 1999; Vanlandewijck et al., 2006; Vinet et al., 1996). Sin embargo, cuando las mismas pruebas con ecuaciones similares son utilizadas en atletas con diferentes tipos de discapacidad física, los resultados generan informaciones erróneas en relación con la condición real de esos individuos.

En el caso de la tetraplejía, los atletas presentan una disfunción del sistema autonómico simpático, lo que puede ser agravado por el tipo y el nivel de la lesión, siendo así la relación que cuanto más afectado esté el atleta menores serán las posibilidades de alcanzar niveles elevados

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.

de frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno. Este hecho justifica la necesidad de crear ecuaciones específicas para este tipo de población (Goosey-Tolfrey et al., 2006).

Ante estas posibilidades, varios equipos de investigación presentaron ecuaciones validadas para medir la potencia aeróbica en atletas con discapacidad física, a pesar de la cantidad de restricciones presentadas a causa de las diferentes deficiencias, con la dificultad de obtener muestras homogéneas y muchas veces, disponer de grupos pequeños de muestreo.

Franklin et al. (1990) correlacionaron los valores de $\dot{V}O_{2pico}$ obtenidos a través del ergómetro de brazo y encontraron correlación moderada ($r = 0.84$). Años más tarde, Vinet et al. (2002) correlacionaron los valores de $\dot{V}O_{2pico}$ obtenidos en la prueba ALBT (Adapted Leger and Boucher Test para atletas dependientes con silla de ruedas) en la pista de tartán con los valores obtenidos en el ergoespirómetro portátil e identificaron correlación moderada de ($r^2 = 0.81$). Por otro lado, estudios como los de Vanderthomenn et al. (2002); Vanlandewijck et al. (2006); Vinet et al. (1996) presentaron correlaciones más pequeñas que $r = 0.69$ en la medición de $\dot{V}O_{2pico}$ en pruebas de campo, lo que requiere tener por parte de los evaluadores cierto cuidado en la interpretación de los resultados para no sobreestimar la real potencia aeróbica de los atletas con tetraplejía, dado que son evaluados e insertados en grupos de muestreo con sujetos amputados, con secuelas de poliomielitis, parapléjicos o incluso individuos sin discapacidad (Goosey-Tolfrey et al., 2006; Vanlandewijck et al., 2006).

En los estudios anteriormente citados, se observa la presencia de atletas con tetraplejía en el muestreo, sin embargo, existe aún la necesidad del desarrollo de protocolos que sean capaces de medir de forma fehaciente la condición cardiorrespiratoria de atletas con tetraplejía en pista, dado que los principales protocolos desarrollados en la población son en pista de tartán. La validación de los protocolos en pista, además de permitir una mayor proximidad en modalidades de disputa en pista, podrá ofrecer a los entrenadores la posibilidad de un análisis más preciso del parámetro cardiorrespiratorio.

Por lo tanto, el estudio tuvo como objetivo encontrar en la literatura metodologías originales para la evaluación de la potencia aeróbica en atletas con tetraplejía, describir los procedimientos utilizados y, finalmente, presentar los posibles errores metodológicos analizados para que otras investigaciones busquen desarrollo de protocolos más fidedignos y adecuados para la referida población.

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.

Metodología

Este estudio corresponde a una revisión de literatura que, según Thomas, Nelson y Silverman (2012) es un tipo de investigación cuya finalidad es ubicar y sintetizar toda la literatura relevante sobre un determinado tema.

Para el desarrollo del trabajo, se realizó una búsqueda en la base de datos *SCIVERSE*, herramienta construida para la integración de los contenidos científicos e históricos de las principales bases de datos utilizadas en educación física, como *ScienceDirect*, *Scopus*, *Pubmed* y *Medline*.

Se realizó una búsqueda en profundidad con las siguientes combinaciones de palabras clave: “Wheelchair Users” sumado a “Spinal Cord Injury” cuya finalidad era verificar la cantidad de artículos, conferencias y tesis doctorales que estaban relacionadas con los usuarios de silla de ruedas con LME en términos generales. Después se efectuó una búsqueda a través de las siguientes combinaciones terminológicas: “Wheelchair Users”, combinados con “Field Test”, “Validation” y “Peak Oxygen Consumption”, para el análisis de estudios relacionados con la construcción de pruebas de campo para la evaluación de la potencia aeróbica en atletas con discapacidad física.

La investigación se limitó a las terminologías en lengua inglesa y se tuvieron en cuenta estudios realizados en el período 1980-2011. Tras la primera selección de estudios (todos fueron analizados al detalle), se generó un listado de referencia donde fueron incluidos 86 manuscritos con posibilidad de corresponder al objetivo del estudio. Como criterio de inclusión en la revisión, tras la lectura del título y de los resúmenes, los estudios debían presentar las siguientes características: a) propuesta original de metodología para el análisis de la potencia aeróbica en atletas con discapacidad física; b) la muestra debía contener atletas con tetraplejía; c) las pruebas realizadas debían presentar medición de $\dot{V}O_{2\max}$ o pico, y d) claridad en la descripción de la muestra, procedimientos y resultados.

Tras el análisis en detalle de los manuscritos considerando los factores de inclusión, fueron seleccionados 10 artículos, todos de autoría internacional (figura 1).

Para el desarrollo del estudio, cada artículo fue detallado con la descripción de la autoría y el año de publicación; la muestra utilizada en el estudio y el número de participantes de acuerdo con el tipo de discapacidad; la metodología utilizada tanto en las pruebas de campo, como en los procedimientos de laboratorio empleados y los principales resultados obtenidos, así como la ecuación de predicción para la medición de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ y los niveles de correlación entre las mediciones directas e indirectas.

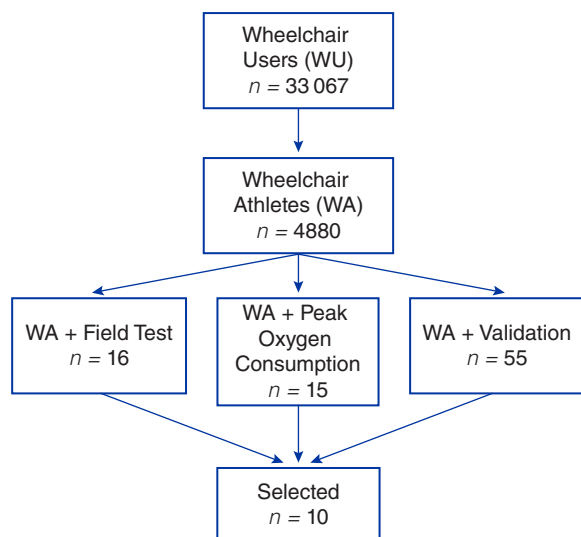


Figure 1. Results obtained from the combinations of terms and searches in the SCIVERSE database.

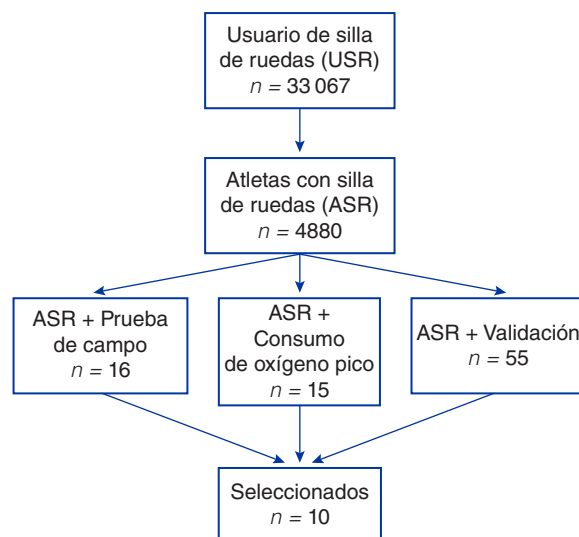


Figura 1. Resultados obtenidos a través de las combinaciones terminológicas y búsquedas en la base de datos SCIVERSE.

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 paraspport 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

Resultados y discusión

Esta investigación tuvo como objetivo identificar y analizar los métodos para evaluar la potencia aeróbica en atletas con tetraplejía.

Según Vanlandewijck (1999), el primer estudio para la predicción del acondicionamiento aeróbico de los usuarios de silla de ruedas en pruebas de campo fue propuesto por Rhodes, McKenzie, Courrs y Rogers (1981) y años más tarde, Franklin et al. (1990) pasó a fomentar esta área de interés que viene emergiendo en el campo del desempeño paradesportivo.

Rhodes et al. (1981) y Franklin et al. (1990) validaron el protocolo adaptado de prueba de la carrera de 12 minutos para usuarios en silla de ruedas, propuesto inicialmente por Cooper (1968) en pista de 400 m en superficie de tartán. Como adaptación a la prueba original, los autores propusieron un recorrido rectangular en el cual el atleta debía realizar la distancia más larga posible en 12 minutos. En ambos estudios, tras la correlación entre la distancia recorrida y el $\dot{V}O_{2pico}$ medido en el protocolo de laboratorio realizado con el ergómetro de brazo, proporcionaron indicios de que la referida prueba de campo presentaba buena estimación de $\dot{V}O_{2pico}$ en el usuario en silla de ruedas, $r^2 = 0.77$ y $r = 0.84$, respectivamente.

Además de la distancia recorrida, Rhodes et al. (1981) utilizaron la correlación de otras variables independientes como la tensión arterial, la frecuencia cardiaca y las características antropométricas de los sujetos, como variable

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 $\dot{V}O_2$ 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 $\dot{V}O_2$ 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 $\dot{V}O_2$ peak, confirmed that the ALBT was a valid test to measure the levels of $\dot{V}O_2$ 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

dependiente del $\dot{V}O_2$ pico para el aumento de la predicción en la ecuación de regresión, mientras que Franklin et al. (1990) utilizó solamente la distancia recorrida.

Como limitación metodológica, los estudios no consideraron la resistencia del material y utilizaron sillas de ruedas estándar, lo que puede haber generado informaciones que comprometen los resultados, dado que la resistencia del material frente a la superficie utilizada, así como el no reconocimiento previo del material, imposibilitan el análisis de la distancia real que podría ser recorrida por el atleta, puesto que se lleva a cabo una posible alteración de las informaciones del nivel de $\dot{V}O_2$ pico. Sin embargo, la ventaja de la utilización de esta prueba es la posibilidad de evaluar varios atletas al mismo tiempo, siendo de fácil realización y de bajo coste.

Por otro lado, las desventajas son que, como la prueba examina durante 12 minutos, la falta de motivación y la incapacidad de mantener el ritmo constante podrían alterar los resultados deseados, además de ser una prueba no continua y no representar mucha similitud con los esfuerzos realizados durante la competición.

Vinet et al. (1996) realizaron la adaptación del Test ALBT para personas usuarias de silla de ruedas y correlacionaron las variables: duración de la prueba, %FCmax y $\dot{V}O_2$ pico con los resultados obtenidos en la prueba de la cinta para la silla de ruedas. El ALBT se efectuó en una pista de tartán de 400 m marcados cada 50 m con conos; el atleta debía efectuar el recorrido de acuerdo con la velocidad preestablecida por audio, siendo la velocidad inicial de 4 km/h con el incremento de 1 km/h cada minuto, hasta la extenuación.

Las variables analizadas y correlacionadas al final de las pruebas, duración de la prueba, %FCmax y $\dot{V}O_2$ pico confirmaron el ALBT como prueba válida para medir los niveles de $\dot{V}O_2$ pico en atletas usuarios en silla de ruedas ($r = 0.65$). Sin embargo, cuando se han comparado los resultados de la ecuación preestablecida por Leger y Boucher (1980) para individuos sin discapacidad, no han presentado validez, confirmando así la necesidad de ecuaciones específicas para individuos con discapacidad física.

El estudio presentó una limitación metodológica, no por el pequeño número de la muestra de 9 atletas parapléjicos (28.9 ± 4.2 años), pero sí por no categorizar el tipo de lesión, es decir, si la paraplejía es espástica o flácida, o sea si presentan o no tono muscular al nivel de la lesión, debido a la existencia considerada

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.

significativa de los parámetros fisiológicos, metabólicos y neuromusculares entre atletas con lesión por encima y debajo de la primera vértebra lumbar (L1).

Más tarde, Poulain et al. (1999) analizaron la reproductibilidad del Test ALBT para sujetos usuarios de silla de ruedas. Fueron seleccionados 8 atletas del sexo masculino con paraplejia (30.8 ± 5.1 años). Todos los sujetos realizaron tres veces la prueba, cuyo protocolo fue semejante al utilizado por Vinet et al. (1996). Al final de esta se recogieron y analizaron los valores referentes a la temperatura del ambiente (TA), velocidad máxima (Vmax) de la última etapa y el valor de la frecuencia cardíaca máxima (FCmax) alcanzada durante el minuto final de la prueba.

La conclusión del estudio fue que no hubo diferencia significativa ($p < .05$) entre las medias de las variables de TA, FCmax y Vmax, por lo que la prueba presentó buena reproductibilidad. Por la secuencia cronológica, Vinet et al. (2002) propusieron la validación de la ecuación para la predicción de $\dot{V}O_{2pico}$ en atletas usuarios de silla de ruedas, a través del Test ALBT. Participaron 56 usuarios de silla de ruedas de ambos sexos, siendo 36 parapléjicos, 5 amputados y 12 individuos con secuela de poliomielitis.

Como primera limitación del estudio, los atletas no fueron detallados en relación con el tipo y el nivel de lesión de los parapléjicos ni tampoco con el nivel de amputación de los atletas que participaron en el estudio. Por otro lado, los atletas fueron divididos en dos grupos, el primero con la propuesta de elaboración de la ecuación de regresión y el segundo para el análisis de validez externa de la ecuación. Además, los atletas recibieron un coeficiente de acuerdo con el nivel de la lesión. Los parapléjicos fueron atribuidos con el coeficiente 1, mientras que los amputados y con secuelas de poliomielitis recibieron el coeficiente 0. Estos valores fueron insertados como variable dependiente en la ecuación para medición de $\dot{V}O_{2pico}$.

Las variables independientes recogidas en la prueba fueron: distancia recorrida, velocidad máxima alcanzada en el último minuto y el número de propulsiones, y estas fueron analizadas y contribuyeron a la elaboración de la ecuación de predicción de $\dot{V}O_{2pico}$ ($r^2 = 0.81$). El diferencial metodológico y científico del estudio fue la utilización de la variable resistencia de la silla, propuesto inicialmente por Vinet et al. (1998), como componente capaz de influenciar sobre el rendimiento del participante y que se debe analizar con atención cuando en las pruebas se utiliza silla de ruedas.

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) desarrollaron la prueba de campo incremental progresiva en el recorrido octagonal, siendo cuatro lados de 11 m y cuatro lados con 2.83 m con velocidad predeterminada por la señal sonora propuesta en la prueba convencional de Leger y Boucher (1980). De las variables recogidas en el estudio, la etapa en la que el atleta ha interrumpido la prueba tuvo mayor correlación con el $\dot{V}O_{2pico}$ ($r^2 = 0.59$), por lo que las autorías propusieron la ecuación para la predicción del $\dot{V}O_{2pico}$ considerando solamente la etapa alcanzada durante la prueba.

Sin embargo, es importante resaltar que la etapa en la prueba tiene incremento en la velocidad, por lo que cada etapa tiene un aumento del número de *beeps* (mínimo 6 *beeps* y máximo 18 *beeps*), información con la que el autor podía haber verificado la distancia recorrida como un parámetro primordial, dado que es más fidedigno que solamente la etapa alcanzada. Además, la muestra fue compuesta por un grupo heterogéneo ($n = 2$ tetraplégicos, $n = 26$ parapléjicos, $n = 5$ con secuelas de poliomielitis y $n = 4$ amputados) lo que puede haber comprometido sus resultados, dado que, a pesar del atleta con tetraplejía pudiese haberse desplazado con mayor distancia en relación al atleta amputado, posiblemente sus parámetros metabólicos y fisiológicos podrían tener respuestas inferiores a los sujetos amputados debido al comprometimiento del sistema nervioso autonómico simpático.

Laskin et al. (2004) propusieron la validación de dos pruebas de campo continuas con esfuerzo submáximos para la medición de $\dot{V}O_{2pico}$ en atletas con discapacidad física. La prueba 1 consistía en que el atleta recorriese la pista de balonmano con velocidad de 60 propulsiones por minuto, y la prueba 2, que la recorriese con velocidad de 80 propulsiones por minuto, ambas pruebas tuvieron duración de 5 minutos. Comparadas en el ergómetro de brazo, la prueba 1 y la prueba 2 presentaron buena correlación para la medición de $\dot{V}O_{2pico}$, $r^2 = 0.73$ y $r^2 = 0.74$ respectivamente. Lo mismo fue observado en relación con la comparación entre las pruebas ($r = 0.87$). No obstante, la prueba 2 presentó mayor reproductibilidad en las variables de frecuencia cardiaca, percepción subjetiva del esfuerzo y distancia recorrida, concluyendo que, a pesar de que la prueba 2 presentaba mayor reproductibilidad, ambas pruebas son fiables para la medición de $\dot{V}O_{2pico}$ en atletas usuarios de silla de ruedas.

Por otro lado, los esfuerzos en las modalidades colectivas en silla de ruedas se caracterizan como intermitentes, y la prueba, por ser continua, 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 competitive events, situation verified in the investigations of Rhodes et al. (1981) and Franklin et al. (1990).

Vanlandewijck et al. (2006) han determinado el impacto de las variables ergonómicas (silla de ruedas y sus respectivos usuarios) y ambientales (superficie de la prueba) en la prueba de campo Shuttle Run 25 m para optimizar la previsibilidad del $\dot{V}O_{2pico}$. En este caso, fueron seleccionados 11 sujetos del sexo masculino, siendo 7 paraplégicos, 1 con parálisis cerebral y 3 individuos sin deficiencia (31 ± 6.62 años). Como limitación metodológica, fue observada la inclusión de atletas sin diversidad funcional en el estudio y no relataron el nivel de entrenamiento en silla de ruedas de esos sujetos, y tampoco se caracterizó el nivel y el tipo de paraplejía de los atletas.

La prueba fue adaptada de Leger y Lambert (1982) – Shuttle Run 25 m que consistía en que dos individuos realizaran la carrera ida y vuelta entre los conos con distancia de 25 m uno del otro con la velocidad preestablecida por el audio. De las tres etapas, en el primer momento, los sujetos realizan la prueba en condiciones normales en pista de tartán, PVC y cemento. En el segundo momento, se introdujo el aumento de la resistencia mecánica (menor calibre de neumáticos) en superficie tierna y de linóleo, y en el tercer momento se utilizó la superficie tierna y linóleo, sin embargo con capacidad de giro reducida. Se concluye que el $\dot{V}O_{2pico}$ fue semejante en los tres momentos, no obstante, la resistencia mecánica, propuesta por Vinet et al. (1998), y la capacidad de giro actuaron de forma significativa para la disminución del rendimiento en la prueba, principalmente en la variable tiempo de duración de la prueba de campo.

A partir de aquí, las autorías utilizaron esas variables dependientes para el cálculo de regresión lineal para la predicción del $\dot{V}O_{2pico}$ ($r = 0.64$). Teniendo en cuenta las informaciones ergonómicas y ambientales, se aprecia una correlación regular en la predicción del $\dot{V}O_{2pico}$ pudiendo ser justificado por las características heterogéneas y el número ($n = 11$) de la muestra.

Goosey-Tolfrey (2008) analizaron la validez y la reproducibilidad de la prueba incremental continua para usuarios con silla de ruedas a partir del protocolo propuesto inicialmente por Ramsbottom, Brewer y Williams (1988) para individuos sin discapacidad. La prueba tenía como finalidad medir la capacidad aeróbica de los individuos a través de la carrera de ida y vuelta en un recorrido de 20 m de acuerdo con la velocidad preestablecida por la señal sonora. Fueron seleccionados 24 sujetos del sexo masculino

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 paraspport 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.

usuarios de silla de ruedas altamente entrenados, sin embargo, los sujetos no fueron descritos en relación con el tipo de deficiencia física que compuso la muestra.

Inicialmente, realizaron la prueba de laboratorio de esfuerzo máximo a través del ergómetro de silla de ruedas para la medición de $\dot{V}O_{2pico}$ y la FCmax. Seguidamente, todos los sujetos fueron sometidos al test y al retest de campo. Se observa que la prueba de campo no ha presentado validez en relación con la medición de la capacidad aeróbica ($\dot{V}O_{2pico}$) en atletas usuarios de silla de ruedas. Sin embargo, sí ha presentado reproductibilidad en las variables FCmax y en la distancia recorrida.

Los resultados observados podrían estar condicionados por el tipo de esfuerzo realizado en silla de ruedas, como el frenado y la aceleración durante la prueba, por lo que se podría terminar alterando la propuesta metodológica original solamente observando el incremento de la velocidad sin disminución del ritmo de carrera o de propulsión. También es interesante destacar que los sujetos seleccionados para la muestra del estudio no fueron caracterizados de forma clara.

En la tabla 1 se contemplan diversos estudios relacionados en la validación de pruebas de campo en participantes con discapacidad física. De ellos se especifica: los autores y el año de publicación, la muestra, el método utilizado y los principales resultados obtenidos.

Consideraciones finales

La evaluación de la potencia aeróbica a través del $\dot{V}O_{2pico}$ en atletas usuarios de silla de ruedas, principalmente con tetraplejía, se vuelve indispensable, dado que es uno de los indicadores de límite máximo de tolerancia al ejercicio aeróbico, además de proporcionar subsidios para la prescripción y el control de los entrenamientos frente a la intensidad del esfuerzo exigida durante las sesiones de entrenamiento y competiciones oficiales.

Con el desarrollo de este estudio, se puede concluir que la utilización de estos recursos son una importante área de interés en el campo del rendimiento paradeporativo, pero todavía presentan restricciones a causa de las deficiencias en la dificultad de conseguir muestras homogéneas donde los atletas con tetraplejía son comparados con atletas con amputación de miembro inferior o con atletas sin deficiencia, lo que puede comprometer los resultados debido a los factores tanto de control motor como de sistema nervioso autonómico simpático observado generalmente en atletas tetraplégicos.

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	$D \text{ (miles)}=0.37+0.0337 \cdot \dot{V}O_2\text{max}$ (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: $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ (L/min) = $0.74 + 0.31(\text{classification}) + 0.003 \text{ (m)} - 0.15(\text{PSE})$ 80 prop/min: $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ (L/min) = $1.50 + 0.0029(\text{m}) - 0.16 \text{ (PSE)} + 0.235 \text{ (classification)}$	60 prop/min ($r^2=73$) 80 prop/min ($r^2=74$)
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.

Tabla 1
Estudios de validación de pruebas de campo para el análisis de la potencia aeróbica en atletas con deficiencia física

Autor/Año	Muestra	Método	Resultado	R
Franklin et al. (1990)	$n=30$ usuarios de silla de ruedas de sexo masculino. $n=25$ parapléjicos, $n=2$ secuela de polio, $n=3$ amputados	Correlación de test de laboratorio de ergómetro de brazo con la prueba de campo continua – Carrera 12 minutos adaptada	D (millas)= $0.37+0.0337 \cdot \dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg/min)	$r=0.84$
Vinet et al. (1996)	$n=9$ parapléjicos de sexo masculino	Correlación del test de laboratorio de cinta para silla de ruedas con la prueba de campo incremental progresiva – ALBT	Las variables analizadas: duración de la prueba, %FCmax y $\dot{V}O_2\text{max}$ presentaron buena correlación entre las pruebas	$r=0.65$
Vanlandewijck et al. (1999)	$n=46$ atletas de sexo masculino $n=5$ mielomeningoncele, $n=5$ parálisis cerebral, $n=13$ lesión medular, $n=4$ poliomielitis, $n=12$ amputados	Correlación de la prueba de laboratorio de ergómetro de brazo con la prueba de campo de intensidad incremental progresiva – Shuttle Run 25m	La prueba presenta buena reproductibilidad, pero no refleja valores reales de potencia aeróbica	$r=0.67$
Poulain et al. (1999)	$n=8$ atletas con paraplejia del sexo masculino	Prueba de campo con intensidad incremental progresiva – ALBT	Buena reproductibilidad en las variables de TA, FCmax y Vmax	–
Vanderthommen et al. (2002)	$n=37$, siendo 2 mujeres y 35 hombres usuarios de silla de ruedas entrenados. Tetrapléjicos ($n=2$), Parapléjicos ($n=26$), Secuela de poliomielitis ($n=5$), Amputados ($n=4$)	Prueba de campo con intensidad incremental progresiva – Octagon Multistage Test (OMST)	$\dot{V}O_{2\text{pico}} = 18.03 + 0.78 \cdot \text{score}$	$r^2=0.59$
Vinet et al. (2002)	$n=56$ atletas usuarios de silla de ruedas de ambos sexos Parapléjicos ($n=39$), Amputados ($n=5$), Secuela de poliomielitis ($n=12$)	Prueba de campo con intensidad incremental progresiva – ALBT	$\dot{V}O_{2\text{pico}} = 0.22 \cdot V_{\text{max}} - 0.63 \log_{\text{idade}} + 0.05 \cdot \text{IMC} - 0.25$ (nivel) – 0.52	$r^2=0.81$
Laskin et al. (2004)	$n=24$ atletas usuarios de silla de ruedas. Parapléjicos, amputados, mala formación congénita y parálisis cerebral.	Pruebas sub-máximas continuas (prueba 1 = 60 propulsiones por minuto, Prueba 2 = 80 propulsiones por minuto)	60 prop/min: $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (L/min) = $0.74 + 0.31(\text{clasificación}) + 0.003(m) - 0.15(\text{PSE})$ 80 prop/min: $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (L/min) = $1.50 + 0.0029(m) - 0.16(\text{PSE}) + 0.235(\text{clasificación})$	60 prop/min ($r^2=0.73$) 80 prop/min ($r^2=0.74$)
Vanlandewijck et al. (2006)	$n=11$ atletas del sexo masculino, siendo: $n=7$ parapléjicos, $n=1$ parálisis cerebral $n=3$ sin discapacidad	Prueba de campo intensidad incremental progresiva – Shuttle Run 25 m	$\dot{V}O_{2\text{pico}} = 0.67 + 0.023 \text{ SR (s)} - 39.48 \text{ MR (m/s}^2) + 5.11 \text{ TC (s)}$	$r=0.64$
Gossey-Tolfrey et al. (2008)	$n=24$ atletas del sexo masculino, practicantes de balonmano en silla de ruedas - altamente entrenados	Prueba de campo con intensidad incremental progresiva – Shuttle Run 20 m comparado con la prueba en Ergómetro de Silla de Ruedas	La FCmax y distancia recorrida entre el test y retest fueron reproducibles, pero la prueba no mide la potencia aeróbica real	–

Fuente: Elaboración propia.

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.

Otra restricción está relacionada con la dificultad de obtener grupos de muestra en números considerados suficientes para la realización de procedimientos estadísticos. Los estudios de forma general no caracterizan de forma pertinente los atletas pertenecientes a la muestra en relación con el tipo de musculatura (flácida o espástica) ni al nivel de lesión de la médula espinal (cervical, arriba o debajo de L1), ni al nivel de amputación, ni al grado de afectación motriz en sujetos con parálisis cerebral. En cuanto al material utilizado en los protocolos realizados, no se presenta detalladamente, o sea, si son silla de ruedas de paseo (silla de día a día) o sillas oficiales de las respectivas modalidades deportivas practicadas por los atletas con discapacidad física (Rugby, Baloncesto, Atletismo).

También se exploran diferentes variables que dificultan la comparación entre los estudios, como son factores asociados que contribuyeron al hecho de que la mayoría de pruebas de campo presenten correlaciones de bajas a moderadas y así, se imposibilitó llegar a un consenso en el protocolo ideal y conocer las variables que inciden en el proceso evaluativo de la potencia aeróbica.

A pesar de la evolución de los procesos de evaluación en el ámbito paradesportivo, se deben proponer más estudios para que los protocolos de campo se vuelvan más fidedignos y adecuados para esta población. De esa forma los técnicos deportivos podrán realizar el proceso de evaluación con más facilidad y de forma más rápida y fiable.

Conflicto de intereses

Las autorías no han comunicado ningún conflicto de intereses.

References | Referencias

- 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. *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 handcyclers. *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 $\dot{V}O_{2max}$. *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 quadraplegics. *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 $\dot{V}O_{2peak}$ in wheelchair-dependent athletes from the adapted Leger and Boucher test. *Spinal Cord*, 40(10), 507-512. doi:10.1038/sj.sc.3101361