

Relación entre la fuerza de propulsión y de tracción con el rendimiento deportivo y la clasificación funcional de deportistas de slalom en silla de ruedas
Relationship between traction and propulsion force with sport performance and functional classification in wheelchair slalom athletes

Raúl Reina, Manuel Moya, José Manuel Sarabia, Rafael Sabido
Universidad Miguel Hernández de Elche

Resumen

El sistema de clasificación del slalom en silla de ruedas contempla como elegibles a deportistas con parálisis cerebral y daño cerebral adquirido. La tendencia actual en los sistemas de clasificación es realizar una clasificación integrada y funcional basada en evidencias científicas. En este estudio participaron 9 deportistas ($21,2 \pm 4,7$ años) de nivel nacional con parálisis cerebral (5 ♂ y 4 ♀) de las divisiones D2, D3 y D4, relacionadas con los perfiles funcionales de la Cerebral Palsy International Sports and Recreation Association. Se realizaron dos pruebas de fuerza máxima isométrica (propulsión y tracción) sobre la silla de competición, donde se midió fuerza máxima (Fmax), fuerza media (Fmed), tiempo de ejecución y tiempo hasta diferentes porcentajes de Fmax. Además, se realizaron dos pruebas de rendimiento específicas: 16 m de desplazamiento lineal con una puerta de inversión situada a 8; y dos desplazamientos lineales de 4 m, realizando un zig-zag de ida y vuelta entre ambos, registrando el tiempo de ejecución con un sistema de cronometraje electrónico. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las pruebas de propulsión entre los deportistas de D3 y D4 para la Fmax ($p = 0,007$) y Fmed ($p = 0,002$), siendo mayores los valores de esta última. En las pruebas de rendimiento específico, se encontraron diferencias entre D2 y D3 (inversión: $p = 0,034$ y zig-zag: $p = 0,010$), siendo menores los tiempos de D3. Los resultados muestran que no hay una relación lineal entre las divisiones y el rendimiento mostrado.

Palabras clave: parálisis cerebral; deporte; clasificación; fuerza.

Abstract

Athletes with cerebral palsy and acquired cerebral damage are eligible for competition according to the wheelchair slalom classification system. The current trend in the classification systems is to perform an integrated and functional classification based on scientific evidence. Nine national level wheelchair slalom athletes ($21,2 \pm 4,7$ years) from D2, D3 and D4 divisions, as per functional profiles of the Cerebral Palsy International Sports and Recreation Association, took part in the study (5 ♂ and 4 ♀). Participants performed two maximal isometric force tests (propulsion and traction) with their competition wheelchairs in which maximum force (Fmax), average force (Fmed), execution time and time used to reach different Fmax percentages were recorded. In addition, participants carried out two specific performance tests: a 16 m linear sprint with an inversion door after 8 m; and two 4 m linear displacements with a zig-zag round trip. The measured variable was execution time using photocell gates. Significant differences were found between D3 and D4 in propulsion tests for Fmax ($p = 0,007$) and Fmean ($p = 0,002$), being this last one higher. Significant statistical differences were found between D2 and D3 in specific performance tests (inversion: $p = 0,034$ and zig-zag: $p = 0,010$), being D3 the quickest group. Results show a non-linear relationship between classification divisions and the performance.

Key words: cerebral palsy; wheelchair sport; classification; strength.

Correspondencia/correspondence: Raúl Reina Vaíllo
Centro de Investigación del Deporte. Av. de la Universidad s/n, 03202, Elche (Alicante)
Universidad Miguel Hernández de Elche
E-mail: rreina@goumh.es

Introducción

El slalom en silla de ruedas es un deporte practicado por personas con parálisis cerebral y daño cerebral adquirido, consistente en recorrer un circuito compuesto por una serie de obstáculos en el menor tiempo posible y realizando el menor número de penalizaciones (pisar líneas, derribar obstáculos, etc.). El reglamento vigente de la Federación Española de Deportes para Personas con Parálisis Cerebral y Lesión Cerebral (FEDPC, 2009) contempla competición individual y por equipos. En la prueba cronometrada individual, existe un circuito fijo para todos los competidores compuesto por la siguiente secuencia de obstáculos: 1. Salida (dos pivotes blancos, unidos por una línea recta marcada en el suelo de 1,22 m), 2. Cuadrado de 180° (delimitado por cuatro pivotes en un cuadrado de 1,10 m de lado, dos blancos de entrada en el sentido de la marcha, y dos rojos de salida en el sentido contrario de la marcha), 3. Pivote de giro (consiste en realizar una vuelta completa alrededor de un pivote de color rojo), 4. Cuadrado de 180°, 5. Ocho (se trata de un conjunto de 3 pivotes consecutivos, ubicados a un metro de distancia entre ellos, donde se debe hacer un recorrido en zig-zag de ida y vuelta), 6. Cuadrado de 360° (misma disposición que el cuadrado de 180° pero los cuatro pivotes son blancos, de manera que hay que hacer un giro de 360° en su interior), 7. Cuadrado de 180°, 8. Rampa (se compone de una plataforma y dos rampas iguales de 1,22 m de ancho y largo cada una, las rampas además tienen una inclinación de 0 a 0,15 m y la plataforma una altura de 0,15 m; la División 2 no realiza este obstáculo en la prueba cronometrada, por lo que debe bordearla), 9. Puerta de inversión (consiste en rebasar la línea situada entre dos pivotes de color rojo a una distancia de 1 m, de manera que al llegar al obstáculo, el deportista debe invertir el sentido de su marcha y franquear el obstáculo para, posteriormente, recuperar el sentido habitual de desplazamiento), y 10. Llegada (misma disposición que obstáculo nº1). A este circuito fijo le sigue otro variable en el que, tras un sorteo previo, algunos obstáculos permutan su posición entre sí. El resultado de la competición es la suma de los tiempos en cada circuito más las infracciones cometidas (3 s cuando se pisa una línea que delimita un obstáculo o se toca alguno de los pivotes o rampa; ó 5 s cuando se derriba alguno de los pivotes).

Además del circuito fijo y variable de la prueba cronometrada (dispuestos en un área de competición de 20 x 40 m), existe una prueba de eliminación individual y por equipos, donde dos competidores compiten contrarreloj con una disposición paralela de los siguientes obstáculos: salida → pivote de giro completo → figura en 8 → puerta invertida → cuadrado de 360° → llegada. Este deporte está gobernado por la FEDPC, y celebra cada año un Campeonato de España, al que hay que clasificarse mediante un sistema de acreditación de marcas mínimas de tiempo (suma del circuito fijo y variable).

Se trata pues de un deporte específico para este colectivo, ya que no existe su homónimo en el deporte para personas sin discapacidad (Sanz y Reina, 2012). Para su práctica deportiva, los deportistas, usuarios de silla de ruedas, son clasificados en una serie de divisiones que se sustentan en los perfiles funcionales que plantea la Cerebral Palsy International Sports and Recreation Association (CPISRA, 2011), institución que contempla su fomento y desarrollo como deporte internacional en los próximos años. En el caso del Slalom en silla de ruedas (organizado por divisiones -D-), este deporte está destinado a los deportistas enmarcados en los cuatro perfiles funcionales que son usuarios de silla de ruedas para la práctica deportiva al amparo de CPISRA. La clase 1 se corresponde con la D1, siendo usuarios de silla de ruedas motorizada. La D2 corresponde a la Clase 2 Brazos, es decir, tetraparesias espásticas, atéticas o mixtas, que son capaces de propulsar una silla manualmente. La Clase 2 piernas es un cuadro similar al anterior, pero la funcionalidad es mayor con las piernas y son la D3.

La D4 se corresponde con la clase 3 del manual de CPISRA, y la D5 con la clase 4, que es la última de las clases que son elegibles para la práctica deportiva en silla de ruedas.

En 2001, la Organización Mundial de la Salud desarrolló la International Classification of Functioning, Disability and Health (Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud), a la que nos referiremos como ICF (OMS, 2001). Dicha clasificación, aplicada a diferentes estados o condiciones de salud, está teniendo un creciente y notable impacto en los procesos de clasificación deportivas, aplicados al ámbito del deporte adaptado a personas con discapacidad. Se ha pasado de una atomización de sistemas de clasificación basados en criterios médicos-diagnósticos por grupos de discapacidad (lesión medular, amputaciones, parálisis cerebral, *les autres*, discapacidad visual, discapacidad auditiva, y discapacidad intelectual), al desarrollo de sistemas de clasificación funcionales, donde el énfasis se presta sobre el potencial deportivo-funcional del deportista en una modalidad deportiva determinada. Así, Tweedy (2003) plantea un paralelismo entre el ICF y los procesos de clasificación funcional, de manera que son elegibles para la práctica de deporte adaptado aquellas personas con algún diagnóstico relacionado con una limitación en las normo-actividades de una estructura corporal (p.e. falta de extremidades por amputación) o función corporal (p.e. deficiente rango de movimiento, coordinación, etc.), siendo en este último grupo donde se encuentran las condiciones de salud elegibles para este deporte (e.g. parálisis cerebral, traumatismo cráneo-encefálico, ataxias, etc.).

Para poder competir a nivel internacional y nacional, todos los participantes deben tener un mínimo nivel de discapacidad definida por las diferentes organizaciones, criterio que difiere de acuerdo al tipo de discapacidades y los diferentes deportes, siendo conocido como “criterio de elegibilidad”. La aceptación general es que una persona puede participar en los deportes adaptados cuando sufre una desventaja, por causa de su discapacidad, que le impide participar en deporte normalizado (Tweedy y Valandewijck, 2011). De acuerdo con los postulados de la ICF, Tweedy y Bourke (2009) establecen 10 condiciones de discapacidad, elegibles para la práctica de deporte paralímpico: pérdida de visión, deficiente fuerza, deficiente rango de movimiento articular (ROM), ausencia de extremidades, diferencia de longitud entre extremidades, hipertensión, ataxia, atetosis, baja estatura y discapacidad intelectual. Cabe indicar, que muchas discapacidades conllevan un impacto en más de una de las funciones y estructuras enumeradas. Dicho impacto es el que debe determinar la elegibilidad para la práctica de un determinado deporte, de manera que, por ejemplo, en slalom en silla de ruedas debería participar aquellas personas que tengan un impacto (limitación en la actividad) en la ejecución de las habilidades específicas del deporte, tales como la propulsión o realización de giros con la silla de ruedas. Sin embargo, actualmente sólo son elegibles aquellos deportistas con ataxia, atetosis o hipertensión, características de la parálisis cerebral y el daño cerebral adquirido.

La clasificación de deportistas con alguna discapacidad para la competición ha sido pues un tema de gran controversia en el contexto del deporte adaptado (DePauw y Gavron, 2005; Paciorek, 2005; Brittain, 2010). Brittain (2010) considera que la problemática de las clasificaciones sigue vigente, siendo uno de los principales temas en la agenda internacional de deporte adaptado. Tal y como recoge el Comité Organizador de los Juegos Paralímpicos de Pekín (en Brittain, 2010), existen una serie de factores que pueden condicionar el rendimiento deportivo, y deben ser tenidos en cuenta cuando se efectúa la clasificación, tales como: habilidad, condición física, potencia, resistencia, habilidad táctica y destrezas psicológicas (“*Skill, fitness, power, endurance, tactical ability and mental focus*”; p. 97). Por su parte, Tweedy y Vanlandewijck (2011) afirman que cualquier sistema de clasificación debe

sustentarse en la valoración del nivel de función del deportista, así como del potencial de rendimiento o componente innato. En el caso del slalom en silla de ruedas, la limitación en la actividad viene determinada por la funcionalidad y destreza para la realización de los diferentes circuitos. Amén de que la técnica de ejecución es un factor determinante del rendimiento (e.g. forma de realizar las maniobras de superación de los obstáculos), la velocidad es otro factor de rendimiento fundamental, ya que implica una serie de desplazamientos (4 m de distancia entre los principales obstáculos, y 8 m de distancia hasta y desde la puerta de inversión a la meta).

La tendencia actual en aquellos deportes con un mayor número de practicantes y eventos internacionales es la confección de sistemas de clasificación específicos de las modalidades deportivas, en los que se agrupen diferentes condiciones de salud (Sanz y Reina, 2012). En ese caso, las características de una clasificación integrada y funcional se pueden resumir en que: a) se garantice la clasificación deportiva de cualquier deportista, sea cual fuere su tipo de discapacidad o condición de salud; b) sea específica a cada actividad deportiva; y c) sea objetiva en su proceso y aplicación.

Las clasificaciones deportivas, amén de la finalidad de proveer un punto igual de partida para la competición, también deben estimular la participación de personas con discapacidad en deporte competitivo y, al mismo tiempo, prevenir el abandono deportivo de atletas con niveles de discapacidad severos (Vanlandewijck y Chappel, 1996). Sin embargo, hoy en día siguen vigentes algunas de las dificultades de realizar una adecuada clasificación deportiva, debido a aspectos como (Alonso, Sirera, y Reina, 2010): a) muchos sistemas de clasificación posibilitan una gran incidencia de la subjetividad del clasificador, b) como consecuencia del punto anterior, son únicamente los clasificadores muy experimentados los que realizan una "clasificación fiable", c) la diferente etiología y características de la discapacidad hacen más complejo definir un sistema válido para cualquier deportista, y d) los continuos cambios y modificaciones reglamentarias, a veces mediante pequeños ajustes, en la clasificación deportiva, no permite el desarrollo y la estandarización de un sistema integral único.

Asistimos en la actualidad a un intenso proceso de integración de los deportes adaptados en las estructuras deportivas organizativas ordinarias, proceso que, de forma paralela, ha potenciado la necesidad de fomentar procesos de clasificación funcional basados en evidencias científicas (Hutzler, 2011), con un papel protagonista de las ciencias de la actividad física y del deporte, en colaboración con otras disciplinas como la medicina y la fisioterapia. Dicho proceso es de vital importancia para la presencia futura de algunas modalidades deportivas adaptadas, ya que debe garantizar la presencia de deportistas, y su participación basada en unos principios de equidad y justicia. De la misma manera, el desarrollo de un sistema de clasificación basado en evidencias, abierto a otras personas con discapacidad física y movilidad reducida, permitiría incrementar las oportunidades de práctica deportiva competitiva.

El objetivo del presente estudio es describir el perfil de rendimiento en unas pruebas relacionadas con la funcionalidad en el manejo de la silla de ruedas, en deportistas con parálisis cerebral practicantes de slalom en silla de ruedas, y determinar si dichas pruebas podrían ser discriminantes del perfil funcional a la hora de establecer un sistema de clasificación funcional con pruebas estandarizadas. Se incluyen diferentes pruebas de fuerza y rendimiento con obstáculos propios de la competición, con la finalidad de analizar la relación existente entre tales valores con el rendimiento obtenido en competición en la prueba cronometrada individual.

Método

Participantes

En el estudio participaron 9 deportistas de las divisiones 2 ($n = 1 \text{ ♂} + 1 \text{ ♀}$), 3 ($n = 1 \text{ ♂} + 1 \text{ ♀}$) y 4 ($n = 2 \text{ ♂} + 2 \text{ ♀}$), participantes en Campeonato de España de Slalom en silla de ruedas, con una edad promedio de 21.2 ± 4.7 años. Todos los participantes tienen diagnóstico de parálisis cerebral congénita, con afectación de las cuatro extremidades y tronco con predominancia mixta espástica-atetósica ($n = 5$) o hipertonía espástica ($n = 3$), a excepción de un deportista de la división 4, que presentaba una diplejía espástica (ver CPISRA, 2010, para descripción de los perfiles de clasificación). La Tabla 1 muestra los valores descriptivos de sexo, edad, y peso, así como la posición obtenida en el campeonato de referencia junto con el tiempo final de la prueba cronometrada individual (circuito fijo + circuito variable + penalizaciones si las hubiere). No fueron elegibles para el estudio los deportistas de la división 1, ya que son usuarios de silla de ruedas motorizada. Todos manifestaron el consentimiento informado y la participación voluntaria en el estudio. El estudio se llevó a cabo previa aprobación de la comisión ética de la universidad a la que pertenecen los investigadores y se siguieron los principios estipulados en la Declaración de Helsinki de investigación con humanos.

Tabla 1. Características de los participantes.

División	Sexo	Edad	Peso	Posición	Tiempo Cronometrada (penalizaciones de 3s)
D2	H	21	63,4	1	2:44:91 (0)
D2	M	33	52,6	1 (*)	5:39:86 (1)
D3	H	22	65,7	1	2:03:02 (0)
D3	M	30	52,1	1	2:56:52 (0)
D4	M	17	53,5	--	--
D4	H	26	79,5	1	2:02:25 (1)
D4	H	33	73,2	2	2:16:60 (2)
D4	H	33	63,4	--	1:56:44 (1 + NC)
D4	M	35	45,3	1	3:13:99 (1)

* No hay más competidores en esa prueba; M = Mujer; H = Hombre
NC = No calificó los dos circuitos. Se presenta resultado del circuito fijo.

Instrumentos

Para el registro de la fuerza isométrica ejercida con la silla de ruedas en las posiciones de propulsión y tracción, se empleó un dinamómetro Globus® Iso Control (error precisión: < 1%), instrumentado en un extremo a la silla del deportista y por el otro a un punto de anclaje fijo mediante un cable de acero de 5 milímetros.

Para el registro de las pruebas de rendimiento en slalom, se empleó un sistema de cronometraje electrónico (Globus® Chrono Control con una resolución de 1/100 s), ubicado en la puerta de salida y llegada de los obstáculos oficiales de slalom utilizados. Para la delimitación de tales obstáculos se utilizó cilindros de madera oficiales (de color rojo y blanco), de 0,4 m de altura, 0,1 m de diámetro y 2 kg de peso.

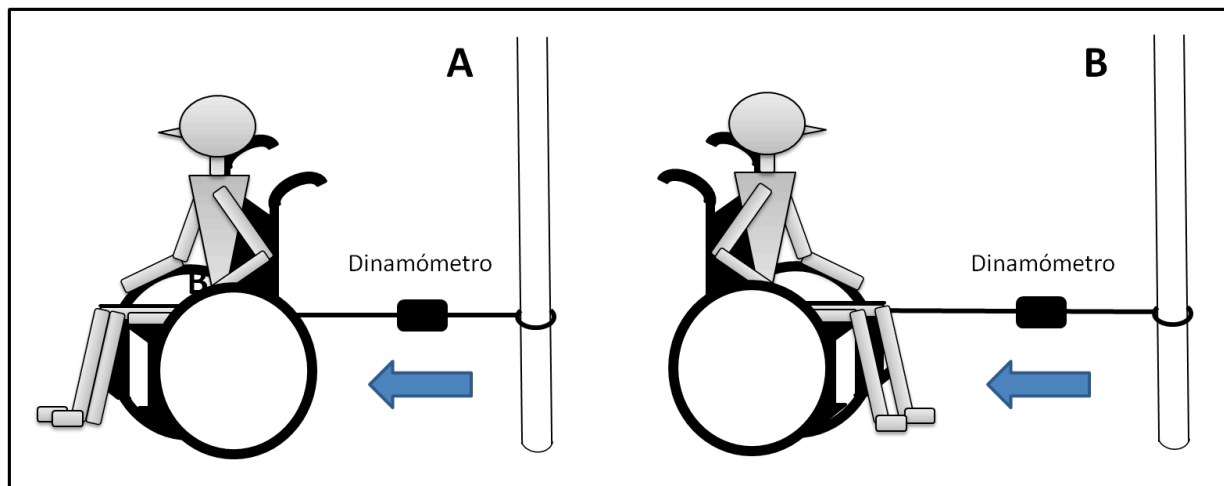


Figura 1. Configuración de las pruebas de fuerza isométrica de propulsión (A) y tracción (B)

Procedimiento

Se hicieron dos pruebas de fuerza máxima isométrica sobre la silla propia de competición: propulsión (sentido del desplazamiento) y tracción (desplazamiento hacia atrás). Cabe indicar que el slalom presenta obstáculos como el cuadrado de giro de 180°, donde el deportista debe entrar en el mismo en el sentido habitual de su desplazamiento, hacer el giro evitando tocar/derribar los pivotes o líneas delimitadoras, y salir en el sentido contrario, de ahí la necesidad de evaluar el movimiento de tracción de la silla. En el caso de la situación de propulsión, el deportista se ubicaba con su silla de ruedas de competición de espaldas al punto de anclaje del dinamómetro, realizando la acción de impulsión hacia delante durante 10 segundos en condiciones isométricas. En el caso de la situación de tracción, el deportista se ubicó frente al punto de anclaje y realizaba la acción de tracción hacia atrás durante 10 segundos en condiciones isométricas. Se hicieron 3 repeticiones de cada prueba con 3 minutos de descanso entre ensayos, incluyendo un ensayo de calentamiento sin registro de los valores de fuerza para familiarizarse con el material y la situación de medida. En ambas pruebas, los investigadores alentaron a los participantes para garantizar los mayores niveles de fuerza máxima en los registros (Sahaly, Vandewalle, Driss, y Monod, 2001), indicándoles que “debes realizar la tracción/propulsión lo más fuerte y rápido posible” (Gruber y Gollhofer, 2004). Las variables obtenidas de estas pruebas fueron la fuerza máxima -Newtons (N)- (F_{max}), fuerza media -N- (F_{med}), tiempo que ejerce fuerza en la repetición -segundos (s)- (T_{rep}), tiempo hasta aplicar la F_{max} -s- (T_{Fmax}), tiempo en alcanzar el 30%, 50% y 90% de la F_{max} -s- (T_{30} , T_{50} , y T_{90}), y el porcentaje de tiempo que está por encima del 30%, 50% y el 90% de su F_{max} -porcentaje de tiempo sobre el tiempo total (%)- ($T > 30$, $T > 50$ y $T > 90$) (Khamoui y col., 2011).

También se realizaron dos pruebas de manejo de la silla con obstáculos oficiales del slalom en silla de ruedas, concretamente de la prueba cronometrada individual. La primera de ellas incluye un desplazamiento de 8 m para llegar al obstáculo de puerta de inversión, consistente en pasar dos pivotes rojos (separados 1 m uno del otro) en sentido contrario al de la marcha, para realizar un nuevo desplazamiento de 8 m hasta la puerta de llegada (figura 2A). La segunda de las pruebas consistía en un desplazamiento de 4 m para realizar el obstáculo en ocho, consistente en la realización de un recorrido de ida y vuelta en zig-zag a lo largo de una línea de 3 pivotes rojos (separados 1 m uno del otro), para seguidamente hacer un nuevo desplazamiento de 4m (medido desde el pivote más próximo a la puerta de llegada) hasta la

puerta de llegada (figura 2B). Se realizaron tres ensayos de cada prueba con 2 minutos de descanso. El deportista podía hacer un ensayo de calentamiento antes de cada prueba, recibiendo instrucciones de que debía hacerlo a la máxima velocidad posible, tratando de evitar cometer infracciones durante el recorrido. Se registró el tiempo (s) empleado en completar el circuito sin penalizaciones.

A efectos de comparación de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, se han recopilado los resultados obtenidos en la prueba cronometrada individual. Dichos resultados incluyen: a) tiempo empleado en completar el circuito fijo; b) tiempo empleado en completar el circuito alternativo; y c) tiempo total de competición, que incluye la suma de los dos anteriores más las penalizaciones obtenidas durante la realización de los mismos. Cabe indicar en este caso, que sólo se han registrado penalizaciones de 3 segundos en algunos de los deportistas que participaron en el estudio, siendo 0 el mínimo y 2 el máximo (tabla 1).

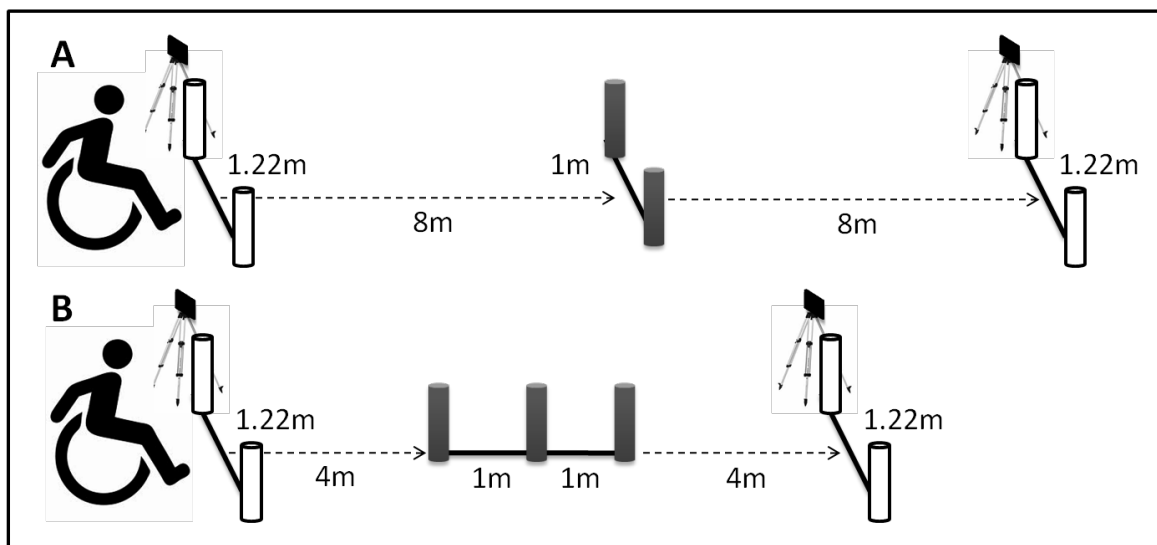


Figura 2. Configuración de las pruebas de rendimiento con puerta de inversión (A) y figura en ocho (B)

Análisis de resultados

Dada la especificidad de la muestra de ese estudio, con el reducido número de sujetos por divisiones, se ha realizado una prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la distribución normal de los ensayos válidos de cada una de las variables de estudio. Todas las variables analizadas presentan una distribución normal para este estadístico, determinando el uso de estadística paramétrica. Se ha empleado un análisis de varianza de 1 factor con análisis post hoc Scheffé para las comparaciones entre-grupos, estableciendo el intervalo de confianza en el 95%. También se ha realizado un análisis de correlación de Pearson entre los valores de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en la competición de referencia. Todos los análisis han sido desarrollados con el paquete estadístico PASW (versión 20.0 para Windows, SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

Resultados

En la prueba de propulsión (tabla 2), se obtuvieron diferencias en los valores de fuerza máxima -Fmax- y el promedio de dicha fuerza durante el ensayo -Fmed-. El análisis pos-hoc de comparación por pares muestra que tales diferencias se dan entre los deportistas de la división 3 y 4. Para la variable Fmax ($p = 0,007$), la división 3 muestra valores inferiores con respecto a la división 4 ($D3 = 153,9 \pm 15,2$ vs. $D4 = 329,4 \pm 125,8$ N), de modo similar a

como ocurre para la Fmed ($p = 0,002$; $D3 = 105,1 \pm 14,5$ vs. $D4 = 226,6 \pm 74,6$ N). Por su parte, los deportistas de la división 2 mostraron valores intermedios entre los de las otras dos divisiones ($F_{max} = 233 \pm 53,2$ N y $F_{med} = 166,8 \pm 23,8$ N).

Tabla 2. Descriptivos y diferencias entre divisiones en la prueba de propulsión.

	División 2	División 3	División 4	F(gl)	Sig.
Fmax	233,00 \pm 53,18	153,95 \pm 16,22	329,40 \pm 125,85	6,60 (2,23)	0,006
Fmed	166,88 \pm 23,81	105,07 \pm 14,4	226,36 \pm 74,58	8,89 (2,23)	0,002
Trep	3,76 \pm 2,22	3,17 \pm 2,53	3,02 \pm 1,83	0,20 (2,23)	0,820
TFmax	3,22 \pm 2,64	1,72 \pm 1,97	1,69 \pm 1,45	1,00 (2,22)	0,384
T30	0,07 \pm 0,02	0,12 \pm 0,21	0,25 \pm 0,59	0,27 (2,22)	0,764
T50	0,15 \pm 0,04	0,18 \pm 0,23	0,43 \pm 0,79	0,46 (2,24)	0,639
T90	0,89 \pm 0,61	0,44 \pm 0,29	1,21 \pm 1,20	1,06 (2,21)	0,365
T>30	0,52 \pm 0,51	0,53 \pm 0,45	0,53 \pm 0,34	0,01 (2,23)	0,999
T>50	0,69 \pm 0,43	0,52 \pm 0,45	0,52 \pm 0,33	0,37 (2,23)	0,694
T>90	0,11 \pm 0,11	0,10 \pm 0,10	0,17 \pm 0,19	0,41 (2,23)	0,673

Para la prueba de tracción (tabla 3), se hallaron diferencias para Fmax, Fmed, el tiempo que ejerce fuerza en la repetición (Trep), el tiempo hasta aplicar la fuerza máxima (TFmax), el tiempo en alcanzar el 50% de la Fmax (T50) y el porcentaje de tiempo que está por encima del 30% y 50% (T>30 y T>50). El análisis post hoc por pares muestra diferencias ($p < 0,001$) entre las divisiones 2 y 3 para las variables FMax, Fmed, Trep, T>30 y T>50, entre las divisiones 2 y 4 para las variables Trep, T>30 y T>50, y entre las divisiones 3 y 4 para las variables FMax y Fmed.

Tabla 3. Descriptivos y diferencias entre divisiones en la prueba de tracción.

	División 2	División 3	División 4	F(gl)	Sig.
Fmax	245,34 \pm 61,98	54,40 \pm 11,58	313,20 \pm 96,31	15,30 (2,23)	0,000
Fmed	194,58 \pm 49,67	24,40 \pm 30,61	217,88 \pm 57,22	26,44 (2,24)	0,000
Trep	7,33 \pm 3,91	1,01 \pm 0,70	2,31 \pm 1,82	11,18 (2,23)	0,000
TFmax	2,39 \pm 1,26	0,48 \pm 0,72	0,94 \pm 1,13	4,19 (2,23)	0,029
T30	0,11 \pm 0,05	0,07 \pm 0,02	0,10 \pm 0,11	2,69 (2,24)	0,090
T50	0,21 \pm 0,09	0,10 \pm 0,01	0,16 \pm 0,15	3,77 (2,24)	0,039
T90	0,92 \pm 0,65	0,07 \pm 0,06	0,48 \pm 0,51	2,69 (2,22)	0,093
T>30	1,40 \pm 0,77	0,24 \pm 0,30	0,39 \pm 0,35	11,08 (2,24)	0,000
T>50	1,39 \pm 0,78	0,12 \pm 0,11	0,40 \pm 0,33	13,12 (2,24)	0,000
T>90	0,20 \pm 0,07	0,01 \pm 0,01	0,13 \pm 0,17	2,21 (2,24)	0,133

En cuanto a las pruebas de rendimiento con obstáculos específicos del slalom en silla de ruedas, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas tanto para la prueba con puerta de inversión como la prueba con figura en ocho. Sin embargo, el análisis por pares muestra que tales diferencias son sólo estadísticamente significativas entre las divisiones 2 y 3 (puerta, $p = 0,034$; ocho, $p = 0,010$), estando próximas a ser significativas entre las divisiones 3 y 4 (puerta, $p = 0,055$; ocho, $p = 0,061$).

Tabla 4. Descriptivos y diferencias entre divisiones en las pruebas de puerta de inversión, figura en ocho, y en competición.

	División 2	División 3	División 4	F(gl)	Sig.
Puerta inversión	20,29 ± 6,49	13,34 ± 3,07	19,15 ± 1,61	5,25 (2,17)	0,019
Figura en ocho	35,56 ± 14,79	18,04 ± 2,90	29,86 ± 3,69	6,76 (2,17)	0,008
Circ. fijo	120,46 ± 57,95	75,63 ± 16,75	83,71 ± 25,75	1,08 (2,7)	0,409
Circ. alternativo	130,43 ± 63,63	72,65 ± 18,96	76,15 ± 20,78	1,69 (2,6)	0,294
Resultado comp.	252,39 ± 123,71	149,77 ± 37,83	150,95 ± 37,96	1,51 (2,6)	0,324

Se ha realizado un análisis de correlación de Pearson entre los valores obtenidos en las pruebas de laboratorio (figura 3) con los resultados en competición. En cuanto a las pruebas de fuerza isométrica, se ha hallado una correlación negativa entre los valores de fuerza máxima con los obtenidos en el circuito fijo ($cor. = -0,29$; $p < 0.05$), circuito variable ($cor. = -0,29$; $p < 0.05$) y tiempo total en la prueba individual cronometrada ($cor. = -0,30$; $p < 0.05$). En cuanto a las pruebas dinámicas que implica movilidad con la silla, se han obtenido correlaciones positivas tanto para la prueba de puerta invertida como la figura en ocho o zig-zag, en todos los casos con correlaciones superiores a 0,976 ($p < 0.01$).

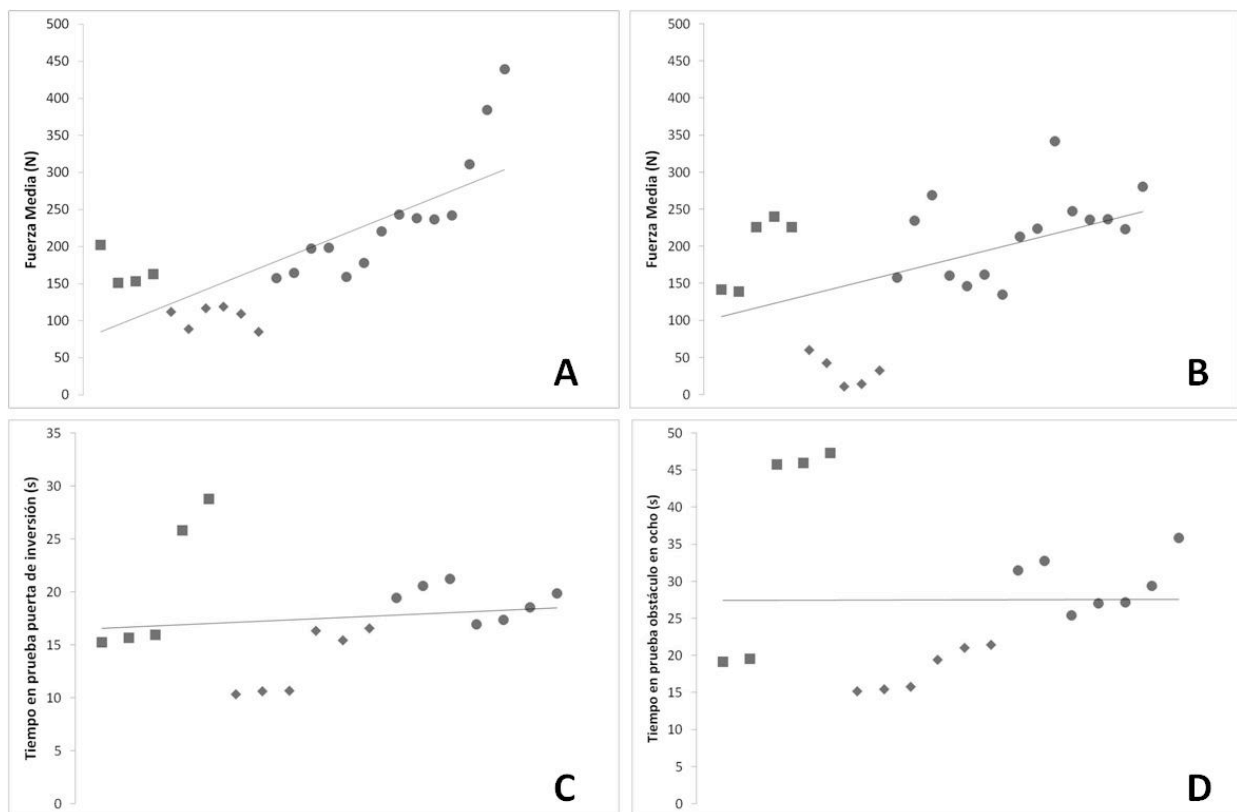


Figura 3. Representación de ensayos para la fuerza media en la situación de propulsión (A) y tracción (B), y tiempo empleado en las pruebas con puerta de inversión (C) y figura en ocho (D) para las divisiones 2 (■), 3 (◆) y 4 (●).

Discusión

El desarrollo de procesos de clasificación basados en evidencias precisa de la valoración del nivel de afectación en una estructura o función corporal y su impacto en la funcionalidad en un deporte determinado, es decir, en las habilidades requeridas para su práctica (Tweedy y Vanlandewijck, 2011). Tradicionalmente, el diagnóstico médico, o condición de salud, ha sido el punto de partida, a veces único, para la asignación de una clase deportiva para la competición. La clasificación propuesta por la Cerebral Palsy International Sports and Recreation Association (CPISRA, 2010) parte de esa premisa, concretando seguidamente una serie de parámetros funcionales en cuanto al manejo de las extremidades superiores e inferiores, y el tronco.

La necesidad de establecer categorías, divisiones en el caso del slalom en silla de ruedas, de cara a organizar la competición, no exime de una serie de problemas relativos al muestreo, y que han sido reportados por varios autores del ámbito de la actividad física y el deporte adaptado a personas con discapacidad, especialmente los referentes al acceso a muestras amplias y la heterogeneidad inter/intra-individual (Pérez, Reina y Sanz, 2012). Uno de estos problemas reside en el acceso y categorización de las muestras de estudio, disponiendo en muchas ocasiones de grupos reducidos (Broadhead, 1986).

Los resultados hallados en el presente estudio, ponen de manifiesto que no existe una relación lineal entre el orden de las divisiones y la funcionalidad o rendimiento mostrado. Observando la figura 3, encontramos que los deportistas de la división 3 muestran unos valores medios de fuerza (figura 3A, B) inferiores a los de las divisiones 2 y 4, cuando luego muestran menores tiempos para hacer los dos recorridos planteados con la puerta de inversión (figura 3A) y figura en ocho (figura 3D). Cabe indicar que los deportistas de la división 3 proceden del perfil funcional clase 2 del manual CPISRA (2010), que lo define como deportistas con “tetraparesia de severa a moderada limitación en sus actividades, con espasticidad grado 3 con o sin atetosis, con pobre fuerza funcional en todas las extremidades y el tronco, pero capaces de propulsar una silla de ruedas” (p. 25). Sin embargo, la división 2 se concreta a partir de ese mismo perfil funcional, con la particularidad de que los deportistas de la división 3 son más funcionales haciendo la propulsión con las piernas y los de la división 2 con los brazos.

Los resultados hallados para la situación de propulsión, donde la división 4 mostraba valores de F_{max} y F_{med} significativamente superiores a los de la división 3, sugieren que existe una diferencia funcional en cuanto a la producción de fuerza en condiciones isométricas, y que por muy poco no se concretan también en las pruebas de rendimiento con la silla, pero en este caso con mejores valores de rendimiento para la división 3. La limitación en la producción de fuerza con las extremidades inferiores puede verse mediada por factores asociados al tono muscular predominante, tales como hipertonía espástica o atetosis (Damiano, Dodd, y Taylor, 2002), si bien luego el rendimiento es superior por un manejo más eficiente de la silla de ruedas. La propulsión con las piernas de un deportista de slalom, al igual que ocurre en algunas clases, conlleva un desplazamiento de espaldas, por lo que al llegar a determinados obstáculos como la puerta de inversión, el deportista pivota con uno de sus pies y aprovecha su inercia para pasar de frente entre el obstáculo. En cambio, los deportistas que propulsan con las manos, deben detenerse para poder traccionar hacia atrás. Dicha diferencia funcional se ve apoyada por las diferencias en la F_{max} y F_{med} en la prueba de tracción entre los deportistas de las divisiones 3 y 4, además de las diferencias halladas entre las divisiones 2 y 3 en las pruebas de rendimiento con puerta de inversión y figura en ocho.

La presencia de debilidad muscular en personas con parálisis cerebral está ampliamente reportada en la literatura (e.g. Vaz, Cotta, Fonseca, y De Melo Pertence, 2006), siendo uno de los principales factores de limitación en las actividades de este colectivo (Ross y Engsborg, 2007). En presencia de hipertonía espástica, ésta se manifiesta con un patrón flexor en extremidades superiores y extensor en las inferiores (Goodman, Houbolt, y Denman, 1998). Resulta razonable entonces pensar que los deportistas de la división 3 pueden transferir una mayor velocidad de desplazamiento propulsando la silla hacia atrás, mostrando mayores dificultades para traccionar en la dirección del desplazamiento mediante flexión de rodilla.

Siguiendo con las diferencias halladas en la situación de tracción, cabe recordar que encontramos diferencias para las variables F_{max} , F_{med} , T_{rep} , $T_{>30}$ y $T_{>50}$ entre las divisiones 2 y 3, y para las variables T_{rep} , $T_{>30}$ y $T_{>50}$ entre las divisiones 2 y 4. Como se ha comentado anteriormente, la división 2 incluye a los deportistas del perfil funcional 2 de CPISRA, pero que son más funcionales propulsando la silla con las extremidades superiores. Existe un acuerdo general en la literatura de que la menor fuerza funcional en personas con parálisis cerebral puede deberse tanto a factores musculares como neurales (Mockford y Caulton, 2010). Dentro de estos últimos, una excesiva coactivación (activación simultánea de los músculos agonistas y antagonistas sobre una articulación) se asume que varía ante diferentes condicionantes y situaciones (Darainy y Ostry, 2008; Silva, Fonseca, Ocarino, Gonsalves, y Mancini, 2009), amén de limitar el rendimiento motor (Brændvik y Roeleveld, 2012). De esta manera, las diferencias halladas en cuanto a las variables obtenidas que guardan relación con el continuo de la curva fuerza-tiempo (T_{rep} , $T_{>30}$ y $T_{>50}$), la presencia de espasticidad en los sujetos de la división 2 se presenta como la razón más plausible para explicar tales diferencias.

La espasticidad es un tipo de hiperactividad muscular que es dependiente de la velocidad del movimiento, incrementando los reflejos de estiramiento y espasmos tendinosos exagerados (Lance, 1980). Una de las formas más aceptadas para medir dicha espasticidad es mediante la manipulación pasiva de una articulación para ver la resistencia que ofrece al movimiento provocado. Nuestra medida se ha llevado a cabo en condiciones isométricas, donde se acepta medir la capacidad del grupo muscular para producir fuerza sin un cambio en la longitud global tendón-músculo, por lo que podría esperarse que no se activaran tales reflejos de estiramiento (Damiano y col., 2002), habiéndose encontrado una correlación negativa entre los valores de fuerza máxima y los tiempos realizados de competición. Sin embargo, se acepta que la resistencia manifestada durante la valoración de la espasticidad presenta componentes musculares activos y pasivos (Foran, Steinman, Barash, Chambers, y Lieber, 2005), que pueden interferir en la generación de la fuerza muscular. Esta explicación puede verse apoyada por resultados individuales como los encontrados más hacia la derecha en la figura 3A, que representan el rendimiento de fuerza máxima del deportista con diagnóstico de diparesia espástica (D4), y que hace que la limitación en la actividad de las extremidades superiores sea mínima o casi inexistente.

Conclusiones

La creación de grupos donde las diferencias individuales pudieran ser notables, afecta a aspectos como la potencia estadística de los resultados, el desarrollo de los diseños experimentales, así como el grado de generalización o la capacidad para replicar los estudios (Chanas, Reid, y Hoover, 1998). Por esta razón, debemos tomar con cautela los resultados aquí expuestos al mediar otras variables como el género, la edad, o el tipo de severidad de la discapacidad. No obstante, Porretta, Kozub y Lisbon (2000) comentan que establecer grupos

de estudio es importante y posible, sobre todo con muestras pequeñas ya que, de lo contrario, no se podrían extrapolar los resultados a la población de la que ha sido obtenida dicha muestra.

Se hace precisa la determinación de pruebas de valoración funcional que atiendan a las habilidades específicas del deporte, valorando aquellas estructuras corporales que intervengan en la modalidad y en las posiciones específicas de la habilidad predominante (Tweedy y Vanlandewijck, 2011). Nuestras pruebas han sido aplicadas atendiendo a protocolos similares de valoración de la fuerza, aplicados en corredores en silla de rueda de atletismo (Vanlandewijck, Verellen, Beckman, Connick, y Tweedy, 2011), con la incorporación de elementos específicos del slalom en silla de ruedas. En este sentido, las altas correlaciones positivas obtenidas en las pruebas de manejo de la silla (puerta de inversión y figura en ocho) con los valores del circuito fijo, circuito variable y resultado de la prueba cronometrada individual en competición, aportan validez concurrente a las pruebas de laboratorio realizadas.

Aunque los resultados muestran una tendencia general en consonancia con la funcionalidad de cada una de las divisiones, la categorización actual para la división 3 rompe dicha tendencia. La posibilidad de abrir este deporte en un futuro a otras condiciones de salud al margen de la parálisis cerebral o el daño cerebral adquirido, hace que nos debamos plantear dicha cuestión. Se precisa de una mayor muestra de estudio para confirmar algunas de las tendencias halladas en los parámetros que no se han obtenido diferencias estadísticamente significativas, si bien las pruebas aquí planteadas podrían ser convenientes para la clasificación de deportistas de slalom en silla de ruedas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de la Federación Española de Deportes para personas con Parálisis Cerebral y Lesión Cerebral (FEDPC) por su colaboración en la logística para llevar a cabo la adquisición de datos, así como a los propios deportistas y técnicos que colaboraron en la investigación.

Referencias

- Alonso, D.; Sirera, J. L., y Reina, R. (2010). *Clasificación deportiva funcional. Curso de clasificadores en parálisis cerebral*. Madrid: Federación Española de Deportes para Personas con Parálisis Cerebral y Lesión Cerebral (FEDPC).
- Braendvik, S.M, & Roeleveld, K. (2012). The role of co-activation in strength and force modulation in the elbow of children with unilateral cerebral palsy. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(1), 137-144.
- Brittain, I. (2010). *The paralympic games explained*. Oxon: Routledge.
- Broadhead, G.D. (1986). Adapted physical educations research trends: 1970-1990. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 3, 104-111.
- Chanas, A.K.; Reid, G., & Hoover, M.L. (1998). Exercise effects on health-related physical fitness of individuals with and intellectual disability: A meta-analysis. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 15, 119-140.
- CP-ISRA (2010). *CP-ISRA classification rules*. Nova Scotia: Autor. En: http://www.cpisra.org/files/manual10p/CPISRA_Sports_Manual_10th_Edition__Release_009_October_27_2010_Section_A_Classification_Rules.pdf. Acceso el 11 de junio de 2012.

- Damiano, D.L.; Dodd, K., & Taylor, N.F. (2002). Should we be testing and training muscle strength in cerebral palsy? *Developmental Medicine and Child Neurology*, 44(1), 68-72.
- Darainy, M., & Ostry, D. (2008). Muscle cocontraction following dynamics learning. *Experimental Brain Research*, 190(2), 153-163.
- DePauw, K. P., & Gavron S. J. (2005). *Disability sport* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- FEDPC (2009). *Reglamento de Slalom 2009-2012*. Madrid: Federación Española de Deportes de Personas con Parálisis Cerebral y Lesión Cerebral. En <http://www.fedpc.org/upload/reglamentos/REGLAMENTO%20SLALOM%202009-2012.pdf>. Consultado 4 de abril de 2013.
- Foran, J.R.H.; Steinman, S.; Barash, I.; Chambers, H.G, & Lieber, R.L. (2005). Structural and mechanical alterations in spastic skeletal muscle. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 47(10), 713-717.
- Goodman, S.; Houbolt, M., & Denman, K. (1998). *Coaching athletes with cerebral palsy*. Canberra: Australian Sports Commission.
- Gruber, M., & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 98-105.
- Hutzler, Y. (2011). Evidence-based practice and research: Challenge to the development of adapted physical activity. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 28, 189-209.
- Khamoui, A.V.; Brown, L.E.; Nguyen, D.; Uribe, B.P.; Coburn, J. W.; Noffal, G.J., & Tran, T. (2011). Velocity-time characteristics of dynamic and isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 198-204.
- Lance, J.W. (1980). The control of muscle tone, reflexes, and movement: Robert Wartenberg lecture. *Neurology*, 30(12), 1303-1313.
- Mockford M., & Caulton J.M. (2010). The pathophysiological basis of weakness in children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 20(4), 318-333.
- O.M.S. (2001). *International Classification of Functioning Disability and Health*. En: www3.who.int/icf/icftemplate.cfm. Acceso el 20 de septiembre de 2003.
- Paciorek, M.J. (2005). Adapted sport. In J. P. Winnick (Ed.), *Adapted physical education and sport* (pp. 39-54). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Pérez, J.; Reina, R., y Sanz, D. (2012). La Actividad Física Adaptada para personas con discapacidad en España: perspectivas científicas y de aplicación actual. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 21(7), 213-224.
- Porretta, D.L.; Kozub, F.M., & Lisbon, F. L. (2000). Documentary analysis of survey research in adapted physical activity quarterly: 1984-1998. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 17, 286-296.
- Ross, S.A., & Engsberg, J. R. (2007). Relationships between spasticity, strength, gait, and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral Palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(9), 1114-1120.
- Sanz, D., y Reina, R. (2012). *Fundamentos de las actividades físicas y deportes adaptados para personas con discapacidad*. Barcelona: Paidotribo.
- Sahaly, R.; Vandewalle, H.; Driss, T., & Monod, H. (2001). Maximal voluntary force and rate of force development in humans: importance of instruction. *European Journal of Applied Physiology*, 85(3-4), 345-50.

Reina, R.; Moya, M.; Sarabia, J.M.; Sabido, R. (2013). Relación entre la fuerza de propulsión y de tracción con el rendimiento deportivo y la clasificación funcional de deportistas de slalom en silla de ruedas. *RICYDE. Rev. int. cienc. deporte.* 34(9), 319-332. <http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2013.03402>

- Silva, P.L.; Fonseca, S.T.; Ocarino, J.M.; Gonsalves, P., & Mancini, M.C. (2009). Contributions of cocontraction and eccentric activity to stiffness regulation. *Journal of Motor Behavior*, 41(3), 207-228.
- Tweedy, S.M. (2003). Biomechanical consequences of impairment: A taxonomically valid based for classification in a unified athletics system. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74, 9-16.
- Tweedy, S.M., & Bourke, J. (2009). *IPC athletics classification project for physical impairments: Final reports – Stage 1*. Bonn: International Paralympic Committee.
- Tweedy, S.M., & Vanlandewijck, Y. (2011). International Paralympic Committee position stand – background and scientific principles of classification in Paralympic sport. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 259-269.
- Vanlandewijck, Y., & Chappel, R. (1996). Integration and classification issues in competitive sports for athletes with disabilities. *Sport Science Review*, 5(1), 65-88.
- Vanlandewijck, Y.C.; Verellen, J.; Beckman, E.; Connick, M., & Tweedy, S.M. (2011). Trunk strength effect on track wheelchair start: implications for classification. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(12), 2344-2351.
- Vaz, D.V.; Cotta, M.; Fonseca, S.T., & De Melo Pertence, A.E. (2006). Muscle stiffness and strength and their relation to hand function in children with hemiplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 48(9), 728-733.