

Estudio cinemático de la carrera de 100 m en atletas con discapacidad

Kinematic study of 100 m race in athletes with disability

Estudo cinematográfico da carreira de 100m em atletas com deficiência

*Jordi Calvo, **Marisa de Fuentes, ***Miguel Ángel Torralba & ****Marcelo Braz

Calvo, J., de Fuentes, M., Torralba, M.Á., & Braz, M. (2020). Estudio cinemático de la carrera de 100 m en atletas con discapacidad. *Revista Ciencias de la Actividad Física UCM*, N° 21(1), enero-junio, 1-12.

DOI: <http://doi.org/10.29035/rcaf.21.1.8>

RESUMEN

En este trabajo se ha pretendido analizar las diferencias que se observan en las carreras de velocidad realizadas por atletas paralímpicos clasificados en diferentes categorías. La muestra del estudio consistió en 133 carreras de 100 metros efectuadas por atletas en las fases semifinales y finales del Campeonato Europeo de Atletismo del Comité Paralímpico Internacional en Swansea (Wales, UK) 2014, donde participaron 24 países. Se valoraron las variables temporales marca (s) y tiempo medio de paso (s), las variables espaciales número de pasos y amplitud media de paso (m), y las variables espacio temporal velocidad media (m/s) y frecuencia media (Hz). Se hizo un estudio comparativo entre las diferentes categorías y género. Los datos se recogieron de las grabaciones disponibles en la web del campeonato y fueron tratados con el paquete estadístico SPSS (V.22.0). Entre los resultados hay que destacar la importancia que tienen la amplitud de paso y la frecuencia media.

Palabras clave

Atletismo, paralímpicos, carreras de velocidad, cinemática.

* Dr. en Educación Física. Universitat de Barcelona. Barcelona, España.

** Licenciada en Medicina. Universitat de Barcelona. Barcelona, España.

*** Dr. en Educación. Universitat de Barcelona. Barcelona, España.

**** Dr. en Educación Física. Universitat de Barcelona. Barcelona, España.



ABSTRACT

The present study sought to identify the differences observed in sprint races conducted by Paralympic athletes classified in different categories. The study sample consisted of 133 runs of 100 m sprint race conducted by athletes in the semifinal and final stages of the 2014 International Paralympic Committee Athletics European Championships, in Swansea (Wales, UK), where 24 countries participated. The temporal variables mark (s) and average step time (s), the spatial variables number of steps and average step length (m), and the temporal space variables average speed (m/s) and average frequency (Hz) were assessed. A comparative study between the different categories and gender has been carried out. The data was collected from the recordings available on the championship website was processed with the SPSS statistical package (V.22.0). Among the results, it is necessary to emphasize the importance of the step length and the average frequency.

Key words

Athletics, Track and Field, Paralympics, Sprint races, Kinematics.

RESUMO

O presente estudo buscou identificar as diferenças que se observam nas corridas de velocidade realizadas pelos atletas paralímpicos de diferentes categorias. A amostra do estudo consistiu-se em 133 provas de 100 metros realizadas por atletas nas fases semifinal e final do Campeonato Europeu de Atletismo do Comitê Paralímpico Internacional em Swansea (Wales, Reino Unido) 2014, onde participaram 24 países. Foram analisadas as variáveis temporais marca (s) e tempo médio do passo (s), as variáveis espaciais número de passos e amplitude média do passo (m) e as variáveis espaço temporal velocidade média (m/s) e frequência média (Hz). Realizou-se um estudo comparativo entre as diferentes categorias, com distinção de gênero. Para o estudo foram utilizadas as gravações disponíveis na página web do campeonato e os dados foram tratados com o pacote estatístico SPSS (V.22.0). Entre os resultados encontrados se destacam a importância que tem a amplitude do passo e a frequência média.

Palavras-chave

Atletismo, Paralímpicos, Corridas de velocidade, Cinemática.



Introducción

La prueba de velocidad con más notoriedad que se lleva a cabo durante los juegos Olímpicos y Paralímpicos es la carrera de 100 m, incorporándose al programa olímpico en Atenas, 1896 y en los I Juegos Paralímpicos de Roma en 1960.

La carrera de velocidad, y específicamente los 100 metros lisos, es una de las pruebas que generan mayor interés en el ámbito del atletismo, por lo que en la literatura científica se puede constatar que este tipo de carreras han sido estudiadas desde una perspectiva cinemática en atletas sin

discapacidad (Ae, Ito & Suzuki, 1992, Bae, 2011, Brüggemann, Koszewski & Muller, 1999, Graubner & Nixdorf, 2011, Guzmán, 2013, Ito, Ishikawa, Isolehto & Kom, 2006, Letzelter, 2006, Morin et al., 2012, Schiffer, 2009), y en atletas con discapacidad (Brüggemann, Arampatzis, Emrich & Potthast, 2008, Ferro, Graupera, Blaso, Barceló & Antón, 1996, Padullés & Torralba, 2009, Torralba, Padullés, Braz & Olson, 2014, Torralba, Padullés, Losada & López, 2017). En estos estudios se pueden constatar que algunos de los parámetros más habituales utilizados para su análisis son el tiempo de carrera, la velocidad media,

el tiempo de reacción, el número de pasos, la frecuencia media, el tiempo medio de paso y la amplitud media de paso, siguiendo los criterios que estableció Hay (1985). A partir de la variable de tiempo, Hay desarrolló como variables dependientes distancia, velocidad media, longitud y frecuencia de paso, constituyendo un diagrama de interrelaciones. Estas variables pueden ser mejoradas con el entrenamiento o, ser innatas y dependientes de aspectos neurofisiológicos los cuales son difícilmente modificables (Hay, 1985).

Desde un punto de vista mecánico, la velocidad de carrera es igual a la frecuencia por la longitud de paso, siendo la frecuencia un factor temporal que se refiere al ritmo del movimiento, número de pasos por unidad de tiempo o cadencia (Dyson, 1978; Ferro et al., 1996, Latorre, 2003, Pascua, 1998). Para algunos autores la frecuencia es la mayor contribución al desarrollo de la velocidad (Bezodis, Salo & Kerwin, 2008, Mann & Herman, 1985), y en cambio la longitud del paso, distancia entre dos apoyos consecutivos, es la variable más significativa de la carrera para otros autores (Mackala, 2007, Mero & Komi, 1985). La combinación de ambas variables da como resultado la velocidad de desplazamiento, siendo el objetivo principal la interacción óptima entre la longitud de paso y la frecuencia de paso (Krzysztof & Mero, 2013).

En el caso de los atletas con discapacidad, cabe tener en cuenta que su rendimiento está condicionado por las características de las diferentes capacidades que presentan, por lo que se ha tenido presente las clasificaciones que establece el Comité Paralímpico Internacional (International Paralympic Committee, 2019), así como los criterios científicos y deportivos en los cuales se basan estas clasificaciones.

En este estudio se pretendió valorar a los atletas paralímpicos de alto rendimiento

participantes en el Campeonato Europeo de Atletismo 2014, observando las diferencias encontradas entre atletas con baja visión (T11) hasta los atletas con discapacidad visual leve (T13); atletas con parálisis cerebral, atetosis moderada, ataxia o hipertonia, que suelen verse afectados en las cuatro extremidades (T35, T36) y con afectación en un lado del cuerpo y buena capacidad funcional para correr (T37, T38); atletas con discapacidad física de la categoría ambulantes, amputación de las extremidades inferiores por debajo de la rodilla, (T44, actualmente T64), doble amputación por debajo de la rodilla (T43, actualmente T62), amputación a nivel femoral por encima de la rodilla (T42, actualmente T63) y amputación de miembros superiores (T47); categoría silla de ruedas con potencia muscular del tronco ausente y propulsión de las sillas por los brazos (T51, T52) y algo de potencia muscular del tronco y función total de brazos (T53, T54); categoría silla de ruedas con poco desarrollo de fuerza por parte del atleta (T51, T52) y mayor fuerza (T53, T54) (International Paralympic Committee, 2019).

En base a lo expuesto, el objetivo de este estudio fue analizar las diferencias de variables reconocidas en la literatura como fundamentales para realizar una carrera coordinada y de rendimiento óptimo, tales como la longitud del paso (m), frecuencia del paso (Hz) y velocidad de desplazamiento (m/s), y observadas en las carreras de velocidad realizadas por atletas paralímpicos clasificados en diferentes categorías que participaron en el Campeonato de Europa de Swansea 2014, tanto a nivel masculino como femenino.

Métodos

Se realizó un análisis cinemático de la carrera de 100 m del Campeonato de Europa de Atletismo, organizado por el Comité Paralímpico Internacional (IPC) en Swansea 2014, participando 24 países,



en el que se valoraron las siguientes variables temporales, marcas realizadas en la competición en segundos (s), tiempo medio de paso (s); las variables espaciales, el número de pasos (No) y amplitud media de paso (m); y las variables espacio temporal, la velocidad media realizada en la carrera de 100 m (m/s) y frecuencia media de los pasos medida en hertzios (Hz) (Torralba et al., 2017). En el caso de la medición del paso de los atletas con silla de ruedas se realizó desde que tocan para impulsar el aro de la silla hasta que de nuevo tocan este para una nueva impulsión (Chow & Chae, 2007).

Para ello se recogieron las grabaciones del campeonato disponible en la página web del evento (Swansea, 2014) grabados en *Frame Rate* (fr/s) 30 y *Time frame* 0,03333s.

La muestra del estudio consistió en 133 carreras que realizaron los atletas, en las fases semifinal y final del Campeonato, representadas categóricamente en la Tabla 1, de acuerdo con las categorías citadas anteriormente. Solamente se recogieron las muestras en la que los atletas tuviesen un total enfoque en el objetivo de la cámara, con el fin de poder realizar el análisis.

Tabla 1
Distribución de la muestra.

Categoría	T11	T12/13	T35/36	T37/38	T42/43/44	T47	T51/52	T53/54	Total
Masculino	8	19	9	9	13	2	11	6	77
Femenino	8	6	8	22	5	1	0	6	56
Total	16	25	17	31	18	3	11	12	133



Los datos del estudio fueron analizados a través del programa estadístico SPSS versión 22.0, adoptando un nivel de significancia de 95% ($p=0,05$). Para comprobar la normalidad de los datos se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. El análisis de comparación entre grupos fue realizado a través de la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. Asimismo, se ha probado el valor del tamaño del efecto a través del g de Hedges (Espirito-Santo & Daniel, 2015). Se extrajeron además el promedio y la desviación estándar de todas las variables y se realizó la comparación entre las categorías, respetando el género de los participantes.

Resultados

En la Tabla 2 se muestran los resultados alcanzados por los atletas de la categoría Ciegos (T11) y baja visión (T12/13). Al comparar el resultado masculino de las referidas categorías, se aprecian resultados similares en todas las variables, sin identificación de diferencia significativa. Los resultados indican que la amplitud media del paso de las personas ciegas es menor ($1,97 \pm 0,07m$) comparados con los atletas con baja visión ($2,02 \pm 0,08m$) y realizando una marca de ($11,77 \pm 0,16s$) y ($11,58 \pm 0,38s$) respectivamente.

Con relación a las mujeres, las atletas T11 presentan valores inferiores a las atletas T12/13 en casi todas variables. Se perciben diferencias significativas ($p=0,002$) en las

variables marca, velocidad media, número de pasos y amplitud media de pasos. No obstante, las variables marca y número de paso presentan gran magnitud, lo que confirma la diferencia significativa. Las variables tiempo de reacción, frecuencia media y tiempo medio de paso no presentaron diferencias significativas, en esta última variable, los valores son idénticos entre las categorías, tanto en los hombres como en las mujeres.

Tabla 2

Resultado de los atletas de la categoría T11 y T12/13 masculinos y femeninos.

Categoría	Marca (s)	Vel. Media (m/s)	T. Reacción (s)	No. Paso	Frec. Media (Hz)	T. Medio Paso (s)	Ampl. Media paso (m)
Masculino							
T11	11,77 ± 0,16	8,49 ± 0,12	0,232 ± 0,127	51 ± 2	4,39 ± 0,13	0,23 ± 0,01	1,97 ± 0,07
T12/13	11,58 ± 0,38	8,65 ± 0,29	0,193 ± 0,024	50 ± 2	4,32 ± 0,15	0,23 ± 0,01	2,02 ± 0,08
<i>p</i>	0,184	0,184	0,864	0,059	0,232	0,331	0,059
<i>g</i>	0,570	-0,591	0,475	0,716	0,457	-0,412	-0,723
Femenino							
T11	14,12 ± 0,53	7,09 ± 0,25	0,362 ± 0,161	60 ± 3	4,22 ± 0,14	0,24 ± 0,01	1,68 ± 0,08
T12/13	12,43 ± 0,38	8,05 ± 0,24	0,280 ± 0,142	52 ± 1	4,17 ± 0,08	0,24 ± 0,00	1,93 ± 0,05
<i>p</i>	0,002	0,002	0,391	0,002	0,605	0,671	0,002
<i>g</i>	3,350	-3,631	0,504	3,030	0,324	-0,103	-3,417

Notas: *p* - índice de significancia 95% ($p < 0,05$); Vel. - Velocidad; T. - Tiempo; Frec. - Frecuencia, T.Medio - Tiempo Medio, Ampl - Amplitud.

La Tabla 3 presenta los resultados de las categorías de atletas con parálisis cerebral ambulantes. En comparación entre las categorías T35/36 y T37/38, los hombres presentan resultados sin diferencia significativa, excepto en la variable marca donde los atletas de categoría T37/38 presentan un mejor resultado 12,01 ± 0,34s por 12,84 ± 0,34s ($p = 0,001$; $g = 2,305$) y velocidad media 8,83 ± 0,24m/s por 7,79 ± 0,20m/s ($p = 0,001$; $g = -2,296$). Como se puede observar en los valores del tamaño

del efecto, se confirma la magnitud de la diferencia de las variables indicadas.

A su vez, en la categoría femenina el paradigma se repite, presentando una variación del resultado, marca 14,66 ± 0,72 por 16,33 ± 1,10s ($p = 0,001$; $g = 2,695$) y velocidad media aun mayor por 6,84 ± 0,3 por 6,15 ± 0,41m/s a favor de la categoría T37-T38, con índice de significancia $p = 0,001$ y tamaño de efecto $g = -2,845$. Nuevamente la *g* de Hedges confirma la diferencia existente entre grupos, con gran magnitud.



Tabla 3
Resultado de los atletas de la categoría T35/36 y T37/38 masculinos y femeninos.

Categoría	Marca (s)	Vel. Media (m/s)	No. Paso	Frec. Media (Hz)	T. Medio Paso (s)	Ampl. Media paso (m)
Masculino						
T35/36	12,84 ± 0,34	7,79 ± 0,20	53 ± 6	4,12 ± 0,45	0,24 ± 0,03	1,91 ± 0,19
T37/38	12,01 ± 0,34	8,33 ± 0,24	52 ± 5	4,34 ± 0,40	0,23 ± 0,02	1,93 ± 0,18
<i>p</i>	0,001	0,001	0,656	0,133	0,175	0,656
<i>g</i>	2,305	-2,296	0,135	-0,482	0,525	-0,126
Femenino						
T35/36	16,33 ± 1,10	6,15 ± 0,41	65 ± 8	3,96 ± 0,27	0,25 ± 0,02	1,56 ± 0,19
T37/38	14,66 ± 0,72	6,84 ± 0,33	59 ± 4	4,00 ± 0,18	0,25 ± 0,01	1,71 ± 0,11
<i>p</i>	0,001	0,001	0,051	0,425	0,752	0,051
<i>g</i>	2,695	-2,845	-2,714	-6,783	6,728	3,346

Notas: *p* - índice de significancia 95% ($p < 0,05$); Vel. - Velocidad; T. - Tiempo; Frec. - Frecuencia, T.Medio - Tiempo Medio, Ampl - Amplitud.

Los resultados de los atletas ambulantes con discapacidad física son presentados en la Tabla 4. En el caso de los hombres, se encuentran diferencias significativas en las variables marca y velocidad media entre atletas amputados de miembros inferiores (T42/43/44) y miembros superiores (T47) ($p = 0,042$). Dicha diferencia es confirmada con la gran magnitud de los valores del

tamaño del efecto ($g = 1,375$; $g = -1,573$). Las demás variables, todo y a pesar de repetir la superioridad en la categoría de amputados en miembros superiores, las diferencias no son significativas.

En el caso de las mujeres, al tener únicamente una representante de la categoría T47 no fue posible analizarlas.



Tabla 4
Resultado de los atletas de la categoría T42/43/44 y T47 masculinos y femeninos.

Categoría	Marca (s)	Vel. Media (m/s)	No. Paso	Frec. Media (Hz)	T. Medio Paso (s)	Ampl. Media paso (m)
Masculino						
T42/43/44	12,91 ± 1,21	7,81 ± 0,69	55 ± 5	4,27 ± 0,43	0,24 ± 0,03	1,84 ± 0,16
T47	11,21 ± 0,24	8,92 ± 0,19	49 ± 1	4,33 ± 0,16	0,24 ± 0,01	2,06 ± 0,03
<i>p</i>	0,042	0,042	0,060	1,000	0,861	0,060
<i>g</i>	1,375	-1,573	1,365	-0,141	0,068	-1,335
Femenino						
T42/43/44	14 ± 0,97	7,17 ± 0,47	56 ± 4	3,99 ± 0,24	0,25 ± 0,02	1,8 ± 0,13
T47	12,58 ± .	7,95 ± .	48 ± .	3,82 ± .	0,26 ± .	2,08 ± .

Notas: *p* - índice de significancia 95% ($p < 0,05$); Vel. - Velocidad; T. - Tiempo; Frec. - Frecuencia, T.Medio - Tiempo Medio, Ampl - Amplitud.

La Tabla 5 representa los valores de personas usuarias de silla de ruedas con discapacidad física. Los hombres de las categorías T51/52 presentan valores muy inferiores a los de las categorías T53/54 en todas las variables presentadas, existiendo una diferencia significativa en todas las variables estudiadas, marca, velocidad media, frecuencia media y tiempo de paso

($p=0,001$) y número de pasos y amplitud media del paso ($p=0,002$). Las diferencias presentadas entre estos grupos son confirmadas también por la magnitud del efecto (g de Hedges), presentados en la Tabla 5, todos por encima de 2.

Las mujeres no pudieron ser comparadas por haber únicamente representantes de la categoría T53/54.

Tabla 5

Resultado de los atletas de la categoría T51/52 y T53/54 masculinos y femeninos.

Categoría	Marca (s)	Vel. Media (m/s)	No. Paso	Frec. Media (Hz)	T. Medio Paso (s)	Ampl. Media paso (m)
Masculino						
T51/52	22,86 ± 3,46	4,46 ± 0,66	41 ± 3	1,84 ± 0,25	0,55 ± 0,07	2,43 ± 0,18
T53/54	15,01 ± 0,75	6,68 ± 0,33	35 ± 2	2,35 ± 0,14	0,43 ± 0,02	2,85 ± 0,15
<i>p</i>	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002
<i>g</i>	2,610	-3,686	2,212	-2,222	2,006	-2,279
Femenino						
T51/52	-	-	-	-	-	-
T53/54	18,16 ± 0,51	5,51 ± 0,16	41 ± 5	2,27 ± 0,21	0,44 ± 0,04	2,45 ± 0,3

Notas: *p* - índice de significancia 95% ($p<0,05$); Vel. - Velocidad; T. - Tiempo; Frec. - Frecuencia, T.Medio - Tiempo Medio, Ampl - Amplitud.

Discusión

La discusión de los resultados obtenidos se ha realizado teniendo en cuenta tres aspectos: variables de tiempo (Marca y T. Medio de paso), variables de espacio (Amplitud, Número de pasos y Ampl. Media de paso) y en tercer lugar la relación entre ambos aspectos, es decir, la Frecuencia Media y Velocidad media.

Al contrastar el resultado de la variable amplitud media de paso obtenida en los atletas ciegos y baja visión presentados en la Tabla 2, con datos de atletas sin discapacidad presentados en los campeonatos del Mundo de Atenas 1997 (Brüggemann et al., 1999) y

Daegu 2011 (Bae, 2011), donde presentan una amplitud media de paso de 2,15m y una frecuencia media de paso de 4,60Hz, se ha observado una notable diferencia en el espacio del paso de más de 15 cm, por lo que es posible deducir que la falta de visión puede ser uno de los factores que dificultan las variables espaciales.

Los resultados de las atletas ciegas y baja visión no presentan diferencias significativas en las variables relacionadas al tiempo, es decir, ni en la frecuencia del paso ni en el tiempo medio de paso, por lo que la marca va a venir determinada por la amplitud del paso. Estos resultados indican que la representación espacial en personas



ciegas es un proceso más lento y complejo que requiere información precisa y una capacitación adecuada (Codina, 2004, Rosa & Ochaíta, 1993, Torralba, Padullés, Losada & López, 2016, Torralba et al., 2014). En el caso de las mujeres se ha observado una mayor diferencia entre las atletas ciegas y con baja visión en los aspectos espaciales como en la amplitud de paso y en la velocidad de desplazamiento, lo que posiblemente motiva una diferencia significativa en el resultado final.

Respecto a los atletas T35, T36, T37 y T38, el nivel de discapacidad tiene importancia en el resultado debido a que son atletas con parálisis cerebral con ataxia, atetosis moderada o hipertensión, con mayor comprometimiento en el caso de T35, T36 y menor comprometimiento los atletas de las categorías T37, T38 (International Paralympic Committee, 2019).

Tomando en consideración los resultados de las categorías T35/36 y T37/38, tal como se puede ver en la Tabla 3, donde tanto los hombres como las mujeres presentan resultados sin diferencias significativas, excepto en las variables velocidad media y marca, en favor de la categoría T37/38 y analizando lo que nos indican la literatura (Mackala, 2007; Mero y Komi, 1985) la marca que realizan en los 100 m viene determinada por la amplitud del paso y la frecuencia de paso, a pesar no haber diferencias significativas en estas variables. Por ello es posible indicar que las personas que presentan Parálisis Cerebral tienen una mayor dificultad neuromuscular para poder llevar a cabo la impulsión y recepción necesarias en la carrera de velocidad de atletismo, como se ha visto en la información aportada por el IPC.

Al analizar los atletas de las categorías T42/43/44 (actualmente T63/64) en los que se observa un nivel de cinética articular menor (Brüggemann et al., 1999), debido a que son personas con amputación y en

consecuencia usuarias de prótesis, se ha observado que la marca y la velocidad media presentan una diferencia significativa al relacionarlos con atletas amputados de miembros superiores (T47). Igualmente se ha observado que el número de pasos que realizan en la carrera, (55 ± 5 pasos) en la categoría T42/43/44 y atletas de categoría T47 (49 ± 1 paso), realizando por ello una amplitud media de paso de ($1,84 \pm 0,16$ m) y ($2,06 \pm 0,03$ m) respectivamente, presentando valores no significativos ($p=0,060$). Es posible indicar que esto es debido a la falta de coordinación que tienen los atletas con prótesis de piernas para iniciarse en la primera parte de la carrera de 100 m, o a que la longitud del paso más corto podría ser un factor de su pierna amputada, debido a la disminución del impulso de la pierna en ese lado (Buckley, 2000), ya que otros autores han encontrado, en la acción de la carrera, diferencias en el ángulo de la cadera entre la pierna anatómica y la prótesis, sobre todo en los atletas con amputación transfemoral (Rice et al., 2011). Por esto, los atletas con amputaciones en las piernas y utilización de prótesis, que intentan usar la misma técnica que los atletas sin discapacidad, debido en gran medida la falta de información, puede suponer una desventaja (Nolan, Patrilli & Simpson, 2006); por lo que deberían trabajar conjuntamente biomecánico y entrenador, para poder asimilar el movimiento de la prótesis.

En las carreras que realizan los atletas con sillas de ruedas, se ha encontrado en nuestro estudio una diferencia significativa ($p=0,001$, $p=0,002$) en todos los ámbitos valorados de la carrera de 100 m, ya sean en las variables de tiempo o espacio, por lo que se podría deducir que es la espacialidad que tiene mayor diferencia entre los dos grupos de atletas. Los atletas de la categoría de silla de ruedas con poca fuerza (T51/52), muestran una dificultad en la extensión de brazos a la hora de realizar el impulso en la silla de ruedas, no teniendo fuerza a nivel



desarrollo muscular de tronco, por lo que esta diferencia con los atletas de la categoría superior (T53/54), que si poseen capacidad de desarrollo muscular desde los hombros a los brazos y un mayor desarrollo muscular en el tronco (International Paralympic Committee, 2019), dando lugar a una gran diferencia en el resultado de la marca de los 100 m, con $22,86 \pm 3,46s$ por $15,01 \pm 0,75s$. Como indicado anteriormente, la medición del paso viene dada por la distancia recorrida entre un impulso y otro en su contacto con el aro de la silla, $2,43 \pm 0,18$ por $2,85 \pm 0,15$ ($p=0,002$).

Al revisar las diferencias entre los atletas con diferente discapacidad, se observa que la marca más notable obtenida en los 100 corresponde a los atletas con amputación del tren superior y atletas que padecen una deficiencia sensorial, ciegos y con baja visión, diferenciándose de los atletas que padecen una deficiencia física que afecte a las piernas o amputación de estas y con parálisis cerebral.

Únicamente en mujeres se ha observado que la amplitud media del paso que desarrollan las atletas que padecen ceguera o baja visión, que fue de $1,68 \pm 0,08$ / $1,93 \pm 0,05$ respectivamente, muestran diferencia significativa ($0,002$), por lo que es posible constatar que no cumple lo indicado anteriormente.

La velocidad de desplazamiento viene como resultado de la interacción óptima entre la amplitud del paso y la frecuencia de éste (Krzysztof & Mero, 2013), si bien otros autores dan más significado a la amplitud del paso (Mackala, 2007, Mero & Komi, 1985). En este trabajo se ha visto que la variable que muestra mayor diferencia entre casi todos los grupos de atletas con discapacidad, y en el que la horquilla del resultado es más notoria entre todos los atletas masculinos ($2,06-1,84$ m) y en las mujeres ($1,93-1,56$ m), es la amplitud del paso. Por lo que se destaca la influencia que tiene este parámetro en

la carrera de velocidad de las personas con discapacidad.

Conclusión

Los resultados descritos anteriormente destacan la importancia que tienen la amplitud de paso y la frecuencia media, variables que están relacionados con las variables espaciales y temporales.

Los valores de los atletas ciegos y con baja visión no muestran diferencia significativa en la categoría masculina, si bien, los atletas con baja visión presentan mejores resultados en todas las variables. Sin embargo, en la categoría femenina sí que se ha encontrado diferencias significativas en las variables marca, velocidad media, número de pasos y amplitud media de pasos.

Los atletas de categoría ambulante con parálisis cerebral presentan el mismo patrón tanto en los atletas hombres como mujeres, es decir, presentan mejores resultados la categoría T37/38 con respecto a la categoría T35/36 en las variables marca y velocidad media.

Idénticos resultados se ha encontrado en las categorías de discapacidad física, en favor de los atletas con amputación en los miembros superiores.

Para la categoría de atletas masculinos usuarios de silla de ruedas, hay diferencias significativas en todas las variables estudiadas en favor de la categoría T53/54 con relación a los atletas de categoría T51/52.

Los resultados presentados en este estudio, de atletas participantes en un evento internacional, como es el Campeonato de Europa, da una idea globalizada de las condiciones de los atletas con discapacidad, que se cree que puede ayudar a profesores, investigadores y entrenadores en el desarrollo diario con estos grupos de atletas. Si bien, se defiende la necesidad de realizar



estudios individualizados en laboratorio, para poder indagar otros aspectos que en la competición oficial en la pista no ha sido posible obtener.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ae, M., Ito, A., & Suzuki, M. (1992). The men's 100 meters. Scientific Research Project at the III World Championship in Athletics, Tokyo 1991. *New Studies in Athletics*, 7(1), 47-52.
- Bae, Y.S. (2011). *Biomechanics Research Project Report in the IAAF World Championships, Daegu 2011*. Recuperado de <http://www.iaaf.or.jp/t-f/pdf/Daegu2011.pdf>
- Bezodis, I. N., Salo, A. I. T., & Kerwin, D. G. (2008). *A longitudinal case study of step characteristics in a world class sprint athlete*. Paper presented at the ISBS Conference, Seoul, Korea.
- Brüggemann, G. P., Arampatzis, A., Emrich, F., & Potthast, W. (2008). Biomechanics of double transtibial amputee sprinting using dedicated sprinting prostheses. *Sports Technology*, 1(4-5), 220-227. DOI: <https://doi.org/10.1002/jst.63>
- Brüggemann, G. P., Koszewski, D., & Muller, H. (1999). *Biomechanical Research Project Athens 1997. Final Report*. Oxford, United Kingdom: Meyer & Meyer.
- Buckley, J. G. (2000). Biomechanical adaptations of transtibial amputee sprinting in athletes using dedicated prostheses. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 15(5), 352-358. DOI: [10.1016/S0268-0033\(99\)00094-7](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(99)00094-7)
- Codina, M. (2004). La discapacidad visual. En M. A. Torralba (Ed.), *Atletismo adaptado: para personas ciegas y deficientes visuales* (pp. 15-27). Barcelona: Paidotribo.
- Chow, J. & Chae, W. (2007). Kinematic Analysis of the 100-m wheelchair race. *Journal of Biomechanics*, 40(11), 2564-2568. DOI: [10.1016/j.jbiomech.2006.12.003](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2006.12.003)
- Dyson, G. (1978). *Mecánica del atletismo*. Madrid: Consejo Superior de Deportes.
- Espirito-Santo, H., & Daniel, F. B. (2015). Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (1): As limitações do $p < 0,05$ na análise de diferenças de médias de dois grupos [Folha de cálculo suplementar]. *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social*, 1(1), 3-16. Recuperado de <http://repositorio.ismt.pt/handle/123456789/429>
- Ferro, A., Graupera, J. L., Blaso, M. I., Barceló, O., & Antón, E. (1996). Análisis Cinemático de la Carrera en Velocistas Ciegos. En J. L. Hernandez & M. A. Gutiérrez (Eds.), *Análisis Biomecánico de las técnicas deportivas. Carrera de velocistas ciegos, lanzamiento de jabalina y salto de altura*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura y Consejo Superior de Deportes.



- Graubner, R., & Nixdorf, E. (2011). Biomechanical Analysis of the sprint and hurdle events of the 2009 IAAF World Championships in athletics. *New Studies in Athletics*, 26(1/2), 19-53. Recuperado de <http://www.meathathletics.ie/devathletes/pdf/Biomechanics%20of%20Sprints.pdf>
- Guzmán, C. A. (2013). Bolt vs Gay: velocidad, zancada y potencia en la carrera de los 100 metros. *EFDeportes.com*, 18(182). Recuperado de <https://www.efdeportes.com/efd182/bolt-vs-gay-en-la-carrera-de-100-metros.htm>
- Hay, J. G. (1985). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- International Paralympic Committee. (2019). *Research Report - IPC Athletics Classification Project for Physical Impairment*. Recuperado de <https://www.paralympic.org/athletics/classification>
- Ito, A., Ishikawa, M., Isolehto, J., & Kom, P. V. (2006). Changes in the step width, step length, and step frequency of the world's top sprinters during the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 21(3), 35-39. Recuperado de <http://centrostudilombardia.com/wp-content/uploads/IAAF-Corsa-Velocita/2006-Changes-in-the-step-width-step-length-and-step-frequency-in-100-m.pdf>
- Krzysztof, M., & Mero, A. (2013). A kinematics analysis of three best 100 m performances ever. *Journal of Human Kinetics*, 36, 149-160. DOI: [10.2478/hu-kin-2013-0015](https://doi.org/10.2478/hu-kin-2013-0015)
- Latorre, P. A. (2003). Análisis biomecánico del corredor de fondo. *Red: revista de entrenamiento deportivo*, 17(4), 23-32.
- Letzelter, S. (2006). The development of velocity and acceleration in sprints. A comparison of elite and juvenile female sprinters. *New Studies in Athletics*, 21(3), 15-22. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/The-development-of-velocity-and-acceleration-in-Letzelter/c0b0d7879ba0cbca1df9a397629da6da339f79ff>
- Mackala, K. (2007). Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 meters. *New Studies in Athletics*, 22(2), 7-16. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Mackala_Krzysztof/publication/282522045_Structural_asymmetry_of_foot_arch_formation_in_early_school_age_children/links/57762d1208aeb9427e275683.pdf
- Mann, R., & Herman, J. (1985). Kinematic Analysis of Olympic Sprint Performance: Men's 200 Meters. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1(2), 151-162. DOI: [10.1123/ijsb.1.2.151](https://doi.org/10.1123/ijsb.1.2.151)
- Mero, A., & Komi, P. V. (1985). Effects of supra-maximal velocity on biomechanical variables in sprinting. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1(3), 240-252. DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsb.1.3.240>
- Morin, J.B., Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., & Lacour, J.R. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3921-3930. DOI: [10.1007/s00421-012-2379-8](https://doi.org/10.1007/s00421-012-2379-8)
- Nolan, L., Patrìtti, B. L., & Simpson, K. J. (2006). A biomechanical analysis of the long-jump technique of elite female amputee athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(10), 1829-1835. DOI: [10.1249/01.mss.0000230211.60957.2e](https://doi.org/10.1249/01.mss.0000230211.60957.2e)



- Padullés, J. M., & Torralba, M. A. (2009). Análisis de la carrera de 100 m. de atletas paralímpicos de la categoría amputados tibiales (Oscar Pistorius). *Red: revista de entrenamiento deportivo*, 23(2), 21-27.
- Pascua, M. (1998). Carreras de velocidad. In M. Pascua, F. Gil, & J. Marín (Eds.), *Atletismo I, carreras y marcha* (pp. 25-91). Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- Rice, I., Hettinga, F. J., Laferrier, J., Sporner, M. L., Heiner, C. M., Burkett, B., & Cooper, R. A. (2011). Biomechanics. In Y. C. Vanlandewijck & W. R. Thompson (Eds.), *The Paralympic Athlete: Handbook of Sports Medicine and Science*. (pp. 33-50). Oxford: International Olympic Committee.
- Rosa, A., & Ochaíta, E. (1993). *Psicología de la ceguera*. Madrid: Alianza.
- Schiffer, J. (2009). The Sprints. *New Studies in Athletics*, 24(1), 7-17.
- Swansea. (2014). IPC Athletics European Championships | International Paralympic Committee. Recuperado de <https://www.paralympic.org/swansea-2014>
- Torralba Jordán, M. A., Padullés Riu, J. M., Losada López, J. L., & López del Amo, J. L. (2016). Alternativa ecológica en la evaluación del salto de longitud de atletas paralímpicos. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 16(1), 69-76. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-84232016000100006&nrm=iso
- Torralba, M. A., Padullés, J. M., Braz Vieira, M., & Olson, H. (2014). La carrera de velocidad en personas con discapacidad visual. *Revista Iberoamericana de Ciencias del Deporte*, 3(3), 14-23. DOI: <https://doi.org/10.24310/riccafd.2014.v3i3.6165>
- Torralba, M. A., Padullés, J. M., Losada, J. L., & López, J. L. (2017). Spatiotemporal characteristics of motor actions by blind long jump athletes. *BMJ Open Sport Exercise Medicine*, 3(1), e000252. DOI: <10.1136/bmjsem-2017-000252>

Dirección para correspondencia

Miguel Ángel Torralba
Dr. en Educación
Universitat de Barcelona
Barcelona, España.
Dirección postal: Avinguda de la Vall d'Hebron
171. Barcelona 08035
Campus Mundet. Departament de
Didàctiques Aplicades
ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-5606-5220>

Contacto:
torralba@ub.edu

Recibido: 10-12-2019
Aceptado: 16-06-2020

