



DIFERENCIAS DE RANGO DE MOVIMIENTO DE TRONCO ENTRE PARADEPORTISTAS CON DIFERENTES IMPEDIMENTOS FÍSICOS

TRUNK RANGE OF MOVEMENTS DIFFERENCES BETWEEN PARA-ATHLETES WITH DIFFERENT PHYSICAL IMPAIRMENTS

Marta Domínguez Díez¹, Javier Raya González¹, Daniel Castillo Alvira¹

¹Universidad de Isabel I de Castilla, Burgos, España. E-mail: marta.dominguez.diez@ui1.es.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar las diferencias en el rango de movimiento (ROM) del tronco entre para-deportistas con diferentes impedimentos físicos y deportistas sin impedimento. Seis participantes sin impedimento (NI), 7 con parálisis cerebral (PC) y 9 con otro tipo de impedimentos físicos (OIF) formaron parte de este estudio. Se analizaron las diferencias entre grupos para el ROM de tronco obtenidas mediante un test de límite de estabilidad aplicando técnicas de análisis de vídeo 2D, a través de cuatro movimientos realizados en los ejes antero-posterior y medio-lateral. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los dos grupos con impedimento (i.e., PC y OIF) respecto al grupo NI, así como valores significativamente ($p < 0,05$) menores de ROM en el grupo PC en comparación con NI y OIF.

PALABRAS CLAVE: rango de movimiento, tronco, clasificación, paradesporte, impedimento, 2D.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze trunk range of movement (ROM) differences between para-athletes with different physical impairments and non disabled athletes. Six non-impaired subjects (NI), 7 with cerebral palsy (CP) and 9 with other physical impairment (OPI) took part on this study. A video analysis technique (2D) and limit of stability test were used for this aim and ROM differences between groups were analyzed in antero-posterior and medial-lateral axes. The results obtained in this study show significative differences ($p < 0,05$) between impaired (i.e., PC y OIF) and non-impaired participants. In addition, significant ($p < 0,05$) less ROM values were obtained for CP group.

KEYWORDS: range of movement, trunk, classification, para-sport, impairment, 2D.

1. INTRODUCCIÓN

Inicialmente en el deporte Paralímpico se utilizaba una clasificación deportiva basada en diagnósticos médicos, más relacionada con la rehabilitación en el ámbito hospitalario. A medida que el movimiento Paralímpico fue madurando, el enfoque del sistema de clasificación fue abandonando este ámbito médico y de rehabilitación, centrándose más en la funcionalidad del deportista y las características del propio deporte. El Comité Paralímpico Internacional (IPC) reconoció la necesidad de un enfoque más integral aprobando en 2003 una estrategia de clasificación, que llevaría cuatro años después a la publicación del primer Código de Clasificación y Estándares Internacionales¹.

Con la creación de este código se establecieron por primera vez las bases de la clasificación basada en la evidencia científica y con ello se inició un proceso de desarrollo e investigación en este área de estudio con el objetivo de desarrollar medidas objetivas y fiables que permitan detectar el nivel de afectación y severidad de los diferentes tipos de impedimentos elegibles en cada deporte paralímpico. La guía de clasificación de IPC (IPC Position Stand on Classification in Paralympic Sport)² publicada por Tweedy y Vanlandewijck recoge como impedimentos físicos o biomecánicos (aquellos que causan limitación en la actividad de naturaleza biomecánica), el déficit de fuerza, el déficit de rango de movimiento, la deficiencia de extremidades, la diferencia en la longitud de piernas, la hipertensión, ataxia, atetosis y baja estatura. Además, para que el impedimento del deportista sea elegible, tiene que causar un impacto demostrable en el rendimiento deportivo, por lo que deberá ser evaluado y cuantificado³.

El impedimento del tronco es clasificado, según la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la discapacidad y de la salud (CIF), de carácter neuromusculoesquelético. Las afecciones a nivel neural propias de impedimentos como la hipertensión, ataxia o atetosis (relacionados con la parálisis cerebral, PC) cursan con una alteración en la coordinación de los músculos posturales, alterando el control y la

¹ IPC, International Paralympic Committee. *IPC Classification code and International Standards*. 2007. En: <https://goo.gl/cbnVQt> (consultado el 28 de Marzo de 2019).

² IPC, International Paralympic Committee. (2016). *International Standard for Eligible Impairments*. En: <https://goo.gl/jYw2cQ> (consultado el 28 de Marzo de 2019).

³ TWEEDY S M & VANLANDEWIJCK Y C. International Paralympic Committee position stand—background and scientific principles of classification in Paralympic sport. En: *British journal of sports medicine*, 2011, num. 45(4), pp. 259-269.

estabilización del tronco. Ésta es dependiente de sub-sistemas pasivos (osteoligamentosos), activos (musculares) y neurales, que contribuyen de forma mecánica y en términos de adquisición y procesamiento de información, a la consecución de respuestas motoras⁵. Este fenómeno ha sido ampliamente estudiado en la literatura considerándose como una de las afecciones más comunes en las personas con PC^{6,7,8} y en personas con diferentes niveles de lesión medular⁹. En deportistas con lesión medular el impedimento del tronco ha sido estudiado como un factor relevante en la cinemática de la propulsión de la silla de ruedas. Un déficit del rango de movimiento de tronco puede afectar el rango de movimiento del hombro y en consiguiente afectar óptima posición de los hombros para propulsar de forma eficiente la silla de ruedas. La capacidad de acelerar de un deportista o acciones como esprintar o girar, afectando al rendimiento específico del deporte. Sin embargo, la literatura que estudia este tópico en paradesportistas con diferentes impedimentos es escasa, así como su relación con el déficit de rango de movimiento en el tronco que ello conlleva¹⁰.

En algunas disciplinas deportivas como el baloncesto en silla de ruedas la valoración de la funcionalidad del tronco es un aspecto fundamental para clasificar al deportista. Se utiliza para ello el volumen de acción, refiriéndonos a este como el rango de movimiento activo del tronco por parte del deportista¹¹. Sin embargo, a pesar que se da una estimación del rango de movimiento correspondiente para cada clase, en la actualidad no se dispone de valores cuantificables para esta variable. Por otro lado, las tareas de límite de estabilidad han sido utilizadas ampliamente en la literatura para

⁵ CHOLEWICKI J, & MCGILL S M. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. En: *Clinical biomechanics*, 1996, num.11(1), pp.1-15.

⁶ BIGONGIARI A, SOUZA F D A, FRANCIULLI P M, NETO S E R, ARAUJO R C Y MOCHIZUKI L. Anticipatory and compensatory postural adjustments in sitting in children with cerebral palsy. En: *Human Movement Science*, 2011, num. 30(3), pp. 648-657.

⁷ HEYRMAN L, MOLENAERS G, DESLOOVERE K, VERHEYDEN G, DE CAT J, MONBALIU E Y FEYS, H. A clinical tool to measure trunk control in children with cerebral palsy: the Trunk Control Measurement Scale. En: *Research in Developmental Disabilities*, 2011, num. 32(6), pp. 2624-2635.

⁸ HEYRMAN L, DESLOOVERE K, MOLENAERS G, VERHEYDEN G, KLINGELS K, MONBALIU E Y FEYS H. Clinical characteristics of impaired trunk control in children with spastic cerebral palsy. En: *Research in Developmental Disabilities*, 2013, num. 34(1), pp. 327-334.

⁹ MILOSEVIC M, MASANI K, KUIPERS M J, RAHOUNI H, VERRIER M C, MCCONVILLE K M Y POPOVIC M R. Trunk control impairment is responsible for postural instability during quiet sitting in individuals with cervical spinal cord injury. En: *Clinical Biomechanics*, 2015, num. 30(5), pp. 507-512.

¹⁰ VANLANDEWIJCK Y C, VERELLEN J Y TWEEDY S. Towards evidence-based classification in wheelchair sports: Impact of seating position on wheelchair acceleration. En: *Journal of Sports Sciences*, 2011, num. 29(10), pp. 1089-1096.

¹¹ IWBF, International Wheelchair Basketball Federation. *Official Player Classification Manual*. 2014. En: <https://goo.gl/VTMsjM> (consultado el 28 de marzo de 2019).

valorar tanto el volumen de acción como la estabilidad y control del tronco tanto en población con lesión medular como en deportistas con parálisis cerebral^{12,13}. Teniendo en cuenta estos aspectos, el objetivo del presente estudio se centra en valorar y analizar las diferencias en el ROM del tronco entre para-deportistas con diferentes impedimentos físicos mediante un test de límite de estabilidad.

2. MÉTODO

Participantes

Veintidós participantes formaron parte de este estudio, 6 sin ningún tipo de impedimento (NI) (edad = $30,3 \pm 4,5$, años; estatura = $1,4 \pm 0,69$ m; peso = $67,5 \pm 6,75$ kg) y dieciséis participantes con diferentes impedimentos físicos. Los paradesportistas con impedimento se agruparon en función del origen de su diagnóstico. Por un lado, el grupo PC, conformado por participantes con parálisis cerebral ($n = 7$) (edad = $32,14 \pm 12,84$, años; estatura = $1,53 \pm 0,15$ m; peso = $71,8 \pm 11,75$ kg), y por otro lado un grupo de participantes con otro tipo de impedimentos físicos (OIF) como lesión medular ($n = 2$), espina bífida ($n = 2$), poliomielitis ($n = 2$) y amputación ($n = 3$) (edad = $36,44 \pm 12,67$, años; estatura = $1,65 \pm 0,13$ m; peso = $76,8 \pm 15,75$ kg). Todos ellos competían a nivel nacional en sus respectivos paradesportes (baloncesto en silla de ruedas, paratriatlón y slalom en silla de ruedas). Todos los participantes fueron informados de los procedimientos de la investigación y firmaron el consentimiento informado. El estudio siguió los estándares éticos para la investigación con seres humanos.

Procedimiento

Se analizó mediante técnica de análisis de vídeo en 2D el ROM del tronco en cuatro movimientos de inclinación ejecutados en los ejes antero-posterior y medio-lateral, realizados desde una posición de sedestación. Para ello, se utilizaron dos cámaras de video (Panasonic, Lumix, FZ20), posicionadas frontal y lateralmente a 4 metros del participante, que grabaron a una frecuencia de 200 Hz. El software Kinovea 0.8.15. se utilizó para analizar el ROM a partir de siete marcadores colocados sobre los

¹² SERRA-AÑÓ P, PELLICER-CHENOLL M, GARCIA-MASSÓ X, BRIZUELA G, GARCIA-LUCERGA C Y GONZÁLEZ L M. Sitting balance and limits of stability in persons with paraplegia. En: *Spinal Cord*, 2013, num. 51(4), pp. 267-272.

¹³ PERNOT H F M, LANNEM A M, GEERS R P, RUIJTERS E F, BLOEMENDAL M Y SEELLEN H A. Validity of the test-table-test for Nordic skiing for classification of paralympic sit-ski sports participants. En: *Spinal Cord*, 2011, num. 49(8), pp. 935-941

participantes. Los participantes debían intentar conseguir el máximo rango posible de movimiento de forma controlada, y manteniendo éste durante 3 s antes de regresar a la posición inicial. Se dejaron 5 s de descanso entre cada repetición y 30 s entre cada situación de movimiento.

Análisis estadístico

La normalidad de la distribución de la muestra se comprobó mediante la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov. Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de un factor, previo al cual se realizó la prueba de Levene para comprobar la homogeneidad de las varianzas. Para aquellas variables que no cumplieron con el supuesto de homocedasticidad o igualdad de las varianzas se utilizó el estadístico F de Welch. Además, se realizó un análisis post-hoc de Bonferroni para la comparación por pares de los grupos. En aquellas variables que no cumplieron el supuesto de homocedasticidad, la prueba post-hoc de Games-Howel fue utilizada. Se calcularon dos índices de tamaño de efecto para complementar la información estadística obtenida en el ANOVA (F, p) y describir la relevancia de las diferencias encontradas. Para conocer el tamaño del efecto de la diferencia entre- grupos de cada variable, se calculó el índice omega parcial al cuadrado (ω^2). Los ratios obtenidos fueron interpretados según los siguientes valores: pequeño ($< 0,0999$), medio ($0,0588$), y alto ($> 0,1379$)¹⁴. Para calcular el tamaño del efecto de las diferencias por pares entre los grupos, se utilizó el índice g de Hedges¹⁵. Los valores obtenidos fueron interpretados como grandes ($> 0,8$), moderados ($0,5 - 0,8$), pequeños ($0,2 - 0,5$), y triviales $< 0,2$. El análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Package for Social Sciences (SPSS Inc, versión 22,0 Chicago, IL, EE.UU.).

3. RESULTADOS

Los valores de ángulos de inclinación, obtenidos mediante el análisis de video, aparecen reflejados en la Tabla 1, donde podemos observar que los grupos PC y OIF obtuvieron valores de inclinación menores que el grupo NI. El ANOVA determinó que estas diferencias eran significativas en todas las tareas realizadas, obteniendo

¹⁴ RICHARDSON J T. Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. En: *Educational Research Review*, 2011, num. 6(2), pp. 135-147.

¹⁵ HEDGES L & OLKIN L. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. 1985. En: Nueva York: Academic Press

	PC	OIF	NI	F (gl)	p	ω_p^2	d_g (95% LC)		
							PC - OIF	OIF-NI	PC - NI
video_AN	36.33 ± 10.19 ^C	45.44 ± 15.55	56.00 ± 3.08	12.33 (2, 10.48)†	.00 2	.62 7	-0.64 (-1.65, 0.37)	-0.80 (-1.88, 0.27)	-2.34 (-3.76, -0.93)
video_PO	30.67 ± 6.19 ^C	36.1 ± 15.98 ^C	76.94 ± 10.37	43.59 (2, 11.11)†	<.0 01	.85 8	-0.40 (-1.40, 0.59)	-2.73 (-4.15, -1.31)	-5.15 (-7.41, -2.89)
video_LD	28.95 ± 6.82 ^C	27.44 ± 13.03 ^C	45.22 ± 7.16	6.46 (2, 19)	.00 7	.33 2	0.13 (-0.86, 1.12)	-1.50 (-2.67, -0.34)	-2.17 (-3.54, -0.80)
video_LI	24.62 ± 3.67 ^C	26.48 ± 12.99 ^C	45.33 ± 10.72	9.52 (2, 9.61)†	0.0 05	.57 5	-0.17 (-1.16, 0.82)	-1.46 (-2.62, -0.30)	-2.50 (-3.95, -1.04)

diferencias significativas al comparar los grupos con impedimento (PC y OIF) con el grupo sin impedimento (NI). Se obtuvieron valores altos de tamaño del efecto al comparar los grupos OIF y NI (-2,73 < d_g < -1,23), si bien la variable de inclinación

Tabla 1. Diferencias entre los grupos PC, OIF y NI para las variables de ROM analizadas en test de límite de estabilidad.

ANOVA de un factor intersujeto (grupos PC, OIF, NI).

Las comparaciones múltiples fueron realizadas mediante el intervalo de confianza del tamaño del efecto (95% LC) considerándose significativo al no incluir el valor 0.

^A Diferencias significativas respecto al grupo PC. ^B Diferencias significativas respecto al grupo OIF. ^C Diferencias significativas respecto al grupo NI.

† Estadístico alternativo de Welch con grados de libertad corregidos. Las comparaciones múltiples fueron realizadas mediante el ajuste de Games-Howell.

Abreviaturas: video_AN = análisis de vídeo inclinación anterior; video_PO = análisis de vídeo inclinación posterior; video_LD = análisis de vídeo inclinación lateral derecha; video_LI; análisis de vídeo inclinación lateral izquierda; PC = grupo de paradedportistas con parálisis cerebral; OIF = grupo de paradedportistas con otro tipo de impedimentos físicos; NI: participantes sin impedimento; F (gl) = F de Welch; ω_p^2 = índice omega parcial; d_g = índice del tamaño del efecto de Hedges.

video_AN no mostró un tamaño del efecto significativo [d_g = -0,80 (-1,88, 0.27)]. Del mismo modo, las diferencias entre los grupos PC y NI presentaron un valor significativo alto del tamaño del efecto (-5,15 < d_g < -1,55).

4. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue analizar las diferencias en el ROM del tronco entre para-deportistas con diferentes impedimentos físicos aplicando un test de límite de estabilidad en los ejes antero-posterior y medio-lateral del movimiento, desde una posición de sedestación. Este es el primer estudio que compara valores de ROM del

tronco entre deportistas de diferentes impedimentos y establece las diferencias con una población sin impedimento. En base a los resultados obtenidos podemos indicar que el test de límite de estabilidad y herramienta de análisis de vídeo en 2D puede diferenciar entre deportistas con diferentes niveles de afectación del tronco, así como identificar el impedimento del tronco por lo que puede ser una herramienta válida para el propósito de la clasificación en paradesportistas.

Uno de los mayores obstáculos en el desarrollo de la clasificación basada en evidencias científicas es identificar medidas de impedimento válidas que permitan detectar la presencia de impedimento¹⁶. Además, es necesario que antes de pasar a evaluar paradesportistas con impedimentos, las mismas medidas y herramientas se apliquen en personas sin ningún tipo de deficiencia, con el fin de obtener valores de normalidad a partir de los cuales interpretar los resultados que se obtengan en los paradesportistas analizados¹⁷. Los deportistas con PC mostraron valores de ROM del tronco menores lo cual podría explicarse por la afectación general de la función del tronco lo cual les va a dificultar en mayor medida a la hora de realizar el test de límite de estabilidad alcanzando una menor inclinación⁸. Por otro lado, en cuanto al grupo OIF, los deportistas con amputación y lesión medular que conformaron este estudio no mostraban afectación en la parte superior del tronco. Eso pudo ser una de las causas por la que este grupo obtuvo una mayor inclinación respecto a PC. Ambos grupos se diferenciaron de forma significativa del grupo control, por lo que, en base a los resultados obtenidos, podríamos concluir que el test de límite de estabilidad permite identificar el impedimento del tronco así como diferenciar entre diferentes niveles de afectación¹².

¹⁶ TWEEDY S, BECKMAN E Y CONNICK M. Paralympic classification: conceptual basis, current methods, and research update. En: *Paralympic Sports Medicine and Science*, 2014, num. 6(8), pp. 11-17.

¹⁷ BECKMAN E M, NEWCOMBE P, VANLANDEWIJCK Y, CONNICK M J Y TWEEDY S M. Novel strength test battery to permit evidence-based paralympic classification. En: *Medicine*, 2014, num. 93(4), pp. e 31.

⁸ HEYRMAN L, DESLOOVERE K, MOLENAERS G, VERHEYDEN G, KLINGELS K, MONBALIU E Y FEYS H. Clinical characteristics of impaired trunk control in children with spastic cerebral palsy. En: *Research in Developmental Disabilities*, 2013, num. 34(1), pp. 327-334.

¹² SERRA-AÑÓ P, PELLICER-CHENOLL M, GARCIA-MASSÓ X, BRIZUELA G, GARCIA-LUCERGA C Y GONZÁLEZ L M. Sitting balance and limits of stability in persons with paraplegia. En: *Spinal Cord*, 2013, num. 51(4), pp. 267-272.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio confirman que el test de límite de estabilidad permite identificar el impedimento del tronco en paradesportistas con diferentes impedimentos físicos. El test de límite de estabilidad y la técnica de análisis en video 2D, son herramientas válidas para identificar diferentes niveles de ROM del tronco y pueden ser una propuesta a considerar para el propósito de la clasificación basada en evidencias científicas.

BIBLIOGRAFÍA

- BECKMAN E M, NEWCOMBE P, VANLANDEWIJCK Y, CONNICK M J Y TWEEDY S M. Novel strength test battery to permit evidence-based paralympic classification. En: *Medicine*, 2014, num. 93(4), pp. e 31.
- BIGONGIARI A, SOUZA F D A, FRANCIULLI P M, NETO S E R, ARAUJO R C Y MOCHIZUKI L. Anticipatory and compensatory postural adjustments in sitting in children with cerebral palsy. En: *Human Movement Science*, 2011, num. 30(3), pp. 648-657.
- CHOLEWICKI J, & MCGILL S M. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. En: *Clinical biomechanics*, 1996, num.11(1), pp.1-15.
- HEYRMAN L, MOLENAERS G, DESLOOVERE K, VERHEYDEN G, DE CAT J, MONBALIU E Y FEYS, H. A clinical tool to measure trunk control in children with cerebral palsy: the Trunk Control Measurement Scale. En: *Research in Developmental Disabilities*, 2011, num. 32(6), pp. 2624-2635.
- HEDGES L & OLKIN L. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*.1985. En: Nueva York: Academic Press.
- HEYRMAN L, DESLOOVERE K, MOLENAERS G, VERHEYDEN G, KLINGELS K, MONBALIU E Y FEYS H. Clinical characteristics of impaired trunk control in

- children with spastic cerebral palsy. En: *Research in Developmental Disabilities*, 2013, num. 34(1), pp. 327-334.
- IPC, International Paralympic Comite. *IPC Classification code and International Standards*.2007. En: <https://goo.gl/cbnVQt> (consultado el 28 de Marzo de 2019).
 - IPC, International Paralympic Comite. (2016). *International Standard for Eligible Impairments*. En: <https://goo.gl/jYw2cQ> (consultado el 28 de Marzo de 2019).
 - IWBF, International Wheelchair Basketball Federation. *Official Player Classification Manual*. 2014.En: <https://goo.gl/VTMsjM> (consultado el 28 de marzo de 2019).
 - MILOSEVIC M, MASANI K, KUIPERS M J, RAHOUNI H, VERRIER M C, MCCONVILLE K M Y POPOVIC M R. Trunk control impairment is responsible for postural instability during quiet sitting in individuals with cervical spinal cord injury. En: *Clinical Biomechanics*, 2015, num. 30(5), pp. 507-512.
 - PERNOT H F M, LANNEM A M, GEERS R P, RUIJTERS E F, BLOEMENDAL M Y SEELEN H A. Validity of the test–table–test for Nordic skiing for classification of paralympic sit-ski sports participants. En: *Spinal Cord*,2011, num. 49(8), pp. 935-941.
 - RICHARDSON J T. Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. En: *Educational Research Review*, 2011, num. 6(2), pp. 135-147.
 - SERRA-AÑÓ P, PELLICER-CHENOLL M, GARCIA-MASSÓ X, BRIZUELA G, GARCIA-LUCERGA C Y GONZÁLEZ L M. Sitting balance and limits of stability in persons with paraplegia. En: *Spinal Cord*, 2013, num. 51(4), pp. 267-272.
 - TWEEDY S M & VANLANDEWIJCK Y C. International Paralympic Committee position stand—background and scientific principles of classification in

Paralympic sport. En: *British journal of sports medicine*, 2011, num. 45(4), pp. 259-269.

- TWEEDY S, BECKMAN E Y CONNICK M. Paralympic classification: conceptual basis, current methods, and research update. En: *Paralympic Sports Medicine and Science*, 2014, num. 6(8), pp. 11-17.

- VANLANDEWIJCK Y C, VERELLEN J Y TWEEDY S. Towards evidence-based classification in wheelchair sports: Impact of seating position on wheelchair acceleration. En: *Journal of Sports Sciences*, 2011, num. 29(10), pp. 1089-1096.