

ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL SALTO VERTICAL CON CONTRA – MOVIMIENTO EN PERSONAS CON PARÁLISIS CEREBRAL.

Vara Gazapo, A.; Ferrera Llera, C.; Pantrigo Fernández, J.J.**

Facultad de CC. de la Actividad Física y del Deporte - Universidad de Extremadura.

** Escuela Sup. de CC. Experimentales y Tecnología. Universidad Rey Juan Carlos.

RESUMEN: *El valor óptimo del impulso de aceleración en el salto vertical con contra - movimiento, es aproximadamente tres veces superior al impulso de frenaje. El objetivo de este estudio ha sido investigar el modo de actuación de la cadena biocinemática del tren inferior en el salto vertical con contra - movimiento para personas afectadas por parálisis cerebral, concretamente tetraparesia con ataxia, tetraparesia con atetosis, tetraparesia con espasticidad, diplegia con espasticidad, hemiplegia izquierda y derecha, y finalmente, hemiparesia izquierda y derecha. Para ello, se han analizado las fuerzas de reacción de veinte sujetos que han realizado saltos con contra - movimiento sobre una plataforma de fuerzas. El hallazgo de un valor medio de ratio entre el impulso de “frenaje” y el de aceleración de 0.3535 para los veinte sujetos con diferentes síntomas de parálisis cerebral, confirma completamente el principio de la fuerza inicial mientras que el alto coeficiente de variación de los diferentes parámetros que oscila entre 24 % y 80 % indica la esperada ausencia de homogeneidad de la muestra.*

PALABRAS CLAVES: <Análisis Biomecánico>, <salto vertical>, <parálisis cerebral>.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

Desde que N. Bernstein ha destacado la influencia de las fuerzas externas, gravitacionales e inerciales en la cinemática del movimiento, la biomecánica está orientada a reconocer las relaciones entre las cargas mecánicas en los movimientos multiarticulares, la cinemática del movimiento y las fuerzas que se desarrollan. Mucho más tarde, G. Hochmuth definió la técnica deportiva como “una solución biomecánica A, a un problema de movimiento específico, que también puede ser B, C, D, etc., en base a las condiciones y características de rendimiento del sistema biológico, las condiciones mecánicas del entorno, los roles deportivos y las consideraciones tácticas”, y formuló los principios biomecánicos como un marco teórico de criterios generalizados que permiten reconocer las relaciones causa - efecto y evaluar el nivel de eficacia de la técnica deportiva. Si bien la aplicación de los Principios Biomecánicos no resuelve la totalidad de los problemas en la élite deportiva, constituyen una herramienta muy útil para analizar y evaluar la estructura biomecánica de los patrones motores. De acuerdo con el principio de la fuerza inicial, en el salto vertical con contra - movimiento, donde tiene lugar un ciclo de estiramiento – acortamiento (streich – shortening cycle), con un inversión inmediata en el movimiento, está presente al inicio, una fuerza inicial positiva (en la posición más baja del centro de gravedad), debido al “impulso de frenaje” que se desarrolla en el movimiento de estiramiento (Fig. 1).

La presencia de una fuerza inicial al principio del movimiento de extensión capacita para desarrollar un mayor impulso de aceleración, si la ratio entre el “impulso de frenaje” y el “impulso de aceleración” tiene un valor óptimo entre 0.3 y 0.4, alcanzando la velocidad de despegue valores máximos.

Esta ratio de los “impulsos de frenaje” y de aceleración se han confirmado experimentalmente con datos dinamométricos e implican una transición controlada desde el comienzo del contramovimiento hasta el despegue.

Por otro lado, la parálisis cerebral como trastorno neurológico está caracterizada por la pérdida del control selectivo de los músculos, la aparición de movimientos espásticos y de patrones primitivos de contracción, induciendo a controversias respecto a la clasificación de atletas discapacitados en las competiciones.

El objetivo de este estudio que forma parte de un amplio de proyecto orientado al análisis de las capacidades motrices de discapacitados físicos, es investigar el modo de actuación de la cadena biocinémática del tren inferior en un salto vertical con contra - movimiento realizado por personas con diferentes afectaciones de parálisis cerebral, especialmente, para conocer si se cumple el principio de la “fuerza inicial”. En este sentido, cabe desatacar que las consideraciones metodológicas, mencionadas correctamente por Hatze (1998), respecto a la validez y fiabilidad del salto vertical con contra - movimiento, como prueba para evaluar la potencia muscular de la cadena biocinémática, no afectan para nada los objetivos y la calidad de los resultados de este estudio.

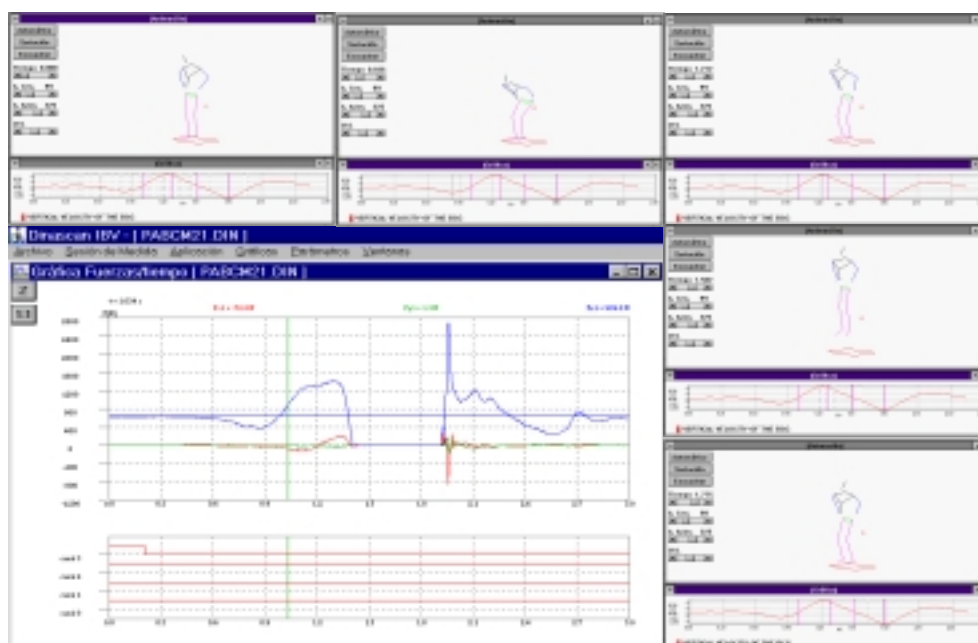


Fig. 1. Curvas características obtenidas por la realización de un salto vertical con contra - movimiento. Representación de las componentes de las fuerzas de reacción.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Veinte sujetos afectados por las siguientes patologías de parálisis cerebral:

- tetraparesia con ataxia - tetraparesia con atetosis - tetraparesia con espasticidad*
- diplegia con espasticidad*
- hemiplegia izquierda y derecha*
- hemiparesia izquierda y derecha*

han realizado saltos con contra - movimiento sobre una plataforma de fuerzas, saltando tan alto como les era posible, y con las manos en las caderas. Las fuerzas de reacción fueron registradas con una plataforma de fuerzas extensométrica (DINASCAN 600M) con una frecuencia de 500 Hz. El error estimado, con respecto al registro de las componentes de la fuerza de reacción es inferior al 2%. La evolución temporal de la componente vertical de la fuerza de reacción se ha parametrizado en términos de (Fig. 2):

el tiempo hasta el despegue

los intervalos de las partes del impulso mecánico

el instante de máxima fuerza

el valor máximo de la fuerza

el gradiente de la fuerza

la velocidad de despegue

el valor medio de la fuerza normalizado durante el impulso de aceleración

el valor de las tres partes del impulso mecánico que se desarrollan (impulso negativo, "impulso de frenaje", impulso de aceleración)

el valor medio de la ratio entre el "impulso de frenaje" y el impulso de aceleración

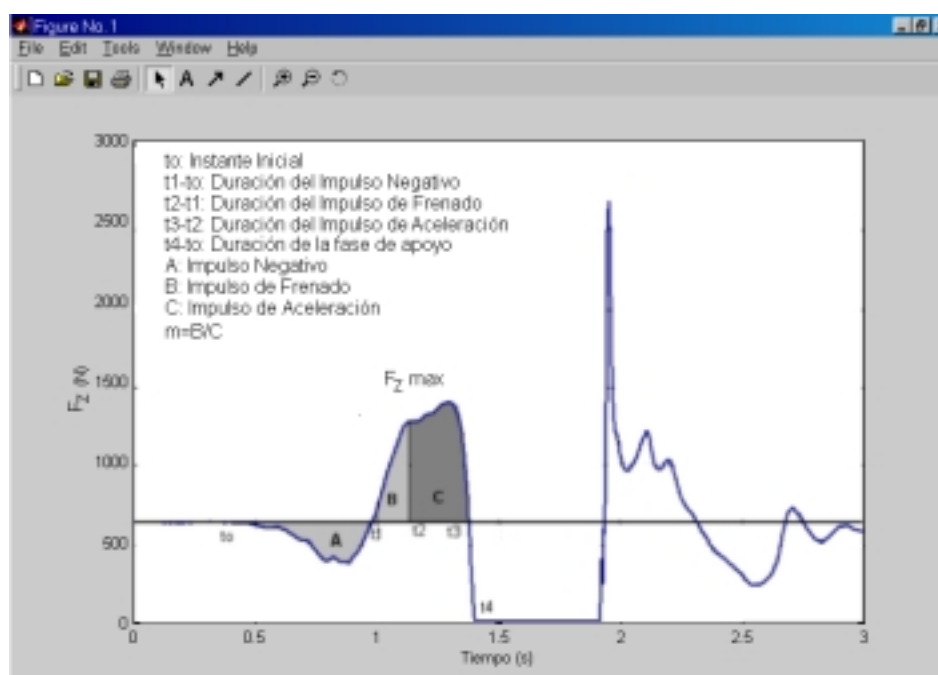


Fig. 2. Definición de los parámetros de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados confirman el principio biomecánico de la "fuerza inicial" a pesar de la variedad de los trastornos y patologías motoras de los sujetos sometidos a estudio, (tetraparesia con ataxia, tetraparesia con atetosis, tetraparesia con espasticidad, diplegia con espasticidad, hemiplegia izquierda y derecha, y finalmente, hemiparesia izquierda y derecha).

Tabla 1. Estadísticos de los parámetros medidos.

	Media	Error estándar	Desviación típica	Coefficiente de variación
$(t_4 - t_0)(s)$	0,69	0,048	0,215	0,31
$(t_1 - t_0)(s)$	0,31	0,025	0,111	0,36
$(t_2 - t_1)(s)$	0,15	0,014	0,063	0,43
$(t_3 - t_2)(s)$	0,07	0,013	0,058	0,80
$(t_{\max} - t_0)(s)$	0,53	0,047	0,212	0,40
Fz_{\max} (N)	1311,42	94,569	422,924	0,32
Gradiente de la fuerza	3625,46	512,968	2294,063	0,63
Velocidad de despegue (m/s)	1,82	0,096	0,428	0,24
C (N.s)/ peso (N)	4,64	0,230	1,029	0,22
A (N.s)	37,04	3,444	15,401	0,42
B (N.s)	37,04	3,444	15,401	0,42
C (N.s)	106,01	9,656	43,183	0,41
m (B/C)	0,35	0,015	0,067	0,19

con:

$(t_4 - t_0)(s)$: tiempo total	(Fz_{\max}) : valor máximo de la fuerza
$(t_1 - t_0)(s)$: intervalo del impulso negativo	A: impulso negativo
$(t_2 - t_1)(s)$: intervalo del impulso de frenaje	B: Impulso de frenaje
$(t_3 - t_2)(s)$: intervalo del impulso de aceleración	C: impulso de aceleración
$(t_{\max} - t_0)(s)$: instante de máxima fuerza	$(m=B/C)$: ratio entre el impulso de frenaje y el impulso de aceleración.

Este hallazgo es muy interesante dado que normalmente las personas con este tipo de discapacidad motriz, no son capaces de realizar contracciones musculares coordinadas en el tiempo, debido a la pérdida de coordinación, además de que no pueden relajar o contraer los músculos de forma rápida, originándose una co-contracción de los músculos antagonistas. Por último, existen diferencias considerables entre los sujetos sometidos a estudio en función de cómo el tipo de parálisis cerebral afecte la posición y los movimientos de las articulaciones.

Los estadísticos descriptivos (Tabla 1.) ofrecen una idea clara de cómo evoluciona la componente vertical de la fuerza de reacción. Sin embargo, el coeficiente de variación indica la esperada ausencia de homogeneidad de la muestra para todos los parámetros, excepto para el tiempo total (0.31), para el valor del impulso de aceleración normalizado respecto al peso (0.22) y para el valor de la ratio entre el “impulso de frenaje” y el impulso de aceleración (0.19). Con respecto a esta ratio, el valor medio hallado de 0.3535 para los veinte sujetos con diferentes síntomas de parálisis cerebral, confirma por completo el principio de la fuerza inicial.

CONCLUSIONES.

Este estudio aporta información objetiva y relevante acerca del salto vertical con contra - movimiento desarrollado por personas afectadas por parálisis cerebral y confirma que el principio de la fuerza inicial tiene lugar de la misma forma que en personas no afectadas por trastornos neurológicos.

BIBLIOGRAFÍA.

- Bernstein, N.A. (1975). *Bewegungsphysiologie*. J. A. Barth Leipzig.
- Bobbert, M.F; Van Ingen Schenau, G. (1989). *Coordination in vertical Jumping*. Journal of Biomechanics, 21, 3, 249 – 262.
- Gage, J.R. (1991). *Gait analysis in Cerebral Palsy*. Mac Keith Press.
- Hatze, H. (1998). *Validity and Reliability of Methods for Testing Vertical Jumping Performance*. Journal of Applied Biomechanics, 14, 127 – 140.
- Hochmuth, G. (1981). *Biomechanik sportlicher Bewegungen*. Sportverlag, Berlin.
- Pandy, M. et al. (1990). *An optimal control model for maximum-height human jumping*. Journal of Biomechanics, 23, 12, 1185 – 1198.
- Ravn, S. et al. (1999). *Choice of jumping strategy in two standard jumps, squat and countermovement jump-effect of training background or inherited preference?*. Scan. J. Med Sci. Sports, 9, 201 – 208.
- Van Ingen Schenau, G. (1989). *From rotation to translation: constraints on multi-joint movements and the unique action of bi-articular muscles*. Human Movement Science, 8, 301 – 337.

AGRADECIMIENTOS: este estudio es parte del proyecto de investigación “**desarrollo de una línea de investigación aplicada a la evaluación, mediante análisis biomecánico, de la motricidad de personas con discapacidades físicas en actividades de la vida diaria y deportiva**” financiado por la **Junta de Extremadura**.