

Relación entre el tiempo de retraso del segundo apoyo y el impulso ejercido en batida del salto vertical

J. CAMPOS¹, M. GUTIÉRREZ-DÁVILA², E. NAVARRO³

¹Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad de Valencia.

²Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad de Granada.

³Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad Politécnica de Madrid.

Resumen

El propósito de este trabajo ha sido determinar la importancia que tiene el retraso del segundo apoyo en la batida del salto vertical sobre las componentes del impulso total, impulso de frenado e impulso de aceleración. Se han analizado 61 saltos verticales realizados por estudiantes de educación física. Para el registro de los datos se han utilizado dos plataformas de fuerza, (Dinascan – IBV), una para cada apoyo, a una frecuencia de 250 Hz y sincronizadas temporalmente a una cámara de vídeo de alta velocidad (Redlake Motion Space 1000 S). Los resultados han puesto de manifiesto que el retraso del segundo apoyo no afecta a la altura de salto. Cuando se incrementa el tiempo de retraso del segundo apoyo, se reduce el impulso total de componente vertical ($r = -0.52$; $p < 0.001$), y el impulso vertical durante el periodo de frenado ($r = -0.61$; $p < 0.001$). No se ha encontrado relación entre el retraso del segundo apoyo y el impulso de aceleración vertical ejercido durante el periodo de aceleración.

Palabras clave: Salto Vertical, batidas, biomecánica, impulso, plataformas de fuerza, fotogrametría.

Introducción

Desde la perspectiva de la biomecánica se han estudiado diferentes formas o estilos de ejecutar el salto vertical con doble apoyo, siendo las más habituales las que se refieren a la utilización del contramovimiento (Asmussen y col, 1974; Comí y col, 1978), la participación segmentaria (6,5,8) o al tipo de desplazamiento previo a la batida (Harman y col, 1990; Feltner y col, 1999; Lees y col, 2004). Precisamente, cuando se observan los saltos verticales realizados con un desplazamiento previo de carrera, suele existir un contacto alternativo de los apoyos en la batida, a no ser que se realicen unos movimientos de ajuste durante el vuelo de la última zancada para forzar un apoyo simultáneo. Esto suele suceder en las batidas que realizan los jugadores de baloncesto o voleibol en la ejecución técnica del remate, el bloqueo o el lanzamiento a

canasta. El propósito de este trabajo ha sido determinar la importancia que tiene este retraso entre los apoyos de la batida, cuando se realiza una carrera previa, sobre las componentes del impulso, así como su relación con el porcentaje de participación ejercido por cada apoyo durante las fases que determinan la batida.

El efecto que produce la carrera de aproximación en los saltos con doble apoyo ha sido descrito por Saunders (1980), llegando a la conclusión que la altura de salto se incrementa cuando la velocidad de aproximación es del 50%-60% de la máxima velocidad, mientras que se reduce cuando la velocidad de aproximación es excesiva. Partiendo de la fuerza vertical registrada en una plataforma de fuerza y utilizando un modelo teórico de salto vertical con contramovimiento, Coutts (1982) ha puesto de manifiesto que cuando se realiza una batida simultánea, el tiempo de ejecución se reduce, mientras que el impulso de absorción o frenado se incrementa, aunque no ha encontrado diferencias estadísticamente significativas en el impulso de propulsión o de aceleración, lo que implica que el retraso entre

Correspondencia:

J. Campos: jose.campos@uv.es

M. Gutiérrez-Davila: marcosgd@ugr.es

E. Navarro: enavarro@inef.upm.es

apoyos no influye en la altura de salto. Posiblemente, tanto la reducción del tiempo de batida como el incremento del impulso de frenado en las batidas de apoyo simultáneo, estarían motivadas por una mayor pretensión de la musculatura como consecuencia del incremento de la velocidad vertical al final de la carrera de aproximación. Similar a lo que ocurre en los saltos realizados con contramovimiento partiendo desde diferentes alturas (Asmussen y col, 1974; Comí y col, 1978).

Atendiendo a los antecedentes expuestos, consideramos que el retraso del segundo apoyo no afectará a las componentes del impulso total ni al desarrollado durante la fase de aceleración, aunque se reducirá la fuerza media ejercida durante el impulso de frenado, favoreciendo una mayor amortiguación de las fuerzas de impacto. Esta reducción de la fuerza durante el impulso de frenado produciría un efecto negativo del segundo apoyo sobre el impulso de aceleración, al reducirse la posibilidad de activar la tensión refleja y ciertos mecanismos de pretensión en los músculos extensores, especialmente los de la pierna que realiza el segundo apoyo (Asmussen, 1974; Comí, 1978; Cavagna, 1968).

Métodos

Se han analizado 61 saltos verticales realizados por estudiantes de educación física que participaban en los campeonatos universitarios de baloncesto y voleibol, lo que nos aseguraba un cierto automatismo en la realización de dicho gesto. Para el protocolo de ejecución se estableció una carrera previa, llegando cada sujeto a una velocidad que él mismo consideró adecuada para poder realizar el salto vertical más eficaz.

Para la cuantificación de las componentes de la fuerza se han utilizado dos plataformas de fuerza (Dinascan – IBV), una para cada apoyo, a una frecuencia de 250 Hz y sincronizadas en el tiempo entre ellas y a una cámara de vídeo de alta velocidad (Redlake Motion Space 1000 S) con la misma frecuencia que lo hacían las dos plataformas. Las componentes de la velocidad y las posiciones que adopta el CG durante el tiempo que dura la fase de batida se han obtenido mediante la integración de las componentes horizontal y vertical de la función fuerza-tiempo procedente de la suma de las dos plataformas. Las constantes de integración se han obtenido mediante técnicas fotogramétricas 2D, a partir de las imágenes procedentes de la cámara de vídeo. Así, para el cálculo de la posición del CG se ha utilizado un modelo mecánico de 14

segmentos, donde las masas segmentarias y localizaciones de sus c.m., se han calculado a partir de los valores propuestos por Zatsiorsky & Seluyanov (1983) y adaptadas por Leva (1996). Para el cálculo de las componentes horizontal y vertical de la velocidad se han utilizado sus respectivas derivadas en ese mismo tiempo.

La batida se ha definido como el periodo de tiempo comprendido desde la llegada del primer apoyo a la superficie de contacto hasta el despegue. A partir de la distancia radial, el impulso total desarrollado en la batida se ha dividido en: a) impulso de frenado, comprendido desde la llegada del primer apoyo hasta el tiempo en que se consigue la mínima distancia radial y b) desde la mínima distancia radial hasta el despegue del último contacto. La distancia radial ha sido definida como la distancia comprendida entre un eje de giro relacionado con el apoyo de pies en la superficie del suelo y el CG del sujeto (Vint y Hinrichs, 1996).

La utilización de dos plataformas que registran las componentes de la fuerza para cada apoyo, nos ha permitido evaluar el porcentaje de participación de cada pierna durante la fase de batida. Su cuantificación se ha realizado a partir del cálculo de los impulsos desarrollados en cada plataforma, con respecto al impulso total. El mismo procedimiento se ha utilizado para cuantificar el porcentaje de participación durante el periodo positivo y negativo de la fase de batida.»

Para el tratamiento estadístico de los datos se ha utilizado el software Statgraphics 5.1 de Statistical Graphics Corporation, aplicando una estadística correlacional (Simple Regression) y un análisis de varianza asociado que nos ha permitido cuantificar las diferencias entre las variables relacionadas.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los valores de tendencia central, el coeficiente de correlación, el error estándar de estimación y la significación obtenida en la relación entre el tiempo de retraso del segundo apoyo y los impulsos desarrollados, en sus dos componentes rectangulares. Los datos ponen de manifiesto que cuando se incrementa el tiempo de retraso del segundo apoyo se reduce significativamente ($r = -0.52$; $p < 0.001$) el impulso de componente vertical desarrollado durante el tiempo que dura la fase de batida (I. Total-Y). Algo similar ocurre cuando se correlaciona con el impulso vertical desarrollado durante el periodo de impulso de frenado (I. Frenado-Y), aunque con un

coeficiente de correlación algo superior ($r = -0.61$; $p < 0.001$). Con respecto al resto de los impulsos, no se han encontrado correlaciones estadísticamente significativas. La estadística expuesta revela que la reducción de la componente vertical del impulso desarrollado durante la batida (I. Total-Y), ocurre como consecuencia de la reducción del impulso vertical desarrollado durante el tiempo de frenado, mientras que el retraso del segundo apoyo no se relaciona con ninguna de las componentes del impulso desarrollado durante el periodo positivo o de aceleración. En la Figura 1, se presentan las respectivas dispersiones del impulso vertical desarrollado durante la batida (a) y el desarrollado durante el impulso de frenado (b), con respecto al tiempo de retraso del segundo apoyo.

En la tabla 2 se exponen los valores medios de los porcentajes de participación del apoyo que llega más retrasado a la batida, con respecto al impulso total, así como el coeficiente de correlación, el error estándar de estimación y nivel de significación de la correlación existente entre el tiempo de retraso del segundo apoyo y el porcentaje de participación del apoyo más retrasado, tanto en la fase de batida (Total) como en los periodos en que se ha dividido (P. Frenado-X, P. Frenado-Y, P. Aceleración-X y P. Aceleración-Y, en sus componentes horizontal y vertical, respectivamente). En el caso de existir una coincidencia en el tiempo de contacto de los

dos pies con la superficie del suelo, se presentan los valores medios del apoyo que realizó la impulsión de la última zancada de la carrera de aproximación.

Los datos ponen de manifiesto que cuando se incrementa el tiempo de retraso del segundo apoyo, el porcentaje de participación en el impulso horizontal y vertical durante el tiempo que dura la fase de batida (Total-X y Total-Y, respectivamente) tiende a reducirse muy significativamente ($p < 0.001$). En la figura 2 se representa gráficamente esta tendencia para el impulso horizontal (a) y vertical (b). Aunque con unos coeficientes de correlación superiores, esta misma tendencia existe cuando se correlaciona el porcentaje de participación del impulso horizontal y vertical desarrollado durante el periodo de frenado (P. Frenado-X y P. Frenado-Y, respectivamente). En la figura 3 se representa gráficamente esta tendencia para el impulso horizontal (a) y vertical (b). Los datos presentados en la Tabla 2, también ponen de manifiesto que el retraso del segundo apoyo no afecta para nada al porcentaje de participación de la pierna más retrasada durante el impulso de aceleración (P. Aceleración-X y P. Aceleración-Y, respectivamente), siendo su participación similar para los dos apoyos.

Finalmente, los datos presentados en la tabla 2, ponen de manifiesto que la reducción del impulso total, tanto en su componente horizontal como

Tiempo de retraso del segundo apoyo (s)(M = 90.93; SD= 24.71)					
IMPULSOS	M	SD	r	SE _(Set)	p
I. Total-X (N s)	90.93	24.71	-0.13	24.70	
I. Total-Y (N s)	354.28	47.71	-0.52	41.04	***
I. Frenado-X (N s)	-39.37	13.57	-0.12	13.58	
I. Frenado-Y (N s)	122.39	34.03	-0.63	26.64	***
I. Aceleración-X (N s)	-52.11	15.70	-0.13	15.69	
I. Aceleración-Y (N s)	230.98	28.36	-0.03	28.58	
*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$					

Tabla 1. Valores de tendencia central, Coeficiente de Correlación, Error Estándar de Estimación y significación de la correlación entre el tiempo de retraso del segundo apoyo y los impulsos desarrollados durante la batida en sus dos componentes

vertical, cuando existe un incremento en el retraso del segundo apoyo, se producen como consecuencia de la reducción del porcentaje de impulso desarrollado durante el periodo de frenado, mientras que no tiene relación con los impulsos desarrollados durante el periodo de aceleración. El porcentaje de participación, en el impulso horizontal y vertical, durante el tiempo que dura el periodo de aceleración de la fase de batida, es similar en los dos apoyos.

Uno de los aspectos más relevantes que ponen de manifiesto los resultados expuestos, es el hecho que no exista relación entre el retraso del segundo apoyo y el impulso de aceleración vertical producido durante el periodo positivo o de aceleración (I. Aceleración-Y), lo que nos permite afirmar que el retraso del segundo apoyo no afecta a la altura de salto, siendo ésta similar para batidas con apoyo simultáneo que para las alternativas. Este resultado es coincidente con los datos que presenta Coutts (1982), aunque éste lo atribuye a la posible contribución de la componente horizontal de la fuerza, hecho que no se ha podido constatar en este estudio.

Por el contrario, el impulso de frenado de componente vertical (I. Frenado-Y) tiende a reducirse cuando se incrementa el tiempo de retraso del segundo apoyo, lo que permitiría pensar que,

durante el periodo negativo, la velocidad de estiramiento, la tensión refleja y ciertos mecanismos de pretensión de la musculatura se reducirían a medida que se incremente el tiempo de retraso del segundo apoyo y, consecuentemente, la fuerza aplicada durante el periodo positivo se vería reducida, especialmente la ejercida por la pierna que realiza el segundo apoyo, como sugieren Asmussen and Bonde-Peterson (1974) cuando compara saltos desde diferentes alturas y sin contramovimiento. Sin embargo, la falta de correlación del impulso vertical (I. Aceleración-Y) no nos permite constatar esta reducción de la fuerza vertical durante el periodo positivo. La no influencia de la menor activación refleja y pretensión muscular sobre el la fuerza ejercida durante el periodo positivo, coincide con las aportaciones de Andersen and Pandy (1993), los cuales manifiestan que la utilización de la energía elástica acumulada durante el periodo negativo incide en una eficacia local o segmentaria durante la siguiente fase de aceleración, mientras que no se ha podido comprobar su efecto en la eficacia global o rendimiento total del salto. Posiblemente debido a la influencia que tiene la participación de los segmentos sobre la tensión ejercida por la musculatura durante el salto vertical (Lees, 2004).

Tiempo de retraso del segundo apoyo (s) (M = 90.93; SD= 24.71)					
IMPULSOS	M	SD	r	SE _(Set)	p
Total-X (%)	42.03	12.16	-0.42	11.12	***
Total-Y (%)	42.52	5.04	-0.83	41.04	***
P. Frenado-X (%)	25.99	17.05	-0.78	10.70	***
P. Frenado-Y (%)	30.31	12.35	-0.93	4.66	***
P. Aceleración-X (%)	52.51	13.59	-0.21	13.42	***
P. Aceleración-Y (%)	50.11	2.49	-0.05	2.51	***
*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$					

Tabla 2. Valores de tendencia central, Coeficiente de Correlación, Error Estándar de Estimación y significación de la correlación entre el tiempo de retraso del segundo apoyo y el porcentaje de participación del apoyo más retrasado, tanto en la fase de batida (Total) como en los periodos en que se ha dividido (P. Frenado y P. Aceleración), en sus dos componentes.

Conclusiones

La reducción del impulso de componente horizontal no se ha visto afectada por el retraso del segundo apoyo, lo que no permite afirmar que, durante el impulso de frenado, la componente horizontal tiende a reducirse por igual, sin que afecte el tiempo de retraso del segundo apoyo. Así, un cierto retraso del segundo apoyo podría beneficiar a la amortiguación del impacto inicial de la batida sin que afecte a la reducción de la componente vertical ni a la altura de salto, como pone remanifiesto Coutts (1982), aunque este aspecto podría ser discutido en función de la velocidad tangencial que posee el CG al inicio de la batida. Posiblemente se requieran estudios para comprobar la influencia de la velocidad de desplazamiento previo sobre el retraso del segundo apoyo.

Como cabría esperar, durante el periodo de impulso de frenado, el porcentaje de participación del segundo, con respecto al impulso total, tiende a reducirse a medida que se incrementa el tiempo de retraso del segundo apoyo (Tabla 2), mientras que no afecta al porcentaje de participación desarrollado durante el periodo de aceleración, el cual es el mismo para los dos apoyos, a pesar de que se incrementa el tiempo de retraso del segundo apoyo. Estos datos reafirman la no influencia sobre el impulso de aceleración de la menor activación refleja y pretensión muscular sobre el impulso de aceleración, siendo coincidentes con las aportaciones de Andersen and Pandy (1993).

Bibliografía

1. **Andersen, F. and M. Pandy.** Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *Journal of Biomechanics*. 26(12):1413-1427, 1993.

2. **Asmussen, E. and F. Bonde-Petersen.** Storage of elastic energy in skeletal muscle in man. *Acta Physiologica Scand*. 91: 385-392, 1974.
3. **Cavagna, G.A., B. Dusman and R. Margaria.** Positive work done by previously stretched muscle. *Journal of Applied Physiology*. 24: 21-32, 1968.
4. **Coutts, K.D.** Kinetic differences of two volleyball jumping techniques. *Medicine Science Sports and Exercise*. 14: 57-59, 1982.
5. **Feltner, M.E., D.J. Frascetti, and R.J. Crisp.** Upper extremity augmentation of lower extremity kinetics during countermovement vertical jumps. *Journal of Sport Sciences*. 17 (6): 449-466, 1999
6. **Harman, E.A., M.T. Rosenstein, P.M. Frykman, and R.M. Rosestein.** The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Medicine Sciences of Sports and Exercise*. 22 (6): 825-833, 1990
7. **Komi, P.V. and C. Bosco.** Utilization of stores elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med. Sci. Sports* 10: 261-265, 1978
8. **Lees, A., J. Vanrenterghem, J. and D. De Clercq.** Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. *Journal of Biomechanics*. 37(12): 1929-1940, 2004.
9. **Leva, De, P.** Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanovs segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics*. 29(9): 1223-1230, 1996
10. **Saunders, H.L.** (1980). A cinematographical study of the relationship between speed of movement. Doctoral dissertation. Texas A&M University. College Stations, 1993.
11. **Vint, P.F. and R.N. Hinrichs, R.N.** (1996). Differences between one-foot and two-foot vertical jump performances. *Journal of Applied Biomechanics*. 12: 338-358, 1996
12. **Zatsiorski, V.M. and V.N. Seluyanov.** The mass and inertial characteristics of the main segments of the human body. In: *Biomechanics VIII-B*. Matsui, H. and K. Kobayashi (Eds) Champaign, I.L.: Human Kinetics, 1983, pp. 1152-1159.