

EFFECTO DEL RETRASO DEL SEGUNDO APOYO SOBRE EL IMPULSO EN LA BATIDA DEL SALTO VERTICAL

Gutiérrez-Dávila, M¹; Campos, J² & Navarro, E.³

¹ Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Granada

² Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Valencia

³ Departamento 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 cuando se realiza una carrera previa, sobre las componentes del impulso total, impulso de frenado e impulso de aceleración, así como su relación con el porcentaje de participación ejercido por cada apoyo durante las fases que determinan la batida. Han participado 23 estudiantes de educación física, especialistas en voleibol y baloncesto (talla media: 179 ± 6.1 cm.; masa media: 70.96 ± 8.82 kg). 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 cuando se reduce el tiempo entre apoyos, el tiempo de batida también se reduce ($p < 0.001$), aunque sólo el periodo negativo de la batida contribuye a esta reducción. El retraso del segundo apoyo no afecta sobre los impulsos medios de aceleración, por lo que tampoco existirán ventajas en la altura alcanzada por el CG. Existe mayor reducción de la velocidad horizontal cuando se incrementa el tiempo entre los apoyos ($p < 0.01$).

Palabras clave: Salto vertical, Batidas, Biomecánica, Impulso, Plataformas de fuerza, Fotogrametría 2D.

ABSTRACT

This paper aims to identify the influence that the delay of the second foot in a vertical jump with run up approach, has on the total impulse, impulse absorption, impulse acceleration, and on the percentage participation of each foot during the takeoff phase. Twenty three physical education undergraduates students participated in the study recruited among university basketball and volleyball players (mean height: 179 ± 6.1 cm; mean mass: 70.96 ± 8.82 kg). Two force platforms were used, one for each foot support (Dinascan – IBV) at 250 Hz frequency and time-synchronized to one another and to a high speed video camera (Redlake Motion Space 1000 S). Results showed that the lower the time between the first and second contact foot, the lesser the takeoff time ($p < 0.001$), although this reduction is only attributed to the negative period. The impulse of acceleration was not affected by the delay of the second foot, so that there would not be advantages regarding jump height. There is a bigger reduction of the horizontal velocity when the time between the first and the second contact foot is increased ($p < 0.01$).

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 and Bonde-Petersen, 1974; Komi and Bosco, 1978), la participación segmentaria (Harman, Rosenstein, Frykman and Rosenstein, 1990; Feltner, Frascetti and Crips, 1999; Lees, Vanrenterghem and De Clercq, 2004) o al tipo de desplazamiento previo a la batida (Saunders, 1983; Vint and Hinrichs, 1996). 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 el efecto que tiene este retraso entre los apoyos de la batida, cuando se realiza una carrera previa, sobre las componentes del impulso que se aplica durante la batida, así como la participación de la pierna que llega más retrasada.

El efecto que produce la carrera de aproximación en los saltos con doble apoyo ha sido descrito por Saunders (1983) 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 los trabajos de Dapena (1980) y Dapena and Chung (1988), se puede afirmar que la carrera previa es un factor que determina el modelo mecánico de salto vertical. Así, la carrera previa permite que durante la primera fase o periodo negativo de la batida, el pie se coloque por delante del CG, resistiéndose al movimiento lineal del CG mediante una flexión de la pierna de batida. Esta acción produce una reducción de la distancia radial y un estiramiento de la musculatura, mientras que el CG puede estar desplazándose hacia arriba. Durante la segunda fase de la batida o periodo positivo, la distancia radial se incrementa, produciéndose un acortamiento de la musculatura de la pierna de batida mientras que el CG continúa desplazándose hacia arriba. El efecto combinado de una rápida velocidad horizontal y una cierta inclinación del cuerpo hacia atrás, al comienzo de la fase de batida, facilita la tensión refleja y otros mecanismos de pretensión durante el periodo negativo de la fase de batida que permite un incremento de fuerza vertical durante el periodo positivo (Komí and Bosco, 1978; Cavagna, Dugman and Margaria, 1968).

Además de los efectos descritos, la carrera de aproximación puede provocar cierto retraso entre la toma de contacto del primer apoyo y el segundo o tener que realizar ciertos ajustes en la última zancada de la carrera de aproximación para reducir dicho retraso. 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 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 (Komí and Bosco, 1978; Asmussen and Bonde-Petersen, 1974).

En el estudio de Coutts (1982), a pesar de incluir un desplazamiento horizontal previo a la realización de la batida, las componentes temporales de la fase de batida se describen a partir de la componente vertical de la fuerza, estimando teóricamente la posición del CG al inicio de la batida y considerando solo los movimientos verticales. Consideramos que este modelo de salto se ajusta más a los saltos realizados con contramovimiento desde parado que a los realizados con carrera previa descrito por Dapena and Chung (1988), por lo que sus resultados deberían ser revisados a partir de los movimientos radiales y verticales del CG, así como de las componentes vertical y horizontal de la fuerza desarrollada. De este modo tendríamos en cuenta que el CG podría estar desplazándose hacia arriba durante la fase de impulso de frenado o negativa.

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 (Komí and Bosco, 1978; Cavagna, Dugman and Margaria, 1968; Asmussen and Bonde-Petersen, 1974)2, 7, 3).

MATERIAL Y MÉTODO

En esta investigación han participado 23 estudiantes de educación física, diez de ellos seleccionados entre los que participaban en los campeonatos universitarios de baloncesto y el resto entre jugadores de voleibol de categoría universitaria y nacional (talla media: 179 ± 6.1 cm.; masa media: 70.96 ± 8.82 kg). 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.

La variable que se manipula en este estudio es el tiempo comprendido entre el contacto del primer apoyo con el suelo y el segundo apoyo. Dada la variabilidad existente en el tiempo de retraso entre la llegada del primer apoyo y el segundo y las dificultades para establecer un protocolo donde se exija una coincidencia en los tiempos de apoyo o un tiempo concreto de retraso para todos los sujetos, se han

considerado dos niveles de la variable independiente en función del tiempo entre los apoyos. Un primer nivel donde el retraso del segundo apoyo con respecto al primero es inferior a 0.009 s, lo que se ha considerado como un apoyo simultáneo de los dos pies en el suelo y un segundo nivel donde el retraso del segundo apoyo con respecto al primero es superior a 0.079 s e inferior a 0.131 s, lo que se ha considerado como un apoyo alternativo de los dos pies en el suelo.

Después de realizar un calentamiento, utilizando un protocolo igual para todos los sujetos, cada uno de ellos realizó cinco saltos ajustados a las condiciones descritas para el primer nivel de la variable (apoyo simultáneo). Después de un descanso de diez minutos, realizaron otros cinco saltos ajustados a las condiciones descritas para la batida alternativa. Este orden fue alternando para cada sujeto. Entre los cinco saltos registrados para cada nivel de la variable, se seleccionó uno para su posterior análisis atendiendo al valor mediano del tiempo de batida.

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, además de una cámara de vídeo de alta velocidad (Redlake Motion Space 1000 S), sincronizada 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 (X) y vertical (Z) 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 del último apoyo. A partir de la distancia radial, el impulso total desarrollado durante 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) impulso de aceleración, comprendido desde la mínima distancia radial hasta el despegue del último contacto. La utilización de dos plataformas que registran las componentes de la fuerza para cada apoyo, nos ha permitido obtener los impulsos desarrollados por cada pierna durante la fase de batida.

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. Para las batidas con doble apoyo, Ving and Hinrichs (1996) sitúan el eje de giro en el punto medio de las coordenadas horizontales de los talones y las puntas de ambos pies, cuando estos están plenamente apoyados en el suelo. Este sería un buen método cuando los dos pies apoyan en la superficie del suelo a la misma altura, pero en esta investigación hemos observado que uno de los pies apoya más adelantado con respecto al otro, por lo que utilizar un punto fijo como eje de giro provocaría un error excesivo en la distancia radial, especialmente al principio y al final de la batida. En esta investigación se ha utilizado como eje de giro un punto que se desplaza a una velocidad constante a lo largo de la superficie del suelo, desde un punto A, determinado por la media de las coordenadas horizontales de los centros de las articulaciones de los dos tobillos y un punto B, que se ha determinado utilizando la media de las coordenadas horizontales del medio pie (metatarsos) de los dos pies cuando estos están plenamente apoyados en la superficie. La velocidad media de desplazamiento del eje de giro a través de la superficie de contacto se ha calculado mediante el cociente entre la distancia comprendida entre los puntos A-B y el tiempo de batida.

Para el tratamiento estadístico de los datos se ha utilizado el software Statgraphics 5.1 de Statistical Graphics Corporation, aplicando una estadística descriptiva y un análisis de varianza para medidas repetidas (multifactorial ANOVA) que nos ha permitido cuantificar las diferencias entre los impulsos realizado en las dos condiciones experimentales.

RESULTADOS

En la Tabla 1, se presentan los valores de tendencia central y estadística inferencial de los tiempos empleados en la fase de batida. El retraso del segundo apoyo, con respecto al primero (T. Retraso), ha sido la condición expuesta que ha determinado el estilo de salto (simultáneo o alternativo), lo que justifica las claras diferencias entre las medias que se presentan (0.005 ± 0.003 s; 0.095 ± 0.019 s, para el estilo simultáneo y alternativo, respectivamente). El tiempo medio de batida (T. Batida) ha sido significativamente inferior cuando la batida se realizaba con estilo simultáneo ($p < 0.001$). El tiempo medio empleado en el periodo negativo o durante el impulso de frenado (T. Periodo Negativo) ha sido significativamente inferior cuando la batida se realizaba con estilo simultáneo ($p < 0.001$), mientras que no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos medios empleados durante el periodo positivo o impulso de aceleración (T. Periodo Positivo). Los valores expuestos ponen de manifiesto que el tiempo medio empleado en la fase de batida (T. Batida) se reduce cuando se utiliza un estilo simultáneo

como consecuencia de la reducción en el tiempo utilizado durante el periodo negativo, mientras que el tiempo empleado durante el periodo positivo no contribuye a la reducción del tiempo de batida.

TABLA 1

Valores de tendencia central y estadística inferencial de los tiempos empleados en la fase de batida.

	Simultánea	Alternativa	<i>p</i>
T. Retraso (s)	0.005 ± 0.003	0.095 ± 0.019	***
T. Batida (s)	0.303 ± 0.070	0.357 ± 0.049	***
T. Periodo Negativo (s)	0.120 ± 0.031	0.170 ± 0.029	***
T. Periodo Positivo (s)	0.182 ± 0.041	0.187 ± 0.027	

(Media ± SD para los 23 datos) *** *p* < 0.001; ** *p* < 0.01; *p* < 0.05

En la Tabla 2 se presentan los valores de tendencia central relativos las componentes horizontal y vertical del impulso total desarrollado durante la batida (I. Total-X ; I. Total-Z, para la componente horizontal y vertical, respectivamente), así como los desarrollados durante el impulso de frenado (I. Frenado-X , I. Frenado-Z, para la componente horizontal y vertical, respectivamente) y de aceleración (I. Aceleración-X , I. Aceleración-Z, para la componente horizontal y vertical, respectivamente). Los resultados ponen de manifiesto que el impulso total de componente horizontal (I. Total-X) es significativamente mayor cuando se realiza una batida de tipo alternativo (*p*<0.01), mientras que el impulso total de componente vertical (I. Total-Z) es significativamente mayor cuando la batida se realiza de forma simultánea (*p*<0.001). En general se puede constatar que existe una mayor reducción de la velocidad horizontal del CG cuando se incrementa el tiempo entre apoyos y un incremento de la componente vertical cuando se realiza una batida de tipo simultáneo.

TABLA 2

Valores de tendencia central relativos las componentes horizontal y vertical del impulso total desarrollado durante la batida (I. Total-X; I. Total-Z), los desarrollados durante el impulso de frenado (I. Frenado-X, I. Frenado-Z) y de aceleración (I. Aceleración-X, I. Aceleración-Z).

	Simultanea	Alternativa	<i>p</i>
I. Total-X (Ns)	-82.77± 24.34	-104.41± 22.96	**
I. Total-Z (Ns)	391.66 ± 46.14	345.60 ± 39.04	***
I. Frenado-X (Ns)	-35.58 ± 12.06	-46.51± 13.36	**
I. Frenado-Z (Ns)	153.71 ± 26.72	117.18 ± 27.15	***
I. Aceleración-X (Ns)	-47.3 ± 15.93	-60.11± 14.17	**
I. Aceleración-Z (Ns)	237.17 ± 29.34	230.24 ± 22.59	

(Media ± SD para los 23 datos) *** *p* < 0.001; ** *p* < 0.01; *p* < 0.05

Analizando los periodos en los que se ha dividido la batida (Tabla 2), tanto el impulso de frenado como el de aceleración, en su componente horizontal (I. Frenado-X; I. Aceleración-X), son significativamente mayores cuando se incrementa el tiempo entre apoyos ($p < 0.01$). Así, cuando se realiza una batida alternativa, el aumento del impulso total negativo de componente horizontal (I. Total-X), constatado en el párrafo anterior, se produce como consecuencia del incremento en los dos periodos en que se ha dividido el impulso total de batida (I. Frenado-X y I. Aceleración-X). Los datos también ponen de manifiesto que el impulso de frenado de componente vertical (I. Frenado-Z) se incrementa muy significativamente ($p < 0.001$) cuando se utiliza un modelo de batida simultánea. Por el contrario, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en la componente vertical del impulso de aceleración (I. Aceleración-Z). Estos datos ponen de manifiesto que el incremento del impulso total de componente vertical que se produce cuando se realiza una batida simultánea (I. Total-Z), es como consecuencia del incremento del impulso de frenado, sin que contribuya para ello el impulso de aceleración. El hecho de no haberse encontrado diferencias en el impulso de aceleración entre los valores medios de los dos estilos, nos permite confirmar que tampoco existirán diferencias en la altura alcanzada por el CG durante el salto.

En la tabla 3 se exponen los valores medios de las componentes rectangulares del impulso total (I. Total-X; I. Total-Z) para los dos apoyos (Participación Primer Apoyo y Segundo Apoyo) y en las dos situaciones experimentales (Simultánea y Alternativa). En el caso de existir una coincidencia en el tiempo de contacto de los dos pies con la superficie del suelo, se ha considerado como segundo apoyo el que corresponde al pie que realizó la impulsión de la última zancada de la carrera de aproximación. Los datos expuestos nos permiten afirmar que el impulso medio de componente horizontal (I. Total-X) del primer apoyo es mayor cuando la batida se realiza incrementando el tiempo entre apoyos y la estadística inferencial pone de manifiesto que las diferencias entre los dos estilos son muy significativas ($p < 0.001$). Por el contrario, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los dos estilos de batidas cuando se trata de la participación del segundo apoyo. Con respecto a la componente vertical (I. Total-Z), ocurre todo lo contrario, siendo el impulso del segundo apoyo significativamente mayor ($p < 0.001$) cuando la batida se realiza con un estilo simultáneo, mientras que no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en la participación del primer apoyo.

TABLE 3

Valores medios de las componentes rectangulares del impulso total (I. Total-X; I. Total-Z), el impulso de frenado (I. Frenado-X, I. Frenado-Z) y de aceleración (I. Aceleración-X, I. Aceleración-Z), para los dos apoyos y en las dos situaciones experimentales (Simultánea y Alternativa).

	Participación Primer Apoyo		<i>p</i>	Participación Segundo Apoyo		<i>p</i>
	Simultanea	Alternativa		Simultanea	Alternativa	
I. Total-X (Ns)	-41.34±15.15	-63.91 ± 19.35	***	-41.42 ± 15.66	-40.51 ± 12.60	***
I. Total-Z (Ns)	197.24±23.08	207.04 ± 27.98		194.42 ± 27.31	138.56 ± 16.05	***
I. Frenado-X (Ns)	-19.03±7.23	-38.21 ± 12.27	***	-16.55 ± 7.56	-8.21 ± 4.14	***
I. Frenado-Z (Ns)	79.74±14.60	88.41 ± 21.96		73.96 ± 15.91	28.77 ± 9.93	**
I. Aceleración-X (Ns)	-22.85±9.09	-27.37 ± 8.96		-24.43 ± 12.16	-32.74 ± 10.81	
I. Aceleración-z (Ns)	117.14±13.95	114.33 ± 13.47		120.02 ± 16.95	115.91 ± 12.37	

(Media ± SD para los 23 datos) *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; $p < 0.05$

Realizando un estudio comparado entre los valores medios obtenidos por los dos apoyos en cada estilo de batida (Simultánea y Alternativa), se pone de manifiesto que, en la batidas de tipo alternativo, los valores medios del impulso horizontal del primer apoyo (I. Total-X) es significativamente mayor que el segundo ($p < 0.001$), mientras que en el estilo simultáneo los valores de participación media del impulso horizontal son similares. Con respecto al impulso medio total de componente vertical (I. Total-Z), éste es mayor para el primer apoyo cuando se realizan las batidas con estilo alternativo, con un nivel de significación de $p < 0.001$, mientras que en las batidas simultáneas, la participación es similar para los dos apoyos. Como conclusión a los datos expuestos, se puede poner de manifiesto que, en las batidas alternativas, la participación del primer apoyo es mayor que el segundo en las dos componentes del impulso, mientras que en las de tipo simultáneo los dos apoyos participan en la batida con impulsos similares.

Igualmente, en la Tabla 3 se presentan los valores medios de las componentes rectangulares del impulso de frenado (I. Frenado-X; I. Frenado-Z) para los dos apoyos. Con respecto a I. Frenado-X, se comprueba como existen claras diferencias entre medias ($p < 0.001$) en la participación de los dos apoyos para los dos estilos de batidas (Simultánea y Alternativa), siendo la medias mayores para el primer apoyo cuando se trata de batidas alternativas y del segundo apoyo cuando se trata de batidas simultáneas. El impulso de frenado de componente vertical (I. Frenado-Z) desarrollado por el primer apoyo es similar para los dos estilos de batida, mientras que la participación del segundo apoyo es significativamente mayor cuando se realiza una batida de estilo simultáneo ($p < 0.001$).

El estudio comparado entre los valores medios de las componentes rectangulares del impulso de frenado (I. Frenado-X; I. Frenado-Z) obtenidos por los dos apoyos en cada estilo de batida (Simultánea y Alternativa), pone de manifiesto la existencia de un comportamiento similar para las dos componentes rectangulares. Así, la participación media en las dos componentes rectangulares del primer apoyo es mayor cuando se realizan batidas con estilo alternativo ($p < 0.001$), mientras que en las batidas de tipo simultáneo la participación media es similar para los dos apoyos.

Se han encontrado ciertas diferencias significativas entre los dos estilos de batida, a nivel de $p < 0.01$, con respecto al impulso de aceleración de componente horizontal (I. Aceleración-X) que desarrolla el segundo apoyo (Tabla 3), siendo mayor cuando la batida se hace con estilo alternativo, mientras que la participación del primer apoyo es similar en los dos estilos de batida. No se han encontrado diferencias entre la participación de los dos apoyos con respecto al impulso de aceleración de componente vertical (I. Aceleración-Z). Comparado los valores medios de las componentes rectangulares del impulso de Aceleración, obtenidos por los dos apoyos en cada estilo de batida, tampoco se han encontrado diferencias estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN

Las diferencias encontradas entre las medias obtenidas por el tiempo empleado en la fase de batida, coincide con los datos expuestos por Coutts (1982), confirmándose que el tiempo de batida se reduce cuando el estilo de batida es simultáneo. Esta reducción podría beneficiar a ciertas actividades deportivas donde existe oponente y el tiempo de ejecución constituye un factor de eficacia relevante, como ponen de manifiesto Gutiérrez et al. (1994) para el remate de voleibol y Rojas et al. (2000) para el lanzamiento a canasta en salto.

Considerando los valores medios para las componentes temporales de la fase de batida (tabla 1), sólo el periodo negativo contribuye a que el tiempo de batida sea inferior cuando se reduce el tiempo entre apoyos, mientras que el periodo positivo es similar para los dos estilos. Utilizando los valores temporales medios y el impulso vertical que se desarrolla durante el periodo negativo (T. Periodo Negativo y I. Frenado-Z, respectivamente), la fuerza media que debe aplicar el saltador para frenar su movimiento vertical en los dos estilos sería de 1280.9 N para las batidas realizadas con estilo simultáneo y 689.3 N para las batidas alternativas. Como se puede constatar, durante el periodo negativo, la fuerza vertical media desarrollada en las batidas de tipo alternativo se reduce casi a la mitad como consecuencia de: a) el incremento significativo entre las medias del tiempo de impulso (periodo negativo) y b) la reducción significativa entre las medias del impulso vertical de frenado.

Estos datos ponen de manifiesto que la utilización de un estilo alternativo provoca una mayor amortiguación del impulso vertical, posiblemente como consecuencia del incremento del tiempo, pero también por llegar a la batida con una menor velocidad vertical del CG (Coutts, 1982). Este hecho nos podría hacer pensar que la utilización de las batidas con estilo alternativo podría ser una buena solución para prevenir lesiones, aunque este hecho no podríamos confirmarlo del todo. Analizando la participación de cada apoyo (Tabla 3), la fuerza media que tiene que soportar cada pierna, cuando se realiza una batida con estilo simultáneo es de 664.5 N, para la pierna que realiza el primer apoyo y de 616.3 N, para la pierna que realiza el segundo apoyo. Mientras que en las batidas de tipo alternativo y, como consecuencia del retraso del segundo apoyo, el primer apoyo tiene que soportar unas fuerzas verticales medias similares (520.1 N), aunque la fuerza vertical media del segundo apoyo es escasa (169.2 N).

El impulso de frenado de componente horizontal es mayor cuando se utiliza un tipo de batidas alternativas ($p < 0.01$), aunque debido al incremento del tiempo, las fuerzas medias son similares (-296.5 N y -273.58 N, para las batidas simultáneas y alternativas, respectivamente). La diferencia entre los dos estilos es la participación entre apoyos, mientras que en las batidas simultáneas, los dos apoyos producen fuerzas medias similares, en las batidas alternativas, el primer apoyo soporta, aproximadamente, cinco veces más fuerza que el apoyo más retrasado (224.7 N y 48.3 N para el primer y segundo apoyo, respectivamente).

Según los datos expuestos y el análisis que se desprende de los párrafos anteriores, cuando se utiliza un estilo alternativo de batida, la tensión ejercida en actividad excéntrica por la musculatura de la pierna que realiza el segundo apoyo se reduce muy significativamente con respecto a cuando se realizan batidas de tipo simultáneo. Así, la velocidad de estiramiento, la tensión refleja y ciertos mecanismos de pretensión de la musculatura de la pierna más retrasada se reduciría cuando se utiliza un estilo alternativo de batida y, consecuentemente, la fuerza aplicada durante el periodo positivo se tendría que ver reducido, como ponen de manifiesto Cavagna, Dusman and Margaria (1968), Komi and Bosco (1978) o sugieren Asmussen and Bonde-Peterson (1974) cuando comparan saltos desde diferentes alturas y sin contramovimiento. En este sentido, nuestros datos no confirman este hecho, al constatar que el impulso de aceleración de la pierna más retrasada es similar al realizado por el primer apoyo para las batidas alternativas (114.33 Ns y 115.91 Ns, para el apoyo más adelantado y retrasado, respectivamente).

La no influencia de la menor activación refleja y pretensión muscular de la pierna del segundo apoyo sobre la fuerza ejercida durante el periodo positivo, cuando se utiliza un estilo de batida alternativo, 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, Vanrenterghem and De Clercq, 2004).

Los resultados que se presentan en la tabla 2 ponen de manifiesto que no existen diferencias en el impulso vertical de aceleración, por lo tanto, las alturas alcanzadas por el CG en los dos estilos serán similares, lo que confirma los resultados expuestos por Coutts (1982), el cual sugiere que no existen ventajas de un estilo sobre el otro con respecto a la velocidad vertical de despegue. El hecho de que el impulso de frenado sea significativamente mayor, tanto en el periodo negativo como el positivo ($p < 0.01$), sugiere que existe una mayor reducción de la velocidad horizontal del CG cuando se incrementa el tiempo entre apoyos. Este aspecto puede ser positivo para los saltos que se realizan en el remate de voleibol cerca de la red o los lanzamientos en salto con oponente en baloncesto, donde una escasa reducción de la velocidad horizontal durante la fase de batida provocaría un desplazamiento horizontal excesivo del jugador hacia la red o hacia el oponente, en cada caso.

CONCLUSIONES

Confirmándose la hipótesis planteada, el retraso del segundo apoyo en las batidas realizadas con dos apoyos, produce ciertos efectos que nos permiten confirmar que se trata de dos estilos diferentes con resultados también diferentes con respecto a los siguientes factores: a) Cuando se producen batidas de tipo simultáneo, el tiempo de batida se reduce, aunque sólo el periodo negativo de la batida contribuye a esta reducción, siendo el periodo positivo similar en los dos estilos de batidas. Esta reducción podría beneficiar a ciertas actividades deportivas donde el tiempo de ejecución constituye un factor de eficacia relevante, b) Durante el periodo negativo de la batida, la fuerza vertical se reduce prácticamente a la mitad cuando se utilizan batidas de tipo alternativo, lo que podría ser una buena solución para la prevención de lesiones, aunque la fuerza vertical del primer apoyo sólo ligeramente inferior a la que soportan los apoyos en las batidas simultáneas, c) En las batidas alternativas, la tensión ejercida por la pierna que realiza el segundo apoyo, durante la fase negativa, es muy reducida, aunque no afecta al impulso desarrollado durante la fase positiva, d) No existen ventajas de un estilo sobre el otro en la altura alcanzada por el CG, al constarse que los impulsos de aceleración son similares en los dos estilos y e) Existe mayor reducción de la velocidad horizontal cuando se utilizan

batidas de tipo alternativo, lo que podría ser positivo para los saltos que se realizan en el remate de voleibol cerca de la red o los lanzamientos en salto con oponente.

REFERENCIAS

- ANDERSEN, F. AND PANDY, M. (1993); Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *J. Biomech.* 26(12):1413-1427.
- ASMUSSEN, E. AND BONDE-PETERSEN, F. (1974): Storage of elastic energy in skeletal muscle in man. *Acta Physiol. Scand.* 91: 385-392.
- CAVAGNA, G.A., DUSMAN, B. AND MARGARIA, R. (1968): Positive work done by previously stretched muscle. *J. App. Physiol.* 24: 21-32.
- COUTTS, K.D. (1982): Kinetic differences of two volleyball jumping techniques. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14: 57-59.
- DAPENA, J. (1980): Mechanics of translation in the Fosbury-flop. *Med. Sci. Sports Exerc.* 12(1): 37-44.
- DAPENA, J. AND CHUNG, C.S. (1988): Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20(3): 290-302.
- FELTNER, M.E., FRASCHETTI, D.J. AND CRISP, R. J. (1999): Upper extremity augmentation of lower extremity kinetics during countermovement vertical jumps. *J.Sport sci.* 17 (6): 449-466.
- GUTIÉRREZ, M.; UREÑA, A. AND SOTO, V.M. (1994): Biomechanical analysis of the hit in the volleyball spike. *J. Human Mov. Studies.* 26: 35-49.
- HARMAN, E.A., ROSENSTEIN, M.T., FRYKMAN, P.M. AND ROSENSTEIN, R.M. (1990): The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22 (6): 825-833.
- KOMI, P.V. AND BOSCO, C. (1978): Utilization of stores elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med. Sci. Sports* 10: 261-265.
- LEES, A., VANRENTERGHEM, J. AND DE CLERCQ, D. (2004) Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. *J. Biomech.* 37 (12): 1929-1940.
- LEVA, DE, P. (1996): Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanovs segment inertia parameters. *J. Biomech.* 29(9): 1223-1230.
- ROJAS, F.J., CEPERO, M., OÑA, A. AND GUTIÉRREZ, M. (2000): Kinematic adjustments in the basketball jump shot against an opponent. *Ergonomics*, 43 (10): 1651-1660.
- SAUNDERS, H.L. (1983). *A cinematographical study of the relationship between speed of movement. Doctoral dissertation.* Texas A&M University. College Stations, 1993.
- VINT, P.F. AND HINRICHS, R.N. (1996). Differences between one-foot and two-foot vertical jump performances. *J. Appl. Biomech.* 12: 338-358.
- ZATSIORSKY, V.M. AND SELUYANOV, V.N. (1983): The mass and inertia characteristics of the main segments of the human body. In: *Biomechanics VIII B.* Champaign, IL: Human Kinetics, 233-239.