

¿POR QUÉ SALTAN MÁS LOS JUGADORES DE VOLEIBOL?

WHY VOLLEYBALL PLAYERS JUMP HIGHER?

RESUMEN

El propósito de este trabajo ha sido estudiar la dinámica de generación de fuerzas y la actividad electromiográfica del vasto lateral del cuádriceps en hombres y mujeres con una experiencia muy dispar en la práctica de saltos verticales. Para poder identificar con más facilidad las diferencias existentes y las posibles adaptaciones proporcionadas por el entrenamiento (o el proceso de selección) se ha estudiado a deportistas de elite (30 jugadores de voleibol de División de Honor y Primera División, 21 hombres y 9 mujeres) y deportistas ocasionales (23 Estudiantes de Educación Física, 12 hombres y 11 mujeres). Se midió en todos ellos la fuerza (plataforma de fuerza Kistler), la actividad electromiográfica superficial del vasto lateral del cuádriceps (Bioamplifier ML 131 ADI Instruments) y la composición corporal (absorciometría fotónica dual de rayos X o DXA). A partir de los datos proporcionados por la DXA se determinó la masa muscular de las extremidades inferiores, asumiendo que la masa magra de las extremidades inferiores es equivalente a la masa muscular. Los jugadores de voleibol presentan una mayor capacidad de salto gracias a su mayor habilidad para desarrollar valores de fuerza más elevados y de forma más rápida durante los saltos ($p < 0.05$). Esto permite aumentar el impulso mecánico en los saltos sin necesidad de incrementar el tiempo de impulsión ($p < 0.05$). La potencia desarrollada en los saltos y por tanto, la altura de vuelo alcanzada fue superior en los jugadores de voleibol ($p < 0.05$). El tiempo necesario para saltar, o tiempo de impulso positivo, tendió a ser ligeramente inferior en los jugadores de voleibol, aunque las diferencias observadas entre deportistas con experiencia en salto y estudiantes de Educación Física no alcanzaron significación estadística. El impulso negativo generado por los jugadores de voleibol fue superior. En los varones el impulso mecánico negativo, es decir el desarrollado durante la fase excéntrica o movimiento hacia abajo del contramovimiento, correlacionó con el impulso mecánico positivo ($r = -0.81$, $p < 0.001$). Así mismo, nuestros resultados sugieren que los jugadores de voleibol podrían aprovechar más eficazmente los mecanismos de potenciación del salto por contramovimiento.

Palabras clave: Fuerza, voleibol, salto vertical, composición corporal.

CORRESPONDENCIA:

José A López Calbet. Dpto. Educación Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus de Tafira Baja. 35017 GRAN CANARIA. Fax: 928 458 867 / 60. E-mail: calbet@cief.eef.ulpgc.es

Aceptado:
27.05.02

SUMMARY

The aim of this study was to describe the dynamics of force development and vastus lateralis electromyographical activity during vertical jumps performed by subjects with broad differences in jumping experience. To more easily identify these differences, male (21) and female (9) elite volleyball players were compared with male (12) and female (11) Physical Education students. The force developed (Kistler force plate) and electromyographical activity (Bioamplifier ML 131 ADI Instruments) at the surface of the vastus lateralis during vertical jumps (squat and countermovement jumps), as well as whole body composition (dual energy x-ray absorptiometry or DXA) were assessed in all subjects. Muscular mass in the lower limbs was calculated from the DXA scans, assuming that limb lean mass is equivalent to muscular mass. Volleyball players showed greater jumping power and height due to their ability to reach a higher peak force, as well as their capacity to generate a greater rate of force development during the jumps ($p < 0.05$). This allows the volleyball players to generate greater mean power and, consequently, reach more height ($p < 0.05$). The time required to generate positive mechanical impulse tended to be lower in the volleyball players than in the Physical Education students. However, the differences observed did not reach statistical significance. Volleyball players generated greater negative mechanical impulse (mechanical impulse developed during the downward movement of the countermovement jump). In males, there was a close correlation between negative and positive mechanical impulse ($r = -0.81$, $p < 0.001$). This study also suggested that volleyball players might utilise the mechanisms that boost the height reached in the vertical jump more efficiently, when the vertical jump is immediately preceded by a countermovement.

Key words: force, volleyball, fitness, strength, body-composition.

Ferragut
Fiol, C.,
Cortadellas
Izquierdo,
J.,
Navarro de
Tuero, J.,
Arteaga
Ortiz, R.⁽¹⁾,
Calbet,
J.A.L.

Laboratorio de
Rendimiento
Humano.
Departamento
de Educación
Física, y ⁽¹⁾
Departamento
de Física.
Universidad de
Las Palmas de
Gran Canaria.

INTRODUCCIÓN

Se han barajado una gran cantidad de variables que podrían contribuir al rendimiento en el salto vertical y quizás las más estudiadas han sido la fuerza y la potencia ejercida por los músculos de la cadera, rodilla y tobillo^(2,22). La altura alcanzada en un salto vertical depende de múltiples factores, pero principalmente de la fuerza desarrollada en la fase de impulsión y de la velocidad con la que se desarrolla esa fuerza^(14,27). Numerosos autores han tratado de describir las diferencias dinámicas, cinemáticas y electromiográficas que existen entre los saltos efectuados sin y con contramovimiento, respectivamente^(5,6,7,19). Aunque aún no se conoce el mecanismo por el que el contramovimiento permite saltar más, se han propuesto tres hipótesis principales sobre las que se está trabajando en la actualidad propugnan tres posibles mecanismos de potenciación: potenciación refleja, potenciación elástica y potenciación del proceso contráctil. La potenciación refleja se conseguiría al activar el reflejo miotático mediante el estiramiento repentino de la musculatura extensora de caderas, rodillas y tobillo provocado por un contramovimiento rápido. Este estiramiento podría facilitar la estimulación de las motoneuronas alfa medulares^(5,6,7,19). La potenciación elástica propugna que la ganancia en altura de vuelo propiciada por el contramovimiento se debe a la acumulación de energía potencial elástica en el sistema integrado por los músculos, tendones y articulaciones (con todas sus estructuras anexas) durante la fase de estiramiento. Parte de la energía potencial elástica acumulada durante la fase de estiramiento sería devuelta durante la fase de impulsión vertical hacia arriba, o fase contracción muscular concéntrica del salto^(4,23). El tercer mecanismo es el de potenciación del proceso contráctil por estiramiento cuyo mecanismo molecular no está del todo claro, pero su existencia ha sido demostrada de forma incontestable y se ha relacionado con la sensibilidad del aparato contráctil al calcio o con alteraciones en la liberación-recaptación de calcio durante la contracción muscular^(18,31,32,33), que posibilitarían una mayor generación de fuerza cuando la contracción muscular es precedida por un estiramiento^(9,15).

Pocos estudios se han publicado tratando sobre la diferencia existente en los dos tipos de salto entre deportistas de alto nivel y deportistas sin especial

experiencia en disciplinas deportivas en las que el salto vertical juegue un papel determinante^(14,27). Cómo consecuencia aún se desconoce si la mayor capacidad de salto vertical que presentan los jugadores de voleibol es debida a una mayor capacidad para generar fuerza rápidamente, a una mayor capacidad para lograr elevados niveles de fuerza con respecto a la masa corporal, o a una habilidad superior para aprovechar los mecanismos de potenciación del salto por contramovimiento.

Por todo ello, el propósito de este trabajo ha sido estudiar la dinámica de generación de fuerzas y la actividad electromiográfica del vasto lateral del cuádriceps en hombres y mujeres con una experiencia muy dispar en la práctica de saltos verticales. Para poder revelar con más facilidad las diferencias existentes y las posibles adaptaciones proporcionadas por el entrenamiento (o el proceso de selección) se ha estudiado a deportistas de elite (jugadores de voleibol de División de Honor) y deportistas ocasionales (Estudiantes de Educación Física) de ambos sexos.

Partimos de la hipótesis de que los jugadores de voleibol tienen una mayor capacidad de salto porque: 1) desarrollan niveles de fuerza más elevados durante el salto, 2) son capaces de desarrollar fuerza a una velocidad superior, 3) aprovechan con mayor eficacia los mecanismos, o el mecanismo, de potenciación por contramovimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Participaron en el estudio 53 sujetos, 21 hombres jugadores de voleibol de categorías nacionales (División de Honor y Primera División) y 9 mujeres jugadoras de voleibol de División de Honor, así como 23 estudiantes de Educación Física, de los cuales 12 eran hombres y 11 mujeres. Sus características generales se muestran en la Tabla I.

Cada sujeto realizó saltos verticales sobre una plataforma de fuerza Kistler (Instruments AG 9281B, Winterthur, Switzerland) con las siguientes dos posiciones iniciales. Posición de semisentadilla o "squat" en la cual no se permitió realizar contramovimiento alguno previo al salto. Este tipo de salto es conocido como salto sin contramovimiento o "Squat Jump" (SJ) y se ejecuta con una posición de partida en la que

	HOMBRES				MUJERES			
	JUGADORES VOLEIBOL		ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN FÍSICA		ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN FÍSICA		JUGADORAS VOLEIBOL	
	MEDIA	SD	MEDIA	SD	MEDIA	SD	MEDIA	SD
PESO	87.0	6.6	71.4	9.5	56.8	8.1	66.9	11.6
TALLA	192	7	177	9	162	7	175	8
EDAD	22.7	3.1	22.9	2.5	23.2	2.4	17.9	1.8
%GRASA	14.4	5.1	14.1	2	18.3	3.8		

TABLA I.-
Características físicas
de los sujetos.

las rodillas están flexionadas a 90°. El segundo tipo de salto se efectuó partiendo desde la posición erecta, realizando previamente al salto un contramovimiento o movimiento hacia abajo. Este salto se conoce como salto con contramovimiento o "countermovement jump" o CMJ. En ambas condiciones los sujetos mantuvieron sus manos en las caderas para evitar una posible contribución de los brazos al salto. Se realizaron tres intentos por cada tipo de salto y se les dio tres minutos de descanso entre salto y salto para evitar posibles interferencias debidas al cansancio. A partir de los registros de fuerza se calculó, la altura de vuelo, los impulsos mecánicos positivos y negativos, la fuerza máxima desarrollada en los saltos, la velocidad máxima de desarrollo de fuerza (RDFmax) y la velocidad media de desarrollo de fuerza (RDFmedia, entre el 25 y el 75% de los valores de fuerza siendo el mínimo el valor correspondiente al peso corporal y máximo el valor correspondiente a la fuerza máxima en el salto). Para el cálculo de la altura de vuelo (AV) primero se calculó la velocidad de despegue (VD) a partir del impulso mecánico y del tiempo empleado para lograr ese impulso. A continuación se calculó la altura de vuelo (AV) como: $AV = (VD^2) / (2 \times G)$, donde G es la aceleración de la gravedad. Para el cálculo de la RDFmedia primero se determinaron los valores correspondientes al 25 % y al 75 % del valor de fuerza máxima con respecto al valor del peso corporal. Entonces, se calculó la RDFmedia por regresión lineal de la curva de fuerza con respecto al tiempo.

Durante los tests de salto se midió la actividad electromiográfica superficial mediante un electromiógrafo (Bioamplifier ML 131 ADI Instruments). Para realizar las mediciones electromiográficas la piel se afeitó previamente y se limpió frotando energicamente con una gasa impregnada con alcohol. A continuación se aplicaron los electrodos de superficie. Los electrodos fueron colocados siguiendo la dirección de las fibras

musculares con una separación de dos centímetros, y aproximadamente a media distancia entre el punto motor y el tendón de inserción. Todos los datos fueron adquiridos sincrónicamente mediante un equipo de adquisición de datos (MacLab /8E ADI Instruments).

Las variables se midieron con frecuencias de muestreo de 500 Hz y se promediaron de tres formas diferentes: cada 20 ms, 50 ms y 100 ms, para su ulterior análisis.

En todos los sujetos, excepto en las jugadoras de voleibol, se tomaron las medidas antropométricas incluidas en el protocolo "O-Scale System". Una descripción detallada de los procedimientos antropométricos se puede encontrar en publicaciones previas de nuestro grupo ⁽²⁴⁾. Todos los pliegues cutáneos fueron medidos mediante un plicómetro Holtain, que ejerce una presión constante de 10 g/mm² y tiene una precisión de 0.1 mm. Cada pliegue se determinó por triplicado, eligiendo el valor medio de las tres mediciones. Aquellas medidas que se apartaron 2 o más desviaciones estándar de la media fueron descartadas y nuevamente repetidas. Las lecturas del grosor de los pliegues se efectuaron hacia el 4º segundo de la aplicación del plicómetro, para reducir la variabilidad asociada a diferencias de comprensibilidad cutánea ⁽⁸⁾.

Todos los perímetros fueron medidos tres veces con una cinta métrica metálica inextensible de 1 mm de precisión. Como valor correspondiente a cada perímetro se tomó la media de las tres mediciones efectuadas. Cuando alguna media se apartó 2 ó más desviaciones estándar de la medida, ésta fue descartada y repetida. Seguidamente se determinó el porcentaje de grasa corporal (% GC) mediante absorciometría fotónica dual de rayos X (DXA;QDR-1500, Hologic). El equipo de DXA se calibró según

las especificaciones del fabricante, mediante un fantoma de columna lumbar y fue operado en el modo de máxima resolución. Los sujetos fueron escaneados en posición supina, junto con una barra de calibración de diferentes grosores y densidades. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla II.

Análisis estadístico. El efecto de la práctica de voleibol y la influencia del sexo se estudió mediante análisis de la varianza con un factor (sexo). Las comparaciones entre medias se realizaron mediante la prueba *t* de Student para datos independientes. Para evitar el error debido a las comparaciones múltiples, los valores de significación fueron ajustados usando el procedimiento de Newman-Keuls. Para determinar la relación entre dos variables se efectuó un test de correlación de Pearson. Se aceptaron como significativas aquellas diferencias con una probabilidad de ser debidas al azar menor al 5% ($p < 0.05$). Los datos se presentan como la media \pm la desviación estándar.

RESULTADOS

Saltos sin contramovimiento o "Squat Jump".

Los jugadores de voleibol masculinos alcanzan una altura de vuelo mayor que los sujetos estudiantes de Educación Física ($p < 0.001$), mientras que las jugadoras y las estudiantes de Educación Física alcanzan alturas de vuelo similares (Fig. 1a). Tal como cabría esperar, los hombres alcanzan alturas de vuelo superiores a las mujeres ($p < 0.05$).

La fuerza máxima desarrollada en los saltos fue superior en los hombres jugadores de voleibol que en los que no juegan a voleibol ($p < 0.05$). Sin embargo,

en las mujeres, la práctica de voleibol no se asoció a un nivel de fuerza superior en las jugadoras comparadas con las no jugadoras (Fig. 1b).

La velocidad media de desarrollo de fuerza en los saltos fue ligeramente superior en los jugadores de voleibol que en los estudiantes de Educación Física, pero las diferencias no alcanzaron significación estadística debido a la gran variabilidad de esta variable. En cambio, en el grupo de mujeres la velocidad media de desarrollo de fuerza en los saltos fue superior en las mujeres que no jugaban a voleibol ($p < 0.05$). Tal y como puede verse en la Figura 1c, los hombres desarrollaron mayor velocidad de desarrollo de fuerza en los saltos que las mujeres ($p < 0.001$).

El impulso mecánico positivo fue mayor en los hombres jugadores de voleibol que en los estudiantes de Educación Física ($p < 0.001$). Asimismo las jugadoras de voleibol generaron un impulso mecánico positivo mayor que las mujeres del grupo control ($p < 0.05$). En la Figura 1d se puede observar que los hombres desarrollaron mayor impulso mecánico positivo que las mujeres ($p < 0.001$).

La potencia media desarrollada en los saltos fue significativamente mayor en jugadores de voleibol que en estudiantes de Educación Física de sexo masculino ($p < 0.05$). En las mujeres la potencia media desarrollada en los saltos fue similar en jugadoras de voleibol y estudiantes de Educación Física. Al igual que ocurrió con las variables anteriores, los hombres desarrollaron mayor potencia media que las mujeres ($p < 0.05$) (Fig. 1e).

La velocidad de despegue vertical fue mayor en los jugadores de voleibol que en los estudiantes de

	HOMBRES				MUJERES	
	JUGADORES		ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN FÍSICA		ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN FÍSICA	
	MEDIA	SD	MEDIA	SD	MEDIA	SD
Mm EESS (kg)	3.9	0.6	3.1	0.4	1.9	0.7
Mm EEII (kg)	11.6	1.0	9.7	1.1	7.5	2.0
Masa Magra (kg)	70.5	6.0	58.5	5.9	44.9	10.0
% Grasa corporal	13.7	1.8	14.5	3.8	21.9	5.6

TABLA II.-
Composición corporal.
Mm: masa muscular;
EESS: extremidades superiores;
EEII: extremidades inferiores.

Educación Física ($p < 0.01$). En las mujeres los valores de velocidad de despegue fueron similares en el grupo control y en el grupo de jugadoras de voleibol. Por otro lado, la velocidad de despegue de los hombres fue mayor que la de las mujeres ($p < 0.001$) (Fig. 1f).

El tiempo de aplicación de la fuerza o tiempo de impulsión durante el SJ fue similar en los hombres con independencia de si jugaban a voleibol o no. Sin embargo, en el caso de las mujeres, el tiempo de aplicación de la fuerza fue ligeramente superior en las jugadoras comparadas con las estudiantes de Educación Física ($p < 0.05$) (Fig. 1g).

La actividad electromiográfica integrada (iEMG) en la fase de impulso positivo fue mayor en los hombres jugadores de voleibol que en las mujeres jugadoras de voleibol ($p < 0.001$) mientras que se obtuvieron resultados similares en los estudiantes de Educación Física, es decir, los hombres mostraron valores superiores de iEMG que las mujeres ($p = 0.06$). Ahora bien, estas diferencias desaparecieron al ajustar los valores de iEMG en función del % de grasa corporal.

Salto con contramovimiento o "countermovement jump".

Los jugadores de voleibol masculinos saltan más alto

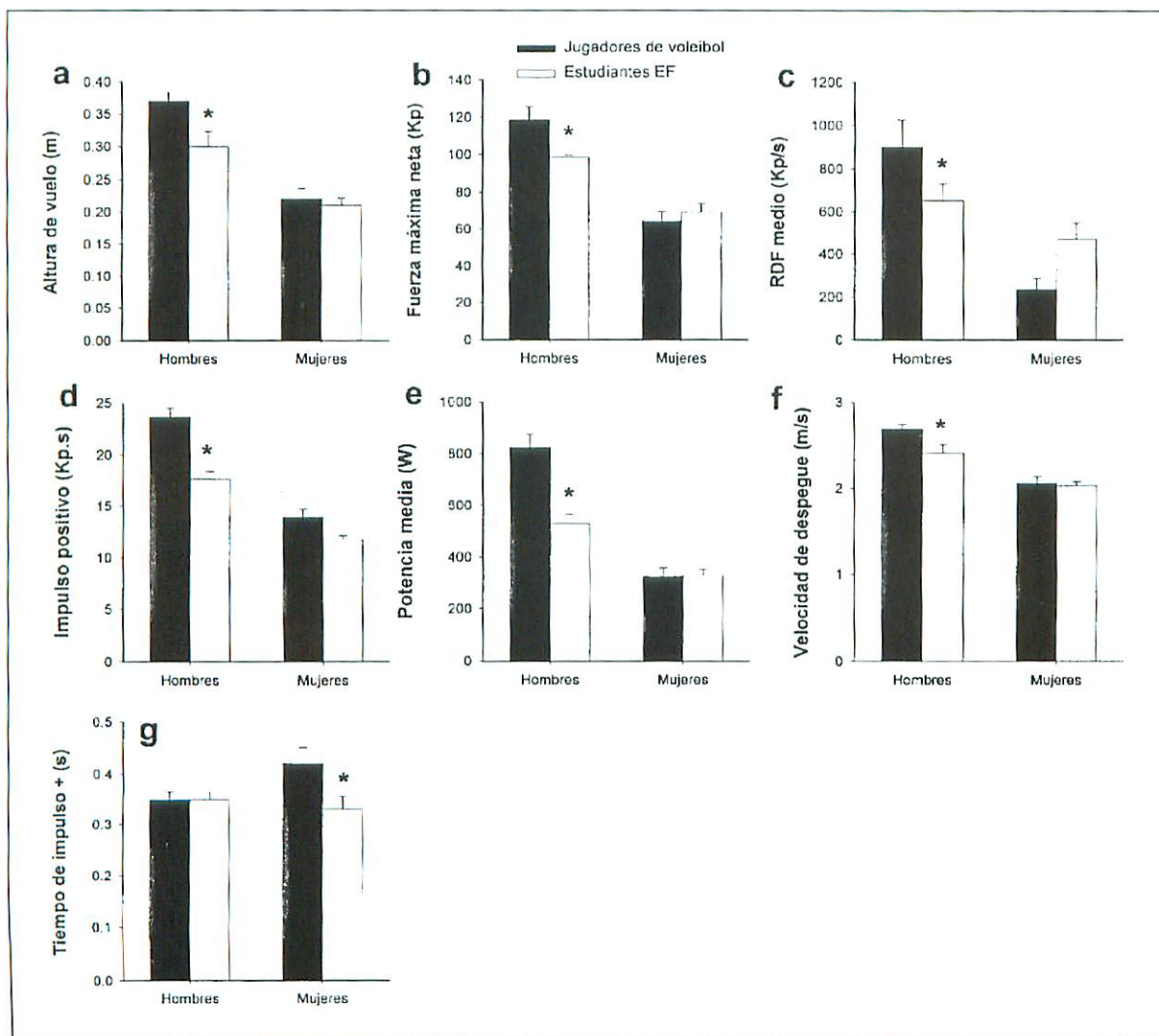


FIGURA 1.- Variables biomecánicas determinadas durante los saltos sin contramovimiento o SJ.

que los estudiantes de Educación Física ($p < 0.01$). En cambio, no se observaron diferencias significativas en la altura de vuelo al efectuar un CMJ entre mujeres jugadoras de voleibol y mujeres estudiantes de Educación Física. La altura de vuelo alcanzada por los hombres fue superior a la conseguida por las mujeres ($p < 0.001$) (Fig. 2a).

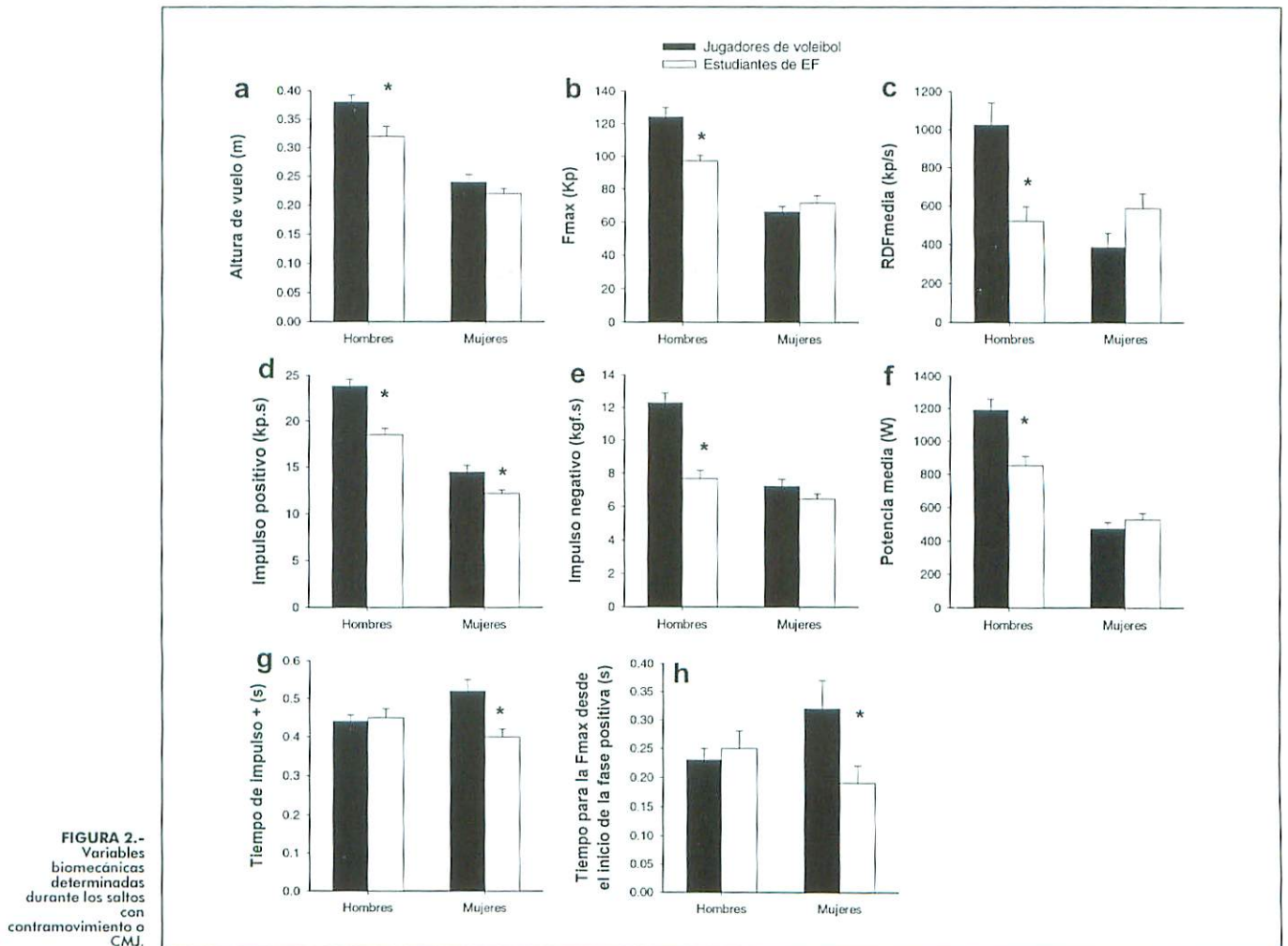
La fuerza máxima ejercida durante los saltos CMJ fue mayor en los jugadores de voleibol masculinos que en los estudiantes de Educación Física ($p < 0.05$), mientras que no se observaron diferencias entre las jugadoras de voleibol y las estudiantes de Educación Física.

La fuerza máxima ejercida durante el salto fue mayor en los hombres que en las mujeres ($p < 0.001$) (Fig. 2b).

La velocidad media de desarrollo de fuerza en la fase excéntrica del contramovimiento fue, aproximadamente, el doble en los jugadores de voleibol que en los estudiantes de Educación Física ($p < 0.001$). En cambio, la velocidad media de desarrollo de fuerza fue similar en ambos grupos de mujeres (Fig. 2c).

El impulso mecánico positivo en los jugadores de voleibol masculinos fue mayor que en los estudiantes de Educación Física ($p < 0.001$). De igual modo, las jugadoras de voleibol generaron un impulso mecánico positivo superior al alcanzado por las estudiantes de Educación Física ($p < 0.01$) (Fig. 2d).

El impulso mecánico negativo o de frenado, realizado durante la contracción muscular excéntrica fue mayor en los jugadores de voleibol que en los Estudiantes de Educación Física masculinos ($p < 0.05$).



No ocurrió así en las mujeres, puesto que jugadoras y no jugadoras de voleibol generaron un impulso mecánico negativo similar. El impulso mecánico negativo desarrollado por hombres fue superior al desarrollado por las mujeres ($p < 0.05$) (Fig. 2e).

La potencia media conseguida en los saltos tipo CMJ fue superior en los jugadores de voleibol masculinos que en los estudiantes de Educación Física ($p < 0.05$). Esta última variable, alcanzó valores más elevados en las estudiantes de Educación Física que en las jugadoras de voleibol ($p < 0.001$) (Fig. 2f).

El tiempo de impulsión vertical hacia arriba o tiempo de aplicación de fuerza durante la fase concéntrica del salto vertical fue similar en los hombres jugadores de voleibol y en los estudiantes de Educación Física. Sin embargo, en las mujeres el tiempo de impulsión vertical hacia arriba o tiempo de aplicación de fuerza durante la fase concéntrica del salto vertical fue ligeramente superior en las mujeres jugadoras de voleibol que en las estudiantes de Educación Física ($p < 0.01$) (Fig. 2g).

El tiempo de impulsión vertical hacia arriba o tiempo de aplicación de fuerza durante la fase concéntrica del salto vertical fue menor en los hombres jugadores de voleibol que en las mujeres jugadoras de voleibol ($p < 0.05$) (Fig. 2g).

El tiempo necesario para alcanzar la fuerza máxima desde el inicio de la fase positiva del salto fue similar en jugadores de voleibol y estudiantes de Educación Física. Las mujeres estudiantes de Educación Física alcanzaron la fuerza máxima antes que las jugadoras de voleibol ($p = 0.05$). (Fig. 2h).

La iEMG durante la fase de contracción muscular concéntrica mostró una tendencia a valores más elevados en los jugadores de voleibol que en los estudiantes de Educación Física de sexo masculino ($p = 0.08$). En las mujeres no se observaron diferencias significativas en la iEMG durante la fase de impulso positivo (Fig. 3).

La iEMG durante la fase de contracción muscular concéntrica fue superior en los hombres que en las mujeres ($p < 0.05$) (Fig. 3).

La actividad electromiográfica durante la fase de contracción muscular excéntrica tendió a valores mayores en los jugadores de voleibol que en los estudiantes de Educación Física aunque estas diferencias no alcanzaron significación estadística ($p = 0.08$).

Además, se observó una correlación significativa entre impulso mecánico positivo y negativo en los hombres ($r = -0.81$ en hombres $p < 0.001$) (Fig. 4).

DISCUSIÓN

Este estudio coincide con trabajos anteriores que demostraron que los jugadores de voleibol tienen una mayor capacidad de salto vertical que los estudiantes de Educación Física, que aunque físicamente activos, no realizan entrenamiento para la mejora de su capa-

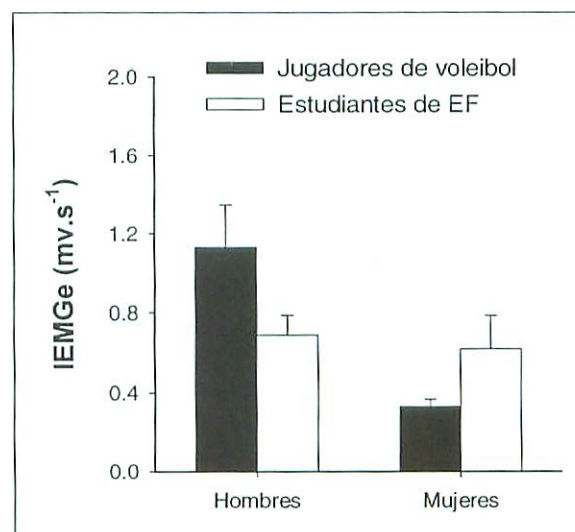


FIGURA 3.- Actividad electromiográfica integrada (iEMGe) durante la fase concéntrica del CMJ.

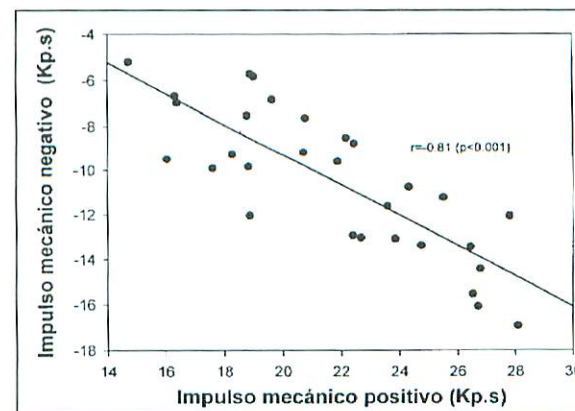


FIGURA 4.- Relación entre el impulso mecánico positivo y el impulso mecánico negativo en hombres, durante los CMJ.

cidad de salto^(14,21,27). Como novedad nuestro estudio demuestra que la mayor capacidad de salto de los jugadores de voleibol se asocia al desarrollo de valores superiores de fuerza durante el salto, así como a una mayor velocidad en el desarrollo de fuerza al saltar («rate of force development», en inglés). La combinación de los dos factores anteriores proporciona un mayor impulso mecánico y como consecuencia una mayor velocidad de despegue, altura de vuelo y potencia media en los saltos efectuados por los jugadores de voleibol. Además, este estudio demuestra que los jugadores de voleibol desarrollaron un mayor impulso mecánico (Impulso mecánico = Fuerza x Tiempo), gracias al efecto combinado resultante de ejercer una fuerza superior y a mayor velocidad, mientras que el tiempo total de impulsión (o tiempo de aplicación de fuerza) fue similar o tendió a ser inferior en los jugadores de voleibol. Por lo tanto, la principal característica dinamoétrica que diferencia a los jugadores de voleibol de los Estudiantes de Educación Física es que los jugadores de voleibol son capaces de desarrollar más fuerza dinámica por kg de masa corporal y en menos tiempo que los Estudiantes de Educación Física. Como consecuencia, los jugadores de voleibol son capaces no sólo de saltar más alto que los estudiantes de Educación Física, sino que además tardan menos tiempo en ejecutar el salto, lo que puede ser una ventaja en la competición deportiva. En concordancia con lo anterior, la potencia media desarrollada en los saltos por los jugadores de voleibol es superior a la conseguida por los estudiantes de Educación Física, tal y como sugieren otros estudios^(11, 28, 17, 20, 13).

En los saltos con contramovimiento, nuestros resultados demuestran que los jugadores de voleibol ejecutan el contramovimiento a mayor velocidad, por lo que tanto la velocidad de desarrollo de fuerza durante la fase excéntrica del salto tipo CMJ, como el impulso mecánico negativo generado en el salto son superiores en los jugadores de voleibol que en los estudiantes de Educación Física.

Salto sin contramovimiento o SJ.

Al igual que en el estudio pionero de Komi y Bosco⁽²³⁾ nuestra investigación muestra que los jugadores de voleibol de sexo masculino consiguen una mayor altura de vuelo en los saltos tipo SJ, alcanzando

valores de fuerza pico también superiores a los obtenidos por los estudiantes de Educación Física. Un estudio reciente efectuado por Driss y col.⁽¹⁴⁾ corrobora también estos resultados.

La velocidad media de desarrollo de fuerza en los saltos sin contramovimiento fue ligeramente superior en los jugadores masculinos de voleibol que en los estudiantes de Educación Física lo que coincide con los obtenidos previamente por Hakkinen y col.⁽²⁰⁾. Hakkinen y col. observaron que el entrenamiento con ejercicios de tipo explosivo puede aumentar la capacidad para generar alta velocidad de desarrollo de fuerza y, además, permite reducir el tiempo necesario para alcanzar el valor máximo de fuerza isométrica⁽²⁰⁾. Adicionalmente, nuestro estudio demuestra que los sujetos que practican disciplinas en las que el salto vertical es un componente importante del entrenamiento y la competición también alcanzan la fuerza pico en menos tiempo durante los saltos.

Tal y como ya demostraron Komi y Bosco⁽²³⁾, el impulso positivo en el “squat jump” fue mayor en jugadores masculinos de voleibol que en los estudiantes de Educación Física. Este mayor impulso positivo se consiguió a pesar de que el tiempo de impulsión tendió a ser menor en los jugadores de voleibol lo cual refuerza los hallazgos que indican que los jugadores de voleibol logran generar valores de fuerza más elevados y en menos tiempo durante los saltos.

Mientras que los valores de altura de vuelo alcanzados por los jugadores de voleibol en los SJ coinciden con otros previamente publicados^(14,29), las jugadoras estudiadas por nosotros mostraron valores ligeramente inferiores a los publicados, por ejemplo, por Hakkinen⁽²¹⁾. Esta discrepancia podría ser debida a un menor nivel de entrenamiento en el momento en que se efectuaron las determinaciones en nuestro estudio. No obstante, tal y como cabría esperar, los hombres generaron más fuerza máxima y más velocidad de desarrollo de fuerza, alcanzando alturas de vuelo y potencias medias más elevadas que las mujeres, lo que concuerda con lo anteriormente publicado por Komi y Bosco⁽²³⁾.

La actividad electromiográfica integrada durante el salto fue superior en los hombres que en las mujeres. Estas diferencias en la actividad electromiográfica

integrada entre hombres y mujeres podían ser explicadas debido a que las mujeres poseen una mayor cantidad de grasa corporal que los hombres, lo que podría haber alterado la transmisión a los electrodos de superficie, de hecho estas diferencias desaparecieron cuando se ajustan los valores de actividad electromiográfica integrada en función del porcentaje de grasa corporal.

Saltos con contramovimiento o CMJ.

Tal y como cabría esperar, los jugadores de voleibol masculinos obtienen valores superiores en altura de vuelo, velocidad de desarrollo de fuerza excéntrica y fuerza máxima en los saltos con contramovimiento que los estudiantes de Educación Física, corroborando hallazgos similares previos^(14, 23, 27). En concordancia con lo anterior, los valores de potencia media desarrollada durante los saltos tipo CMJ también fueron superiores en los jugadores de voleibol que en los estudiantes de Educación física, lo que también coincide con observado por otros investigadores^(13, 17, 26). Ferreti y col⁽¹⁷⁾ sugieren que estas diferencias podrían ser atribuidas a las propiedades biomecánicas intrínsecas del músculo o al patrón y grado de activación neural. Nuestro estudio no permite demostrar que los jugadores de voleibol sean capaces de utilizar más eficazmente alguno de los mecanismos de potenciación del salto por contramovimiento, debido a importantes limitaciones metodológicas⁽²⁵⁾. No obstante, puesto que los jugadores de voleibol realizan el contramovimiento, especialmente la fase de movimiento vertical hacia abajo y la subsiguiente contracción muscular excéntrica de forma más rápi-

da, es posible que acumulen mayor energía potencial elástica, alcancen un grado de preactivación muscular más elevado o simplemente consigan una mayor facilitación refleja del salto, tal y como han sugerido diversos autores^(3, 9, 10, 16, 19, 23, 30). Nuestros hallazgos refuerzan esta hipótesis, puesto que hemos observado una buena correlación entre el impulso mecánico generado en la fase excéntrica del salto y el impulso mecánico positivo desarrollado durante la fase concéntrica del salto.

La mayor actividad electromiográfica integrada durante la fase excéntrica de los saltos en los jugadores de voleibol podría ser debida, precisamente a la mayor intensidad que tiene la contracción muscular excéntrica en estos deportistas que en los estudiantes de Educación Física. Otro factor que podría haber influido es el efecto a largo plazo del tipo de entrenamiento que realizan los jugadores de voleibol que incluye múltiples saltos y ejercicios pliométricos⁽²⁷⁾.

En conclusión, este estudio demuestra que los jugadores de voleibol presentan una mayor capacidad de salto gracias a que logran desarrollar valores de fuerza más elevados y de forma más rápida durante los saltos. Esto les permite aumentar la potencia desarrollada en los saltos y por tanto, la altura de vuelo, sin que casi cambie el tiempo necesario para saltar, que sólo tiende a ser marginalmente inferior en estos deportistas. Así mismo, en esta investigación hemos obtenido datos que sugieren que los jugadores de voleibol podrían aprovechar más eficazmente los mecanismos de potenciación del salto por contramovimiento.

B I B L I O G R A F I A

- 1 ALFREDSON, H., PIETILA, T., LORENTZON, R.: "Concentric and eccentric shoulder and elbow muscle strength in female volleyball players and non active females". *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 1998; 8: 265-270.
- 2 ASHLEY, C.D., WEISS, L.W.: "Vertical jump performance and selected physiological characteristics of women". *J. Strength Cond. Res.*, 1994; 8: 5-11.
- 3 ASMUSSEN, E., BONDE-PETERSEN, F.: "Apparent efficiency and storage of elastic energy in human muscle during exercise". *Acta Physiol. Scand.*, 1974; 92: 537-545.
- 4 ASMUSSEN, E., BONDE-PETERSEN, F.: "Storage of elastic energy in skeletal muscles in man". *Acta Physiol. Scand.*, 1974; 91: 385-392.
- 5 AVELA, J., KOMI, P.V.: "Interaction between muscle stiffness and stretch reflex sensitivity after long-term stretch-shortening cycle exercise". *Muscle Nerve*, 1998; 21: 1224-1227.
- 6 AVELA, J., KOMI, P.V.: "Reduced stretch reflex sensitivity and muscle stiffness after long-lasting stretch-shortening cycle exercise in humans". *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, 1998; 78: 403-410.
- 7 AVELA, J., KYROLAINEN, H., KOMI, P.V.: "Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching". *J. Appl. Physiol.*, 1999; 86: 1283-1291.
- 8 BECQUE, M. D., KATCH, V. L., MOFFATT, R. J.: «Time course of skin-plus-fat compression in males and females». *Hum. Biol.*, 1986; 58: 33-42.

- 9 BOBBERT, M.F., GERRITSEN, K.G., LITJENS, M.C., VAN SOEST, A.J.: "Why is countermovement jump height greater than squat jump height?" *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1996; 28: 1402-1412.
- 10 BOSCO, C., KOMI, P.V.: "Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching". *Acta Physiol. Scand.*, 1979; 106: 467-472.
- 11 BOUCHARD, C., TAYLOR, A.W., SIMONEAU, J.A., DULAC, S.: "Testing anaerobic power and capacity". En: "Physiological Testing of the High-Performance Athlete (2nd Ed.)" de "MCDOUGALL, J.D., WENGER, H.A., GREEN, M.J. 1991; 175-221, Human Kinetics. Champaign, Illinois.
- 12 CALBET, J. A., MOYSI, J. S., DORADO, C., RODRIGUEZ, L. P.: «Bone mineral content and density in professional tennis players». *Calcif. Tissue Int.*, 1998; 62: 491-496.
- 13 CERRETI, P., MOGNONI, P., MARCONI, C.: "Aerobic and anaerobic metabolism in health and disease: the role of training". *Ann. Clin. Res.*, 1982; 14: 12-19.
- 14 DRISS, T., VANDEWALLE, H., QUIEVRE, J., MILLER, C., MONOD, H.: "Effects of external loading on power output in a squat jump on a force platform: a comparison between strength and power athletes and sedentary individuals". *J. Sports Sci.*, 2001; 19: 99-105.
- 15 EDMAN, K.A., ELZINGA, G., NOBLE, M.I.: "Residual force enhancement after stretch of contracting frog single muscle fibers". *J. Gen. Physiol.*, 1982; 80: 769-784.
- 16 FERRAGUT FIOL, C., LOPEZ CALBET, J.A.: "Mecanismos responsables de la potenciación de la contracción muscular concéntrica en el curso del ciclo estiramiento-acortamiento". *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 1998; 12: 5-10.
- 17 FERRETI, G., NARICI, M.V., BINZONI, T., GARIOD, L., LE BAS, J.F., REUTENAVER, H., CERRETELLY, P.: "Determinants of peak muscle power: Effects of age and physical conditioning". *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1994; 68: 111-115.
- 18 FRIDEN, J., LIEBER, R.L.: "Ultrastructural evidence for loss of calcium homeostasis in exercised skeletal muscle". *Acta Physiol. Scand.*, 1996; 158: 381-382.
- 19 GOLLHOFER, A., KYROLAINEN, H.: "Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions". *Int. J. Sports Med.*, 1991; 2: 34-40.
- 20 HAKKINEN, K., KOMI, P.V., ALEN, M.: "Effect of explosive-type strength training on isometric force and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles". *Acta Physiol. Scand.*, 1985; 125: 587-600.
- 21 HAKKINEN, K.: "Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season". *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 1993; 33: 223-232.
- 22 JASTER, S., FRAZIER, C.: "Developing power volleyball power". *Athletic Journal*, 1977; 77: 33-38.
- 23 KOMI, P.V., BOSCO, C.: "Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women". *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1978; 10: 261-265.
- 24 LÓPEZ CALBET, J. A., ARMENGOL RAMOS, O., CHAVARREN CABRERO, J., DORADO GARCÍA, C.: «An anthropometric equation for the determination of the percentage of body fat in young men from the Canarian population». *Med. Clin. (Barc)*, 1997; 108: 207-213.
- 25 LÓPEZ CALBET, J.A.: "Entrenamiento pliométrico y mejora de la capacidad de salto". *Archivos de Medicina del Deporte*, 1998; 15: 81-82.
- 26 MC BRIDE, J.M., TRIPLETT-MC BRIDE, T., DAVIE, A., NEWTON, R.V.: "A comparison of strength and power characteristics between power lifters, olympic lifters, and sprinters". *J. Strength Cond. Res.*, 1999; 13: 58-66.
- 27 NEWTON, R.U., KRAEMER, W.J., HAKKINEN, K.: "Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players". *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1999; 31: 323-330.
- 28 SLEIVERT, G.G., BACKUS, R.D., WENGER, H.A.: "Neuromuscular differences between volleyball players middle distance runners and untrained controls". *Int. J. Sports Med.*, 1995; 16: 390-398.
- 29 THISSEN-MILDER, M., MAYHEW, J.L.: "Selection and classification of high school volleyball players from performance tests". *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 1991; 31: 380-384.
- 30 VOIGT, M., SIMONSEN, E.B., DYHRE-POULSEN, P., KLAUSEN, K.: "Mechanical and muscular factors influencing the performance in maximal vertical jumping after different prestretch loads". *J. Biomech.*, 1995; 28: 293-307.
- 31 WARREN, G.L., HAYES, D.A., LOWE, D.A., ARMSTRONG, R.B.: "Mechanical factors in the initiation of eccentric contraction-induced injury in rat soleus muscle". *J. Physiol.*, 1993; 464: 457-475.
- 32 WARREN, G.L., LOWE, D.A., HAYES, D.A., KARWOSKI, C.J., PRIOR, B.M., ARMSTRONG, R.B.: "Excitation failure in eccentric contraction-induced injury of mouse soleus muscle". *J. Physiol.*, 1993; 468: 487-499.
- 33 YASUDA, T., SAKAMOTO, K., NOSAKA, K., WADA, M., KATSUTA, S.: "Loss of sarcoplasmic reticulum membrane integrity after eccentric contractions". *Acta Physiol. Scand.*, 1997; 161: 581-582.