

Article

Comparación de Factores Relacionados al Rendimiento del Salto en Jugadores de Vóley y Nadadores

Mami Yoshimura¹ y Yoshihisa Umemura²

¹Laboratorio de Fisiología del Ejercicio y Biomecánica, Escuela de Posgrado en Salud y Ciencias Deportivas, Universidad de Chukyo, Aichi, Japón

RESUMEN

Yoshimura M, Umemura Y. Comparación de Factores Relacionados al Rendimiento del Salto en Jugadores de Voley y Nadadores. JEPonline 2016;19(4):53-65. El propósito de este estudio fue comparar la morfometría del tendón de Aquiles (TA), la rigidez de la articulación de tobillo, y la fuerza de pierna de nadadores con las de jugadores de vóley. Además, se examinó el rol del entrenamiento a largo plazo en los diferentes estilos de juego, así como los factores relacionados al rendimiento del salto entre los dos grupos. Los sujetos fueron 17 nadadores hombres (edad, 20 ± 1 años; historia deportiva, 15 ± 1 años; altura, 174.6 ± 6.2 cm; masa corporal, 70.0 ± 6.9 kg) y 16 jugadores de vóley hombres (edad, 20 ± 1 años; historia deportiva, 10 ± 2 años; altura, 180.9 ± 4.0 cm; masa corporal, 76.3 ± 9.1 kg). Los resultados indican que el grupo de vóley tuvo una relación de longitud y un grosor del TA significativamente mayores que el grupo de natación. No hubo diferencias significativas entre el grupo de natación y el grupo de vóley en la fuerza de extensión de pierna o la rigidez de la articulación de tobillo, sin embargo, el grupo de natación tuvo un rango de movimiento significativamente mayor que el grupo de vóley. La longitud del TA y la fuerza de extensión de pierna fueron factores relacionados al rendimiento del salto en el grupo de natación; sin embargo, éste no fue el caso en el grupo de vóley. Estos resultados sugieren que la morfología del TA y los factores correlacionados al rendimiento del salto pueden cambiar según el entrenamiento de ejercicio luego de un período prolongado.

Palabras Clave: Rendimiento del Salto, Rigidez del Tendón de Aquiles, Características de Juego Diferentes, Adaptación Diferente

INTRODUCCIÓN

En ciertos deportes, la capacidad de salto es un factor importante en la determinación del rendimiento. De acuerdo con estudios anteriores (3, 9, 11, 15), las características físicas, las propiedades mecánicas del tendón y del músculo, y la fuerza y potencia muscular de la pierna contribuyen a la capacidad de salto. No obstante, en estos estudios, los autores no siempre han considerado por completo los modos de entrenamiento de la carrera o del ejercicio de los sujetos, haciendo difícil determinar si los factores relacionados al rendimiento del salto fueron el resultado de adaptaciones a su entrenamiento. Concretamente, es posible que diferentes factores contribuyan al rendimiento del salto entre sujetos que

llevan a cabo diferentes entrenamientos de ejercicios durante largos períodos.

Los jugadores de vóley realizan con frecuencia movimientos de salto caracterizados por gran potencia instantánea durante acciones tales como remate, saque, y bloqueo. Por otro lado, los nadadores realizan la mayoría de movimientos característicos en el agua (excepto el momento de inmersión) donde las cargas son aliviadas por la situación de flotación. La forma en que la aptitud física y las características morfológicas se adaptan en relación al rendimiento del salto en los atletas con entrenamiento de ejercicio prolongado de tipos de juego tan diferentes no se entiende bien. En estudios previos en los que fueron investigados los factores relacionados al salto, no se investigó a los nadadores. Por lo tanto, es importante investigar los factores que determinan la capacidad de salto de los nadadores comparados con aquellos de los jugadores de vóley.

En este estudio, investigamos la morfometría del tendón de Aquiles (TA), la rigidez de la articulación de tobillo, y la fuerza de pierna como factores asociados con la capacidad de salto. Con respecto a la relación de longitud del tendón de Aquiles (LTA), no se han informado diferencias significativas entre corredores de larga distancia, jugadores de vóley, y kayakistas. En base a nuestro conocimiento, ningún estudio ha mostrado relaciones diferentes de LTA entre diferentes tipos de atletas. Sin embargo, el área de sección transversal (AST) del TA es mayor en corredores comparada con no-corredores y es mayor en jugadores de vóley comparada con kayakistas. Además, se informó que el entrenamiento pliométrico de corto plazo agrandó significativamente el AST pero no la longitud del TA. Estos estudios sugirieron que las grandes cargas intermitentes agrandan el AST del TA. No obstante, no está claro cómo el TA se adapta al entrenamiento de natación comparado al entrenamiento que incluye la acción de la gravedad, ni como se adapta la rigidez de la articulación de tobillo y la fuerza de pierna al entrenamiento de natación.

Por lo tanto, en este estudio, comparamos la morfometría del TA, la rigidez de la articulación de tobillo, y la fuerza de pierna de los nadadores con las de los jugadores de vóley. Además, examinamos cómo cada variable que medimos se adaptó durante el entrenamiento de largo plazo a los diferentes estilos de juego, y cómo los factores involucrados en el rendimiento del salto se diferenciaron entre los dos grupos.

MÉTODOS

Sujetos

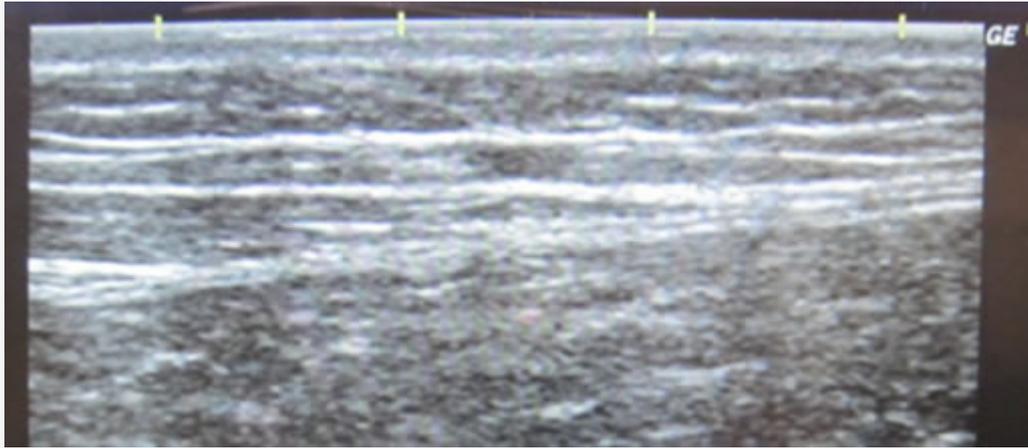
Los sujetos fueron 17 nadadores hombres (edad, 20 ± 1 años; historia deportiva, 15 ± 1 años; altura, 174.6 ± 6.2 cm; masa corporal, 70.0 ± 6.9 kg) y 16 jugadores de vóley hombres (edad, 20 ± 1 años; historia deportiva, 10 ± 2 años; altura, 180.9 ± 4.0 cm; masa corporal, 76.3 ± 9.1 kg). Todos los sujetos pertenecían a equipos deportivos universitarios y no tenían ninguna lesión en sus miembros inferiores. Además, los jugadores de vóley que fueron seleccionados jugaban en la posición de "atacante" y saltaban bien durante la práctica de rutina. Se informó a cada sujeto sobre el propósito, procedimiento y posibles riesgos del estudio en forma oral y escrita. Este estudio se llevó a cabo luego de obtener el consentimiento informado de todos los sujetos en forma escrita. El consentimiento informado fue firmado por los padres de los sujetos menores de edad. Este estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación de la Universidad de Chukyo.

Procedimientos

Altura, Masa Corporal, y Morfometría del TA

Las características morfológicas medidas fueron altura, masa corporal, el centro del hueco poplíteo (CHP), LTA, y el grosor del TA (GTA). La LTA se definió como la longitud desde la unión del tendón del músculo gastrocnemio hasta la porción tope del TA en el calcáneo de la pierna derecha y se midió utilizando un sistema de ultrasonido (LOGIQ P5; GE Healthcare, Little Chalfont, UK) (Figura 1). El CHP se definió como la longitud desde el suelo hasta la arruga en el centro del hueco poplíteo de la pierna derecha. Además, se calcularon las relaciones de la LTA al CHP (LTA/CHP), LTA a la altura (LTA/A), y el CHP a la altura (CHP/A). El GTA se midió utilizando un sistema de ultrasonido en el plano horizontal a la altura del maléolo externo del pie derecho (Figura 2).

(a)



(b)

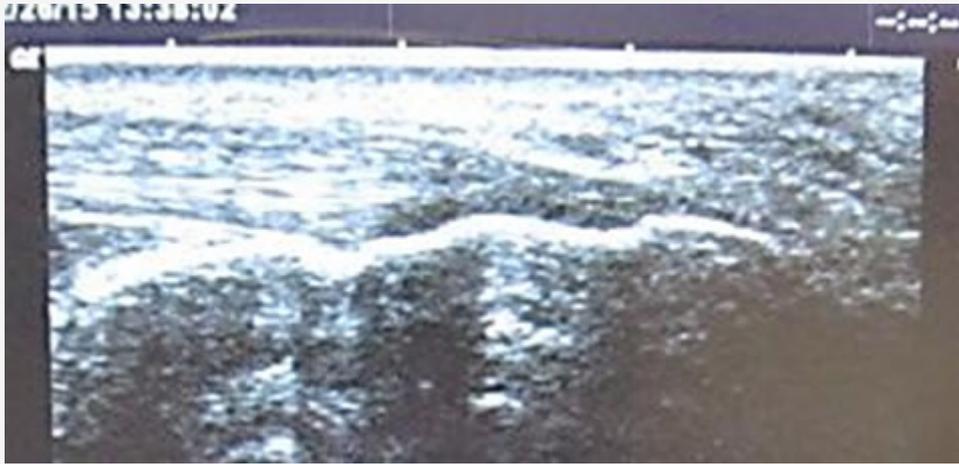




Figura 1. La Longitud del Tendón de Aquiles (LTA) se midió con el Sujeto en Posición Prono en la Cama. La LTA se definió como la longitud desde la unión del tendón del músculo gastrocnemio hasta la porción tope del TA en el calcáneo y se midió utilizando un sistema de ultrasonido en la pierna derecha. "a" muestra la transición músculo-tendón del gastrocnemio. "b" muestra la porción tope del TA en el calcáneo.

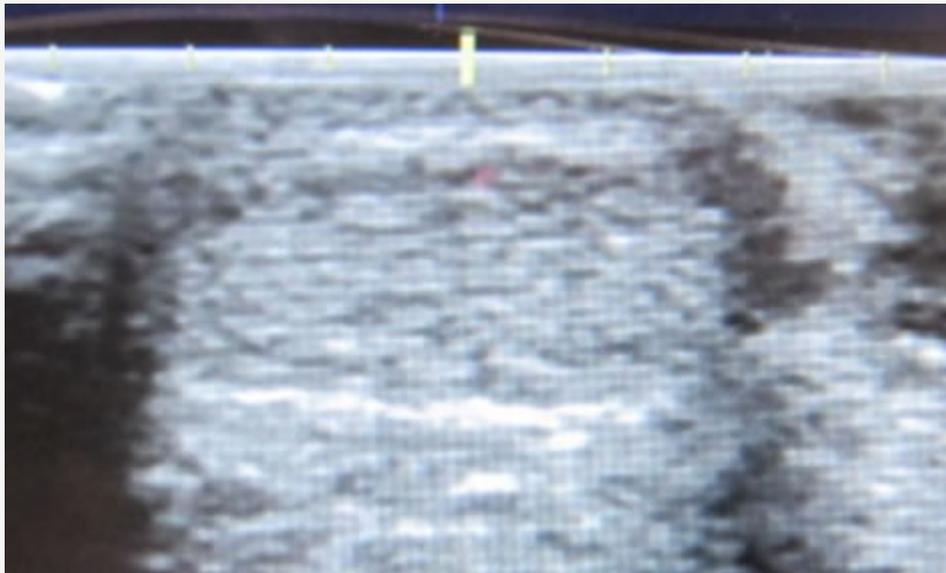




Figura 2. El Grosor del Tendón de Aquiles (GTA) se midió en la Misma Posición que la LTA (mostrada en Figura 1) y se Midió Usando un Sistema de Ultrasonido en el Plano Horizontal a la Altura del Maléolo Externo del Pie Derecho. El GTA es la longitud entre las flechas a la izquierda en la figura.

Propiedades Mecánicas de la Articulación de Tobillo

Para evaluar las propiedades mecánicas de la articulación de tobillo, se midieron secuencialmente el ángulo de dorsiflexión del tobillo y el torque pasivo de la articulación de tobillo, y se calculó la rigidez del complejo músculo-tendón desde estos parámetros. Los sujetos se sentaron en la posición de máxima extensión de la rodilla derecha en un medidor de fuerza isocinética (System 3; Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY, USA). El pie derecho estaba firmemente asegurado con un cinto a la placa de pie. Luego el eje de rotación de la placa de pie y la posición del maléolo externo se fijaron en una línea recta (Figura 3).

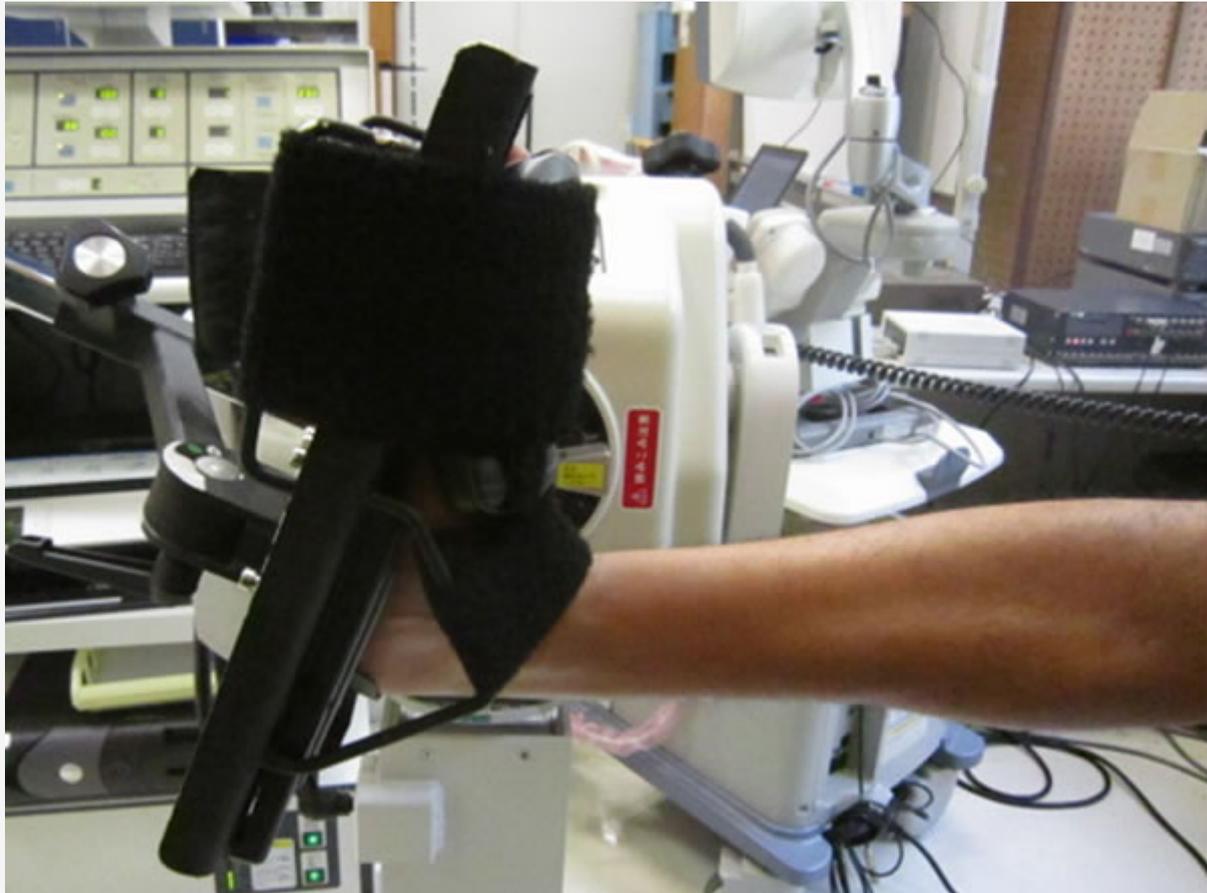


Figura 3. Para la Evaluación de las Propiedades Mecánicas de la Articulación de Tobillo, se midieron secuencialmente el Ángulo de dorsiflexión de Tobillo y el Torque Pasivo de la Articulación de Tobillo y se calculó la Rigidez del Complejo Músculo-Tendón desde esos valores. Mientras la placa de pie se rotó a la velocidad de $1^\circ\cdot\text{seg}^{-1}$, el ángulo de dorsiflexión y el torque pasivo de la articulación de tobillo se midieron durante toda la amplitud de movimiento del tobillo (ROM).

En este estudio, definimos el ángulo de la articulación de tobillo a 0° (dorsiflexión 0°) cuando la placa de pie estuvo perpendicular al suelo y se midió el ángulo de la articulación de tobillo como el ángulo de rotación de la placa; definimos la dorsiflexión como positiva. Mientras la placa de pie se rotó a una velocidad de $1^\circ\cdot\text{seg}^{-1}$, el ángulo de dorsiflexión y el torque pasivo de la articulación de tobillo se registraron durante la amplitud de movimiento de tobillo (ROM). El ángulo y el torque se midieron con la máquina de fuerza isocinética. Estos datos fueron convertidos de dato análogo a digital a una velocidad de muestreo de 1.5 kHz usando un grabador de datos (LX-10; TEAC Corporation, Tokyo, Japón).

En la determinación del ROM, se instruyó a los sujetos a presionar el botón de “stop” si sentían dolor. Durante este proceso, se les vendaron los ojos a los sujetos para eliminar el posible sesgo visual. Se llevaron a cabo tres ensayos de ROM para cada sujeto, y el ensayo con el mayor ROM se usó para análisis. La rigidez del complejo músculo-tendón se calculó desde la inclinación de la curva del torque pasivo de la articulación de tobillo, que fue instalada por regresión cuadrática desde los últimos 12° de datos de ROM (es decir, el máximo ángulo de dorsiflexión de tobillo [MAD]). La rigidez se calculó al MAD, $\text{MAD}-4^\circ$, $\text{MAD}-8^\circ$, y $\text{MAD}-12^\circ$, de una forma similar a los estudios anteriores (4, 14).

Medición de la Altura de Salto

El squat jump (SJ), el counter movement jump (CMJ), y el salto de rebote (SR) se midieron como datos de rendimiento de salto. Cada altura de salto se midió utilizando una colchoneta de salto (Multi Jump Tester II; DKH Inc., Tokyo, Japón). En el SJ, los sujetos saltaron verticalmente desde una posición de sentadilla estática. En el CMJ, los sujetos saltaron verticalmente luego de caer desde una posición de parados a una posición de sentadilla. En el SR los sujetos saltaron ocho veces consecutivas. Durante cada salto, se les pidió a los sujetos que salten sin un balanceo de brazos para prevenir su contribución a la altura de salto. El SJ y el CMJ se midieron varias veces; el SR se midió dos veces. Se grabaron los valores máximos de las pruebas del SJ y el CMJ, mientras que para el SR, se grabó la prueba con el mayor valor promedio de los ocho saltos. Se les permitió a los sujetos descansar tanto como lo necesitaran antes de la siguiente prueba.

Fuerza de Pierna

Los sujetos se sentaron en la silla del medidor de fuerza isocinética, y su pecho, abdomen, y muslos fueron fijados con el cinto. Luego, los sujetos realizaron extensión y flexión de rodilla al máximo esfuerzo a una velocidad de rotación de $60^{\circ}\cdot\text{seg}^{-1}$. Se realizaron tres pruebas para cada pierna y se registró el valor máximo. Para familiarizarse con esta técnica de medición, los sujetos primero practicaron a un esfuerzo submáximo.

Análisis Estadísticos

La edad de los sujetos, su historia deportiva, altura, masa corporal, y otras variables que se midieron, se muestran como media \pm desviación estándar. Se usó un *t*-test independiente para evaluar diferencias significativas entre los dos grupos (vóley vs. natación). Las correlaciones entre las variables medidas y la altura de salto se evaluaron entre el grupo de natación y el de vóley usando el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson. También las correlaciones entre los parámetros del TA y la altura de salto entre los sujetos se evaluaron usando el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson. Los niveles de significancia fueron $P < 0.05$ y $P < 0.01$.

RESULTADOS

Altura, Masa Corporal, y Morfometría del TA

En la Figura 4 se muestra una comparación de las características físicas de los grupos de natación y de vóley. El grupo de vóley tuvo altura y masa corporal significativamente mayores que el grupo de natación.

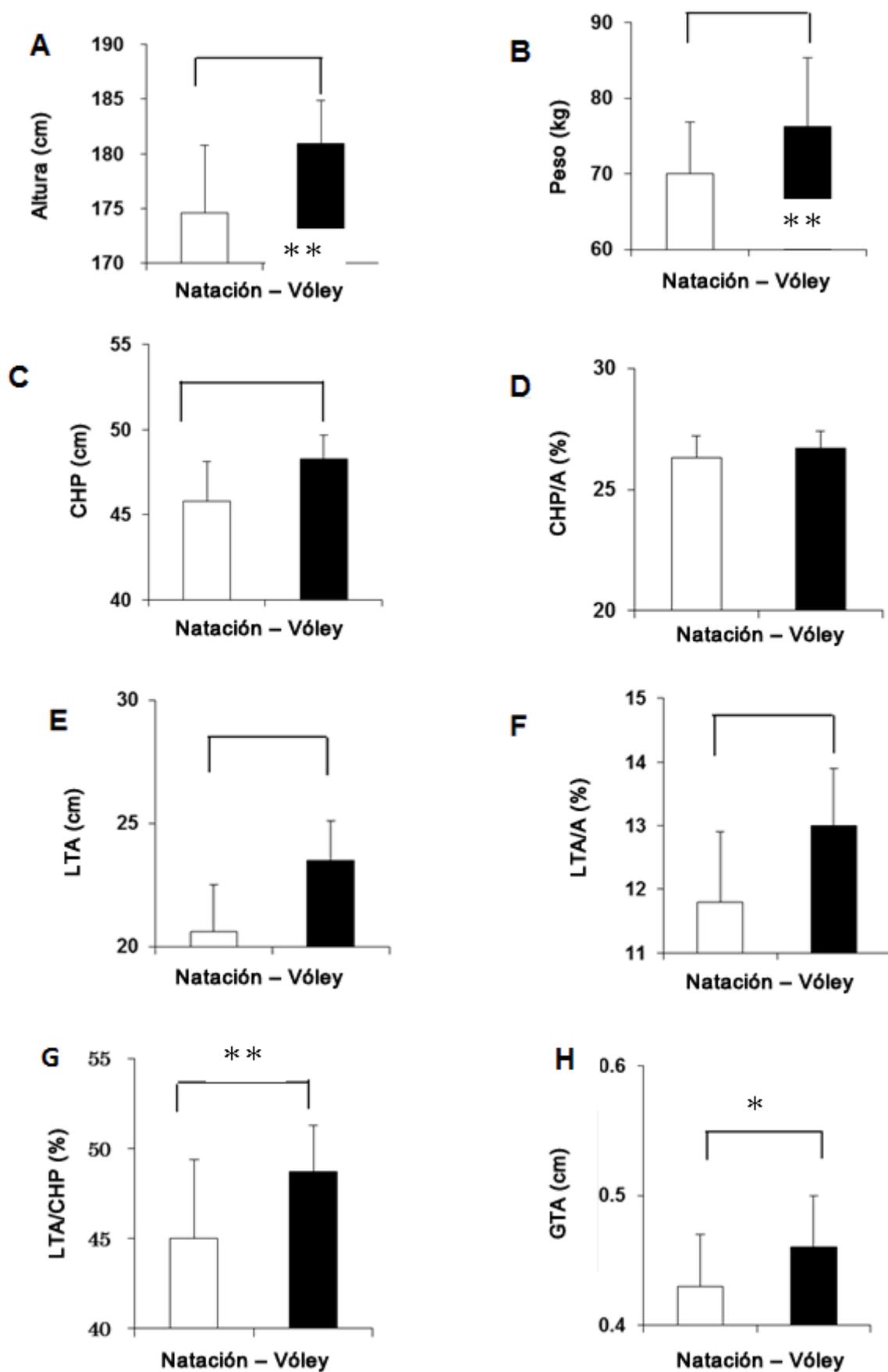


Figura 4. Media \pm Desviación Estándar de la Altura (A), Masa Corporal (B), CHP (C), CHP/A (D), LTA (E), LTA/A (F), LTA/CHP (G), y

GTA (H) en el Grupo de Natación (barra abierta) y en el Grupo de Vóley (barra llena). Las diferencias estadísticas significativas entre los grupos de natación y vóley se indican como * $P < 0.05$ y ** $P < 0.01$; CHP = el centro del hueco poplíteo, CHP/A = relación del centro del hueco poplíteo por altura, LTA = Longitud del tendón de Aquiles, LTA/A = relación de longitud del tendón de Aquiles por altura, LTA/CHP = relación de longitud del tendón de Aquiles por el centro del hueco poplíteo, GTA = grosor del tendón de Aquiles.

El grupo de vóley tuvo un CHP significativamente mayor que el grupo de natación. No obstante, no hubo diferencias significativas en la relación CHP/A entre los grupos. El grupo de vóley también tuvo una relación LTA/A, una relación LTA/CHP, y una LTA significativamente mayores que el grupo de natación. Además, el grupo de vóley tuvo un GTA significativamente mayor que el grupo de natación.

ROM y Propiedades Mecánicas de la Articulación de Tobillo

El ROM fue significativamente mayor en el grupo de natación que en el grupo de vóley (Tabla 1). La rigidez del complejo músculo-tendón en el ROM del punto final de dorsiflexión (MAD), MAD-4°, MAD -8°, y MAD -12° no fue significativamente diferente entre los grupos (Tabla 1).

Tabla 1. ROM y Rigidez CMT en los grupos de Natación y Vóley.

		Natación	Vóley	
ROM (°)		29.4 ± 10.4	20.7 ± 11.1	$P < 0.05$
Rigidez (Nm/°)	MAD - 12°	0.84 ± 0.54	1.05 ± 0.94	n.s.
	MAD - 8°	1.06 ± 0.46	1.24 ± 0.67	n.s.
	MAD - 4°	1.29 ± 0.46	1.43 ± 0.58	n.s.
	MAD	1.51 ± 0.55	1.62 ± 0.75	n.s.

Las variables se representan como media ± DE. Las diferencias estadísticas significativas entre los grupos de natación y vóley se indican por $P < 0.05$. **n.s.** = indica diferencia no significativa. **ROM** = ángulo de máxima dorsiflexión de tobillo, **CMT** = complejo músculo-tendón.

Altura de Salto

Cada altura de salto fue significativamente mayor en el grupo de vóley que en el grupo de natación (Tabla 2).

Tabla 2. Altura de Salto para Squat Jump (SJ), Counter Movement Jump (CMJ), y Salto de Rebote (SR) en los grupos de Natación y Vóley.

		Natación		Vóley	
Altura de salto (cm)	SJ	39 ± 7	45 ± 5	$P < 0.05$	
	CMJ	42 ± 7	50 ± 5	$P < 0.01$	
	SR	36 ± 5	40 ± 6	$P < 0.05$	

Las variables se representan como media ± DE. Las diferencias estadísticas significativas entre los grupos de natación y vóley se indican por $P < 0.05$ o $P < 0.01$.

Fuerza de Pierna

La fuerza de pierna se calculó dividiendo cada uno de los valores medidos por la masa corporal de los individuos. No hubo diferencias significativas entre el grupo de natación y el grupo de vóley en la fuerza de flexión-extensión de las piernas derecha e izquierda (Tabla 3).

Tabla 3. Fuerza de Flexión-Extensión de Pierna Derecha-Izquierda en Grupos de Natación y de Vóley.

			Natación	Vóley	
Fuerza de pierna (Nm/ kg)	Pierna derecha	Extensión	2.5 ± 0.6	2.8 ± 0.5	n.s.
		Flexión	1.2 ± 0.3	1.4 ± 0.3	n.s.
	Pierna izquierda	Extensión	2.4 ± 0.6	2.8 ± 0.6	n.s.
		Flexión	1.2 ± 0.3	1.4 ± 0.3	n.s.

Las variables se representan como media ± DE. **n.s.** = diferencia no significativa.

Correlación

Hubo correlaciones significativas entre la altura del SR y la LTA, la relación LTA/A, y la relación LTA/CHP en el grupo de natación, pero no se encontraron correlaciones significativas entre los parámetros de morfometría y la altura de salto en el grupo de vóley (Tabla 4 y 5).

Tabla 4. Correlación de la Altura del Squat Jump (SJ), Altura del Counter Movement Jump (CMJ), Altura del Salto de Rebote (SR), e Ítems Medidos en el Grupo de Natación.

		SJ	CMJ	SR
Altura		0.18	0.15	0.03
Masa Corporal		0.14	0.14	-0.03
CHP		0.21	0.14	0.04
CHP/A		0.10	0.03	0.01
LTA		0.17	0.31	0.55*
LTA/A		0.09	0.24	0.52*
LTA/CHP		0.05	0.22	0.49*
GTA		0.13	0.03	-0.06
ROM		0.07	0.20	0.26
Rigidez CMT	MAD - 12°	-0.08	-0.03	-0.31
	MAD - 8°	-0.06	-0.05	-0.33
	MAD - 4°	-0.03	-0.05	-0.28
	MAD	0.01	-0.05	-0.21
Fuerza de Pierna				
Pierna derecha	Extensión	0.49*	0.60*	0.72**
	Flexión	0.26	0.42	0.39
Pierna izquierda	Extensión	0.45	0.56*	0.64**
	Flexión	0.38	0.46	0.44
SJ		1	0.92**	0.79**
CMJ		---	1	0.86**
SR		---	---	1

Las variables se representan como media ± DE. Las diferencias estadísticas significativas se indican por *P<0.05 o **P<0.01.; **CHP** = el centro del hueso poplíteo, **CHP/A** = relación del centro del hueso poplíteo por altura, **LTA** = Longitud del tendón de Aquiles, **LTA/A** = relación de longitud del tendón de Aquiles por altura, **LTA/CHP** = relación de longitud del tendón de Aquiles por el centro del hueso poplíteo, **GTA** = grosor del tendón de Aquiles.

No hubo correlaciones significativas entre el SJ y la relación LTA/CHP dentro de los dos grupos combinados, pero hubo correlaciones significativas entre el CMJ o el SR (Figura 5) y la relación LTA/CHP dentro de los dos grupos combinados. No hubo correlaciones significativas entre la rigidez del complejo músculo-tendón y la altura del salto en ninguno de los grupos (Tablas 4 y 5). Hubo correlaciones significativas entre la fuerza de extensión de la pierna derecha e izquierda y la altura del salto, excepto entre la fuerza de extensión de la pierna izquierda y la altura del SJ en el grupo de natación. En cambio, sólo hubo una correlación significativa entre la fuerza de extensión de la pierna derecha y la altura del CMJ en el grupo de vóley (Tablas 4 y 5).

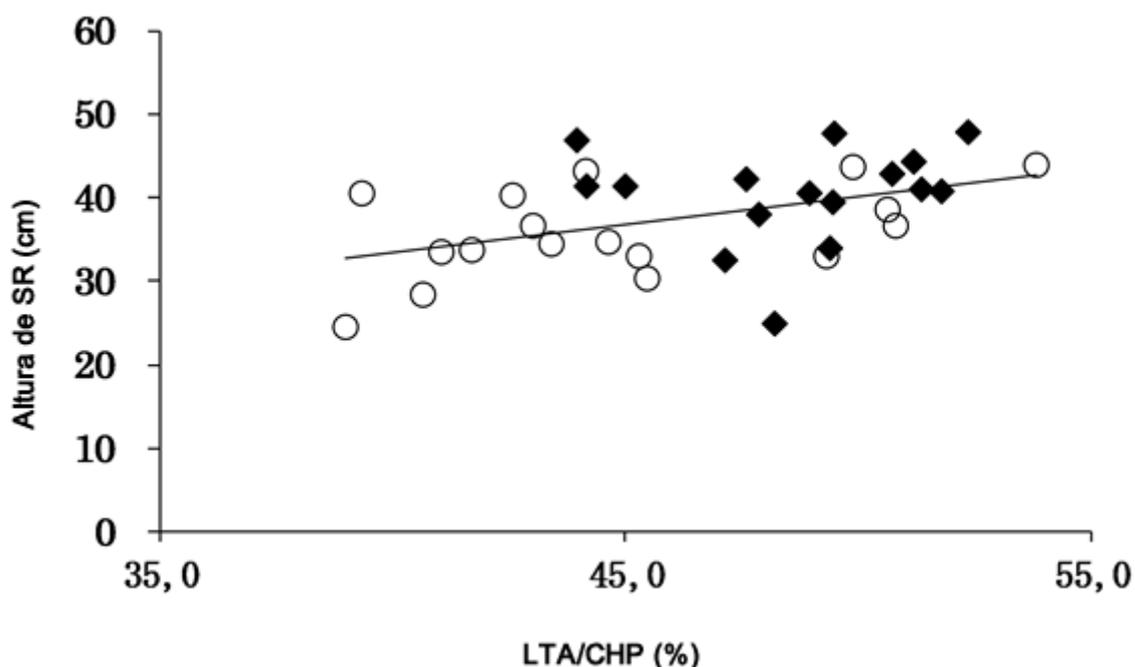


Figura 5. Gráfico de Dispersión de la Altura del Salto de Rebote (SR) y la Relación de la Longitud del Tendón para los Grupos de Natación y Vóley. O = grupo de natación, ◆ = grupo de vóley, LTA/CHP = relación de la longitud del tendón de Aquiles por el centro del hueso poplíteo.

Tabla 5. Correlación de la Altura del Squat Jump (SJ), la Altura del Counter Movement Jump (CMJ), la Altura del Salto de Rebote (SR), e Ítems Medidos en el Grupo de Vóley.

		SJ	CMJ	SR
Altura		-0.01	-0.27	0.04
Masa corporal		-0.08	-0.36	-0.24
CHP		-0.02	-0.15	0.00
CHP/A		-0.02	0.07	-0.03
LTA		-0.18	0.03	0.10
LTA/A		-0.19	0.13	0.09
LTA/CHP		-0.24	0.12	-0.11
GTA		0.10	0.21	-0.23
ROM		0.06	0.03	0.12
Rigidez CMT	MAD - 12°	0.08	-0.11	0.18
	MAD - 8°	-0.07	-0.23	0.10
	MAD - 4°	-0.30	-0.35	-0.07
	MAD	-0.40	-0.34	-0.19
Fuerza de Pierna				
Pierna derecha	Extensión	0.01	0.12	-0.11
	Flexión	-0.11	0.27	0.01
Pierna izquierda	Extensión	0.06	0.51*	-0.14
	Flexión	-0.07	0.22	-0.14
SJ		1	0.47	0.09
CMJ		---	1	0.09
SR		---	---	1

Las variables se representan como media \pm DE. Las diferencias estadísticas significativas se indican por * $P < 0.05$ o ** $P < 0.01$.; **CHP** = el centro del hueso poplíteo, **CHP/A** = relación del centro del hueso poplíteo por altura, **LTA** = Longitud del tendón de Aquiles, **LTA/A** = relación de longitud del tendón de Aquiles por altura, **LTA/CHP** = relación de longitud del tendón de Aquiles por el centro del hueso poplíteo, **GTA** = grosor del tendón de Aquiles.

DISCUSIÓN

En este estudio, medimos las características morfológicas del TA, las propiedades mecánicas del complejo músculo-tendón del flexor de tobillo, la fuerza de pierna, y la capacidad de salto en nadadores universitarios hombres y jugadores de vóley. Además de comparar la adaptación a diferentes tipos de entrenamiento físico a largo plazo, se examinaron las diferencias en la forma en que estos factores significativos se correlacionaron con la capacidad de salto en los dos grupos. Nuestros resultados mostraron que las propiedades mecánicas del complejo músculo-tendón del flexor de tobillo y la fuerza de pierna no fueron diferentes entre los grupos, aunque la capacidad de salto fue significativamente mayor en el grupo de vóley que en el grupo de natación. Además, el grupo de vóley tuvo mayor promedio en la LTA y el GTA comparado con el grupo de natación. La LTA fue uno de los factores que se correlacionó con la capacidad de SR en el grupo de natación pero no en el grupo de vóley. Basados en estos resultados, la morfología del TA puede cambiar a causa del entrenamiento a largo plazo de acuerdo con las características de juego del deporte.

Altura, Masa Corporal, y Morfometría del TA

Aunque encontramos una diferencia significativa en el ratio de la LTA entre los diferentes atletas, este resultado no siempre fue consistente con aquellos de estudios anteriores. Por ejemplo, Kongsgaard et al. (6) informó que el ratio de la LTA no fue significativamente diferente entre los corredores de larga distancia, los jugadores de vóley, y los kayakistas. A nuestro entender, no hay estudios que se hayan enfocado en la LTA de nadadores. Los nadadores que participaron en el presente estudio no tenían experiencia en salto intensivo (es decir, caracterizado por ciclos de estiramiento-acortamiento rápidos y resistencia del peso corporal) porque su rutina de entrenamiento se produce en un entorno de flotación de agua.

Por lo tanto, podría esperarse un ratio de LTA significativamente diferente entre los nadadores y los jugadores de vóley, que usen operaciones de CEA rápidos de forma rutinaria. Sin embargo, el ratio de LTA no cambió en el estudio de intervención (5). Así, puede requerirse un entrenamiento de largo plazo para cambiar el ratio de la LTA.

Fouré y sus colegas (3) sugirieron que el ratio de la LTA está asociado al rendimiento del salto. En este estudio, la LTA estuvo significativamente correlacionada con algunos parámetros de rendimiento de salto en el grupo de natación o los grupos combinados; mientras que no estuvo correlacionada con el rendimiento de salto en el grupo de vóley solo. Este interesante resultado puede indicar que tanto el ratio de LTA como el rendimiento de salto aumentan durante el entrenamiento de salto, aunque el incremento de la LTA puede alcanzar un límite.

El GTA del grupo de vóley en este estudio mostró un valor significativamente mayor que el del grupo de natación. Este resultado está respaldado por varios estudios previos. En el estudio de Kongsgaard et al. (6), el AST del TA medido por RMN fue significativamente mayor en los jugadores de vóley que en los corredores de larga distancia, y los kayakistas. Su conclusión fue que la gran carga intermitente al TA acompañada por la rutina de movimiento de los jugadores de vóley agrandaba el AST. También, en el estudio de Magnusson (12), que comparó el AST del TA medido por RMN en corredores y no corredores, se concluyó que el AST en los corredores fue significativamente mayor a 10, 20, 30, y 40 mm desde la porción final del TA en el calcáneo comparado con los no corredores.

Estos resultados indican que el AST del TA es agrandado por las cargas de ejercicio más grandes luego de un largo período. En el presente estudio, medimos el GTA por ultrasonido, y fue significativamente mayor en el grupo de vóley que en el grupo de natación. Se considera que la medición por ultrasonido ha reducido la exactitud comparada con las mediciones por RMN. Sin embargo, el coeficiente de variación (CV) de la medición de la LTA fue de 4.0% y el CV de la medición del GTA fue de 1.1% durante este estudio. Por lo tanto, creemos que hemos sido capaces de evaluar la morfología del TA razonablemente bien mediante el ultrasonido.

ROM y Propiedades Mecánicas de la Articulación de Tobillo

En el presente estudio, el ROM fue significativamente mayor en el grupo de natación. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los grupos en la rigidez del complejo músculo-tendón del flexor de tobillo. Además, no hubo correlación significativa entre el ROM o la rigidez y la altura de salto en ninguno de los grupos. En estudios anteriores, no hubo consenso sobre si la rigidez de la articulación de tobillo o del tendón estaba correlacionada con la capacidad de salto. En el estudio de sección transversal de Møller et al. (13), hubo una correlación significativa entre la rigidez del tendón del vasto lateral, medida en contracción muscular isométrica voluntaria, y la altura del SJ o el CMJ. Por otro lado, en el estudio de sección transversal de Kubo et al. (10), no hubo correlación significativa entre la rigidez del tobillo y las alturas de SJ, CMJ o SR, y tampoco una correlación entre la rigidez del TA y las alturas del CMJ o del drop jump. Medimos la rigidez de la articulación de tobillo en una dorsiflexión pasiva para evitar la contracción muscular isométrica voluntaria asociada al esfuerzo opcional. Como resultado, los valores medidos no fueron un factor determinante de la capacidad de salto.

Fuerza de Pierna

No hubo diferencias significativas entre los grupos en la fuerza de pierna. Hubo una correlación significativa entre la fuerza de extensión de la pierna derecha e izquierda y la altura de salto en el grupo de natación, mientras que no existió correlación significativa entre la fuerza de extensión de la pierna y la altura de salto en el grupo de vóley, excepto entre la fuerza de la pierna izquierda y la altura del CMJ. En el estudio de Sheppard (15), cuando se midió en jugadores de vóley hombres, existió una correlación significativa entre la altura relativa del CMJ (altura absoluta de salto [cm] - altura de alcance de parado [cm] = altura relativa de salto) y el pico de potencia por unidad de peso corporal.

Además, en el estudio de Nuzzo et al. (11) que involucra jugadores de fútbol y atletas de pista y campo, hubo correlaciones significativas entre las alturas del squat (1 repetición máxima por peso corporal) y del CMJ, potencia pico de CMJ, y velocidad pico. Así, la fuerza de extensión de pierna puede ser un factor relacionado al rendimiento de salto. Sin embargo, las mayores correlaciones entre la fuerza de pierna y el rendimiento de salto observadas en el grupo de natación pueden sugerir que si un atleta es entrenado en salto diariamente como los jugadores de vóley, la contribución de la fuerza muscular del miembro inferior al rendimiento de salto disminuye.

CONCLUSIONES

Los jugadores de vóley masculino universitarios tienen un TA más largo y más grueso comparados con los nadadores universitarios masculinos. Por lo tanto, los diferentes tipos de entrenamiento de ejercicio durante un período de tiempo

largo pueden afectar la morfología del TA, así como los factores correlacionados con el rendimiento de salto.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la participación de los sujetos y a los padres de los menores que permitieron a sus hijos participar de este estudio.

Dirección de correo: Mami Yoshimura, Laboratory for Exercise Physiology and Biomechanics, Graduate School of Health and Sport Sciences, Chukyo University, 101 Tokodachi, Kaizu-cho, Toyota, Aichi, Japan, 470-0393, Email: dd.gw2.39@gmail.com

REFERENCIAS

1. Bojsen-Møller J, Magnusson SP, Rasmussen LR, Kjaer M, Aagaard P. (2005). Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *J Appl Physiol.* 2005;99:986-994.
2. Fouré A, Nordez A, Cornu C. (2010). Plyometric training effects on Achilles tendon stiffness and dissipative properties. *J Appl Physiol.* 2010;109:849-854.
3. Fouré A, Nordez A, McNair P, Cornu C. (2011). Effects of plyometric training on both active and passive parts of the plantarflexors series elastic component stiffness of muscle-tendon complex. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111:539-548.
4. Herda TJ, Herda ND, Costa PB, Walter-Herda AA, Valdez AM, Cramer JT. (2013). The effects of dynamic stretching on the passive properties of the muscle-tendon unit. *J Sports Sci.* 2013;31:479-487.
5. Houghton LA, Dawson BT, Rubenson J. (2013). Effects of plyometric training on Achilles tendon properties and shuttle running during a simulated cricket batting innings. *J Strength Cond Res.* 2013;27:1036-1046.
6. Hunter GR, McCarthy JP, Carter SJ, Bamman MM, Gaddy ES, Fisher G, Katsoulis K, Plaisance EP, Newcomer BR. (2015). Muscle fiber type, Achilles tendon length, potentiation, and running economy. *J Strength Cond Res.* 2015;29:1302-1309.
7. Kongsgaard M, Aagaard P, Kjaer M, Magnusson SP. (2005). Structural Achilles tendon rupture patients. *J Appl Physiol.* 2005;99:1965-1971.
8. Kubo K, Morimoto M, Komuro T, Tsunoda N, Kanehisa H, Fukunaga T. (2007). Influence of tendon stiffness, joint stiffness and electromyographic activity on jump performances using single joint. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99:235-243.
9. Kubo K, Morimoto M, Komuro T, Yata H, Tsunoda N, Kanehisa H, Fukunaga T. (2007). Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Med Sci Sport Exer.* 2007;39:1801-1810.
10. Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. (2001). Effects of different duration isometric contractions on tendon elasticity in human quadriceps muscles. *J Physiol.* 2001;536:649-655.
11. Kubo K, Kanehisa H, Ito M, Fukunaga T. (2001). Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol.* 2001;91:26-32.
12. Magnusson SP, Kjaer M. (2003). Region-specific differences in Achilles tendon cross-sectional area in runners and non-runners. *Eur J Appl Physiol.* 2003;90:549-553.
13. Nuzzo JL, McBride JM, Cormie P, McCaulley GO. (2008). Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic testes of strength. *J Strength Cond Res.* 2008;22:699-707.
14. Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Costa PB, Defreitas JM, Stout JR, Cramer JT. (2008). The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38:632-639.
15. Sheppard JM, Cronin JB, Gabbett TJ, McGuigan MR, Etzebarria N, Newton RU. (2008). Relative importance of strength, power, and anthropometric measure to jump performance of elite volleyball players. *J Strength Cond Res.* 2008;22:758-765.