

Research

# La Suplementación Nutricional ¿Influencia la Adaptabilidad de los Músculos al Entrenamiento de Sobrecarga en Hombres de 48 a 72 Años?

Debra A Bemben<sup>1</sup>, Michael G Bemben<sup>1</sup>, Allen W Knehans<sup>2</sup>, Jack M Carter<sup>1</sup> y Michael S Witten<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Health and Exercise Science, University of Oklahoma, Norman, OK, Estados Unidos.

<sup>2</sup>Department of Nutritional Sciences, University of Oklahoma, Health Science Center Campus, Oklahoma City, OK.

## RESUMEN

**Antecedentes y Propósito:** El entrenamiento de la fuerza con movimientos isotónicos resulta en mejoras neuromusculares que pueden evidenciarse en otras formas del esfuerzo muscular, i.e., acciones isocinéticas o isométricas, especialmente en sujetos jóvenes; sin embargo, no es claro si la musculatura esquelética de los sujetos ancianos mantiene esta misma capacidad adaptativa. Además, no se sabe si, en sujetos ancianos, los beneficios del entrenamiento de sobrecarga pueden ser incrementados mediante la suplementación con creatina y proteínas. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue valorar los cambios en los parámetros isocinéticos a diferentes velocidades en hombres de entre 48 y 72 años de edad (media=57±2.1) luego de 16 semanas de entrenamiento de sobrecarga y suplementación con creatina y/o proteínas. **Métodos:** Cuarenta y dos sujetos fueron aleatoriamente asignados a 1 de 4 grupos de entrenamiento: (1) entrenamiento de la fuerza y suplementación con placebo (n=10), (2) entrenamiento de la fuerza y suplementación con creatina (n=10); (3) entrenamiento de la fuerza y suplementación con proteínas (n=11); y (4) entrenamiento de la fuerza y suplementación con creatina y proteínas (n=11). El programa consistió de entrenamientos de sobrecarga progresiva (3 días/semana) realizando el consumo de los suplementos luego de la sesión de entrenamiento. **Resultados:** Se hallaron efectos significativos del tiempo ( $p \leq 0.05$ ) para el torque pico (PT), el tiempo para alcanzar el PT, y para la potencia promedio tanto en los extensores de la rodilla como en los flexores de la rodilla y en todas las velocidades. Sin embargo, no se observó un efecto significativo del grupo o una interacción significativa tiempo por grupo, lo cual indicó que los protocolos de suplementación no tuvieron un beneficio adicional. **Conclusiones:** Los hombres de entre 48 y 72 años de edad mantienen su capacidad para mejorar el rendimiento muscular isocinético luego de la realización de un entrenamiento con acciones isotónicas, sin embargo, la suplementación no mejora la capacidad de adaptación de los músculos esqueléticos.

**Palabras Clave:** adaptabilidad muscular, suplementación con creatina, suplementación con proteínas

## INTRODUCCION

---

La calidad de vida tiende a declinar con la edad debido al comienzo de muchas patologías asociadas con el envejecimiento y debido a la reducción en parámetros fisiológicos tales como: las proteínas musculares, la masa libre de grasa (FFM), la fuerza y la potencia muscular, y la resistencia. En particular, con el envejecimiento se observa una reducción significativa en las proteínas musculares mientras que la pérdida de proteínas no musculares es mínima. En adultos jóvenes y saludables, la musculatura da cuenta de aproximadamente el 60% de la FFM, mientras que en sujetos ancianos, la musculatura da cuenta de solo el 45% de la FFM (1, 2), lo cual representa una disminución de aproximadamente 30% al 40% entre los 30 y los 80 años (3-4). La mayor parte de la reducción se produce luego de los 50 años y se debe principalmente a la pérdida de unidades motoras (5) y a la atrofia de las fibras musculares (6-8). Esta pérdida en de FFM contribuye a la progresiva pérdida de la función física (9), a la limitación en las actividades recreacionales (10) y ocupacionales (11) y al incremento en la dependencia en otras personas (112, 13).

La creatina es uno de los suplementos nutricionales más populares en el mercado y con frecuencia se utiliza conjuntamente con el entrenamiento de sobrecarga. La investigación sugiere que mediante el incremento en los niveles de reposo de fosfocreatina se podría retrasar su depleción y atenuar la declinación en la provisión de trifosfato de adenosina (ATP) durante la realización de ejercicios de alta intensidad (14-18), especialmente si se consume con una bebida que contenga azúcar. La carga de creatina se asocia con un incremento en el peso corporal y en la FFM (7, 199, 20) pero sus efectos en sujetos ancianos son algo controversiales (15, 21). Los investigadores han documentado que los sujetos ancianos tienen menores concentraciones de creatina y fosfocreatina, debido a la reducción en las fibras musculares tipo II, y por lo tanto podrían beneficiarse de la suplementación durante la realización de programas para el entrenamiento de la fuerza (7, 18, 21).

La investigación también ha indicado que la ingesta de proteínas por parte de los individuos ancianos debería ser mayor que la ingesta diaria recomendada de 0.8-1.5 g/kg de peso corporal, dependiendo del nivel de actividad física (23, 24). Otros han sugerido que los individuos ancianos deberían consumir 1-1.25 g de proteínas/kg/día debido a la reducción en el volumen muscular y en los inferiores hábitos dietarios (3, 20), especialmente si se encuentran realizando un programa de ejercicio.

La proteína de suero ha mostrado poseer un mayor contenido de aminoácidos esenciales y de aminoácidos de cadena ramificada en comparación con otras formas de proteínas, lo cual puede resultar en que esta tenga un mayor valor biológico para los humanos (25). Solo un grupo de investigadores ha examinado los efectos de la suplementación con proteína de suero y creatina en individuos que realizaban ejercicios. Estos investigadores reportaron que los hombres que fueron suplementados con proteína de suero y creatina mostraron mayores incrementos en la FFM y mayores incrementos relativos en la fuerza máxima (1 repetición máxima, 1RM) en el ejercicio de press de banca en comparación con aquellos que fueron suplementados con proteína de suero solamente o con placebo. Sin embargo, la fuerza en sentadillas y el rendimiento isocinético durante flexiones de rodillas no fue afectado (25). El entrenamiento de sobrecarga realizado por adultos mayores resulta en un incremento en la síntesis proteica, lo cual puede contribuir a mejorar la fuerza muscular, siempre que la intensidad de ejercicio se mantenga relativamente alta ( $\geq 80\%$  de 1RM) (2, 19).

El principio de especificidad del entrenamiento indica que las mayores mejoras en el rendimiento ocurren cuando el entrenamiento se realiza con acciones similares a las utilizadas durante la evaluación del rendimiento. En otras palabras, el entrenamiento de sobrecarga de un tipo en particular (i.e., isotónico) normalmente resulta en mayores incrementos en actividades que utilizan el mismo modo de contracción (i.e., isotónico). Sin embargo, también se pueden producir mejoras en otras actividades que utilicen diferentes modos de acción (i.e., isométrica o isocinética). Esta desviación del principio de especificidad del entrenamiento ha sido mostrada en sujetos jóvenes y saludables, sin embargo, no es claro si la musculatura esquelética de los sujetos ancianos mantiene esta misma habilidad adaptativa (26, 27). Además, no se sabe si la suplementación con creatina y/o proteínas puede proveer algún efecto ergogénico para los hombres ancianos.

Por lo tanto el propósito de este estudio fue determinar si la musculatura esquelética de sujetos ancianos mantiene el potencial adaptativo valorando los cambios en los parámetros isocinéticos de los extensores y flexores de la rodilla luego de 16 semana de entrenamiento de sobrecarga isotónico. Además, estábamos interesados en determinar si la suplementación con creatina y/o proteínas podía mejorar la adaptabilidad muscular. Asumimos que la musculatura esquelética de los sujetos ancianos tendría cualidades adaptativas similares a la de la musculatura esquelética de los sujetos jóvenes pero que la suplementación tendría provocar mayores beneficios en este grupo erario.

# MÉTODOS

---

## Sujetos

Cuarenta y dos sujetos varones (edad 48-72 años) fueron voluntarios para participar en este estudio. Los criterios de exclusión abarcaban condiciones ortopédicas o artríticas que pudieran evitar que se completara el programa de entrenamiento, condiciones cardíacas tales como el fallo cardíaco congestivo o arritmias, hipertensión no controlada, alto consumo de cafeína, dietas vegetarianas, o la realización de cualquier tipo de entrenamiento de sobrecarga en los 6 meses previos al comienzo del estudio. Todos los sujetos que participaron en el programa de entrenamiento obtuvieron un permiso médico de su médico personal y eran considerados individuos saludables pertenecientes a la comunidad. Los sujetos fueron aleatoriamente asignados a 1 de 4 grupos: entrenamiento de sobrecarga y placebo (RTP), entrenamiento de sobrecarga y creatina (RTCr), entrenamiento de sobrecarga y proteínas (RTPr), o entrenamiento de sobrecarga, creatina y proteínas (RTCPr). Los grupos RTP y RTCr contaron cada uno con 10 sujetos, mientras que los grupos RTPr y RTCPr contaron con 11 sujetos que completaron todo el programa. Cinco de los sujetos fueron retirados del estudio debido a su incapacidad para mantener la asistencia de forma satisfactoria, ya sea debido a problemas con sus horarios personales (n=3) o por enfermedades no relacionadas con el entrenamiento (n=2). Antes del comienzo del estudio, todos los sujetos recibieron una completa explicación acerca de los propósitos y procedimientos de la investigación, y fueron informados acerca de su derecho a abandonar el estudio en cualquier momento, luego de lo cual firmaron una forma de consentimiento escrito.

## Diseño de la Investigación

Este estudio fue llevado a cabo utilizando un diseño doble ciego, aleatorio y controlado con placebo. Una vez que los sujetos fueron aleatoriamente asignados a sus grupos para las 16 semanas de entrenamiento, comenzó la fase de carga en cada grupo. La fase de carga consistió en la ingesta de 7 g de monohidrato de creatina con 480 mL de solución de glucosa (Gatorade®) en los dos grupos que fueron suplementados con creatina (RTCr y RTCPr) y solo Gatorade® en los otros dos grupos (RTP y RTPr). Durante este período de carga de una semana (lunes, miércoles y viernes), se realizaron las evaluaciones para medir los valores iniciales de la fuerza, el tamaño muscular, la composición corporal, el PT, el tiempo para alcanzar el PT, la potencia promedio y la resistencia muscular isocinética de los flexores y extensores de la rodilla. Los sujetos también fueron familiarizados con el equipamiento para el entrenamiento de sobrecarga y con las técnicas requeridas para los levantamientos (Figura 1).

## Procedimientos

La fuerza muscular isotónica fue evaluada utilizando el test de 1RM para asegurar de esta manera que se produjera la sobrecarga progresiva a lo largo del programa de entrenamiento. Todas las evaluaciones de la fuerza se realizaron en un equipo Cybex (División of Lumex, Owatonna, Minn) que se encontraba en el Laboratorio Neuromuscular de la Universidad de Oklahoma. El área de sección transversal muscular fue evaluada en el recto femoral utilizando Ultrasonido Diagnóstico (Fukuda Denshi FF, Redmond, Wash). La composición corporal regional y total fue evaluada utilizando absorciometría dual de rayos X (DXA, Lunar DPX-IQ, Madison, CISC). Todos los parámetros isocinéticos de los flexores y extensores de la rodilla, fueron medidos utilizando el Sistema Biodex II (Biodex Medical Systems Inc., Shirley, NY).

Luego de haber completado la recolección inicial de los datos y de que se llevara a cabo la fase de carga, se comenzó con el protocolo de entrenamiento de 16 semanas. El protocolo de entrenamiento fue diseñado utilizando el principio de sobrecarga para maximizar las potenciales ganancias en la fuerza. Los grupos asistieron a entrenar 3 veces por semana, con los grupos RTCr y RTCPr (n=21) entrenando a primera hora en la mañana (8:00 am) y los grupos RTP y RTPr (n=21) entrenando en una sesión posterior, también durante la mañana (10:00 am). Todos los sujetos realizaron 3 series de 8 repeticiones para 8 ejercicios, 3 de los cuales se centraban en las extremidades inferiores (extensiones de rodilla, flexiones de rodilla, prensa de piernas). Los ejercicios fueron realizados en una única sesión utilizando una carga igual al 80% de la 1RM de cada sujeto. Los sujetos realizaron cada ejercicio con una cadencia de 3 segundos, tanto para la fase excéntrica como para la concéntrica. Cada sesión de entrenamiento comenzó con una rutina de estiramientos para todo el cuerpo, lo cual fue seguido de 5 min de pedaleo en bicicleta fija o de carrera en cinta.



**Figura 1.** Progresión del estudio.

Las sesiones de entrenamiento de la fuerza duraron aproximadamente una hora y fueron supervisadas por miembros del equipo que llevaron registros de entrenamiento para cada sujeto. Las semanas 4, 8 y 12 del programa de entrenamiento fueron utilizadas para reevaluar la fuerza de cada sujeto e incrementar las cargas de trabajo durante el entrenamiento en un intento por maximizar las ganancias de fuerza. La evaluación isocinética fue llevada a cabo antes de la 1er semana de entrenamiento, a la mitad del período de entrenamiento (semanas 7 y 8) y en la semana posterior al entrenamiento.

### Suplementación

Una vez que los sujetos fueron aleatoriamente asignados a sus grupos para las 16 semanas de entrenamiento, comenzó la fase de carga para cada uno de los grupos. Esto solo fue necesario para los individuos pertenecientes a los 2 grupos que consumieron creatina, sin embargo, para controlar aquellas variables que pudieran interferir con los resultados, los otros dos grupos también realizaron una fase de carga que consistió en la ingesta solo de placebo (480 mL de Gatorade®). Los grupos RTP y RTPr consumieron la solución de placebo 3 veces por semana durante esta semana inicial, mientras que los grupos RTCr y RTCrPr consumieron 7 g de creatina conjuntamente con 480 mL de solución de glucosa (Gatorade®). Esto fue llevado a cabo para incrementar las concentraciones tanto de creatina como de fosfocreatina en los músculos esqueléticos. Una vez que comenzara el entrenamiento, el grupo RTP consumió placebo (480 mL de Gatorade®), el grupo RTCr consumió 5 g de creatina mezclados en 480 mL de solución de glucosa, el grupo RTPr consumió 35 g de proteína de suero mezclados con 480 mL de solución de glucosa, y el grupo RTCrPr consumió 5 g de creatina y 35g de proteína de suero mezclados con 480 mL de solución de glucosa. Un asistente de investigación externo al estudio administró los suplementos y todas las soluciones fueron consumidas inmediatamente después de finalizado el entrenamiento. Tanto los investigadores principales como los sujetos desconocían que tratamiento se estaba administrando a cada grupo. Los sujetos consumieron la solución inmediatamente después de cada sesión de entrenamiento en presencia del asistente de investigación que confirmó el consumo de la solución (23, 28, 29).

### Torque Pico y Resistencia Muscular Isocinética

Todas las mediciones isocinéticas (PT, tiempo para alcanzar el PT, potencia promedio y resistencia muscular) fueron obtenidas con la extremidad inferior derecha luego de que los sujetos realizaran una entrada en calor en cicloergómetro o en cinta ergométrica. Se utilizó un protocolo isocinético unilateral, el cual evalúa la función muscular isocinética a 3 velocidades (60°/s, 180°/s y 240°/s). También se realizó un test de resistencia muscular isocinética (180°/s de extensiones de rodilla) utilizando este equipamiento (30).

El dinamómetro fue calibrado antes de las evaluaciones y todas las mediciones fueron compensadas por la gravedad respecto de la masa de la pierna derecha. Para estandarizar las mediciones, los sujetos se sentaron en un sillón con un respaldo ajustable para la espalda y las caderas. Una vez que el sujeto se colocaba en el sillón, se alineaba la rotación axial del dinamómetro con el eje anatómico de la articulación de la rodilla. Se utilizaron correas de velcro para ajustar al sujeto al sillón, utilizando una correa para la cintura, una correa doble para los hombros, una correa para el muslo derecho y una correa para la tibia derecha. La almohadilla de la palanca del dinamómetro ajustable fue colocada en el aspecto anterior de la tibia, aproximadamente 5cm por encima del maleolo lateral. El rango de movimiento se colocó desde 0° (dinamómetro perpendicular al suelo) hasta 90° (extensión de la rodilla). Se definió que la flexión de 90° se producía cuando la palanca del dinamómetro quedaba paralela al suelo.

Con el sujeto en posición, se procedió a la explicación del protocolo de evaluación. Antes del comienzo del test se realizó una entrada en calor de 5 a 10 repeticiones submáximas a 60°/s. Una vez que sonaba la "bocina" se realizaban 3 extensiones y flexiones máximas de rodilla consecutivas a una velocidad de 60°/s. Luego de 1 min de recuperación, se realizaban 3 extensiones y flexiones máximas de rodilla consecutivas a 180°/s, y luego de otro minuto de recuperación se realizaban 3 extensiones y flexiones máximas de rodilla a una velocidad de 240°/s.

Luego de completar las mediciones del PT, los sujetos tuvieron otro período de recuperación de 1min antes de comenzar el

Test de resistencia muscular de Thorstensson y Karlsson (30). Este test se llevó a cabo para evaluar el porcentaje de reducción en la tensión muscular, así como también para obtener datos acerca de la energía total (J) y de la producción promedio de potencia (W). El test comenzaba cuando sonaba la “bocina”. Los sujetos realizaron 50 extensiones consecutivas de rodilla con el máximo esfuerzo posible (180°/s).

### Análisis Estadísticos

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa SPSS 11.0 para Windows. Los datos fueron descriptivamente resumidos utilizando la media±error estándar, así como también el porcentaje de cambio [(medición final - medición inicial) / medición inicial x 100]. Para examinar los efectos del grupo (4) y del tiempo (3) sobre los parámetros neuromusculares se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para medidas repetidas. Se utilizó el análisis post hoc de Bonferroni para explorar las diferencias grupales y se utilizó la prueba t para determinar si existían diferencias significativas entre las 3 evaluaciones (inicial, intermedia y final). La significancia estadística se estableció a  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS

No se hallaron diferencias significativas entre los 4 grupos (RTP, RTCr, RTPr y RTCrPr) respecto de los valores iniciales de cualquiera de las variables dependientes. Las variables descriptivas y antropométricas también fueron similares. La edad promedio para cada uno de los grupos fue de  $57.0 \pm 1.9$  años. La talla promedio de los grupos fue de  $177 \pm 2.1$  cm, el peso promedio de  $92.5 \pm 5.6$  kg, el porcentaje de grasa de  $26 \pm 1.6\%$  (DXA) y el área de sección transversal del músculo recto femoral fue de  $5.12 \pm 0.5$  cm<sup>2</sup> (Tabla 1).

Grupo*	n	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	Grasa (%)	Área de sección Transversal de Recto Femoral (cm <sup>2</sup> )
RTP	10	56.1 ± 1.4	177.0 ± 1.8	98.0 ± 7.6	27.9 ± 1.7	5.505 ± 0.590
RTCr	10	56.1 ± 1.8	177.4 ± 2.4	91.1 ± 5.2	28.7 ± 1.4	4.175 ± 0.390
RTPr	11	58.2 ± 2.0	175.6 ± 2.0	88.3 ± 4.4	24.5 ± 1.8	4.709 ± 0.315
RTCrPr	11	57.2 ± 2.2	179.6 ± 2.3	92.6 ± 5.1	25.1 ± 1.5	5.540 ± 0.501

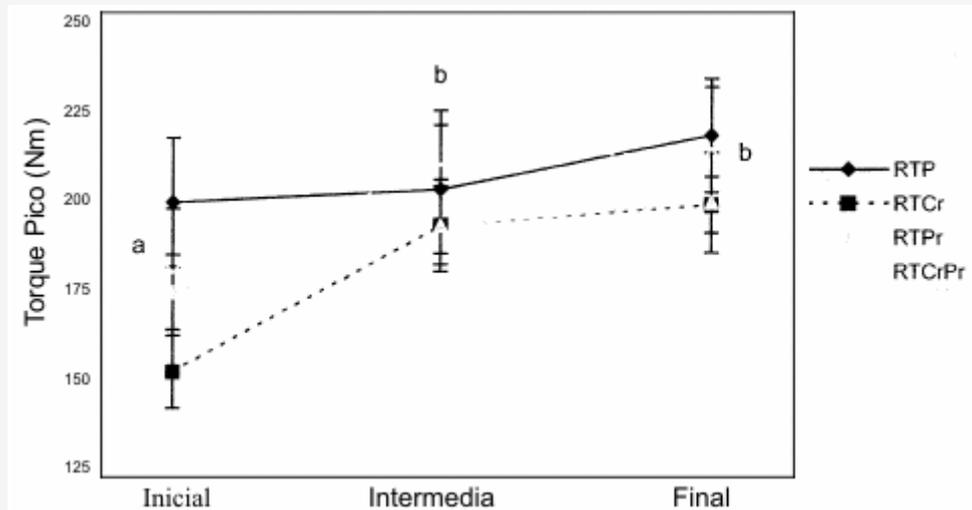
**Tabla 1.** Datos descriptivos (medias ± EE). \*RTP - entrenamiento de sobrecarga y placebo; RTCr - entrenamiento de sobrecarga y creatina; RTPr - entrenamiento de sobrecarga y proteínas; RTCrPr - entrenamiento de sobrecarga, creatina y proteínas.

### Parámetros Isocinéticos (60°/s)

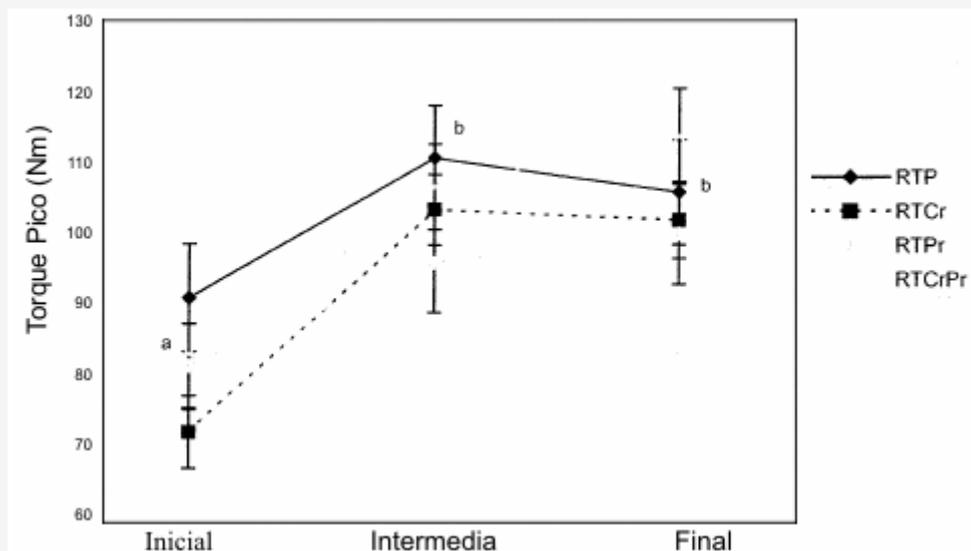
En base al análisis de varianza ANOVA para medidas repetidas, todos los grupos tuvieron incrementos significativos ( $p \leq 0.05$ ) a lo largo del tiempo en el PT (170.5 a 201 Nm) y en la potencia promedio (104.4 a 137 W). para la flexión de rodillas, hubo un incremento significativo a lo largo del tiempo ( $p \leq 0.05$ ) en el PT (80.1 a 103.7 Nm) y en la potencia promedio (48.5 a 70.3 W), y una reducción significativa en el tiempo necesario para alcanzar el PT (677 a 474.5 ms). Tanto para las mediciones en la extensión de rodilla como en la flexión de rodilla, no se observaron diferencias significativas entre los grupos y no se hallaron interacciones significativas grupo por tiempo. La Tabla 2 muestra los porcentajes de cambio en los parámetros isocinéticos durante la extensión y flexión de rodilla, a partir de los valores iniciales. Es interesante señalar que aun cuando no hubo diferencias significativas entre los grupos, los 2 grupos suplementados con creatina (RTCr y RTCrPr) exhibieron los mayores incrementos. La Figura 2a muestra el PT para la extensión de rodilla a 600°/s y la Figura 2b representa el PT para la flexión de rodilla a 60°/s.

Grupo*	Torque Pico	Potencia Promedio	Tiempo para Alcanzar el Torque Pico
<i>Extensión de Rodillas</i>			
RTP	9.5	22.7	-1.1
RTC <sub>r</sub>	31.0	45.2	-5.6
RTP <sub>r</sub>	14.5	30.6	9.3
RTC <sub>r</sub> Pr	19.3	29.3	-18.4
<i>Flexión de Rodillas</i>			
RTP	16.7	26.9	-32.0
RTC <sub>r</sub>	42.6	58.7	-31.3
RTP <sub>r</sub>	3.5	18.7	-17.8
RTC <sub>r</sub> Pr	37.9	57.3	-38.6

**Tabla 2.** Porcentaje de cambio en los parámetros isocinéticos a 60°/s luego de 16 semanas de entrenamiento de sobrecarga isotónico. \*RTP - entrenamiento de sobrecarga y placebo; RTC<sub>r</sub> - entrenamiento de sobrecarga y creatina; RTP<sub>r</sub> - entrenamiento de sobrecarga y proteínas; RTC<sub>r</sub>Pr - entrenamiento de sobrecarga, creatina y proteínas.



**Figura 2a.** Comparación del torque pico durante las extensiones de rodilla a 60°/s entre los grupos. (Los datos son presentados como valores medios±EE, no se observaron diferencias entre los grupos o interacciones significativas grupo por tiempo, pero si se observaron diferencias entre las diferentes evaluaciones a través del tiempo; las letras a, b indican efectos significativos del tiempo).



**Figura 2b.** Comparación del torque pico durante las flexiones de rodilla a 60°/s entre los grupos. (Los datos son presentados como valores medios±EE, no se observaron diferencias significativas entre los grupos o interacciones significativas grupo por tiempo, pero si se observaron diferencias entre las diferentes evaluaciones a través del tiempo; las letras a, b indican efectos significativos del tiempo).

### Parámetros Isocinéticos (180°/s)

Los cuatro grupos tuvieron incrementos significativos ( $p \leq 0.05$ ) a través del tiempo en el PT (de 126.6 a 147.2 Nm) y en la potencia promedio (de 167.4 a 214.8 W) y una reducción significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el tiempo necesario para alcanzar el PT (de 331.2 a 301.2 ms) luego del programa de entrenamiento. Respecto de la flexión de rodilla, se observaron incrementos significativos ( $p \leq 0.05$ ) en el PT de 69.9 a 87.9 Nm y en la potencia promedio (de 85.1 a 122 W) y una reducción significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el tiempo necesario para alcanzar el PT (de 359.5 a 259 ms). Tanto para la extensión como para la flexión de rodilla, no se observaron efectos significativos del grupo o interacciones significativas grupo por tiempo. La Tabla 3 muestra los porcentajes de cambio en los parámetros isocinéticos durante las extensiones y flexiones de rodilla a partir de los valores iniciales. Similarmente a los hallazgos realizados con 60°/s, los grupos que fueron suplementados con creatina y/o proteínas (RTCr, RTPr, RTCrPr) parecieron tener incrementos algo mayores en comparación con el grupo placebo (RTP). La Figura 3a muestra el PT para las extensiones de rodilla a 180°/s y la Figura 3b muestra el PT para las flexiones de rodilla a 180°/s.

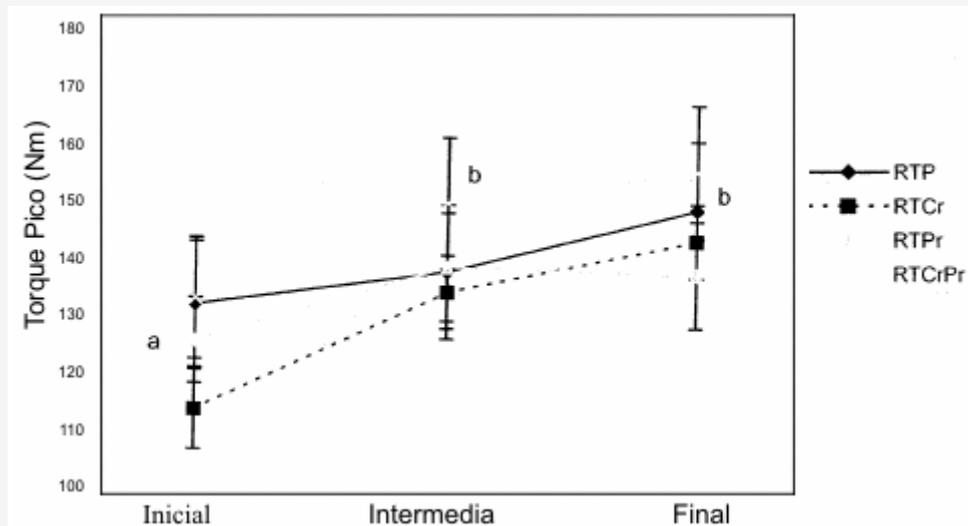
### Parámetros Isocinéticos (240°/s)

Los cuatro grupos mostraron un incremento significativo ( $p \leq 0.05$ ) a través del tiempo en el PT (de 116.4 a 131.4 Nm) y en la potencia promedio (210.6 a 255.8 W). respecto de la flexión de rodilla, se observaron incrementos significativos ( $p \leq 0.05$ ) en el PT (de 73.1 a 84.1 Nm) y en la potencia promedio (de 110.3 a 149.3 W) y una reducción significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el tiempo necesario para alcanzar el PT (de 349.8 a 262.6 ms). No se hallaron efectos significativos del grupo o interacciones significativas grupo por tiempo ni para las extensiones ni para las flexiones de rodilla. La Tabla 4 muestra los porcentajes de cambio en los parámetros isocinéticos durante las extensiones y flexiones de rodilla a partir de los valores iniciales. Al igual que con las otras dos velocidades de evaluación, los grupos que utilizaron suplementos tuvieron mejoras ligeramente mayores. La Figura 4a muestra el PT para las extensiones de rodilla a 240°/s y la Figura 4b muestra el PT para las flexiones de rodilla a 240°/s.

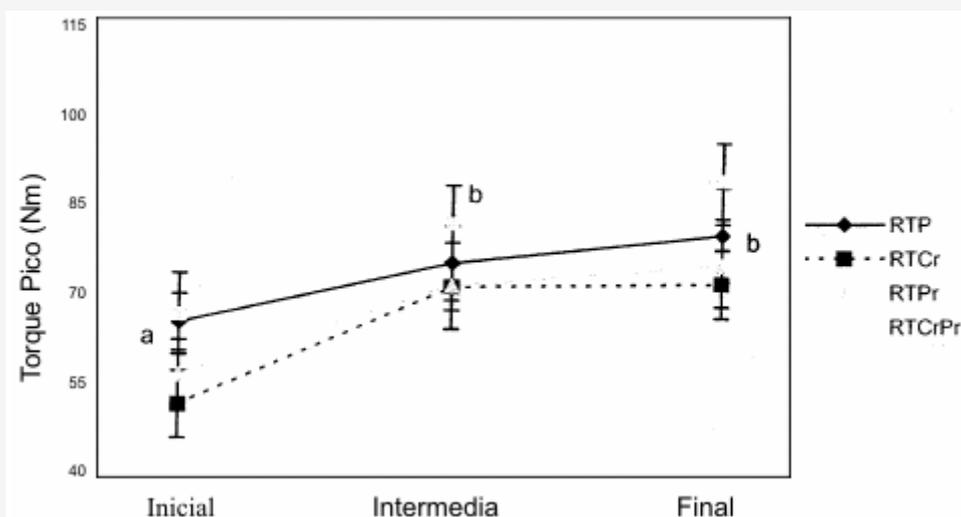
Es interesante observar que la mayor parte de la mejora en el PT en cada una de las 3 velocidades de evaluación en cada grupo muscular, se produjeron en la primera mitad del estudio (semana 8) y que las 8 semanas finales de entrenamiento isotónico no tuvieron una transferencia adicional al PT (Figuras 2-4).

Grupo*	Torque Pico	Potencia Promedio	Tiempo para Alcanzar el Torque Pico
<i>Extensión de Rodillas</i>			
RTP	13.1	22.5	-3.2
RTC <sub>r</sub>	26.8	38.4	-11.1
RTP <sub>r</sub>	9.8	27.5	-14.3
RTC <sub>r</sub> Pr	17.2	26.7	-5.9
<i>Flexión de Rodillas</i>			
RTP	18.8	36.2	-36.8
RTC <sub>r</sub>	30.7	54.6	-19.6
RTP <sub>r</sub>	26.2	42.0	-30.4
RTC <sub>r</sub> Pr	27.6	42.7	-25.9

**Tabla 3.** Porcentaje de cambio en los parámetros isocinéticos a 180°/s luego de 16 semanas de entrenamiento de sobrecarga isotónico. \*RTP - entrenamiento de sobrecarga y placebo; RTC<sub>r</sub> - entrenamiento de sobrecarga y creatina; RTP<sub>r</sub> - entrenamiento de sobrecarga y proteínas; RTC<sub>r</sub>Pr - entrenamiento de sobrecarga, creatina y proteínas.



**Figura 3a.** Comparación del torque pico durante las extensiones de rodilla a 180°/s entre los grupos. (Los datos son presentados como valores medios ± EE, no se observaron diferencias entre los grupos o interacciones significativas grupo por tiempo, pero si se observaron diferencias entre las diferentes evaluaciones a través del tiempo; las letras a, b indican efectos significativos del tiempo).



**Figura 3b.** Comparación del torque pico durante las flexiones de rodilla a 180°/s entre los grupos. (Los datos son presentados como valores medios±EE, no se observaron diferencias significativas entre los grupos o interacciones significativas grupo por tiempo, pero si se observaron diferencias entre las diferentes evaluaciones a través del tiempo; las letras a, b indican efectos significativos del tiempo).

Grupo*	Torque Pico	Potencia Promedio	Tiempo para Alcanzar el Torque Pico
<i>Extensión de Rodillas</i>			
RTP	10.7	15.5	20.0
RTCr	20.8	34.1	-13.3
RTPr	11.2	21.2	-3.4
RTCrPr	10.5	17.4	-1.7
<i>Flexión de Rodillas</i>			
RTP	6.8	22.5	-16.3
RTCr	20.1	41.9	-42.9
RTPr	14.1	28.2	-18.6
RTCrPr	19.8	48.6	-24.6

**Tabla 4.** Porcentaje de cambio en los parámetros isocinéticos a 240°/s luego de 16 semanas de entrenamiento de sobrecarga isotónico. \*RTP - entrenamiento de sobrecarga y placebo; RTCr - entrenamiento de sobrecarga y creatina; RTPr - entrenamiento de sobrecarga y proteínas; RTCrPr - entrenamiento de sobrecarga, creatina y proteínas.

## Resistencia Muscular

Se halló un efecto significativo del tiempo ( $p \leq 0.05$ ) respecto del trabajo total (de 4387 a 5171 J) y de la potencia promedio (de 109 a 133.5 W) obtenidos durante las pruebas de resistencia; sin embargo, no se observó un efecto significativo del grupo o una interacción significativa grupo por tiempo. La Tabla 5 muestra los porcentajes de cambio en el trabajo total y en la potencia promedio. En este caso, al parecer hubo una pequeña diferencia entre las mejoras para cada uno de los 4 grupos.

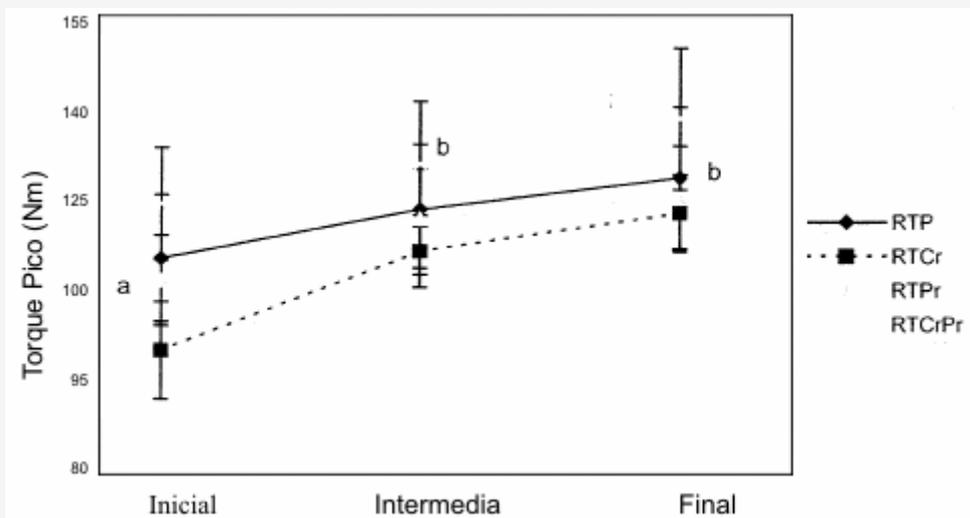
## Composición Corporal y Tamaño Muscular

Se halló un efecto significativo del tiempo ( $p \leq 0.05$ ) respecto del incremento en la FFM total corporal así como también respecto de la FFM de la extremidad inferior derecha ( $p \leq 0.05$ ) para cada uno de los grupos luego del entrenamiento. El incremento promedio de todos los grupos (ya que no hubo diferencias grupales significativas o interacciones significativas grupo por tiempo) fue del 1.7% para la FFM corporal total y del 1.8% para la FFM de la extremidad inferior derecha. También se observaron hallazgos similares (incremento promedio del 18.7%) respecto del área de sección transversal del recto femoral ( $p \leq 0.05$ ), lo que indicó que todos los grupos experimentaron un incremento en la FFM luego del programa

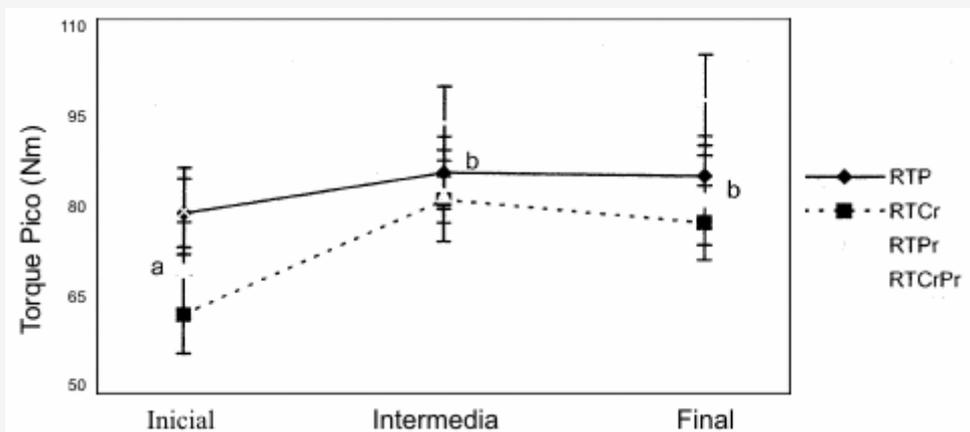
de entrenamiento de sobrecarga pero que los suplementos no provocaron beneficios adicionales.

## DISCUSION

Está bien documentado que los adultos mayores pueden limitar la pérdida de masa muscular mediante la realización de entrenamientos de sobrecarga, produciéndose hipertrofia en ambos tipos de fibra, pero especialmente en las fibras tipo II, dependiendo del modo y de la intensidad del ejercicio (31-33). Una limitación potencial para el incremento de la producción de fuerza luego del entrenamiento en sujetos ancianos es la menor concentración de creatina y fosfocreatina, las cuales son importantes fuentes energéticas para la realización de ejercicios de alta intensidad (7, 18, 34-35). Teóricamente, la suplementación con creatina podría incrementar el cociente entre el trifosfato de adenosina y el difosfato de adenosina (ATP/ADP), facilitando el funcionamiento del sistema trifosfato de adenosina - fosfocreatina (ATP-PC) y estimulando la síntesis de proteínas. Esto por lo tanto, podría provocar que se incremente el volumen de trabajo realizado durante una sesión de ejercicios derivando en mayores incrementos en la FFM y en la fuerza muscular.



**Figura 4a.** Comparación del torque pico durante las extensiones de rodilla a 240°/s entre los grupos. (Los datos son presentados como valores medios±EE, no se observaron diferencias entre los grupos o interacciones significativas grupo por tiempo, pero si se observaron diferencias entre las diferentes evaluaciones a través del tiempo; las letras a, b indican efectos significativos del tiempo).



**Figura 4b.** Comparación del torque pico durante las flexiones de rodilla a 240°/s entre los grupos. (Los datos son presentados como valores medios±EE, no se observaron diferencias significativas entre los grupos o interacciones significativas grupo por tiempo, pero si se observaron diferencias entre las diferentes evaluaciones a través del tiempo; las letras a, b indican efectos significativos del tiempo).

tiempo).

Grupo	Trabajo Total	Potencia Promedio
RTP	17.5	23.8
RTC <sub>r</sub>	26.6	32.4
RTP <sub>r</sub>	15.3	14.5
RTC <sub>r</sub> Pr	13.9	20.3

**Tabla 5.** Porcentaje de cambio en los de la resistencia muscular durante extensiones de rodilla (Test de Fatiga de Thorstensson - Karlsson a 180°/s) luego de 16 semanas de entrenamiento de sobrecarga isotónico. \*RTP - entrenamiento de sobrecarga y placebo; RTC<sub>r</sub> - entrenamiento de sobrecarga y creatina; RTP<sub>r</sub> - entrenamiento de sobrecarga y proteínas; RTC<sub>r</sub>Pr - entrenamiento de sobrecarga, creatina y proteínas.

Rawson et al asignaron a 20 hombres ancianos ( $67 \pm 2$  años de edad) a un grupo placebo o a un grupo suplementado con creatina (18). El grupo suplementado con creatina recibió 30 días de suplementación y todos los sujetos realizaron 5 series de 30 extensiones de rodilla a 60°/s. La suma del PT para cada repetición de extensiones de rodilla fue mayor luego de 10 y 30 días de suplementación (9% de incremento para el grupo suplementado con creatina vs reducción del 5% para el grupo placebo). En un segundo estudio, y, utilizando los mismos procedimientos, se observó un incremento pequeño pero significativo en la suma de los valores de PT en comparación con el grupo placebo (7). Mejoras similares en el PT isocinético luego de la ingesta de creatina fueron observadas también por Vandenberghe et al (36), Jonson et al (37) y Greenhaff et al (38) quienes reportaron que el PT isocinético se incrementó significativamente ( $p \leq 0.05$ ) luego de la suplementación con creatina y en comparación con la suplementación con placebo.

Pearson et al (39), estudiaron a 16 jugadores universitarios de fútbol americano que consumieron creatina (5 g/día) o placebo durante la realización de un programa periodizado para el entrenamiento de la fuerza de 10 semanas de duración. Los parámetros de interés incluyeron la evaluación del PT medido a 60°/s y a 240°/s. Estos investigadores reportaron que no hubo efectos significativos del tiempo, del grupo o interacciones significativas grupo por tiempo respecto del PT a cada velocidad. Los investigadores concluyeron que las medidas del rendimiento estuvieron estrechamente vinculadas al principio de especificidad del entrenamiento, el cual establece que las adaptaciones son específicas a las demandas características impuestas por el entrenamiento (39). Nuestros hallazgos en el presente estudio contradicen los hallazgos de Pearson et al (39). A diferencia de los atletas altamente entrenados utilizados en el estudio previamente mencionado (39), nuestros voluntarios ancianos, saludables pero inactivos, fueron capaces de demostrar mejoras significativas en los parámetros isocinéticos luego de realizar un entrenamiento de sobrecarga isotónico. Las posibles razones de los diferentes resultados podrían ser la diferencia en la duración de los dos programas de entrenamiento, el nivel inicial de aptitud física de los participantes de los dos estudios, o la mejora en el impulso neural en los sujetos ancianos (40).

Solo un estudio examinó los efectos de la suplementación con proteína de suero y creatina durante la realización de un programa de entrenamiento de la fuerza de 12 semanas de duración, sobre el PT isocinético durante extensiones y flexiones de rodilla a 60°/s (25). Los autores indicaron que los grupos suplementados con proteína en suero/creatina y con proteína de suero mostraron incrementos significativos en el PT durante las extensiones de rodilla, y que el PT en el grupo suplementado con proteína de suero/creatina fue significativamente mayor que el observado en el grupo placebo luego del entrenamiento. Respecto de la flexión de rodilla, no hubo efectos significativos del tiempo o del grupo. En el presente estudio se halló un efecto significativo del tiempo ( $p \leq 0.05$ ) para las extensiones y flexiones de rodilla, pero no se hallaron diferencias significativas entre los grupos de entrenamiento.

Los programas efectivos para el entrenamiento de la fuerza han mostrado incrementar la tasa de síntesis de las cabezas pesadas de miosina, lo cual podría contribuir a incrementar la fuerza muscular, siempre que la intensidad del ejercicio de mantenga en un rango apropiado ( $\geq 80\%$  de 1RM). Considerando que las fibras tipo II son las más influenciadas por el entrenamiento de sobrecarga debido a sus características individuales, no debería ser sorprendente que todos los grupos de entrenamiento mostraran mejoras significativas en el tiempo necesario para alcanzar el PT con cada velocidad de evaluación (60°/s, 180°/s y 240°/s).

Durante la realización de ejercicios de alta intensidad y corta duración, la energía necesaria para la síntesis del trifosfato de adenosina es suministrada por los sistemas de la fosfocreatina y la glucólisis anaeróbica. La depleción del sistema de la fosfocreatina ocurre a una tasa extremadamente alta (39). Las investigaciones han mostrado que protocolos similares de

carga de creatina mejoran el PT muscular, la tasa de resíntesis de fosfocreatina, el trabajo total y el tiempo hasta la fatiga durante ejercicios intermitentes de alta intensidad y corta duración (41). Bembem et al, hallaron que luego de 9 semanas de entrenamiento de sobrecarga isotónico, deportistas de nivel universitario mostraron efectos grupales y del tiempo significativos; en donde el grupo suplementado con creatina (carga: 20 g/día; mantenimiento: 5 g/día) tuvo un incremento del 15.9% ( $p \leq 0.05$ ) en el test isocinético de Thorstensson y Karlsson, y los grupos placebo y control no mostraron mejoras en el rendimiento (14). Estos hallazgos son contrarios a los del presente estudio, en el cual se hallaron mejoras significativas en la resistencia muscular isocinética, en el trabajo total y en la potencia promedio, en todos los grupos y sin considerar el tipo de suplementación.

Es interesante señalar que, aun cuando los 4 grupos del presente estudio mostraron mejoras significativas en la resistencia muscular isocinética, el grupo RTCr mostró el mayor incremento en el trabajo total (26.6%) y en la potencia promedio (32.4%) en comparación con los otros 3 grupos de entrenamiento (17.5% y 23.8% respectivamente para el grupo RTP; 15.3% y 14.5% respectivamente para el grupo RTPr; y 13.9% y 20.3% para el grupo RTCrPr; Tabla 4). El nivel de producción de tensión del músculo determina la tasa a la cual se hidroliza el trifosfato de adenosina. La refosforilación del difosfato de adenosina para proveer la energía necesaria para la continuación de las contracciones musculares es obligatoria para la producción de potencia continua. Al incrementar los niveles de reposo de fosfocreatina, se podría retrasar la depleción de la misma y atenuar la declinación en la provisión de trifosfato de adenosina durante la realización de ejercicios intensos (7, 14, 17, 18, 34). Desafortunadamente, este razonamiento no explica porque el grupo RTCrPr no mostró incrementos tan grandes como los observados en el grupo RTCr (26.6% vs. 13.9%, respectivamente para el trabajo total y 32.4% vs. 20.3 para la potencia promedio).

En conclusión, este estudio determinó que los hombres de entre 48 y 72 años de edad, mantienen su plasticidad neuromuscular, ya que fueron capaces de mejorar su función muscular isocinética a 3 velocidades isocinéticas diferentes luego de realizar un entrenamiento isotónico; sin embargo, la suplementación con creatina y/o con proteínas no incrementó significativamente la adaptabilidad muscular. Estos hallazgos tienen dos implicaciones prácticas. Primero, el entrenamiento de un tipo particular de la fuerza en hombres de edad mediana y avanzada no impide el progreso en otros tipos de manifestaciones de la fuerza. Segundo, el gasto de fondos en suplementos de creatina y proteínas para estos hombres podría no tener utilidad.

### Agradecimientos

Este estudio fue parcialmente respaldado por el *Gatorade Sports Sciences Institute*. Los autores también expresan su sincero agradecimiento a los participantes que tomaron parte en el estudio.

### Dirección para el Envío de Correspondencia

Michael G. Bembem, PhD, University of Oklahoma, Department of Health and Exercise Science, Neuromuscular Research Laboratory; 1401 Asp Avenue, Norman, OK 73019, Ph: 405-325-2717, Fax: 405-325-0594 (mgbembem@ou.edu).

## REFERENCIAS

1. Short K. R., Nair K. S (2001). Muscle protein metabolism and the sarcopenia of aging. *Int j. Sport Nutr Exerc Metab.* 11:S119-S127
2. Lexell J, Downham D (1992). What is the effect of aging on type 2 muscle fiber?. *J. Neurol Sci.* 107:250-251
3. Lexell J., Downham D. Sjoström M (1986). Distribution of different fiber types in human skeletal muscle. *J. Neurol Sci.* 72:211-222
4. Mittal K. R., Logmani F. H (1987). Age- related reduction in 8th cervical ventral root myelinated fiber diameters and numbers in man. *J. Gerontol.* 42:8-10
5. Lexell J. Henriksson-Larsen K., Winblad B., Sjoström M (1983). Distribution of different fiber types in human skeletal muscle: Effects of aging studied in whole muscle cross-sections. *Muscle Nerve* 6:588-595
6. Rawson E. S., Claskson P. M (1999). Acute creatine supplementation in older men. *Int J Sport Med.* 20:71-75
7. Schulte J. N., Yarasheski K. E (2001). Effect of resistance training on rate of muscle protein synthesis in frail elderly people. *Int J. Sport Nutr exerc Metab.* 11:S111-S118
8. Bohannon R. W., Larkin P. A., Cook A. C., Gear J., Singer J (1984). Decrease in timed balance test scores with aging. *Phys Ther.* 64:1067-1070
9. Avlund K., Scroll M., Davidsen M (1994). Maximal isometric muscle strength and functional ability in daily activities among 75-years old men and women. *Scand J. Med Sci Sport.* 4:32-40
10. Rantanen T., Guralnik J. M., Sakari-Rantala R, et al (1999). Disability, physical activity and muscle strength in older women. The women's health and aging study. *Arch Phys Med Rehabil.* 80:130-135
11. Jette A. M. Branch L. G (1981). The framingham disability study II. Physical disability among the aging. *Am J. Public Health.*

12. Scheibel A (1985). Falls, motor dysfunction and correlative neurohistologic changes in the elderly. *Clin Geriatr Med.* 1:671-677
13. Bember M. G., Tuttle T. D., Bember D. A., Knehans A. W (2001). Effects of creatine supplementation on isometric force-time curve character. *Med Sci Sports Exerc.* 33:1876-1881
14. Izquierdo M., Ibanez J., Gonzalez- Badillo J., Gororstiaga E. M (2002). Effects of creatine supplementation on muscular power, endurance, and sprint performance. *Med Sci Sports Exerc.* 34:332-343
15. Oldland M. L., MacDougall D. J., Tarnopolsky M. A., Elorriaga A., Borgmann A (1997). Effect of oral creatine supplementation on muscle (PCr) and short- term maximum power output. *Med Sci Sport Exerc* 29:216-219
16. Rawson E. S., Wehnert M. L (1999). Effect of 30 days of creatine ingestion in older men. *Eur J. Appl Physiol Occup Physiol.* 80:139-144
17. Francaux M., Poortmans J. R (1999). Effect of training and creatine supplementation on muscle strength and body mass. *Eur J appl Physiol Occup Physiol.* 80:165-168
18. Ziegenfuss T. N., Lowery L. M., Lemon PWR (1998). Acute fluid volume changes in men during three days of creatine supplementation. *J. E. R. online* 1:1-8
19. Vandenberghe K., Goris M., Van Hecke P., Van Leemputte P., Van Gerven M., Hespel L (1996). Prolonged creatine intake facilitates the effects of strength training on intermittent exercise capacity. In Marconnet P, ed. *First Annual Congress in Sports Science, the European Perspective. Book of Abstracts. Eur. College Sport Sci.* 576-577
20. Smith S. A., Montain S. J., Matott RP., Zietara GP., Jolesz FA., Fielding RA (1998). Creatine supplementation and age influence muscle metabolism during exercise. *J Appl Physiol.* 85:1349-1356
21. Esmarck B., Anderson JL, Olsen S., Richter EA, Mizuno M., Kjaer M (2001). Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol.* 535:301-311
22. McArdle W., Katch V (2001). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance.* Baltimore, Md: Lippincott Williams & Williams 583-93
23. Burke D. G., Chilibeck P. D., Davison K. S., Candow D. G., Farthind J., Smith-Palmer T (2001). The effect of whey protein supplementation with and without creatine monohydrate combined with resistance training on lean tissue mass and muscle strength. *Int J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 11:349-364
24. Harries U. J., Bassey E. J (1990). Torque-velocity relationship for the knee extensors in women in their 3rd and 7th decades. *Eur J. Appl Physiol Occup Physiol.* 60:187-190
25. Harridge SDR., White M. J (1993). A comparison of voluntary and electrically evoked isokinetic plantar flexor torque in males. *Eur J. Appl Physiol Occup Physiol.* 66:343-348
26. Gibala MJ (2002). Dietary protein, amino acid supplements, and recovery from exercise. *Gatorade Sports Science Institute Sports Science Exchange.* 15:1-4
27. Hultman E., Soderland K., Timmons J. A., Cederbald G., Greenhaff P. L (1996). Muscle creatine loading in men. *J. Eppl Physiol.* 81:232-237
28. Thorstensson A., Karlsson J (1976). Fatiguability and fiber composition of human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand.* 98: 318-322
29. Gonyea W., Sale D (1982). Physiology of weight lifting exercise. *Arch Phys Med Rehabil.* 63. 235-237
30. Mac Dougall JD, Elder GCB, Sale DG., Moroz JR., Sutton JR (1980). Effects of strength training and immobilization on human muscle fibers. *Eur J. Appl Physiol Occup Physiol.* 43:25-34
31. Grimby G (1988). Physical activity and the effects on muscle training in the elderly. *Am Clin Res.* 20:62-66
32. Chrusch M. J., Chiliberck P. D., Chad K. E., Davison K. S., Burke D. G (2001). Creatine supplementation combined with resistance training in older men. *Med Sci Sports Exerc.* 33: 2111-2117
33. Vandenberghe K., Gillis N., Van Leemputte M (1996). Caffeine counteracts the ergogenic action of muscle creatine loading. *J. Appl Physiol.* 80: 452-457
34. Johnson K. D., Smodic B., Hill R (1997). The effects of creatine monohydrate supplementation on muscular power and work (abstract). *Med Sci Sports Exerc.* 29:S251
35. Greenhaff P. L., Casey A., Short A. H (1993). Influence of oral creatine supplementation of muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clin Sci* 84:565-571
36. Pearson D. R., Hamby D. G., Russel W., Harris T (1999). Long-term effects of creatine monohydrate on strength and power. *J Strength Cond Res.* 13:187-19
37. Enoka R. M (1988). Muscle strength and its development: New perspectives. *Sports Med.* 6:146-168
38. Preen D., Dawson B., Goodman C., Lawrence S., Beilby J., Ching S (2001). Effect of creatine loading on long-term sprint exercise performance and metabolism. *Med Sci Sports Exerc.* 33:814-821

### Cita Original

Carter JM, Bembem DA, Knehans AW, Bembem MG, Witten MS Does Nutritional Supplementation Influence Adaptability of Muscle to Resistance Training in Men Aged 48 to 72 Years. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, Vol. 28;2:05 pp. 40-47