

Efecto del Entrenamiento Concurrente de Fuerza y de Resistencia sobre las propiedades del músculo esquelético y concentraciones hormonales en humanos

BELL G. J.; SYROTUIK D.; MARTIN T. P.;
BURNHAM R.; QUINNEY H. A.

Faculty of Physical Education and Recreation, University of Alberta,
Edmonton, Alberta, T6G 2H9, CANADA

European journal of applied physiology; vol. 81, no5, pp. 418-427; año:2000.

Dynamic Sports Group - National Council On Strength & Fitness

ORIGINAL ARTICLE

G.J. Bell · D. Syrotuik · T.P. Martin · R. Burnham
H.A. Quinney

Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans

Accepted: 10 November 1998

Abstract The purpose of this study was to investigate the effect of concurrent strength and endurance training on strength, endurance, endocrine status and muscle fibre properties. A total of 45 male and female subjects were randomly assigned to one of four groups: strength training only (S), endurance training only (E), concurrent strength and endurance training (SE), or a control group (C). Groups S and E trained 3 days a week and the SE group trained 6 days a week for 12 weeks. Tests were made before and after 6 and 12 weeks of training. There was a similar increase in maximal oxygen consumption ($\dot{V}O_{2max}$) in both groups E and SE ($P < 0.05$). Leg press and knee extension one repetition maximum (1 RM) was increased in groups S and SE ($P < 0.05$) but the gains in knee extension 1 RM were greater for group S compared to all other groups ($P < 0.05$). Type I and II muscle fibre area increased after 6 and 12 weeks of strength training and after 12 weeks of combined training in type II fibres only ($P < 0.05$). Groups SE and E had an increase in succinate dehydrogenase activity and group E had a decrease in adenosine triphosphatase after 12 weeks of training ($P < 0.05$). A significant increase in capillary per fibre ratio was noted after 12 weeks of training in group SE. No changes were observed in testosterone, human growth hormone or sex hormone binding globulin concentrations for any group but there was a greater urinary cortisol concentration in the women of group SE and decrease in the men of group E after 12 weeks of training ($P < 0.05$). These findings would support the contention that combined strength and en-

durance training can suppress some of the adaptations to strength training and augment some aspects of capillarization in skeletal muscle.

Key words Muscle fibre type · Capillarization · Adenosine triphosphatase · Succinate dehydrogenase · Maximal oxygen consumption

Introduction

Strength and endurance training have been performed concurrently in an attempt to improve performance in particular sports (Bell et al. 1991, 1997) and military tasks (Kraemer et al. 1995) as well as for rehabilitation from injury and cardiovascular disease (McCartney et al. 1991). It has also been shown that the addition of endurance training during the recovery from muscle graft surgery in rats can limit muscle hypertrophy (Esser and White 1990). The physiological stimuli directed to skeletal muscle as a result of strength training and endurance training are divergent in nature and it has been suggested that they may even be antagonistic to gains in strength (Hickson 1980; Dudley and Djamil 1985; Hunter et al. 1987). Recent research has shown some attenuation in muscle power and strength adaptations, after concurrent strength and endurance training compared to a single mode of training, that was related to a lack of change of some aspects of skeletal muscle morphology and the response of certain serum hormones to exercise (Kraemer et al. 1995). Research in our laboratory has shown some support for a lack of change in skeletal muscle cross-sectional area (Bell et al. 1991) and an elevated urinary free cortisol concentration (UCT) in women (Bell et al. 1997) after performing combined strength and endurance training. Thus, the majority of research has supported the contention that the adaptations to strength training are different when combined with endurance training and the physiological basis for this may be linked to an interaction between an elevated

G.J. Bell (✉) · D. Syrotuik · T.P. Martin · H.A. Quinney
Faculty of Physical Education and Recreation,
University of Alberta,
Edmonton, Alberta, Canada, T6G 2H9
R. Burnham
Division of Physical Medicine and Rehabilitation,
University of Alberta,
Edmonton, Alberta, Canada, T6G 2H9

Objetivo del Estudio:

Investigar los efectos del entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia sobre la fuerza, la resistencia aeróbica, propiedades del músculo esquelético y concentraciones de hormonas

Hipótesis:

Si las ganancias de fuerza que ocurren como resultado del entrenamiento de la fuerza, al ser combinado con el entrenamiento de la resistencia, podría haber un estado más alto catabólico como lo pueden evidenciar las altas concentraciones de cortisol y una falta de cambio en el tamaño de la fibra muscular



Variables a tener en cuenta:

* $VO_{2\text{máx}}$

* 1 MR en Press de piernas y extensión de rodillas

* morfología y capilarización muscular

* enzimas metabólicas musculares:

-mATPasa: abundan en las fibras tipo II, es clave en la hidrólisis del ATP, transforma energía química en energía mecánica.

-SDH (Succinato deshidrogenasa): enzima oxidativa, que se encuentra en la membrana mitocondrial e interviene en el ciclo de Krebs y en la cadena de transporte de electrones.

-\alphaGPD (Alfa Glicerol fosfatodeshidrogenasa): es un marcador del metabolismo anaeróbico, interviene en la glucólisis.

**concentraciones hormonales (testosterona, SHBG, GH, cortisol)*

Métodos:

45 sujetos hombres y mujeres, separados al azar en 4 grupos:

- 1) Entrenamiento de la fuerza solamente (7 hombres - 4 mujeres)
- 2) Entrenamiento de la resistencia aeróbica solamente (7 hombres - 4 mujeres)
- 3) **Entrenamiento concurrente** (combinado) de fuerza y resistencia (8 hombres - 5 mujeres)
- 4) Grupo de control (5 hombres - 5 mujeres)

Características de los sujetos:

Eran todos estudiantes universitarios físicamente activos y con cierta experiencia en ambos tipos de entrenamiento.

Edad: 22.3 (± 3.3) años. ; Altura: 176,0 ($\pm 9,3$) cm.; Peso corporal: 73,4 (± 11.6) kg.



El diseño del estudio incluyó 12 semanas consecutivas de entrenamiento en períodos para todos los grupos, excepto el grupo C.



Protocolo:

Grupo Fuerza y Grupo Resistencia: entrenaban 3 veces por semana (lunes, miércoles y viernes)

Grupo combinado: realizaba idénticos regímenes de entrenamiento de fuerza y resistencia en días alternados (6 días por semana). Los 2 tipos de entrenamiento en el grupo Combinado eran realizados en diferentes días (para evitar un empeoramiento en la fuerza).

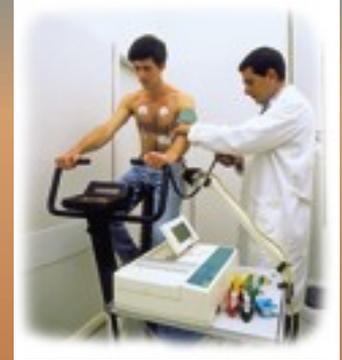
Las mediciones se hicieron antes, 6 semanas y 12 semanas después del entrenamiento.

- Los análisis del músculo esquelético se hicieron a través de biopsias del vasto lateral derecho (técnica de Bergstrom, 1962)
- Se utilizaron procedimientos histoquímicos cuantitativos para determinar la actividad enzimática de la ATPasa miofibrilar, la SDH, y la GPD, en idénticas fibras y secciones seriales para todas las enzimas, permitiendo además la distinción entre los tipos de fibras.
- La vista de los capilares en las secciones del tejido muscular fue de acuerdo a la técnica de Anderson (1975). La relación capilar por fibra fue determinada a partir del número de capilares alrededor de cada fibra.
- Las muestras de sangre fueron obtenidas de la vena antecubital en reposo después de 48-72hs de no entrenamiento para determinar las concentraciones de T, GH, y SHBG.
- Las muestras de orina para determinar el cortisol fueron obtenidas en un período de 24hs



Test Fisiológicos:

El $VO_{2\text{máx}}$ y el Umbral Ventilatorio se determinaron con un protocolo de ejercicio incremental estándar (inicio con 60 W por 2', seguido por incrementos de 40 W cada 2', pedaleando a 60 rpm hasta la fatiga, utilizando un ciclo-ergómetro Monark).



La fuerza muscular se determinó con un test de 1 MR para el press de piernas inclinado a 45° y extensión unilateral de rodillas de la pierna dominante, ambos con un ROM de 90°.



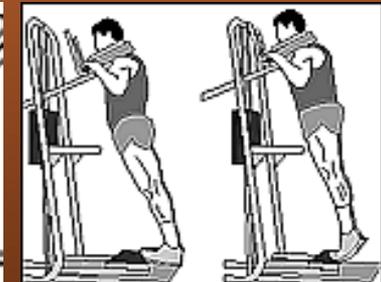
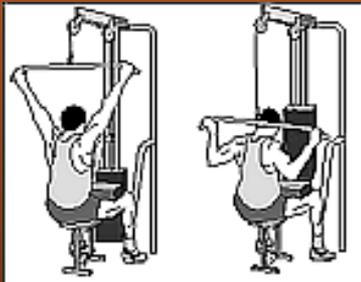
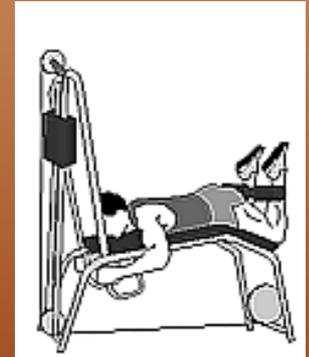
Programa de Entrenamiento Físico

Entrenamiento de la Fuerza

Grupo Fuerza y Grupo Combinado: utilizaron máquinas Universal y pesas libres

Ejercicios: press de piernas, flexión y extensión unilateral de rodillas, y elevación de gemelos bilateral, press de banco, dorsalera sentado, press de hombros y curls de bíceps.

Intensidad: 72-84% de 1 MR,
4-12 rep., 2 a 6 series,
y aumentaba 4% cada 3 semanas.



Programa de Entrenamiento Físico

Entrenamiento de Resistencia Aeróbica

Grupo de Resistencia y Grupo Combinado: utilizaron cicloergómetros Monark. El entrenamiento aeróbico *continuo*, fue realizado 2 veces por semana y empezaba con 30' y progresaba hasta 42' (aumentaba 4' cada 4 semanas). La intensidad era equivalente a una potencia de umbral ventilatorio de 173 W (promedio)

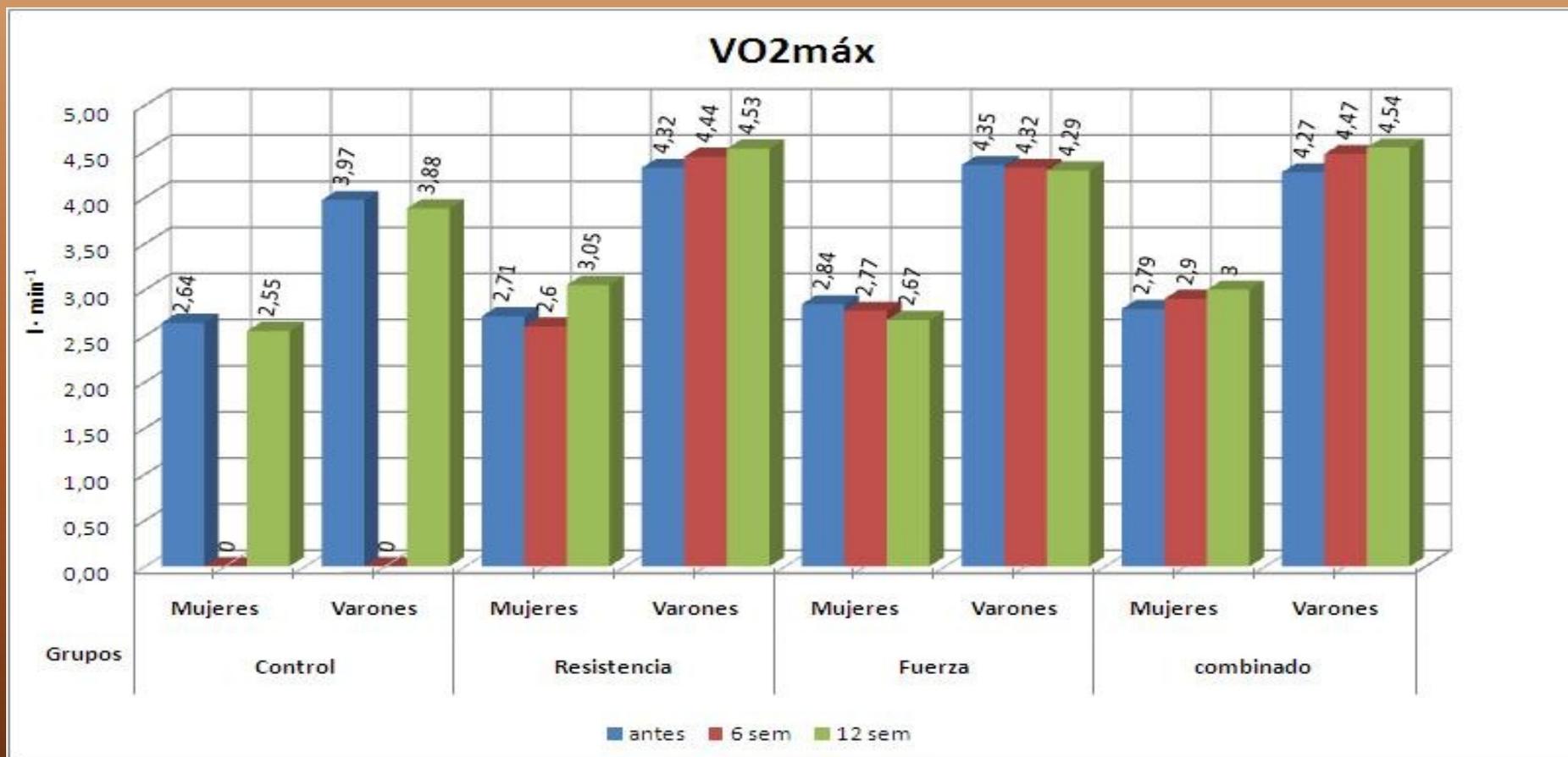
Las sesiones de entrenamiento aeróbico *por intervalos*, se realizaban una vez por semana, en un bloque de 3'x3' (90% del $VO_{2máx}$, es decir, 291 W) y empezaban con 4 series y aumentaban una serie cada 4 semanas hasta que 7 series eran completadas. Las intensidades luego eran re-calculadas después de 6 semanas (189 W, para el continuo; y 301 W, para el intervalado)

El **Grupo Combinado** realizó los programas de entrenamiento de la fuerza y de resistencia aeróbica en **días alternados** durante las 12 semanas. Ambos programas eran actualizados en la mitad del estudio, a las 6 semanas, para optimizar las intensidades.

Resultados

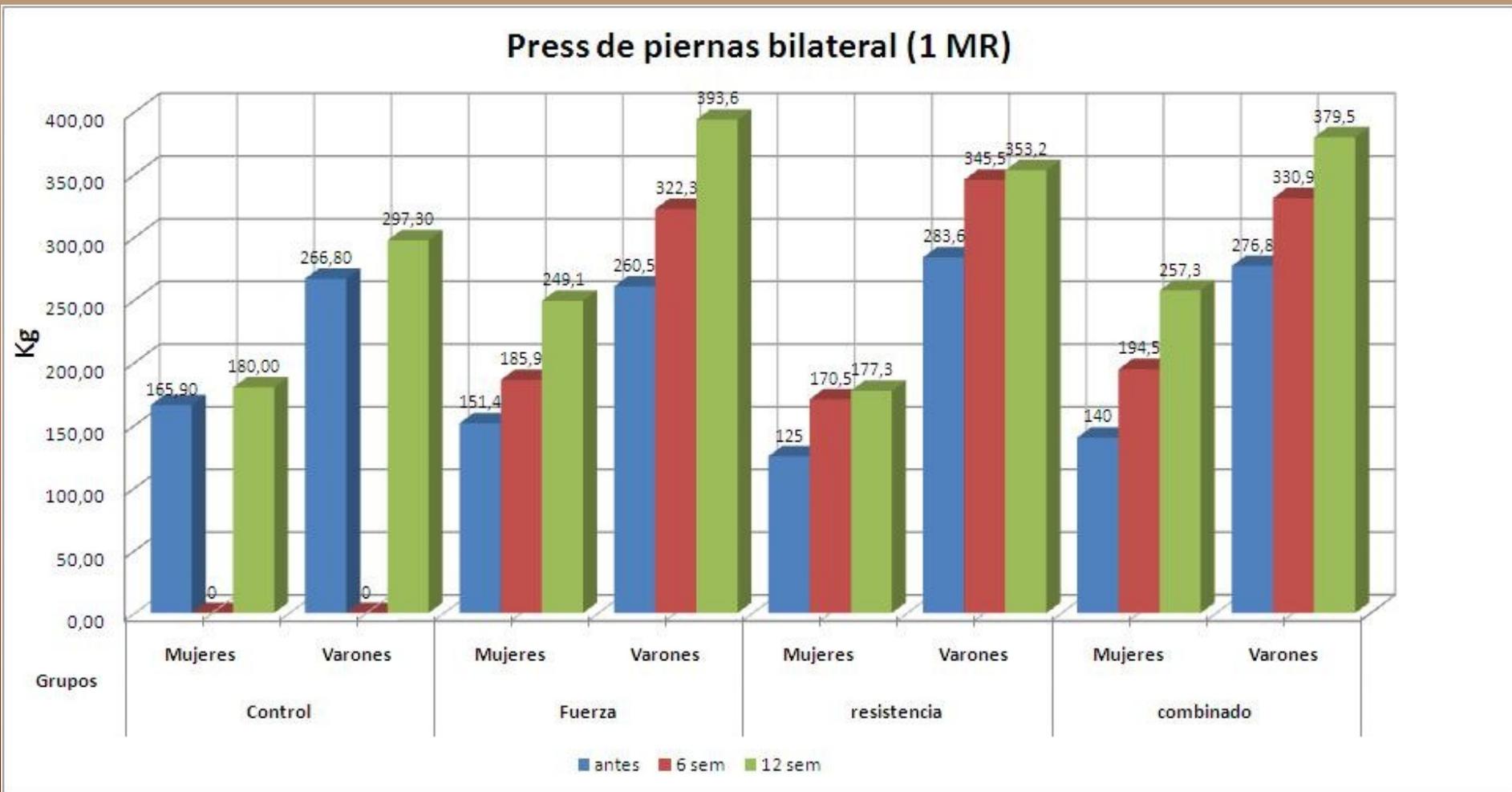
Hubo un efecto principal significativo para el sexo, indicando que los hombres tenían un $\text{VO}_{2\text{máx}}$, 1MR de press de piernas bilateral y 1 MR de extensión unilateral de rodillas más altos, que las mujeres. Pero ambos cambiaron similarmente.

Los grupos de Resistencia y Combinado aumentaron significativamente el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ después de 12 semanas, superando a los grupos de Fuerza y de Control



Resultados

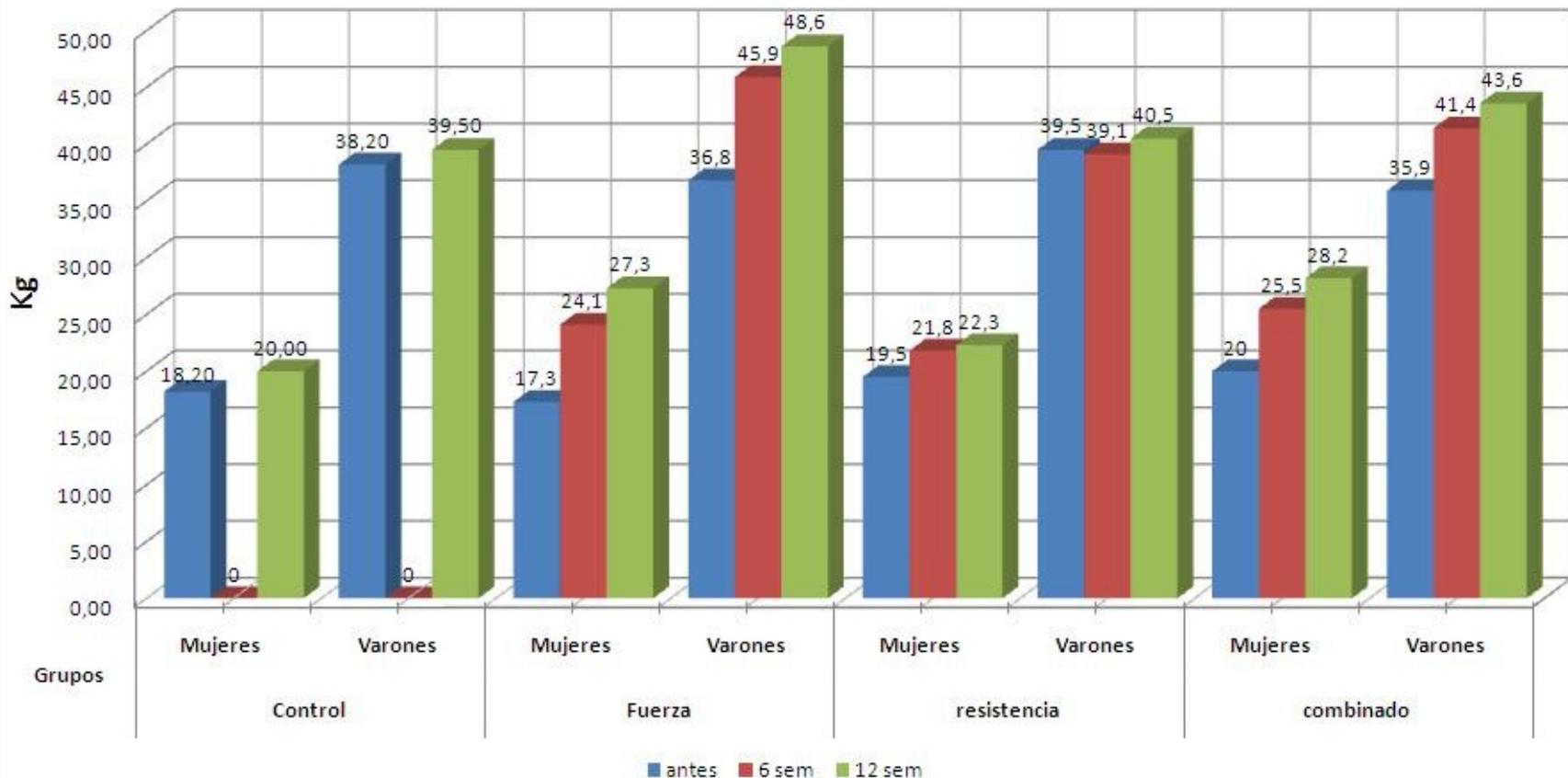
Los grupos de Fuerza y Combinado, tanto mujeres como hombres, mostraron aumentos significativos de la fuerza muscular.



Resultados

El grupo de Resistencia mostró poco cambio en la extensión de piernas pero sí un aumento significativo en el press de piernas bilateral inclinado después de 6 semanas solamente.

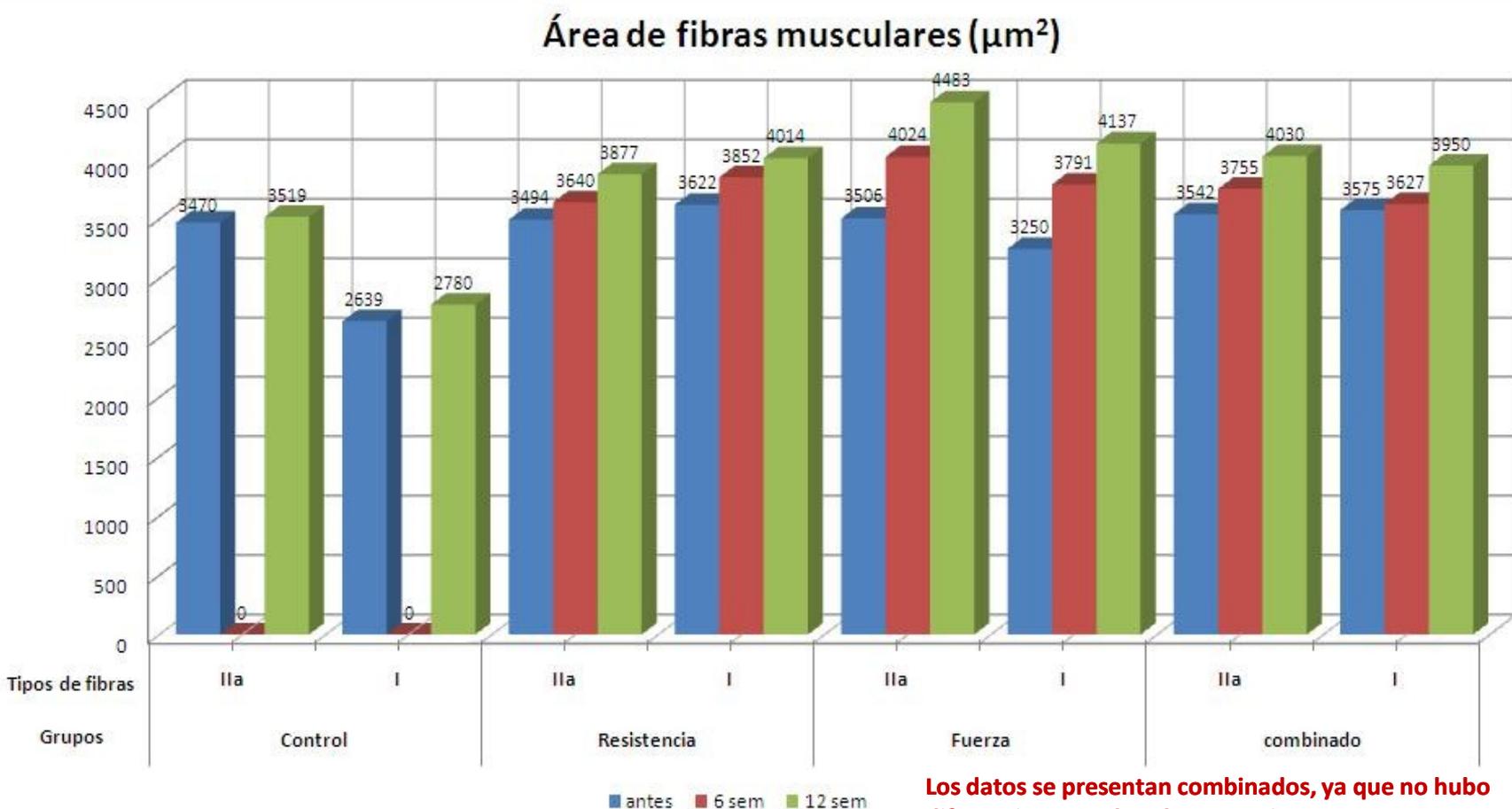
Extensión unilateral de rodillas (1 MR)



Resultados

Morfología muscular y actividad enzimática

Hubo un aumento significativo en el área de las fibras tipo II después de 12 semanas en el grupo Combinado, pero fue menor respecto al grupo de Fuerza después de 12 semanas.



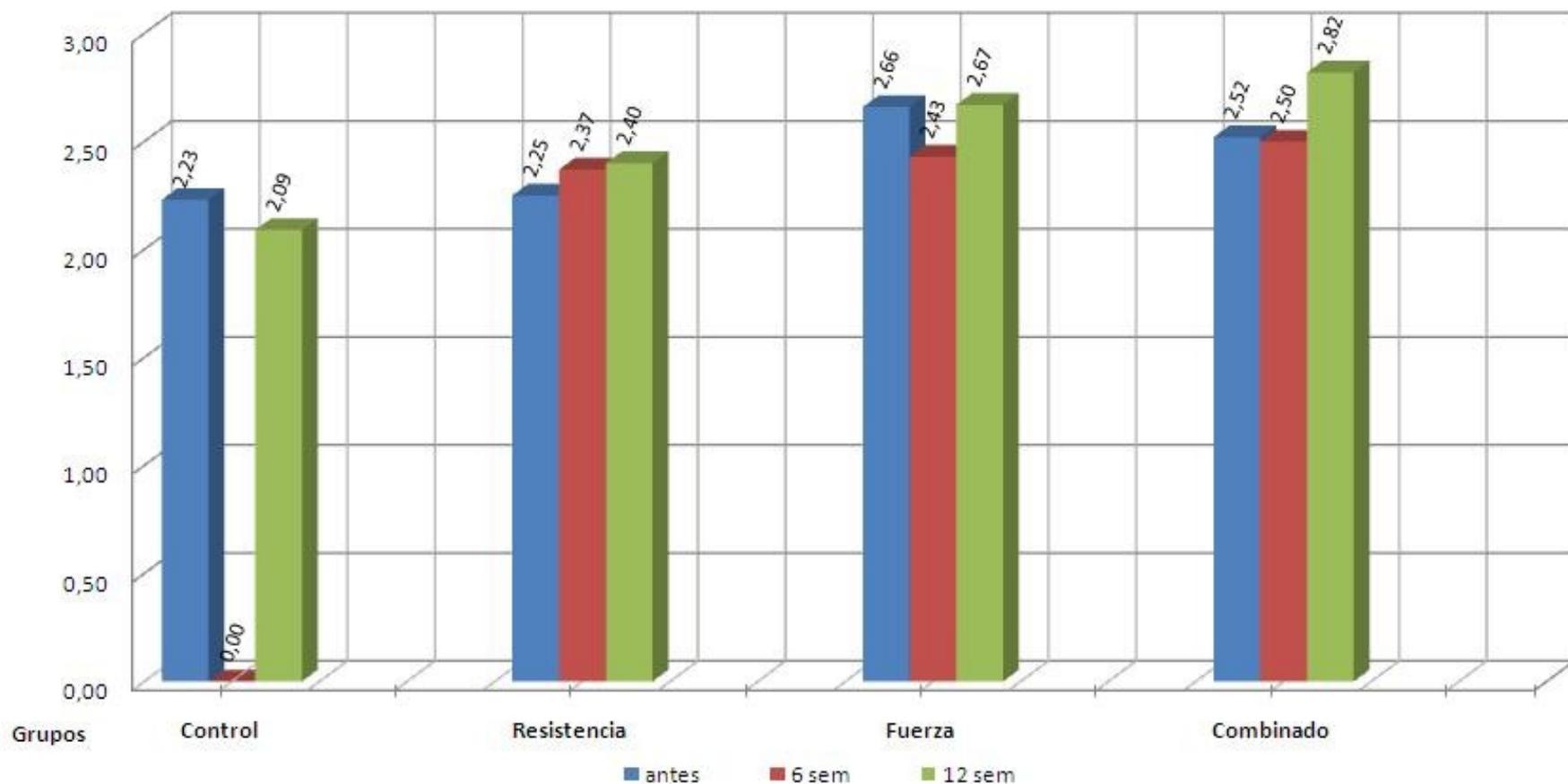
Los datos se presentan combinados, ya que no hubo diferencias entre hombres y mujeres.

Resultados

Morfología muscular y actividad enzimática

El grupo Combinado aumentó significativamente la capilarización después de 12 semanas, aún más alto que el grupo Control

Relación Capilares por Fibra Muscular

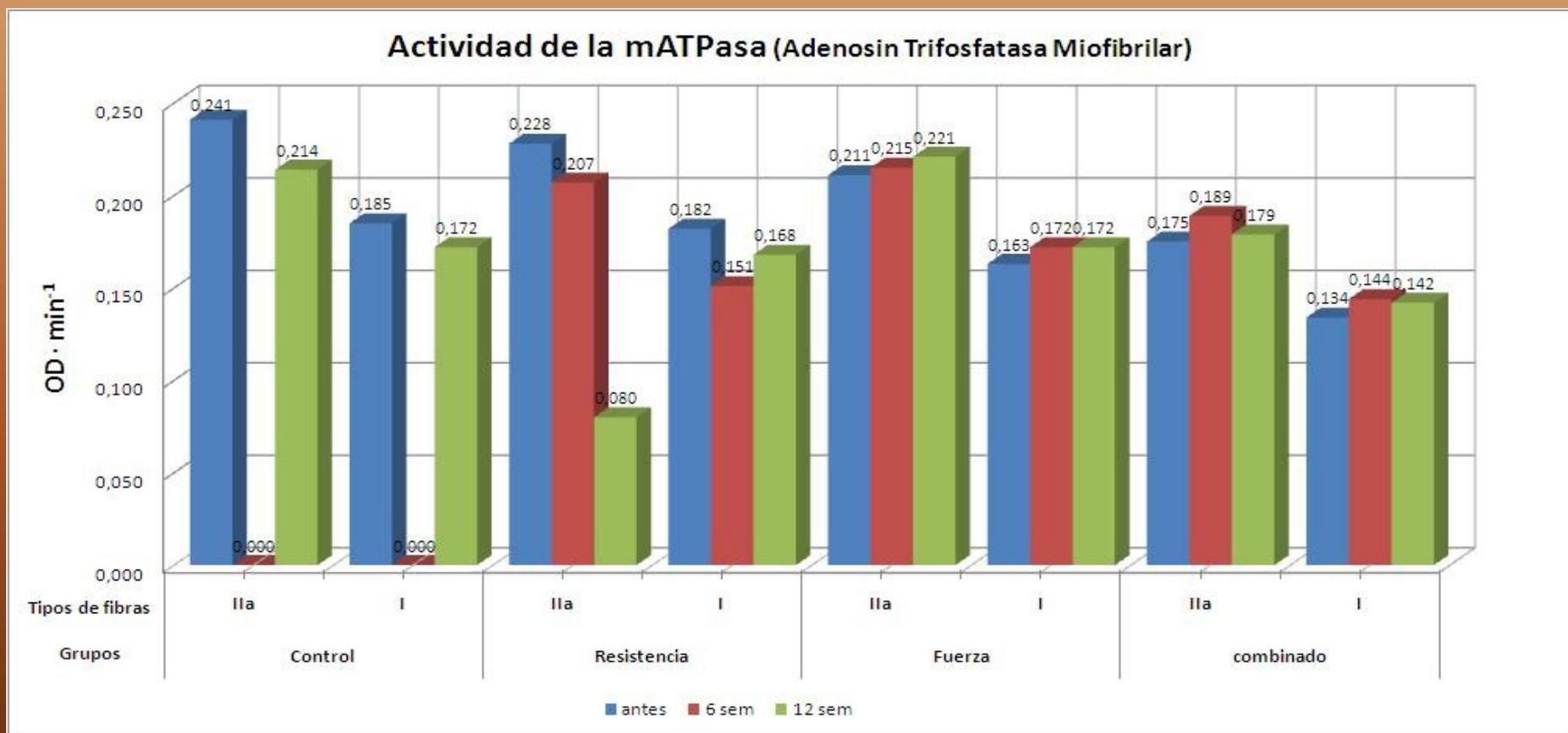


Resultados

Morfología muscular y actividad enzimática

La actividad de la ATPasa miofibrilar disminuyó en los grupos Control y Resistencia en las fibras tipo II después de 12 semanas.

La actividad de la mATPasa en las fibras tipo II fue más alta en el grupo Fuerza comparado al grupo Combinado, después de 12 semanas.

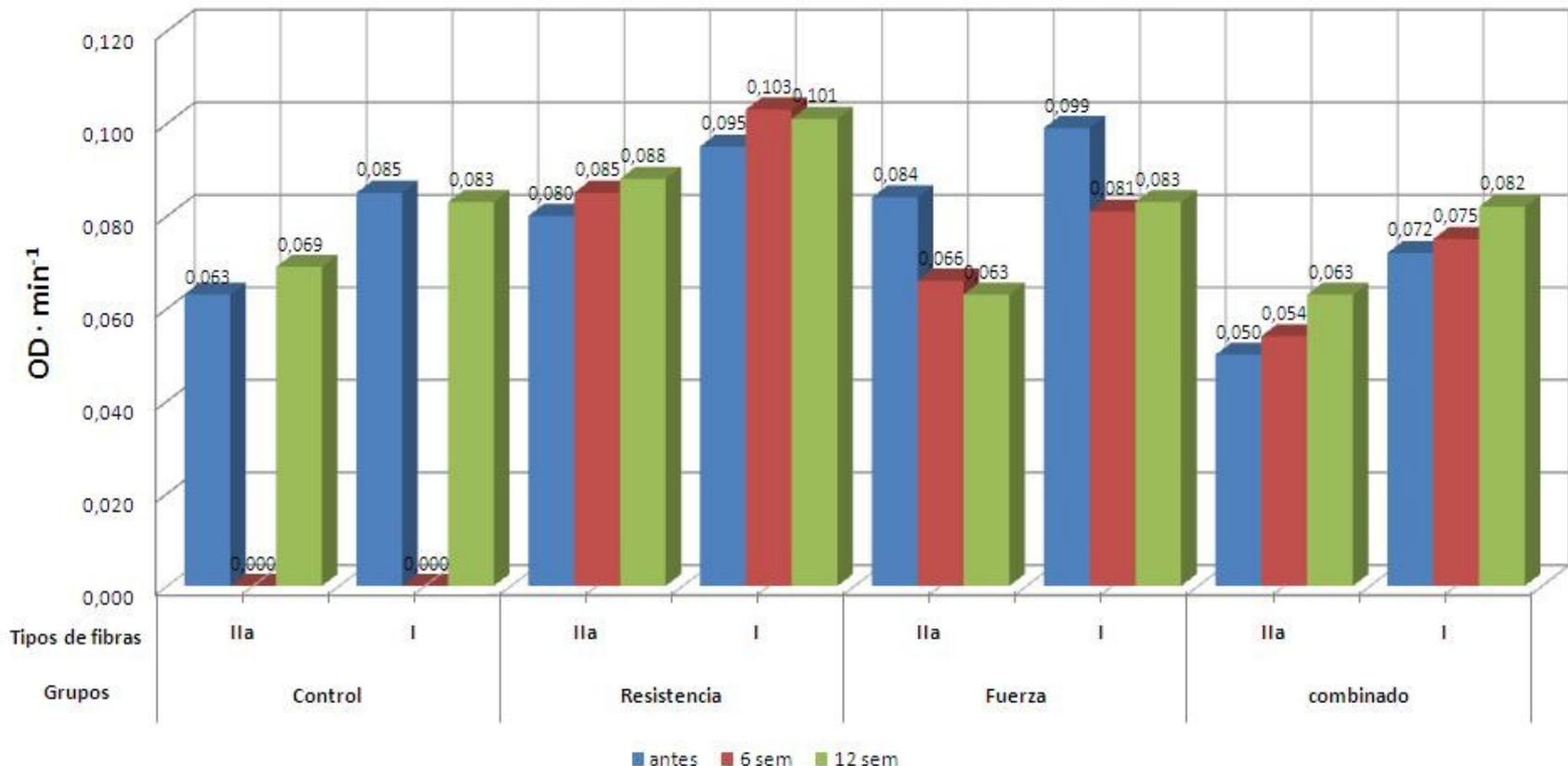


Resultados

Morfología muscular y actividad enzimática

La SDH aumentó significativamente en el grupo Combinado y en el grupo Resistencia después de 12 semanas de entrenamiento.

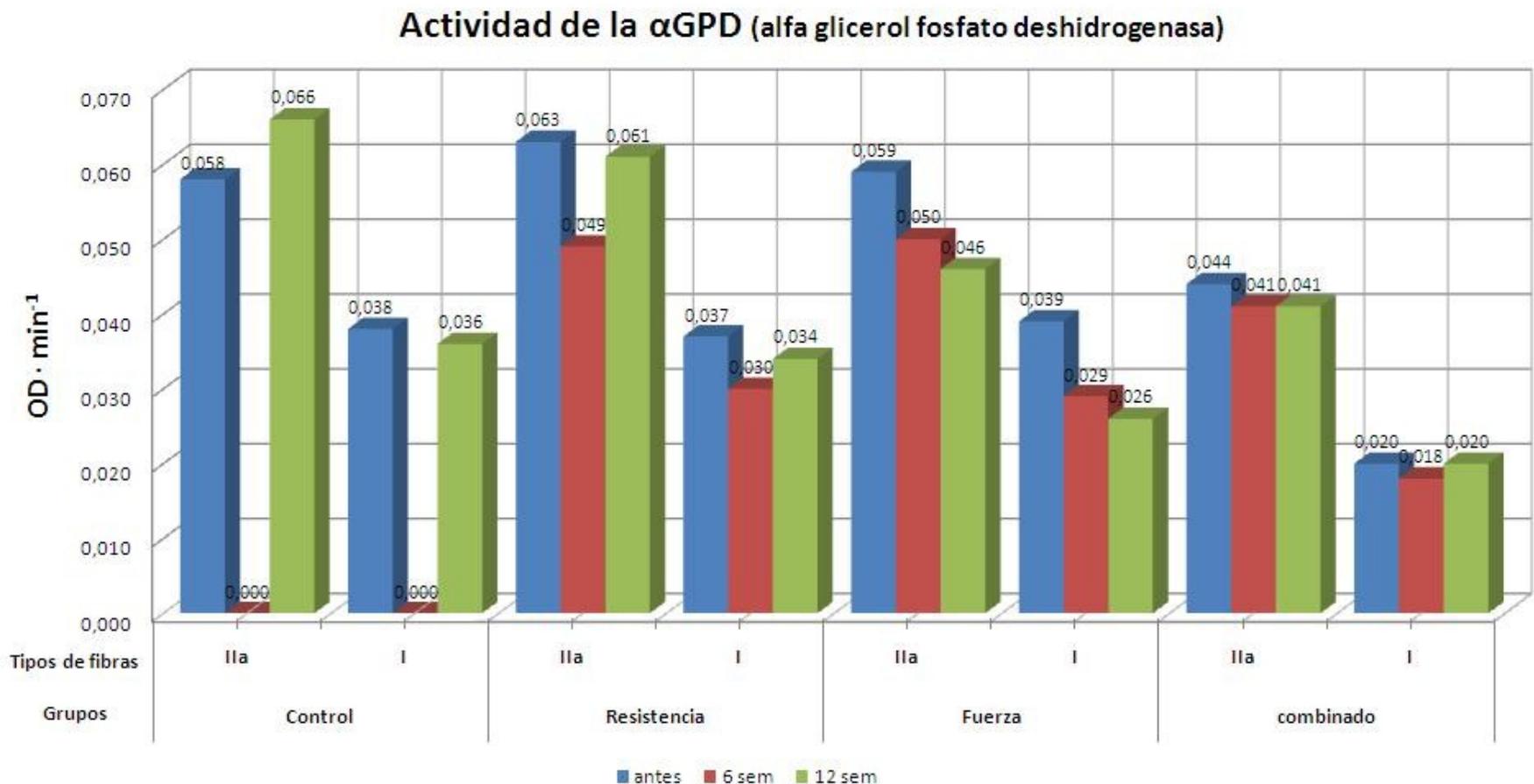
Actividad de la SDH (Succinato deshidrogenasa)



Resultados

Morfología muscular y actividad enzimática

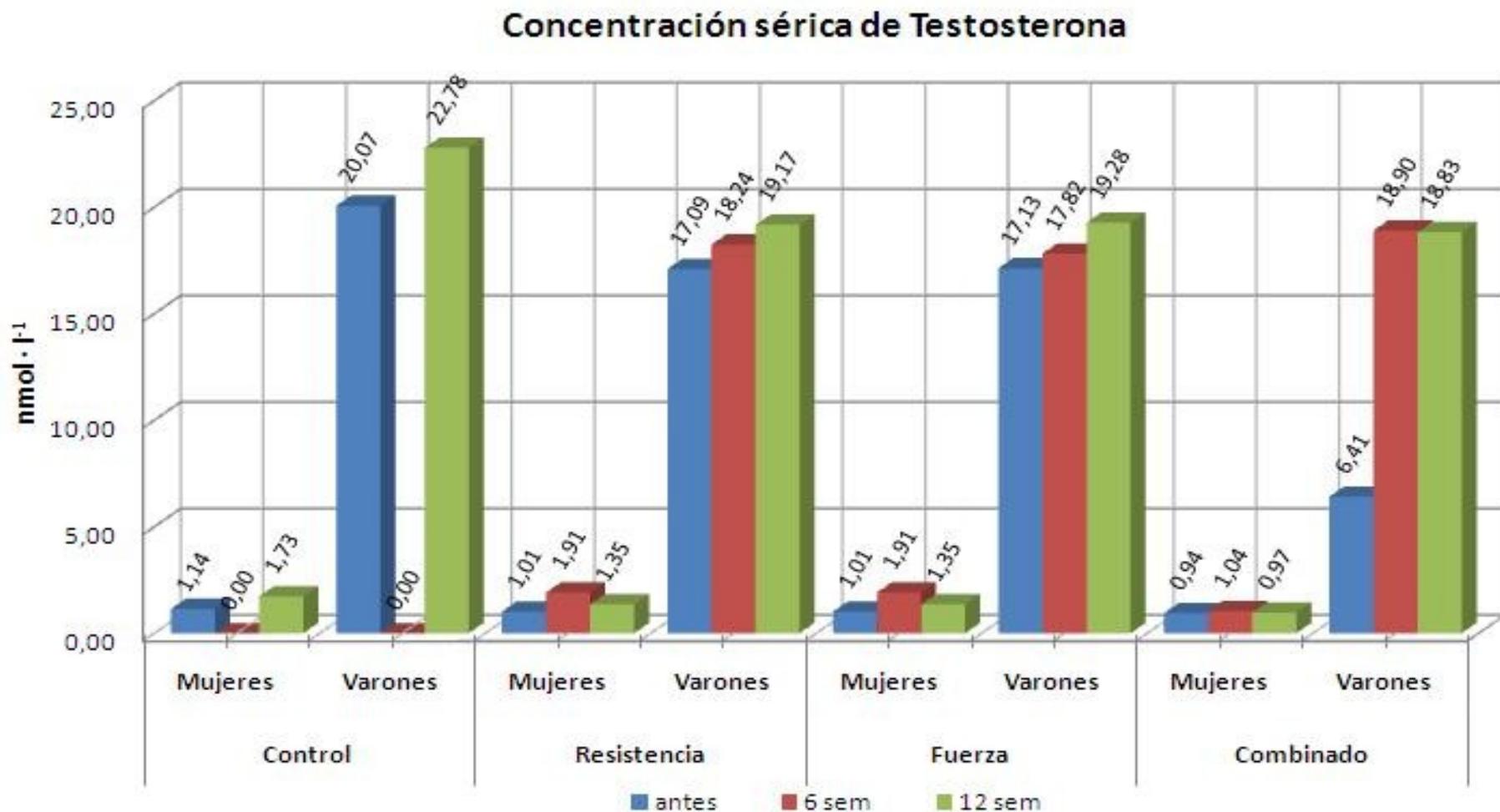
No hubo cambios significativos en la α GPD ya sea en los tipos de fibras, grupo o sexo, después de 12 semanas de entrenamiento.



Resultados

Concentración sérica de hormonas

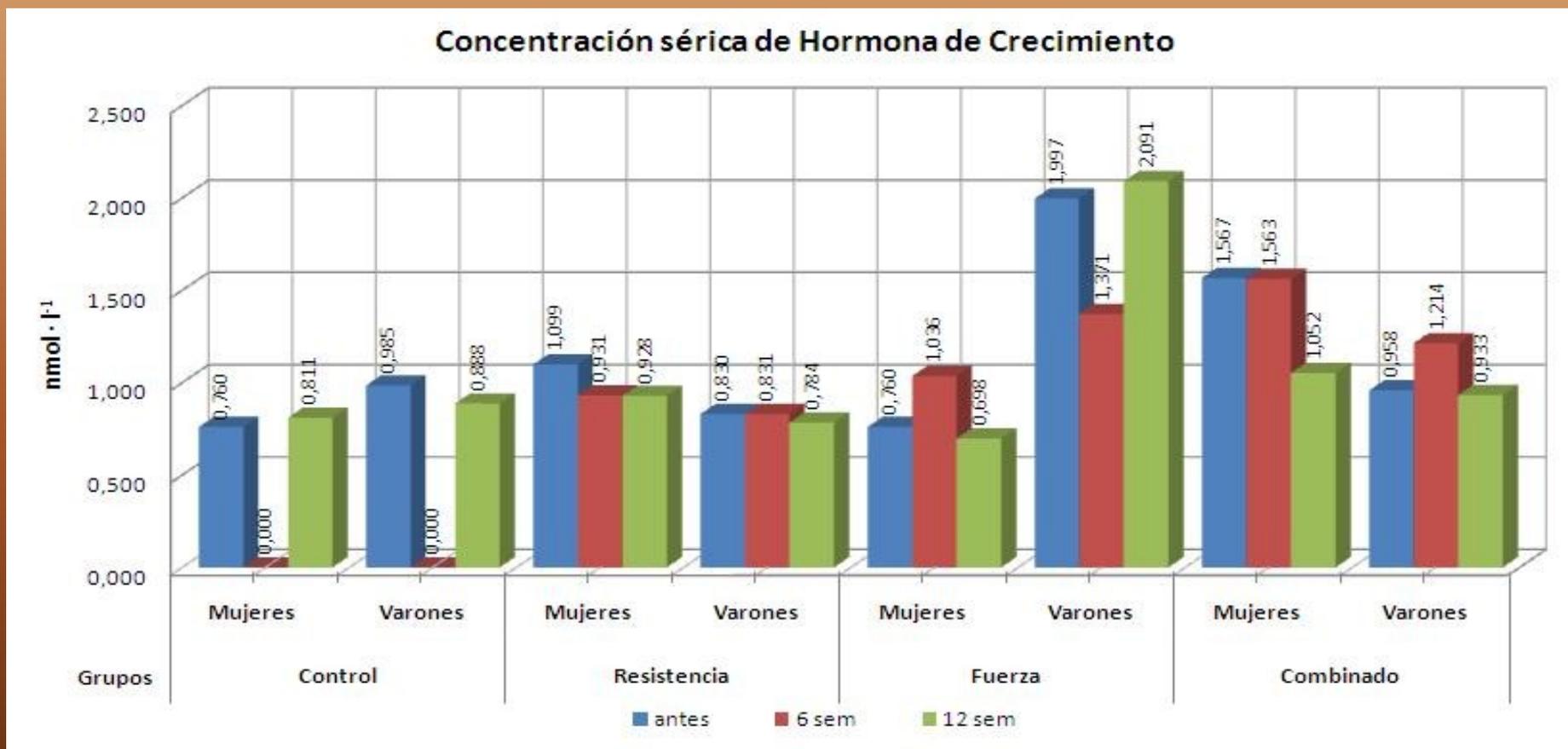
La testosterona sérica fue más alta en los hombres, pero no hubo cambios significativos después de 12 semanas de entrenamiento.



Resultados

Concentración sérica de hormonas

No hubo cambios significativos luego de 12 semanas de entrenamiento. Aunque en los varones del grupo de Fuerza tuvieron los valores más altos.

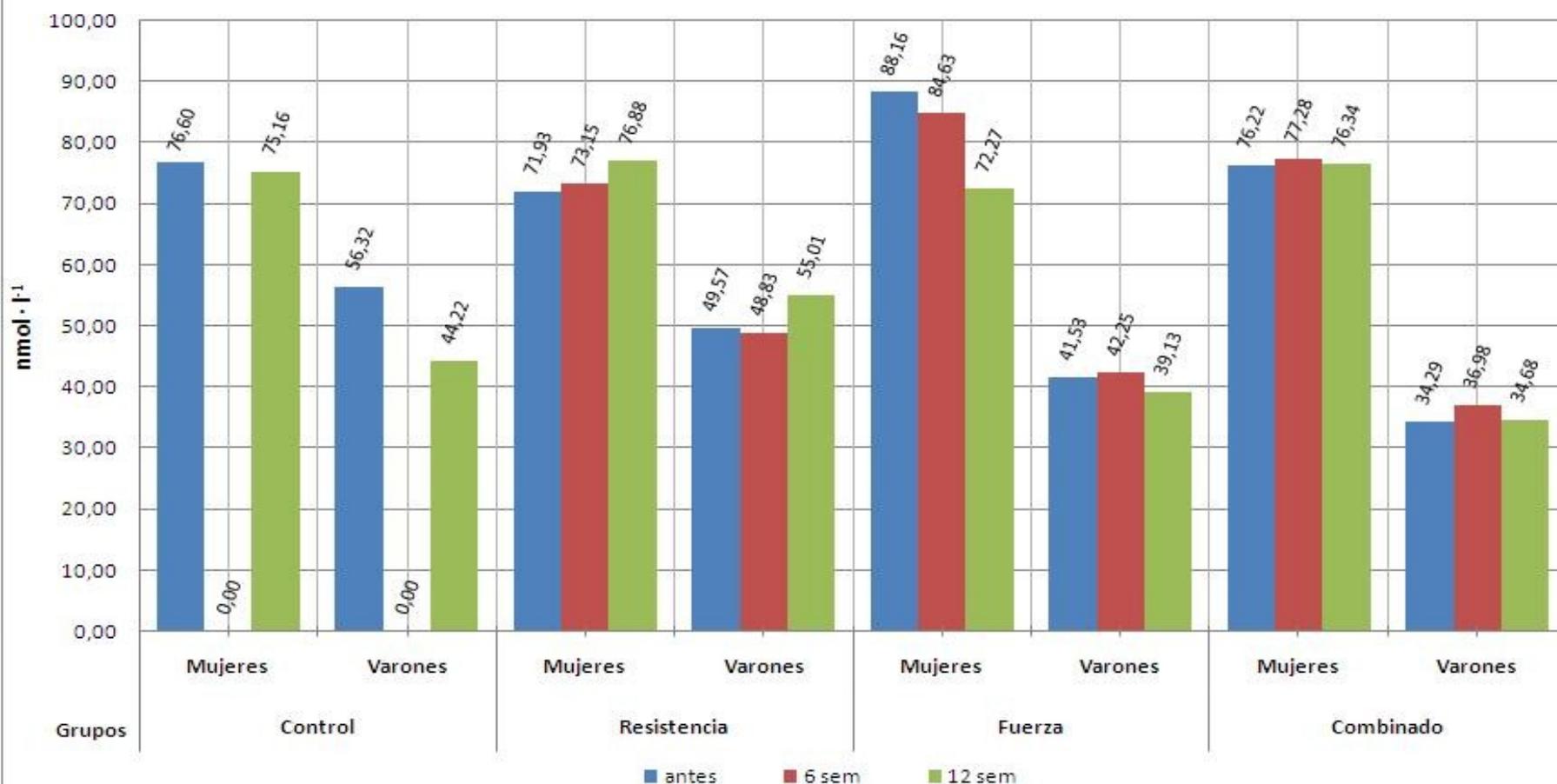


Resultados

Concentración sérica de hormonas

No hubo cambios significativos después de 12 semanas de entrenamiento. Aunque las mujeres tuvieron los valores más altos.

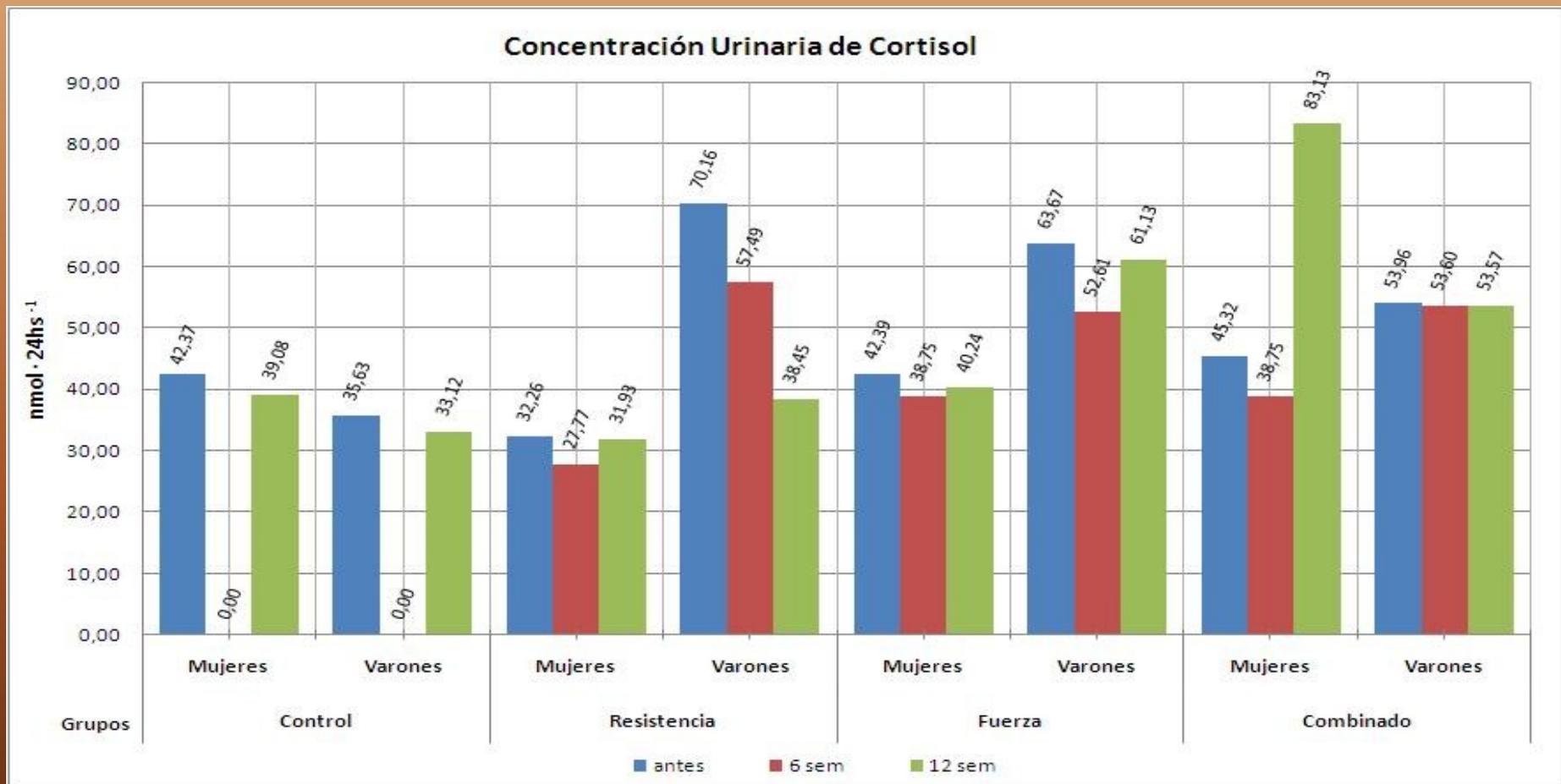
Concentración sérica de Globulina Ligada a la Hormona Sexual (SHBG, sex hormone binding globulin)



Resultados

Concentración urinaria de Cortisol (24 horas)

La concentración urinaria de Cortisol fue significativamente menor en los hombres del grupo Resistencia después de 12 semanas de entrenamiento y aumentó significativamente después de 6 y 12 semanas de entrenamiento en las mujeres del grupo Combinado y fue el más alto comparado a todos los grupos después de 12 semanas de entrenamiento.



Conclusiones

- El efecto global del entrenamiento concurrente es que alguna interferencia con el desarrollo de la fuerza puede ocurrir y esto es específico al patrón de movimiento particular.
- La razón por estas reducidas ganancias de fuerza con el entrenamiento concurrente es en parte debido a una respuesta hipertrófica suprimida en el músculo, como indican las altas concentraciones de Cortisol combinado con los pocos cambios en las hormonas anabólicas como la T y la GH.
- En cambio, el entrenamiento concurrente mejoró la vascularización y la actividad de enzimas oxidativas (la SDH) comparado al entrenamiento de la fuerza o resistencia por separados.

Conclusiones

- Similares aumentos en el $VO_{2\text{máx}}$ se lograron con el entrenamiento concurrente y el entrenamiento de resistencia por separado en igual período de tiempo.
- Este tipo de entrenamiento concurrente tendría un efecto negativo en las mujeres, ya que en ellas se halló un aumento del cortisol, lo que expresa un estado catabólico elevado comparado a realizar el mismo entrenamiento de fuerza y resistencia por separado, o en comparación con los hombres. Es decir, hay una respuesta diferente entre hombres y mujeres respecto al cortisol.

