



# Efeitos da suplementação de creatina e do treinamento de potência sobre a *performance* e a massa corporal magra de ratos

Frederico S.C. Franco<sup>1</sup>, Antônio J. Natali<sup>1</sup>, Neuza M.B. Costa<sup>2</sup>, Wellington Lunz<sup>2</sup>, Gilton J. Gomes<sup>1</sup>, Miguel A. Carneiro Junior<sup>1</sup> e Tânia T. Oliveira<sup>3</sup>

## RESUMO

**Introdução:** A creatina é um dos suplementos mais usados por atletas para incrementar a síntese protéica e aumentar a massa e força muscular. **Objetivo:** Investigou-se os efeitos da suplementação de creatina associada a um programa de treinamento de potência (saltos verticais) sobre a *performance* e a composição da massa corporal magra de ratos Wistar. **Métodos:** Ratos Wistar adultos foram distribuídos em quatro grupos: SSC (sedentário sem creatina); SC (sedentário com creatina); ESC (exercício sem creatina) e EC (exercício com creatina). Os animais receberam água e ração *ad libitum*. Os grupos SC e EC ingeriam dose de creatina diariamente, adotando o procedimento de carga (0,430g/kg p.c. por 7 dias) e manutenção (0,070g/kg p.c. por 6 semanas). Os grupos EC e ESC foram submetidos a um regime progressivo de saltos verticais (5x10 saltos com 1 min de intervalo) em tanque com água, 5 dias/semana, durante 7 semanas. A *performance* foi avaliada pelo tempo de execução das 5 séries de 10 saltos verticais e a composição da massa corporal magra (músculos e ossos) foi avaliada pelas porções: água, proteína e gordura. **Resultados:** A *performance* não foi afetada pela ingestão de creatina ( $p > 0,05$ ). Os animais suplementados tiveram o percentual de proteína elevado e o de gordura reduzido ( $p < 0,05$ ), independente do treinamento. Os animais exercitados exibiram maior percentual de proteína, e menor de gordura, além de menor ganho de peso corporal, comparados com os sedentários, independente da suplementação ( $p < 0,05$ ). Não houve diferença para o percentual de água e consumo alimentar ( $p > 0,05$ ). **Conclusão:** A suplementação de creatina não afetou a *performance* dos animais, mas alterou a massa corporal magra. A suplementação de creatina e o programa de treinamento de potência, de forma independente, elevaram o percentual de proteína dos músculos e ossos e reduziram o percentual de gordura, sem alterar o percentual de água.

## ABSTRACT

### **Effects of creatine supplementation and power training on performance and lean body mass of rats**

**Introduction:** Creatine is one of the supplements most used by athletes in order to increase protein synthesis and consequently muscle mass and strength. **Objective:** This study investigated

1. Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa – MG.

2. Departamento de Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa – MG.

3. Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa – MG.

Aceito em 28/5/07.

**Endereço para correspondência:** Antonio Jose Natali, Av. Santa Rita, 144, Centro – 36570-000 – Viçosa, MG. Tel.: (31) 3891-1260, fax: (31) 3899-2249. E-mail: ffranco@vicoso.ufv.br

**Palavras-chave:** Atividade física. Síntese protéica. Retenção hídrica.

**Keywords:** Physical activity. protein synthesis. Retention of water.

*the effects of creatine intake on the performance and lean body mass of Wistar rats. Methods:* Male Wistar rats were allocated into one of the four groups: sedentary without creatine (S); Sedentary with creatine (SC); exercise without creatine (E); and exercise with creatine (EC) and received water and chow ad libitum. Those animals in SC and EC groups ingested creatine daily (0.430 g/kg body weight for 7 days and 0.070 g/kg body weight for the following 6 weeks). Animals from E and EC groups underwent a progressive vertical jump regimen (5 x 10 jumps with 1 min. resting interval) in a tank filled with water at  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ , 5 days/wk for 7 weeks. Performance was assessed by taking the time to perform 5 x 10 vertical jumps. The contents of water, fat and protein of the rat's muscles and bones were measured. **Results:** The performance was not affected by creatine intake ( $P > 0.05$ ). Animals supplemented with creatine had an increased percentage of protein and a reduced percentage of fat ( $P < 0.05$ ), regardless the exercise training. Exercised animals exhibited a higher percentage of protein and a lower percentage of fat and gained less body weight when compared to sedentary animals ( $P < 0.05$ ), regardless the creatine supplementation. There was no difference between groups for water content and food intake ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** Creatine supplementation did not affect performance of the animals. Nevertheless, it altered the lean body mass. Creatine supplementation as well as the power training program, independently, raised the protein percentage of the muscles and bones and reduced the fat percentage, with no alteration in the water percentage.

## INTRODUÇÃO

A creatina é encontrada no músculo esquelético (~95%), sob as formas de creatina livre (Cr, ~40%) e fosfocreatina (PCr, ~60%)<sup>(1-2)</sup>. Sua absorção no trato gastrointestinal é por transporte ativo, sendo a maior parte das grandes doses ingeridas removida do plasma pelos rins e excretada na urina<sup>(3)</sup>. A taxa de turnover diária da creatina em indivíduos normais é de 2g/dia, proveniente de fontes exógenas ou da síntese endógena<sup>(4-6)</sup>. As principais funções da creatina estão relacionadas ao fornecimento de energia temporária, ao transporte de energia entre o sítio de produção e o de consumo e à manutenção da taxa de ressíntese de ATP/ADP<sup>(5,7)</sup>. A creatina também promove o fornecimento de prótons de hidrogênio e regula a glicólise<sup>(4,7)</sup>. A degradação da PCr por meio de uma reação irreversível gera como produto final a creatinina<sup>(8)</sup>, que é excretada na urina<sup>(9)</sup>. Assim, a suplementação de creatina induz maior excreção de creatinina urinária, possivelmente devido ao incremento dos estoques de creatina corporal<sup>(1,3,9)</sup>.

O uso da suplementação de creatina como aditivo ergogênico cresceu entre os atletas de modalidades em que a massa muscular e a potência são decisivas para a *performance*<sup>(1,2,5)</sup>, especial-

mente em atividades de curta duração e alta intensidade<sup>(2-3,10-11)</sup>. Seus benefícios para o desempenho durante o exercício físico estão associados à elevação do *pool* de energia intracelular, aumento da taxa de ressíntese de PCr, redução do acúmulo de fosfato inorgânico e elevação do pH<sup>(5,12-13)</sup>. Existem evidências de que o desempenho em séries repetidas de *sprint*<sup>(6,14-15)</sup> e exercícios de potência<sup>(10,13)</sup> aumentou após ingestão de creatina, o que promove a ressíntese de ATP e aumenta a disponibilidade e degradação da PCr<sup>(8,13,16)</sup>. Todavia, tais evidências não foram confirmadas por outros estudos usando exercícios de curta duração e alta intensidade<sup>(17-19)</sup>. Tais achados controversos podem ter ocorrido em função de diferentes metodologias usadas, por exemplo: dose de creatina, tipo exercício e forma de suplementação.

Os aumentos da massa muscular e da força são cruciais para o desempenho na maioria dos exercícios de potência. Estudos mostram que a suplementação de creatina pode aumentar o peso corporal e a força em atletas<sup>(2,4,18)</sup>. Alguns pesquisadores argumentam que o aumento do peso corporal em resposta à prática do exercício de força e suplementação de creatina ocorre pela maior retenção de água no músculo causada pelo efeito osmótico decorrente da elevação da creatina intramuscular<sup>(11,15,20-21)</sup>, embora existam evidências em contrário<sup>(22)</sup>. Outra explicação é a redução da degradação e o aumento da síntese protéica. Argumenta-se que o edema celular proveniente da retenção de água, em resposta ao consumo de creatina, atenua a taxa de degradação protéica por reduzir a liberação dos aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA), retornando ao normal quando a célula restabelece as condições normais, sugerindo que a creatina reduz a proteólise muscular<sup>(23)</sup>. McClung *et al.*<sup>(24)</sup> mostraram que a interação do consumo de creatina com o exercício físico aumentou a síntese protéica do músculo cardíaco de ratos, mas não aumentou a proteína corporal total. O estudo de Ziegenfuss *et al.*<sup>(15)</sup> demonstrou que ciclistas que pedalarão em alta intensidade e curta duração (6x10'' com 1' de repouso) e consumiram creatina (0,350g/kg/dia) tiveram o peso corporal e o volume muscular aumentados, mas os mecanismos não foram explicitados. Porém, Louis *et al.*<sup>(22)</sup> demonstraram que a associação da ingestão aguda de creatina com o exercício de força não exibiu aumento na taxa de síntese protéica. Além disso, especula-se que, indiretamente, a suplementação de creatina possibilitaria ao atleta a realização de maior carga de exercício em função de seu efeito ergogênico<sup>(25)</sup>, o que potencializaria a síntese protéica. Portanto, os efeitos da suplementação crônica de creatina associada ao treinamento de potência sobre a composição da massa corporal magra ainda não estão bem esclarecidos. Há de se considerar que os estudos com atletas não possibilitam tais análises diretas.

Assim, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da suplementação de creatina associada a um programa de treinamento de potência (saltos verticais) sobre a *performance* e a composição da massa corporal magra de ratos Wistar. Nossa hipótese é que a suplementação de creatina associada ao programa de treinamento com saltos verticais aumenta a *performance* e o percentual de proteína na massa corporal magra.

## MÉTODOS

**Animais de Experimentação e Tratamento** – Trinta animais (*Rattus norvegicus* – Wistar) adultos (peso: 350,0 ± 11,9g; média ± DP) foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos: SSC (sedentário sem creatina; n = 08); SC (sedentário creatina; n = 08); ESC (exercício sem creatina; n = 06); e EC (exercício creatina; n = 08). Os animais foram alocados individualmente em gaiolas de aço inox, mantidos em ambiente com temperatura média de 24°C e regime de luminosidade de 12h claro/escuro. Todos os animais receberam ração comercial (*Socil*®) e água destilada *ad libitum*. Os animais foram fornecidos pelo Biotério Central do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Federal de Viçosa,

sa, e foram seguidas as “normas de cuidados para experimentação com animais”, conforme o Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

**Administração de Creatina** – Os grupos SC e EC receberam suplementação de creatina diariamente, adotando-se o procedimento de duas fases: carga e manutenção. A fase de carga ocorreu durante sete dias, tendo início na segunda semana de experimento, com a dose de creatina (*Power Nutrition*®) de 0,430g/kg do peso corporal/dia acrescida do mesmo volume de maltodextrina (*Neo-nutri*®). A fase de manutenção durou seis semanas, iniciando na terceira semana, com a dose de creatina de 0,070g/kg de peso corporal/dia acrescida do mesmo volume de maltodextrina. Os grupos SSC e ESC receberam suplementação apenas com maltodextrina idêntica aos demais grupos. Tais doses foram determinadas com base na dose de 30g na fase de carga e 5g na fase de manutenção para um homem de 70kg.

**Programa de Exercício** – Na primeira semana de experimento, os animais dos grupos ESC e EC foram colocados em um tanque de alvenaria azulejado (largura: 60cm, comprimento: 75cm e altura: 80cm) com água (~33°C) na profundidade de 15cm, por 30 minutos diários, para adaptação à temperatura e ao meio líquido.

O programa de exercício foi realizado segundo Oliveira *et al.*<sup>(26)</sup>, com as seguintes adaptações: animais foram colocados dentro de tubos de PVC (diâmetro: 25cm e altura: 60cm) fechado em sua extremidade inferior com tela de *nylon*. A sobrecarga do exercício (percentagem de peso corporal) foi adicionada ao animal utilizando-se esferas de chumbo inseridas num colete (*Iycra*) que vestiu os animais. A profundidade da água foi determinada por uma média do percentual do comprimento dos animais, medido pela maior distância entre as extremidades dos membros posteriores e as narinas. O exercício consistiu em saltos de impulsão vertical desde o fundo do tanque (apoio dos pés) até a superfície da água (narina fora d'água). A progressão da carga do exercício está exibida na tabela 1.

**TABELA 1**  
Dados da carga do programa de exercício

Semana	Séries	Saltos	Carga	Profundidade da água
1ª			Adaptação à água – 30'	80%
2ª	4	10	20-25%	120%
3ª	4	10	30-35%	130%
4ª	4	10	40%	140%
5ª	4	10	45%	150%
6ª a 8ª	5	10	50%	150%

**Determinação do Peso Corporal, Ganho de Peso e Consumo Alimentar** – Todos os animais foram pesados semanalmente para a determinação do ganho de peso corporal durante o período de experimentação. O consumo de ração foi monitorado diariamente.

**Determinação da Creatinina Urinária** – A creatinina urinária foi determinada para confirmar o uso da PCr como substrato energético usado durante a execução do exercício anaeróbico intermitente, além de possibilitar a verificação dos efeitos dos fatores suplementação e exercício sobre a excreção de creatinina. Para análise da creatinina, a urina dos animais foi coletada por um período de 24 horas utilizando-se gaiolas metabólicas de aço inox. O volume de urina coletado foi completado para 10mL com água deionizada e centrifugada por 15 minutos a 4.000rpm (Excelsa-Fanem-Brasil). Do sobrenadante da urina centrifugada, 50µL foram pipetados em cubeta e diluídos para 500µL com água deionizada para a determinação da creatinina urinária por meio do método automatizado de espectrometria de UV/VIS<sup>(27)</sup>. As análises foram realizadas utilizando *kits* da marca *Bioclin*® no equipamento *ALI-ZÉ*® (Biomérieux-França) do Laboratório Biofármacos da Universidade Federal de Viçosa.

**Avaliação da “Performance”** – A *performance* do exercício foi avaliada pelo tempo gasto para realizar cada série de dez saltos

verticais. Após o período de treinamento foi realizada uma sessão de exercício (5x10 saltos), quando se registrou o tempo gasto na execução dos dez saltos (cronômetro digital Casio® Stopwatch HS-30W). O cronômetro foi acionado no momento em que o animal perdia o contato com o solo no primeiro salto e parado quando o animal atingia a superfície da água com as narinas no décimo salto.

**Determinação da Composição da Massa Corporal Magra** – Ao final da oitava semana, os animais foram eutanasiados; descartaram-se pele, vísceras, cabeça e pés, permanecendo apenas ossos e músculos (carcaça vazia) para a análise quantitativa de água, gordura e proteína, conforme Pitts *et al.*<sup>(28)</sup>. Na determinação do conteúdo de água, as carcaças vazias foram colocadas individualmente em pratos de alumínio e introduzidas num secador à temperatura de 105°C por 24 horas. A água da carcaça foi calculada pela diferença do peso da carcaça pré e pós-secagem. Após a secagem, as carcaças vazias foram maceradas e colocadas em cartuchos de papel filtro para a extração da gordura pelo método de Soxhlet durante oito horas, utilizando éter de petróleo como solvente. A percentagem da gordura foi determinada pela diferença do peso do cartucho contendo a carcaça pré e pós-desengordurada. O percentual de proteína foi calculado em triplicata pelo método indireto de determinação do nitrogênio, pelo método de Kjeldahl<sup>(29)</sup>, utilizando-se o fator 6,25 para conversão em proteína. As análises foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

**Análise Estatística** – Os dados foram avaliados por análise de variância (ANOVA) two-way e teste *t* de Student para comparações entre grupos e ANOVA para Medidas Repetidas para comparações entre as semanas. O teste de Tukey foi empregado para análise de múltipla comparação *post-hoc*, quando necessário. Utilizou-se o *software Sigma Stat* versão 3.0 (SPSS) para as análises estatísticas, empregando o nível de significância estatística de  $P < 0,05$ .

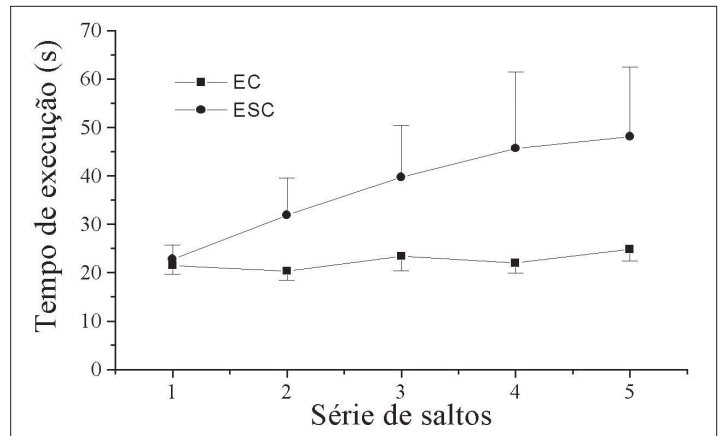
## RESULTADOS

**Peso Corporal, Ganho de Peso e Consumo Alimentar** – Não foi verificada diferença significativa no peso corporal inicial entre os grupos ( $P > 0,05$ ; tabela 2). Também não foi observada diferença estatística no peso corporal entre os grupos nas segunda (SSC:  $367,5 \pm 5,5$ ; SC:  $366,3 \pm 5,5$ ; ESC:  $348,3 \pm 6,3$ ; EC:  $365,0 \pm 5,5$ g; média  $\pm$  DP) e terceira semanas (SSC:  $370,0 \pm 6,0$ ; SC:  $366,2 \pm 6,0$ ; ESC:  $346,3 \pm 7,0$ ; EC:  $367,0 \pm 6,0$ g;  $P > 0,05$ ). No entanto, observou-se diferença significativa de peso corporal entre os grupos na oitava semana ( $P < 0,05$ ; tabela 2), quando ESC foi menor que EC e SSC. Foram observados aumentos significativos de peso corporal entre as semanas 1 e 8 de experimento nos grupos EC, SSC e SC ( $P < 0,05$ ), o que não ocorreu no grupo ESC ( $P > 0,05$ ; tabela 2).

O peso corporal final apresentou diferença estatística em função dos fatores exercício e creatina. Os grupos exercitados (EC/ESC) reduziram o peso corporal, comparados com os sedentários (SC/SSC,  $P < 0,001$ ), e os grupos suplementados (EC/SC) o elevaram comparados com os sem suplemento (SSC/ESC,  $P = 0,039$ ; tabela 2). No ganho de peso corporal foi observada redução significativa para os grupos exercitados, comparados com os sedentários ( $P < 0,001$ ; tabela 2), como também uma interação significativa entre o exercício e a creatina. O grupo ESC perdeu peso, comparado com os grupos EC ( $P = 0,012$ ) e SSC ( $P < 0,001$ ; tabela 2).

Não foi observada diferença estatística no consumo alimentar para os fatores exercício e creatina durante o experimento ( $P > 0,05$ ; tabela 2); no entanto, observou-se uma interação estatística entre estes fatores. O grupo ESC apresentou menor ingestão alimentar que os grupos EC ( $P = 0,030$ ) e SSC ( $P = 0,018$ ; tabela 2). Além do mais, o ganho de peso corporal apresentou correlação positiva regular com o consumo alimentar (correlação de Pearson,  $r = 0,452$  e  $P = 0,012$ ).

**"Performance" nos Saltos** – Esta avaliação foi realizada somente com os grupos que exercitaram. Não foi observada diferença significativa no tempo de execução entre as séries de cada grupo (Friedman Medidas Repetidas, ESC:  $P = 0,103$  e EC:  $P = 0,112$ ), nem entre os grupos ESC e EC em cada série (1ª série:  $P = 0,687$ ; 2ª série:  $P = 0,108$ ; 3ª série:  $P = 0,122$ ; 4ª série:  $P = 0,228$ ; e 5ª série:  $P = 0,090$ ; figura 1). Também não foi encontrada diferença estatística para o tempo total das cinco séries de saltos entre os grupos (ESC:  $188^{\circ}1 \pm 116^{\circ}4$  vs EC:  $111^{\circ}6 \pm 25^{\circ}2$  segundos;  $P = 0,093$ ).



**Figura 1** – Tempo de execução dos saltos pelos animais exercitados. Dados apresentados em média  $\pm$  EPM.

**TABELA 2**  
Peso corporal nas 1ª e 8ª semanas, ganho de peso e consumo alimentar

	Peso corporal (g)		Ganho de peso (g)	Consumo alimentar (g)
	1ª Semana	8ª Semana		
SSC	351,3 $\pm$ 4,4 <sup>#</sup>	402,5 $\pm$ 5,8 <sup>#</sup>	38,8 $\pm$ 6,6 <sup>#</sup>	1.365,0 $\pm$ 41,7 <sup>#</sup>
SC	350,0 $\pm$ 4,4 <sup>#</sup>	395,0 $\pm$ 5,8	35,0 $\pm$ 6,6	1.326,3 $\pm$ 41,7
ESC	346,7 $\pm$ 5,1	343,3 $\pm$ 6,7	-05,0 $\pm$ 7,7	1.203,3 $\pm$ 48,2
EC	351,3 $\pm$ 4,4 <sup>#</sup>	376,3 $\pm$ 5,8 <sup>#</sup>	22,5 $\pm$ 6,6 <sup>#</sup>	1.350,0 $\pm$ 41,7 <sup>#</sup>
<b>Exercício</b>				
Sedentário (SSC + SC)	350,6 $\pm$ 3,1	387,5 $\pm$ 4,2	36,8 $\pm$ 4,7	1.345,6 $\pm$ 29,9
Exercitado (ESC + EC)	349,0 $\pm$ 3,4	357,7 $\pm$ 4,6 <sup>*</sup>	08,8 $\pm$ 5,1 <sup>*</sup>	1.276,7 $\pm$ 31,9
<b>Suplementação</b>				
Sem Creatina (SSC + ESC)	349,0 $\pm$ 3,4	365,8 $\pm$ 4,6	16,9 $\pm$ 5,1	1.284,2 $\pm$ 31,9
Creatina (SC + EC)	350,6 $\pm$ 3,1	379,4 $\pm$ 4,3 <sup>**</sup>	28,8 $\pm$ 4,7	1.338,1 $\pm$ 29,5

Dados são médias  $\pm$  DP. Significâncias ( $P < 0,05$ ): <sup>#</sup> vs 8ª semana; <sup>\*</sup> vs ESC; <sup>\*\*</sup> vs Sem Creatina.

**Creatinina Urinária** – Os grupos SSC e SC apresentaram maior excreção de creatinina urinária que os grupos ESC e EC ( $P = 0,008$  e  $P < 0,001$ , respectivamente; tabela 3). A suplementação de creatina não alterou significativamente a excreção de creatinina urinária e a taxa relativa de creatinina; tampouco houve interação com o exercício em ambos os parâmetros (tabela 3). Não foi identificada alteração significativa entre os grupos para taxa relativa de creatinina (ANOVA,  $P > 0,05$ ). Porém, foi observado que os grupos exercitados apresentaram menor excreção de creatinina e taxa relativa de creatinina comparada com os grupos sedentários ( $P < 0,001$ ; tabela 3). Houve correlação positiva regular da excreção de creatinina urinária com o peso corporal final (correlação de Pearson,  $r = 0,560$  e  $P = 0,001$ ).

**TABELA 3**  
**Creatinina urinária e taxa de creatinina / peso corporal**

	<b>Creatinina (mg/24h)</b>	<b>Creatinina/Peso (mg/24h/g)</b>
SSC	103,39 ± 9,1	0,256 ± 0,023
SC	128,71 ± 9,1	0,325 ± 0,023
ESC	63,58 ± 10,5*	0,188 ± 0,027
EC	59,14 ± 9,1**	0,157 ± 0,023
<b>Exercício</b>		
Sedentário (SSC + SC)	127,93 ± 6,3	0,331 ± 0,017
Exercitado (ESC + EC)	59,88 ± 6,8*	0,169 ± 0,018*
<b>Suplementação</b>		
Sem Creatina (SSC + ESC)	92,93 ± 6,8	0,251 ± 0,018
Creatina (SC + EC)	94,87 ± 6,3	0,248 ± 0,017

Dados são médias ± DP. Significâncias ( $P < 0,05$ ): \* vs SSC, \*\* vs SC, \* vs Sedentário.

**Composição da Massa Corporal Magra** – O peso da carcaça vazia e sua percentagem de água não apresentaram diferença significativa entre os grupos, nem em função dos fatores creatina e exercício (ANOVA,  $P > 0,005$ ; tabela 4). A percentagem de gordura não foi significativamente diferente entre os grupos; no entanto, foram verificadas diferenças estatísticas para os fatores creatina e exercício; os grupos suplementados e os exercitados exibiram menor percentual de gordura na carcaça, comparados com seus controles ( $P = 0,003$  e  $P = 0,017$ , respectivamente; tabela 4). Quanto ao percentual de proteína, os animais suplementados e os exercitados exibiram significativa elevação, comparados com seus controles ( $P = 0,002$  e  $P < 0,001$ , respectivamente; tabela 4). Também verificou-se que o grupo SSC apresentou menor percentual de proteína que os grupos SC e ESC (ambos  $P < 0,001$ ); e o grupo EC apresentou maior percentual de proteína que o SC ( $P = 0,041$ ; tabela 4).

**TABELA 4**  
**Composição da carcaça vazia**

	<b>Carcaça vazia G</b>	<b>Água %</b>	<b>Gordura %</b>	<b>Proteína %</b>
SSC	166,8 ± 4,0	69,2 ± 0,3	4,1 ± 0,2	21,4 ± 0,2
SC	165,6 ± 4,0	69,2 ± 0,3	3,2 ± 0,2	22,5 ± 0,2#
ESC	164,6 ± 4,6	69,7 ± 0,4	3,3 ± 0,3	22,9 ± 0,2#
EC	163,8 ± 4,0	68,9 ± 0,3	2,9 ± 0,2	23,2 ± 0,2##
<b>Exercício</b>				
Sedentário (SSC + SC)	166,2 ± 2,8	69,2 ± 0,22	3,70 ± 0,18	21,9 ± 0,14
Exercitado (ESC + EC)	164,2 ± 3,0	69,3 ± 0,24	3,08 ± 0,19*	23,0 ± 0,50*
<b>Suplementação</b>				
Sem Creatina (SSC + ESC)	165,7 ± 3,0	69,5 ± 0,24	3,76 ± 0,19	22,1 ± 0,15
Creatina (SC + EC)	164,7 ± 2,8	69,0 ± 0,24	3,03 ± 0,18**	22,9 ± 0,14**

Dados são médias ± DP. Significâncias ( $P < 0,05$ ): # vs SSC; ## vs SC, \* vs Sedentário; \*\* vs Sem Creatina.

## DISCUSSÃO

Neste estudo investigamos os efeitos da ingestão de creatina e de um programa de treinamento com saltos verticais sobre a *performance* e a composição da massa corporal magra de ratos. Nossos resultados mostraram que a ingestão de creatina estabilizou o tempo de execução dos saltos verticais, que o programa de exercício e a suplementação de creatina promoveram, independentemente, aumento da incorporação de proteína, redução do percentual de gordura, mas não afetaram o conteúdo de água.

No presente estudo observou-se que a suplementação aguda de creatina, na fase de carga, não alterou o peso corporal (tabela 2). Na fase de manutenção, porém, o consumo crônico de creatina elevou o peso corporal em 3,7%. De acordo com prévios estudos, a alteração do peso corporal em virtude da suplementação de creatina tem mostrado efeito contraditório, pois alguns autores mostram aumento<sup>(9,30)</sup> enquanto outros não observam alterações<sup>(22)</sup>. O aumento no peso corporal final observado entre os grupos EC e SSC, comparados com o grupo ESC (9,4 e 14,1%, respectivamente) pode ser justificado pelo aumento do consumo alimentar nestes grupos (12,2 e 13,5%, respectivamente; tabela 2). Isto se confirma pela correlação regular positiva observada entre o ganho de peso corporal e o consumo de ração. Por outro lado, o ganho de peso corporal é associado à maior retenção de água decorrente do efeito osmótico causado pela elevação da creatina intramuscular<sup>(4,21)</sup>, que não foi observado neste estudo (tabela 3), reforçando a hipótese de que o maior consumo alimentar foi responsável pela elevação do peso corporal nos grupos suplementados. A grande redução no peso corporal entre os grupos exercitados não era esperada, pois o tipo e a duração do exercício desenvolvido não seriam fatores determinantes nesta redução observada. Sessões com cinco séries de dez saltos intermitentes eram realizadas entre cinco a sete minutos por dia. Este tempo de duração não promoveria alto gasto energético, e conseqüente perda de peso corporal. Porém, um gasto energético de menor magnitude poderia ocorrer em função do efeito "EPOC" promovido pelo exercício de alta intensidade e curta duração<sup>(31)</sup>. Embora os fatores creatina e exercício tenham resultado em aumentos significativos no peso corporal final, estas diferenças não podem ser atribuídas aos percentuais de água, proteína e gordura da carcaça vazia, pois, o percentual de proteína elevou, o de gordura reduziu, e o de água não alterou para ambos os fatores. Além do mais, o peso da carcaça vazia não sofreu alteração significativa entre os grupos e/ou fatores. Assim, a explicação para esta diferença observada pode estar no maior acúmulo de gordura visceral em função de maior consumo alimentar. Porém, neste estudo, as vísceras, cabeça, rabo e pele foram descartados.

No presente estudo, a suplementação de creatina não afetou a excreção de creatinina urinária. Este resultado difere dos de outros estudos em humanos, em que a suplementação de creatina

induziu maior excreção de creatinina urinária, possivelmente devido ao incremento dos estoques de creatina corporal<sup>(3,9)</sup>. Por outro lado, houve redução da creatinina urinária relativa na oitava semana, em função do programa de exercício, o que não era esperado. Estudos mostram que o exercício anaeróbico de curta duração eleva a creatinina urinária por aumentar o catabolismo da PCr durante sua execução<sup>(9,13,19,32)</sup>, pois neste tipo de exercício a energia necessária é fornecida pelo sistema ATP-CP, resultando na maior produção de creatinina. Nossos resultados poderiam ser explicados por um possível aumento da glicólise anaeróbica durante o exercício executado durante o experimento, em razão dos produtos da hidrólise da PCr (Cr e Pi) ativarem esta via metabólica<sup>(13)</sup>. Outra possibilidade seria a ocorrência de menor catabolismo muscular nos animais exercitados e, conseqüentemente, menor excreção de creatinina. A creatinina é usada como marcador da massa muscular, por ser o local de maior estocagem de creatina<sup>(33-34)</sup>, e no presente estudo verificou-se que a percentagem de proteína elevou-se também em função do exercício (tabela 4). Contudo, é possível que a magnitude da redução de creatinina nos grupos exercitados não se explique por estes mecanismos, o que nos leva a sugerir que novos estudos sejam realizados usando creatina e creatinina marcadas com isótopos de modo a identificar a verdadeira via de utilização da creatina e a procedência da creatinina excretada após o exercício.

Apesar de nossos resultados não apresentarem diferença significativa para os tempos de saltos entre os grupos, a 5% de probabilidade, deve-se salientar que a 10% a diferença foi significativa. Os tempos totais das séries e o tempo da quinta série de saltos mostraram que a ausência de suplementação de creatina elevou o tempo de saltos quando comparados com ingestão de creatina ( $P = 0,090$ ). Além disso, as diferenças dos tempos e seus significados para a *performance* são expressivos. O grupo sem suplementação de creatina elevou em 40,7% o tempo total de saltos e em 48,4% o tempo da quinta série, comparados aos do grupo que ingeriram creatina. A ingestão de creatina eleva a *performance* do exercício de potência por aumentar a oferta de PCr para a ressíntese do ATP, que é a principal limitante do exercício de alta intensidade e curta duração<sup>(3,12-13,19)</sup>. Além disso, a ingestão de creatina reduz o tempo de recuperação pós-fadiga<sup>(13)</sup>, o que nos leva a especular se a realização de maior número de séries poderia evidenciar o efeito da suplementação de creatina sobre a *performance* no presente estudo. Lemon<sup>(25)</sup> relata que a potência do exercício de alta intensidade e a massa muscular em humanos aumentaram após 36 dias da ingestão de creatina (0,300g/kg/dia). Neste trabalho, os animais suplementados exibiram maior percentual de proteína corporal, que promoveria maior capacidade contrátil para realizar o exercício anaeróbico alático<sup>(9)</sup>. Estes achados, comparados à *performance* atlética, podem representar diferença expressiva. Desempenhos em uma seqüência de saltos no voleibol ou num *sprint* ao final de um jogo dependem da maior capacidade de realizar um exercício de alta intensidade e curta duração.

Importante resultado do presente estudo foi a elevação nas percentagens de proteína na carcaça dos animais exercitados (5,1%, tabela 4), independente da suplementação, confirmando a capacidade do modelo de exercício usado em desenvolver a hipertrofia muscular. Nossos resultados foram similares aos de outros<sup>(26)</sup> em ratos Wistar cuja composição relativa da carcaça vazia (músculo e ossos) apresentou os valores: água (69,7 ± 0,5%), gordura (4,8 ± 3,2%) e proteína (21,2 ± 1,8%) similares, usando método similar de análises. Os valores absolutos das frações corporais do nosso estudo (carcaça: 165,2 ± 10,7; água: 114,4 ± 8,1; gordura: 5,6 ± 1,3; e proteína: 37,1 ± 2,8g) foram semelhantes aos exibidos por Pitts *et al.*<sup>(28)</sup> (carcaça: 185,6 ± 4,2; água: 129,4 ± 4,0; gordura: 9,4 ± 1,8g; e proteína: não realizada). O treinamento anaeróbico resulta em hipertrofia da fibra muscular, refletida no tamanho do músculo, em função do balanço líquido de proteína<sup>(9,11)</sup>. Hornberger e Farrar<sup>(35)</sup> mostraram que subir escalada vertical (80°

de inclinação) com sobrecarga, peso atado ao rabo, durante oito semanas, aumentou a proteína miofibrilar e total de ratos em 24%. Em humanos, Louis *et al.*<sup>(22)</sup> mostraram que 20 séries com 10 repetições elevaram de duas a três vezes a taxa de síntese das proteínas miofibrilar e sarcoplasmáticas. Nossos dados demonstram que o modelo de exercício de saltos na água usado no presente estudo causa adaptações inerentes ao treinamento de força.

Observamos também, neste trabalho, que a suplementação de creatina por sete semanas elevou a proteína muscular dos animais, independente do fator exercício (tabela 4). Lemon<sup>(25)</sup> sugere que a creatina ingerida em dose de 0,300g/kg/dia durante 36 dias promove ganho de massa muscular. Embora não tenham sido achados dados de composição corporal em ratos suplementados com creatina, nossos resultados foram semelhantes aos de estudos com humanos<sup>(3,14)</sup>, onde a ingestão de creatina (0,333g/kg/dia) por dez e seis semanas elevou massa magra, quando avaliados por pesagem hidrostática. Mendes *et al.*<sup>(19)</sup>, por meio da bioimpedância elétrica, demonstraram aumento na massa magra de nadadores após uma semana de consumo de creatina (0,286g/kg/dia). Estes resultados poderiam ser justificados pelo possível efeito direto da creatina em reduzir a taxa de oxidação de leucina e proteólise (ação anticatabólica) ou aumentar a síntese protéica. Contudo, em razão deste estudo não observar alteração no conteúdo de água da carcaça, não é possível afirmar que o aumento na incorporação de proteína corporal seria proveniente do maior volume de água intramuscular, o que alteraria o balanço de nitrogênio induzindo uma maior taxa de síntese protéica<sup>(23)</sup>.

Apesar de observar aumento no percentual protéico dos animais em função dos fatores creatina e exercício, neste estudo, não notamos diferença entre os grupos EC e ESC, sugerindo não haver interação entre estes fatores na alteração da síntese protéica. Salienta-se que tal interação foi observada por McClung *et al.*<sup>(24)</sup> apenas no músculo cardíaco.

Baseado em dados de outros estudos<sup>(2,4,21)</sup>, esperava-se que a creatina incorporada ao meio intramuscular elevasse o efeito osmótico retendo maior conteúdo de água no músculo e, assim, aumentasse o peso corporal. Entretanto, no presente trabalho a ingestão de creatina não alterou a percentagem de água na carcaça vazia. Estes resultados são contrários aos de Mendes *et al.*<sup>(19)</sup>, que observaram aumento no conteúdo de água corporal, por meio de bioimpedância elétrica, em função da ingestão de creatina, porém, sugeriram a realização de biópsia muscular para confirmar tais resultados. Volek *et al.*<sup>(9)</sup> também observaram aumento da água corporal de atletas suplementados com creatina, mas não encontraram diferença no conteúdo de água corporal total, expressa em percentagem do peso corporal. No presente estudo analisou-se a carcaça vazia dos animais pelo fato de 95% da creatina ingerida ser armazenada no músculo esquelético, sob as formas de Cr e PCr<sup>(1-2)</sup>. Desta forma, nossos dados não dão suporte à teoria da retenção de água muscular em função da suplementação de creatina.

Neste estudo, o exercício reduziu o peso corporal final (8,3%) e o percentual de gordura da carcaça vazia (20,1%) após sete semanas de treinamento (tabelas 2 e 4). Estas alterações são creditadas ao treinamento de *endurance*<sup>(36)</sup>. Contudo, acredita-se que esta redução não ocorreu em virtude do gasto energético direto do exercício, mas em virtude do exercício anaeróbico promover um déficit de oxigênio elevando o custo energético pós-exercício. O consumo de oxigênio continua alto após exercício anaeróbico, em razão de ativos processos bioquímicos musculares elevando o metabolismo energético, chamado efeito do "consumo de oxigênio pós-exercício" (EPOC)<sup>(31,37)</sup>.

A menor percentagem de gordura na carcaça em função da suplementação de creatina (tabela 4) não era esperada, pois estudos<sup>(3,14,23)</sup> mostram que a suplementação de creatina não afeta a oxidação de gordura durante o exercício e o conteúdo de gordura corporal em humanos. Um único relato foi identificado no estudo

de Volek *et al.*<sup>(9)</sup>, em que humanos avaliados por DEXA apresentaram menor conteúdo de gordura total, no braço, perna e tronco em virtude da ingestão de creatina. Porém, nenhuma justificativa para tal achado foi apresentada. Isto sugere a necessidade de mais investigações a fim de se avaliar os possíveis mecanismos fisiológicos ou metabólicos para esse efeito.

Diante do que foi apresentado, concluiu-se que a suplementação de creatina não afetou a *performance* dos animais, mas alterou a massa corporal magra. A suplementação de creatina e o programa de treinamento de potência, de forma independente, elevaram o percentual de proteína dos músculos e ossos e reduziram o percentual de gordura, sem alterar o seu percentual de água.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a FAPEMIG e CAPES pelo apoio financeiro e bolsas outorgadas, como também ao Laboratório BIOCLIN® pelos kits para análises de creatinina.

---

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

---

## REFERÊNCIAS

1. Williams MH, Kreider RB, Branch JD. Creatina. São Paulo: Ed. Manole; 2000.
2. Mendes RR, Tirapegui J. Creatine: the nutritional supplement for exercise – current concepts. Arch Latinoam Nutr. 2002;52(2):117-27.
3. Vandenberghe K, Goris M, Van Hecke P, Van Leemputte M, Vangerven L, Hespel P. Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. J Appl Physiol. 1997;83(6):2055-63.
4. Demant TW, Rhodes EC. Effects of creatine supplementation on exercise performance. Sports Med. 1999;28(1):49-60.
5. Wyss M, Kaddurah-Daouk. Creatine and creatinine metabolism. Physiol Rev. 2000; 80:1107-213.
6. Jones A, Carter MH, Pringle JSM, Campbell IT. Effect of creatine supplementation on oxygen uptake kinetics during submaximal cycle exercise. J Appl Physiol. 2002;92:2571-7.
7. Young JC, Young RE. The effect of creatine supplementation on glucose uptake in rat skeletal muscle. Life Sci. 2002;71:1731-7.
8. Greenhaff PL. The creatine-phosphocreatine system: there's more than one song in its repertoire. Journal of Physiology. 2001;3:537.
9. Volek JS, Ratamess NA, Rubin MR, Gómez AL, French DN, McGuigan MM, et al. The effects of creatine supplementation on muscular performance and body composition responses to short-term resistance training overreaching. Eur J Appl Physiol. 2004;91:628-37.
10. Kreider RB. Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. Molecular & Cellular Biochemistry. 2003;244(1-2):89-94.
11. Olsen S, Aagaard P, Kadi F, Tufekovic G, Verney J, Olesen JL, et al. Creatine supplementation augments the increase in satellite cell and myonuclei number human skeletal muscle induced by training. Journal of Physiology. 2006;573(2): 525-34.
12. Gomes RV, Aoki MS. Creatine supplementation nullifies the adverse effect of endurance exercise on the subsequent strength performance. Rev Bras Med Esporte. 2005;11(2):129e-32e.
13. Kurosawa Y, Hamaoka T, Katsumura T, Kuwamori M, Kimura N, Sako T, et al. Creatine supplementation enhances anaerobic ATP synthesis during a single 10 sec maximal handgrip exercise. Molecular & Cellular Biochemistry. 2003;244(1-2):105-12.
14. van Loon LJC, Oosterlaar AM, Hartgens F, Hesselink MKC, Snow RJ, Wagenmakers AJM. Effects of creatine loading and prolonged creatine supplementation on body composition, fuel selection, sprint and endurance performance in humans. Clinical Science. 2003;104:153-62.
15. Ziegenfuss TN, Rogers M, Lowery L, Mullins N, Mendel R, Antonio J, et al. Effect of creatine loading on anaerobic performance and skeletal muscle volume in NCAA Division I Athletes. Nutrition. 2002;18:397-402.
16. Persky AM, Brazeu GA, Hochhaus G. Pharmacokinetics of the dietary supplement creatine. Clin Pharmacokinet. 2003;42(6):557-74.
17. Kinugasa R, Akima H, Ota A, Ohta A, Sugjura K, Kuno S. Short-term creatine supplementation not improve muscle activation or sprint performance humans. Eur J Appl Physiol. 2004;91:230-7.
18. Delecluse C, Diels R, Goris M. Effect of creatine supplementation on intermittent sprint running performance in highly trained athletes. J Strength Cond Res. 2003;17(3):446-54.
19. Mendes RR, Pires I, Oliveira A, Tirapegui J. Effects of creatine supplementation on the performance and body composition of competitive swimmers. J Nutr Biochem. 2004;15:473-8.
20. McBride TA, Gregory MA. Effect of creatine supplementation during high resistance training on mass, strength, fatigue resistance in rat skeletal muscle. J Strength Cond Res. 2002;16(3):335-42.
21. Powers ME, Arnold BL, Weltman AL, Perrin DH, Mistry D, Kahler DM, et al. Creatine supplementation increases total body water without altering fluid distribution. J Athl Train. 2003;38(1):44-50.
22. Louis M, Poortmans JR, Francaux M, Berre J, Boisseau N, Brassine E, et al. No effect of creatine supplementation on human myofibrillar and sarcoplasmic protein synthesis after resistance exercise. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2003; 285(5):E1089-94.
23. Parise G, Mihic S, MacLennan D, Yarasheski KE, Tarnopolsky MA. Effects of acute creatine monohydrate supplementation on leucine kinetics and mixed-muscle protein synthesis. J Appl Physiol. 2001;91:1041-7.
24. McClung M, Hand A, Davis M, Carson A. Effect of creatine supplementation on cardiac muscle of exercise-stressed rats. Eur J Appl Physiol. 2003;89(1):26-33.
25. Lemon PW. Dietary creatine supplementation and exercise performance: why inconsistent results? Can J Appl Physiol. 2002;27(6):663-81.
26. Oliveira CAM, Rogatto GP, Luciano E. Efeitos do treinamento físico de alta intensidade sobre os leucócitos de ratos diabéticos. Rev Bras Med Esporte. 2002; 8(6):1-6.
27. Henry RJ, Cannon DC, Winkelman JW. Clinical chemistry and technics. 2ª ed. New York: Harper e Row; 1974.
28. Pitts GC, Ushakov AS, Pace N, Smith AH, Rahlmann DF, Smirnova TA. Effects of weightlessness on body composition in the rat. Am J Physiol. 1983;244(3):R332-7.
29. AOAC – Association of Official Analytical Chemists Official methods of analysis. Washington, D.C.; 1998.
30. Williams MH, Branch JD. Creatine supplementation and exercise performance: an update. J Am Coll Nutr. 1998;17(3):216-34.
31. Fukuba Y, Yano Y, Murakami H, Kan A, Miura A. The effect dietary restriction menstrual cycle on excess post-exercise oxygen consumption young women. Clinical Physiology. 2000;20(2):165-9.
32. Turgut G, Kaptanoglu B, Turgut S, Genç O, Tekinyürk S. Influence of acute exercise on urinary protein, creatinine, insulin-like growth factor-I (IGF-I) and IGF binding protein-3 concentration in children. Tohoku J Exp Med. 2003;201(3):165-70.
33. Taes YEC, Delanghe JR, Wuylts B, van de Voorde J, Lameire NH. Creatine supplementation does not affect kidney function in animal model with pre-existing renal failure. Nephrol Dial Transplant. 2003;18:258-64.
34. Chung YL, Wassif WS, Bell JD, Hurley M, Scott DL. Urinary levels of creatine and other metabolites in the assessment of polymyositis and dermatomyositis. Rheumatology. (Oxford) 2003;42(2):298-303.
35. Hornberger TA-Jr, Farrar RP. Physiological hypertrophy of the FHL muscle following 8 weeks of progressive resistance exercise in the rat. Can J Appl Physiol. 2004;29(1):16-31.
36. Osei-Tutu KB, Campagna PD. The effects of short- vs. long-bout exercise on mood,  $\dot{V}O_2$ max, and percent body fat. Preventive Medicine. 2005;40:92-8.
37. Thornton MK, Potteiger JA. Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. Med Sci Sports Exerc. 2002;34(4):715-22.