

**Artigo de revisão**

Bruno Gualano¹
Fabiana Braga Benatti¹
Júlio César Batista Ferreira²
Emerson Franchini³
Patrícia Chackur Brum²
Antonio Herbert Lancha Junior¹

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE CREATINA NO EXERCÍCIO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDADE: DIVERGÊNCIAS E RECOMENDAÇÕES METODOLÓGICAS

EFFECTS OF CREATINE SUPPLEMENTATION ON HIGH-INTENSITY INTERMITTENT EXERCISE: DISCREPANCIES AND METHODOLOGICAL APPRAISALS

RESUMO

Após breve revisão da literatura existente acerca dos efeitos da suplementação de creatina no rendimento em atividades intermitentes de alta intensidade, o objetivo principal dessa revisão foi discutir diferenças metodológicas dos estudos que possam explicar a divergência encontrada na literatura. Os efeitos da suplementação de creatina no exercício intermitente de alta intensidade são bastante investigados. Embora existam inúmeros achados demonstrando a eficácia desse suplemento nesse tipo de atividade, outras tantas evidências não suportam tal efeito ergogênico. A explicação para essa divergência parece ser multifatorial, porém sempre ligada às questões metodológicas. O modelo do estudo (*cross-over* ou grupos independentes paralelos), a variabilidade individual no conteúdo muscular de creatina, o alto consumo de carnes, o tamanho da amostra, as características do protocolo de exercício (dependência do peso corporal e tempo de intervalo entre as séries), e diferenças de gênero e idade entre estudos são potenciais variáveis que explicam, em maior ou menor magnitude, a discrepância na literatura. Estudos envolvendo homens jovens, com modelo de grupos paralelos, poder estatístico satisfatório, controle da incorporação de creatina muscular, avaliação do consumo alimentar e protocolos de exercícios intermitentes máximos, cujo rendimento não depende do peso corporal, com intervalos de recuperação entre 1 a 6 minutos, tendem a apresentar resultados positivos. Os diversos fatores metodológicos que podem contribuir para a divergência acerca do tema devem ser considerados quando da realização de futuros estudos, bem como no momento da prescrição desse suplemento.

Palavras-chave: Suplementos dietéticos; Fosfocreatina; Exercício físico.

ABSTRACT

After a brief review of the literature on the effects of creatine supplementation on high-intensity intermittent exercise performance, the main aim of this study was to discuss methodological differences between studies which could explain the discrepancies observed in the literature. The effects of creatine supplementation on high-intensity intermittent exercise performance have been investigated in depth. Although the results of much research demonstrates the efficacy of this supplement, there is just as much evidence that does not support this ergogenic effect. The explanation for this divergence appears to be multifactorial, although it is always linked to methodological characteristics. Study design (*cross-over* or parallel groups), individual variability of muscular creatine content, chronic high meat intake, sample size, exercise protocol characteristics (body weight dependence and time between series), and gender and age all differ between studies and are potentially the variables responsible, to differing extents, for the discrepancies observed in the literature. Studies involving young males, with parallel group design, adequate statistical power, control of the incorporation of creatine into muscles, food intake assessment and intermittent exercise protocols in which performance is independent of body weight and with rest-recovery intervals of 1 to 6 minutes, usually produce positive results. The many methodological factors which can contribute to divergence on the ergogenic effects of creatine should be considered in futures studies, as well as when prescribing creatine supplementation.

Key words: Diet supplements; Phosphocreatine; Fysical exercise.

1 Laboratório de Nutrição e Metabolismo Aplicados à Atividade Motora. Departamento de Biodinâmica do Movimento Humano. Escola de Educação Física e Esporte da USP. São Paulo. Brasil

2 Laboratório de Fisiologia Celular e Molecular do Exercício. Departamento de Biodinâmica do Movimento Humano. Escola de Educação Física e Esporte da USP. São Paulo. Brasil

3 Departamento de Pedagogia do Movimento Humano. Escola de Educação Física e Esporte da USP. São Paulo. Brasil

INTRODUÇÃO

O exercício intermitente apresenta características metabólicas e fisiológicas ímpares que merecem destaque. Nesse tipo de atividade, o papel energético da creatina fosfato é muito mais relevante do que em exercícios aeróbios. Estudos clássicos sugerem que a contribuição relativa desse substrato aumenta à medida que se prolonga o esforço^{1,2}. Bogdanis et al.³, por exemplo, demonstraram substancial redução no metabolismo anaeróbio (- 45%) após dois tiros máximos de 30 segundos, com intervalo de 4 minutos, provavelmente em função de inibição da via glicogenolítica. Contraditoriamente, a queda no desempenho foi apenas de 18%. Essa aparente discrepância sugere que a partir do segundo tiro, a transferência energética via sistema aeróbio torna-se mais importante (cerca de 49% nesse estudo, segundo cálculos dos autores) e compensa a redução de atividade na via anaeróbia. O metabolismo aeróbio é, nesse caso, positivamente correlacionado com a ressíntese de creatina fosfato, já que esse processo ocorre na mitocôndria e é, portanto, dependente de oxigênio. A importância desse substrato em tarefas intermitentes também é corroborada pelo estudo de Gaitanos et al.². Nesse estudo, que utilizou 10 estímulos de 6 segundos com intervalos de 30 segundos, a contribuição da creatina fosfato para a transferência de energia aumentou de 49,6% no primeiro estímulo para 80,1% no décimo. Assim, embora o desempenho (potência de pico e potência média) tenha diminuído no decorrer dos estímulos e a transferência total de energia tenha sido menor, a participação da creatina fosfato aumentou relativamente.

Desde que foi demonstrado que a suplementação de creatina (20 g/dia por 5-7 dias) promove aumento de 20% nas concentrações de creatina muscular⁴, diversos estudos passaram a investigar o possível efeito desse suplemento no rendimento físico. Os resultados, no entanto, têm sido bastante heterogêneos e controversos. Embora existam diversos estudos que demonstraram claramente os efeitos ergogênicos da suplementação de creatina em atividades intermitentes de alta intensidade⁵, outros tantos falharam em observar esses benefícios⁶. De fato, existem excelentes revisões sobre os efeitos da suplementação de creatina no exercício intermitente^{5, 8, 9}. Em contrapartida, pouca atenção tem sido dada aos fatores que contribuem para os inúmeros achados contraditórios. O entendimento dessas variáveis é relevante para o desenvolvimento de futuros estudos que pretendam investigar o tema, assim como para profissionais que almejem prescrever esse suplemento para atletas e praticantes de atividade física em geral.

Diante disso, o presente artigo teve como objetivo principal, após breve revisão do tema, discutir diferenças metodológicas entre os estudos que possivelmente explicam a divergência encontrada na literatura. Essa análise crítica permitiu a elaboração de recomendações aplicadas para pesquisadores que pretendam investigar o tema, bem como para profissionais que prescrevem

esse suplemento.

Para atender ao objetivo principal, foram realizados levantamentos bibliográficos nas bases de dados Medline e Sport Discus com as palavras-chave *creatine supplementation* e *high-intensity intermittent exercise*, *creatine* e *high-intensity intermittent exercise*. Por se tratar de uma revisão narrativa, foram selecionados apenas artigos originais que poderiam, de acordo com a experiência dos autores, responder quais fatores metodológicos explicariam a divergência observada na literatura. Também foram selecionadas revisões que traziam opiniões de especialistas, ainda que fragmentadas, sobre o tema discutido nesse trabalho. Para a breve revisão sobre os efeitos da creatina no exercício intermitente de alta intensidade, que teve como objetivo apenas ilustrar o quadro de controvérsia presente na literatura, foram selecionados todos os artigos originais encontrados pelo método de busca supracitado, cujas variáveis dependentes foram potência ou trabalho total.

Suplementação de creatina e exercício intermitente de alta intensidade: achados contraditórios

Após Harris et al.⁴ demonstrarem que a suplementação de creatina é capaz de elevar as concentrações intramusculares desse substrato, Balsom et al.¹⁰ foram um dos primeiros autores a investigar os efeitos desse suplemento no exercício intermitente. Os autores constataram que durante a realização de cinco séries de seis segundos em cicloergômetro (140 revoluções/minuto, com intervalo de 30 segundos entre as séries), o grupo suplementado (20g/dia, 6 dias) apresentou manutenção da potência muscular ao longo das séries. Já o grupo placebo teve redução significativa nessa variável após a quinta série, sugerindo que a suplementação de creatina exerce importante papel na manutenção da potência muscular em exercícios intermitentes de alta intensidade.

Corroborando esses achados iniciais, uma série de trabalhos da década de 1990 demonstrou que, após sete dias de ingestão de creatina, a potência muscular estava aumentada em decorrência do aumento das reservas musculares de creatina fosfato^{4,11,12}. Além disso, outros trabalhos mostraram que a suplementação de creatina aumentou significativamente a potência muscular durante exercícios intermitentes de intensidade máxima^{10,12}. O aumento da potência muscular em exercícios intermitentes é associado à combinação do aumento das reservas iniciais de creatina fosfato e da ressíntese acelerada de creatina fosfato^{11,13}.

Embora os efeitos ergogênicos da creatina no exercício intermitente possam parecer consensuais numa primeira análise, existe um considerável número de estudos indicando o contrário. Mendes et al.⁷ demonstraram que a suplementação de creatina (20g/dia por oito dias) não melhorou o tempo de nadadores submetidos a protocolo de exercício intermitente de alta intensidade e curta duração (3x3x50 metros com 30 segundos de intervalo entre as séries). Glaister et al.⁶ também não observaram efeito ergogênico da

Tabela 1. Síntese de estudos que investigaram os efeitos da suplementação de creatina sobre o rendimento em exercícios intermitentes de alta intensidade.

Autores	Características da amostra	Regime de suplementação	Protocolo de exercício	Principais resultados
Wright et al. ¹⁷	10 homens fisicamente ativos	20g/dia, 5 d	Cicloergômetro 6X10 s	↔ Resistência à fadiga ↑ Trabalho total ↑ Potência pico
Hoffman et al. ¹⁸	40 homens fisicamente ativos	3g/dia, 6d	Cicloergômetro 3x15 s	↔ Trabalho total ↔ Potência pico ↔ Trabalho total
Ziegenfuss et al. ¹⁹	20 lutadores de ambos os sexos	20g/dia, 3 d	Cicloergômetro 6x10 s	↑ Potência pico ↑ Trabalho Total ↔ Potência pico
Romer et al. ²⁰	9 jogadores de squash	20g/dia, 4 d	10x2 simulações jogo (30 s de intervalo)	↑ Trabalho total
Jones et al. ²¹	16 patinadores	5g/dia, 10 sem	Sprints em patins 6x5x15 s	↑ Potência pico ↑ Resistência à fadiga ↑ Trabalho Total
Casey et al. ¹³	9 homens fisicamente ativos	20g/dia, 5 dias	Cicloergômetro 2x30 s	↔ Resistência à fadiga ↑ Trabalho total ↑ Potência pico
Dawson et al. ²²	20 homens fisicamente ativos	20g/dia, 5 d	Cicloergômetro 6X6 s	↑ Potência pico ↑ Trabalho total
Balsom et al. ¹⁰	7 homens fisicamente ativos	20g/dia, 6 d	Cicloergômetro 5x6 s (30 s de intervalo) + salto e agachamento	↔ Potência pico ↑ Resistência à fadiga ↑ Trabalho Total
Cornish et al. ¹⁶	17 patinadores	20g/dia, 5 d	Sprints em patins 1x10 s (30 s de intervalo)	↔ Potência pico ↔ Resistência à fadiga ↔ Trabalho Total
Kinugasa et al. ¹⁵	12 homens fisicamente ativos	5g/dia, 4d	Cicloergômetro 10x15 seg (30 s de intervalo)	↔ Potência pico ↔ Resistência à fadiga ↔ Trabalho Total
Preen et al. ¹⁴	8 homens fisicamente ativos	15g/dia, 1 d	Cicloergômetro 10x6 s (intervalo variado)	↔ Potência pico ↔ Resistência à fadiga ↔ Trabalho Total
Skare et al. ²³	18 velocistas	20g/dia, 5 d	Sprints 6X60m (50 s de intervalo)	↓ Tempo total de execução dos sprints ↔ Potência média ↔ Potência pico
Green et al. ²⁴	19 homens fisicamente ativos	20g/dia, 6 d	Teste Wingate para braços e pernas (2 min de intervalo)	↔ Potência pico
Deutekom et al. ²⁵	23 remadores treinados	20g/dia, 6 d	Ciclo ergômetro 2X 30 s (4 min de intervalo)	↔ Potência pico ↔ Tempo para atingir potência pico ↔ Trabalho para atingir potência pico ↔ Trabalho total
	1) 14 homens idosos sedentários			↑ Potência máxima ↑ Trabalho total
Wiroth et al. ²⁶	2) 14 ciclistas idosos	15 g/dia, 5 dias	Ciclo ergômetro 5X 10 s (1 min de intervalo)	↔ Potência máxima ↔ Trabalho total
	3) 14 homens jovens sedentários			↑ Potência máxima ↑ Trabalho total

continua

Autores	Características da amostra	Regime de suplementação	Protocolo de exercício	Principais resultados
				↑ Potência média
Yquel et al. ²⁷	9 homens saudáveis	20g/dia, 6 d	Flexão plantar máxima 5 X 8s (30 s de intervalo) + 1 X 8s (1 min intervalo) + 1 X 16 s (2 min de intervalo)	
			8 X 15 s 1) Intervalo 1 min	↑ Potência média ↑ Potência pico ↔ Índice de fadiga
Cottrell et al. ²⁸	30 ciclistas	0,3g/Kg peso corporal/dia, 6 d	2) Intervalo 3 min	↑ Potência média ↔ Potência pico ↔ Índice de fadiga
			3) Intervalo 6 min	↔ Potência média ↔ Potência pico ↔ Índice de fadiga
McKenna et al. ²⁹	14 Jovens ativos	30g/dia, 5 d	Ciclo ergômetro 5X 10 s (180, 50, 20 s de intervalo)	↔ Potência pico ↔ Trabalho total

Abreviações e símbolos: s: segundos; sem: semanas; d: dias; ↔: manutenção; ↑: aumento; ↓: redução.

suplementação de creatina em indivíduos que realizaram exercícios intermitentes máximos de curta duração (15 séries de 30 metros, com 30 segundos de intervalo entre elas). Preen et al.¹⁴ demonstraram, em estudo cross-over, que a suplementação aguda de creatina (15g) não melhorou a potência de pico e o trabalho total de jovens fisicamente ativos, apesar de reduzir as concentrações plasmáticas de NH₃⁺. Kinugasa et al.¹⁵ observaram que quatro dias de suplementação de creatina (5g/dia) não promoveu melhora no desempenho de indivíduos que realizaram exercícios intermitentes máximos de curta duração em cicloergômetro (10x6 segundos, com 30 segundos intervalo entre as séries). Cornish et al.¹⁶, avaliando atletas de hóquei no gelo, verificaram que a suplementação de creatina não foi eficaz em melhorar a potência pico, o trabalho total e a resistência à fadiga dos atletas.

A divergência encontrada na literatura é ilustrada na tabela 1. Variáveis como o modelo do estudo (grupos independentes versus cross-over), o tamanho da amostra, as características dos sujeitos estudados (variabilidade individual de resposta à suplementação de creatina, consumo de carnes, gênero, idade), especificidades do exercício utilizado (tempo de intervalo entre as séries e influência do peso corporal) são alguns dos fatores que podem explicar a contradição em torno do tema.

Efeitos “residuais” da creatina em estudos cross-over

O estudo cross-over é aquele em que os mesmos sujeitos são avaliados nas condições “experimental” e “controle” de maneira subsequente e aleatória, após um período de wash out (tempo necessário para que uma substância seja eliminada do organismo após cessar o seu uso). A grande vantagem deste sobre o modelo tradicional

de grupos independentes paralelos é a necessidade de um número menor de voluntários para se detectar um efeito significativo. Contudo, o emprego desse desenho experimental pode ser inadequado em pesquisas com suplementação de creatina, em função da dificuldade em se determinar o período de wash out da mesma.

Os efeitos “residuais” do aumento de creatina muscular após a suplementação podem ser bastante prolongados. Segundo Wiss & Kaddurah-Daouk³⁰, o período de 28 dias parece ser suficiente para que as concentrações de creatina e creatina fosfato muscular retornem aos valores iniciais. Entretanto, pessoas que consomem carnes podem prolongar esse tempo por períodos não determinados⁸ (ver próximo sub-tópico). Lemon et al.³¹ por exemplo, demonstraram, por meio de ressonância magnética, que a concentração muscular de creatina fosfato permanece elevada, no mínimo, após 5 semanas do término da suplementação.

Um intrigante trabalho do mesmo grupo buscou responder se os efeitos da creatina também perduravam após a interrupção da suplementação³². Os autores suplementaram os voluntários por cinco dias e observaram que após esse período, houve um ganho de força significativa quando comparado ao grupo placebo. Interessantemente, esse efeito ergogênico persistiu na mesma magnitude até a última análise realizada, após 28 dias, mesmo na ausência da suplementação. Infelizmente os autores não continuaram as avaliações por um tempo maior. Ainda assim, com base nesses achados, seria impossível garantir que os sujeitos na condição “controle” de um estudo cross-over de fato apresentariam menores concentrações de creatina muscular do que numa situação experimental (suplementação)⁸. Cabe salientar que o período de wash out mais empregado em estudos com creatina é justamente em torno de 28 dias.

Portanto, o modelo de estudo cross-over deve ser evitado em pesquisas com creatina, salvo na possibilidade de se avaliar com exatidão o wash out dessa substância individualmente, por meio da técnica invasiva de biópsia muscular. Alternativamente, seria possível testar os sujeitos primeiramente na situação placebo e, em seguida, na experimental. Neste caso, contudo, novas variáveis intervenientes emergiriam, tais como falta de aleatorização, já que a alocação do sujeito não seria ao acaso, e problemas de familiarização, pois todos os sujeitos teriam sido submetidos a uma sessão a mais do protocolo de exercício quando testados na condição experimental. Deste modo, o modelo de estudo com grupos paralelos parece ser o mais adequado em estudos com suplementação de creatina, a despeito da necessidade de uma maior amostra, devido às diferenças inter-individuais.

O consumo de carnes como fonte de viés

A suplementação de creatina frequentemente utilizada nos estudos consiste de 20 a 30 g/dia (quatro doses de 5 a 7,5 g cada) por cinco a sete dias, fase conhecida como “sobrecarga ou carregamento”⁹. Alternativamente, foi demonstrado que a suplementação em menores doses (2 a 5g/dia) após 28 dias é capaz de promover aumentos de creatina muscular semelhantes ao protocolo clássico⁵.

Na fase de sobrecarga, a suplementação de creatina excede cerca de 10 a 15 vezes o consumo dietético dessa amina. Contudo, um indivíduo que possui uma dieta carnívora pode ingerir a mesma quantidade de creatina obtida pelo protocolo alternativo de suplementação (2 a 5g/dia por 28 dias). Desta forma, o alto consumo de alimentos ricos em creatina como carnes e peixes, combinado à produção endógena desse substrato, pode ser suficiente para o aumento da incorporação de creatina no músculo³⁰. Tais hábitos alimentares são bastante difundidos entre atletas, especialmente aqueles envolvidos em treinamentos de força e potência. Portanto, é provável que em muitos estudos ambos os grupos, experimental e placebo, tenham valores de creatina muscular semelhantes, em função do alto consumo de carne, invalidando qualquer tipo de comparação⁸.

O estudo com sujeitos vegetarianos pode ser uma saída interessante, porém a validade externa dos achados (capacidade de generalização dos resultados obtidos em um estudo para a população geral) é obviamente prejudicada. O controle alimentar nos estudos envolvendo creatina é uma medida indispensável para que se possa evitar a influência interveniente do consumo variado de carnes nos resultados. Contudo, poucos trabalhos avaliam a ingestão alimentar e estão, portanto, sujeitos a esse viés. A melhor alternativa para garantir as diferenças na concentração muscular de creatina entre os grupos após o protocolo de suplementação seria a realização de biópsia muscular. Novamente, o caráter invasivo do procedimento é a limitação do seu uso.

Variabilidade individual do conteúdo muscular de

creatina

Estima-se que 20 a 30% da população não respondem ou respondem de forma insatisfatória à suplementação de creatina, ou seja, não apresentam aumento do conteúdo de creatina intramuscular após a suplementação⁹. Provavelmente, o conteúdo inicial de creatina (pré-suplementação), que é diretamente relacionado à quantidade de creatina na dieta, seja o principal determinante da variabilidade dessa resposta⁴. Desta forma, se o consumo crônico de carnes pode resultar no aumento do conteúdo muscular de creatina, é possível que sujeitos do grupo placebo de alguns estudos já tivessem uma concentração de creatina muscular aumentada pré-intervenção, invalidando, assim, qualquer comparação experimental com os indivíduos suplementados com creatina⁸. Portanto, quantificar o conteúdo inicial de creatina muscular é um fator fundamental. Entretanto, métodos como espectroscopia de fósforo por ressonância magnética e biópsia muscular possuem alto custo, exigem profissionais qualificados para sua realização e são invasivos (no caso da biópsia) e, por isso, a grande maioria dos estudos publicados não pôde realizar tais análises. Assim, a variabilidade das respostas individuais à suplementação de creatina pode ter contribuído muito para a inconsistência dos resultados encontrados na literatura, embora não se saiba qual a magnitude desse viés.

Alguns autores decidiram por excluir de seus estudos os sujeitos considerados “não responsivos” à creatina, após determinarem as concentrações musculares desse substrato frente à suplementação¹³. Essa atitude é motivo de grande controvérsia na literatura. Se por um lado há quem defenda que tal procedimento permita a análise dos efeitos “reais” da creatina^{12,13}, a exclusão de indivíduos não responsivos a determinado tratamento pode ser considerada até certo ponto uma forma de manipulação de dados. Essa estratégia pode ser considerada inadequada, sobretudo em estudos com suplementação de creatina que visem extrapolar seus dados para uma população maior.

Implicações para o tamanho da amostra

A variabilidade da resposta dos sujeitos à suplementação de creatina tem uma grande importância em relação à detecção de efeitos estatisticamente significativos das intervenções, pois a ocorrência de um erro do tipo II (incapacidade de observar o efeito real em função da variabilidade da resposta) é uma consequência provável das amostras pequenas frequentemente estudadas. Segundo Lemon⁸, em um estudo com um desenho experimental de grupos paralelos independentes, 15 ou mais sujeitos por grupo podem ser necessários para se documentar um efeito estatisticamente significativo da creatina. Desta forma, uma vez que a grande maioria dos estudos não atinge esse número amostral, muitos dos artigos publicados podem ter um poder estatístico muito baixo e, desta forma, podem transmitir informações errôneas e imprecisas sobre os efeitos da suplementação de creatina. A utilização de um desenho experimental

cross-over reduz o tamanho da amostra necessária para se obter o mesmo poder estatístico, já que a variabilidade individual é bem menor do que entre indivíduos diferentes. Entretanto, a utilização deste modelo em estudos com creatina traz limitações que já foram abordadas anteriormente.

De acordo com Lemon⁸, o baixo poder estatístico pode explicar a maioria das inconsistências encontradas na literatura. Para esclarecer os efeitos da creatina no desempenho esportivo, esse autor recomenda que estudos futuros utilizem grupos independentes de 15 a 20 sujeitos por grupo (aproximadamente de duas a três vezes o tamanho das amostras usualmente utilizadas). Essa recomendação é válida, sobretudo, na impossibilidade de se testar o aumento do conteúdo muscular de creatina após a suplementação (para detalhes, ler sub-tópico Variabilidade individual do conteúdo muscular de creatina). O cálculo do poder estatístico de um estudo é uma ferramenta imprescindível que deve ser utilizada pelos pesquisadores, sobretudo em estudos com creatina. Periódicos científicos de alto impacto, como *Medicine and Science in Sports and Exercise*, já recomendam aos autores que apresentem os cálculos de tamanho de amostra, na tentativa de evitar erros estatísticos e conseqüentes conclusões precipitadas. Diante da ausência de melhores alternativas, sugere-se que as considerações quanto ao tamanho da amostra abordadas nesse sub-tópico sejam seguidas em estudos com creatina, a despeito da dificuldade em se recrutar voluntários comumente encontrados pela maioria dos pesquisadores.

Tempo de intervalo entre as séries

Em exercícios intermitentes, um tempo mínimo e máximo de intervalo entre as séries pode ser necessário para que o efeito da suplementação de creatina seja maximizado. Dados obtidos através de biópsias, após contração isométrica induzida pela estimulação elétrica intensa no músculo vasto lateral em humanos, indicaram que a suplementação de creatina (20g/d por cinco dias) acelerou a ressíntese de creatina fosfato após 120 segundos de intervalo, ao menos nos sujeitos "responsivos" à suplementação de creatina (cinco dentre oito indivíduos estudados)¹². Entretanto, não houve efeito significativo da suplementação após 20 e 60 segundos de recuperação (embora houvesse uma tendência após este último). Finn et al.³³ submeteram 16 triatletas a quatro séries máximas de 20 segundos no cicloergômetro, com intervalos de 20 segundos entre as séries. Os autores não observaram diferenças no desempenho. Esses dados sugerem que, embora seja possível verificar melhora do desempenho em exercícios intermitentes com intervalos menores que 60 segundos, devido às maiores concentrações de creatina fosfato pré-exercício, decorrentes da suplementação de creatina, a resposta ótima se daria com intervalos iguais ou maiores que 60 segundos, permitindo maior ressíntese de creatina fosfato entre as séries⁸.

Em contrapartida, Cottrell et al.²⁸ dividiram aleatoriamente ciclistas em dois grupos: suplementado com creatina (0,3 g/kg de peso corporal/dia por seis

dias) ou grupo placebo. Em seguida, submeteram esses sujeitos a oito séries máximas de 15 segundos em cicloergômetro, com intervalos de recuperação variando entre um, três ou seis minutos. Os resultados indicaram que a potência média foi significativamente maior nos indivíduos suplementados com creatina, nas sessões com intervalos de um e três minutos, mas não de seis minutos. Esses achados sugerem que após 6 minutos de recuperação, os sujeitos são capazes de promover a ressíntese praticamente total de creatina fosfato, independentemente da suplementação, a qual seria, neste caso, dispensável para o rendimento.

Desta forma, intervalos de 60 a 120 segundos¹² e não maiores que 6 minutos²⁸ parecem ser necessários para que haja uma maximização do efeito ergogênico da creatina em exercícios intermitentes de alta intensidade. Assim, a variabilidade nos intervalos de recuperação encontrada nos estudos pode ser um fator que contribua para a inconsistência dos resultados.

Influência do peso corporal

Muitos dos estudos já publicados avaliaram a suplementação de creatina em atividades em que o peso corporal interfere pouco ou quase nada no desempenho, como por exemplo, o exercício em cicloergômetro. Nessas atividades, há a minimização de quaisquer possíveis efeitos adversos do ganho de peso corporal tipicamente associado à suplementação de creatina, o qual é estimado em 1 a 2% do peso corporal inicial³⁴. Por outro lado, em atividades nas quais o peso corporal interfere no desempenho, como, por exemplo, na corrida, é possível que o trabalho adicional necessário para mover uma maior massa corporal possa reduzir os efeitos ergogênicos da suplementação de creatina. Thompsom et al.³⁵ atribuíram ao aumento da resistência hidrodinâmica, causada pelo ganho de peso corporal, a piora do desempenho de nadadores após a suplementação de creatina (20 g/dia, por cinco dias). Por outro lado, os efeitos ergogênicos da suplementação de creatina poderiam ser suficientes para superar qualquer aumento de trabalho requerido como resultado do aumento de peso corporal. Entretanto, mesmo que haja essa superação, a magnitude da resposta à suplementação pode ser menor, e isso pode ter contribuído para a inconsistência dos resultados encontrados na literatura. A influência do peso corporal, portanto, pode explicar inclusive a divergência dos resultados obtidos no "mundo real" e em situações laboratoriais. Hipoteticamente, a suplementação de creatina pode ser capaz de melhorar variáveis biomecânicas e fisiológicas em exercícios intermitentes de salto vertical. Contudo, o aumento de peso inerente à retenção hídrica pode implicar redução no resultado final do salto, a despeito do esperado aumento de potência e força. Um outro ilustrativo e prático exemplo se refere às modalidades de luta. Mesmo sabendo-se que a massa muscular, força e potência são atributos extremamente almejados pela maioria dos lutadores, o ganho de massa rápido e inesperado pode fazer com que estes passem, indesejavelmente, para categorias superiores de peso.

Desta forma, os técnicos e atletas devem ter cautela ao interpretar os dados científicos obtidos de maneira controlada. Em modalidades dependentes do peso corporal, o desempenho dependerá de um tênue limite entre a queda de desempenho promovida pelo aumento de peso e a melhora na força e potência em consequência da maior concentração muscular de creatina. A aplicabilidade desse suplemento no contexto esportivo deve ser testada individualmente em treinos e jamais diretamente numa competição.

Outros fatores de viés

A maioria dos estudos com creatina envolve jovens do sexo masculino. Portanto, não se sabe precisamente se a resposta à suplementação de creatina varia de acordo com o gênero e idade. No entanto, existem dados que indicam que mulheres possuem maior concentração de creatina muscular, quando comparadas aos homens⁴. Espera-se, portanto, que as mulheres respondam menos à suplementação, já que essa resposta é inversamente proporcional ao conteúdo inicial desse substrato⁴. No entanto, os poucos estudos realizados não identificaram diferenças entre gênero na resposta ergogênica à suplementação de creatina⁸.

Idosos apresentam, reconhecidamente, redução em fibras do tipo II, onde se encontra o maior estoque de creatina^{30, 5}. Especula-se, por isso, que essa população apresente menor resposta ergogênica decorrente da suplementação. Desse modo, o fato de alguns estudos empregarem amostras com homens e mulheres e com ampla variação de idade pode ter contribuído para a divergência dos achados.

Além disso, cabe ressaltar que o efeito ergogênico da creatina é significativo apenas em exercícios intermitentes de alta intensidade, nos quais esse substrato é o mais importante para a manutenção energética. Já em atividades aeróbias, cuja contribuição do sistema ATP-CP é considerada desprezível, a suplementação de creatina parece não melhorar o desempenho⁵. Entretanto, estudos indicam que esse suplemento pode ser benéfico em atividades de longa duração (aproximadamente 80 minutos), desde que as mesmas sejam intervaladas e intensas. De acordo com Lemon⁸, esse efeito ergogênico pode ser devido ao aumento na ressíntese de creatina fosfato durante o intervalo de recuperação e/ou por uma melhora na cinética de captação de oxigênio.

Nessa revisão, foram abordados principalmente estudos que investigaram os efeitos agudos da creatina. No entanto, sabe-se que a suplementação crônica de creatina também pode melhorar o rendimento em exercícios intermitentes por aumentar o volume e intensidade do treinamento, bem como promover hipertrofia⁵. Desta forma, a suplementação aguda de creatina produz efeitos menos pronunciados do que quando esse suplemento é combinado ao treinamento físico por um longo período de tempo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora haja substancial evidência de que a suplementação de creatina possa melhorar o

rendimento em atividades de alta intensidade e curta duração, a análise crítica da literatura aponta que nem sempre isso ocorre. Estudos envolvendo homens jovens, com modelo de grupos independentes, poder estatístico satisfatório, controle da incorporação de creatina muscular, avaliação do consumo alimentar e protocolos de exercícios intermitentes de alta intensidade, cujo rendimento, preferivelmente, não depende do peso corporal, com intervalos de recuperação entre 1 a 6 minutos, tendem a apresentar resultados positivos. Algumas questões, no entanto, permanecem em aberto. Estudos bem controlados devem responder se idade e gênero são fatores que influenciam na resposta à creatina. Da mesma maneira, necessita-se investigar quais atletas de diferentes modalidades esportivas podem ter seu desempenho melhorado, não alterado ou até mesmo prejudicado em função desse suplemento.

Os diversos fatores metodológicos que podem contribuir para a divergência acerca do tema devem ser considerados quando da realização de futuros estudos, bem como no momento da prescrição desse suplemento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Spriet LL, Lindinger MI, McKelvie RS, Heigenhauser GJ, Jones NL. Muscle glycogenolysis and H⁺ concentration during maximal intermittent cycling J Appl Physiol 1989;66(1):8-13.
2. Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise J Appl Physiol 1993;75(2):712-9.
3. Bogdanis GC, Nevill ME, Boobis LH, Lakomy HK. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise J Appl Physiol 1996;80(3):876-84.
4. Harris RC, Soderlund K, Hultman E. Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation Clin Sci (Lond) 1992;83(3):367-74.
5. Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, Greenhaff PL, Hespel PJ, Israel RG, et al. American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation Med Sci Sports Exerc 2000;32(3):706-17.
6. Glaister M, Lockey RA, Abraham CS, Staerck A, Goodwin JE, McInnes G. Creatine supplementation and multiple sprint running performance J Strength Cond Res 2006;20(2):273-7.
7. 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(8):473-8.
8. Lemon PW. Dietary creatine supplementation and exercise performance: why inconsistent results? Can J Appl Physiol 2002;27(6):663-81.
9. Bembem MG, Lamont HS. Creatine supplementation and exercise performance: recent findings Sports medicine (Auckland, N.Z) 2005;35(2):107-25.
10. Balsom PD, Soderlund K, Sjodin B, Ekblom B. Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation Acta Physiol Scand 1995; 154(3):303-10.

11. Greenhaff PL, Bodin K, Soderlund K, Hultman E. Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis *Am J Physiol* 1994; 266(5 Pt 1):E725-30.
12. Greenhaff PL, Casey A, Short AH, Harris R, Soderlund K, Hultman E. Influence of oral creatine supplementation of muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man *Clin Sci (Lond)* 1993; 84(5):565-71.
13. Casey A, Constantin-Teodosiu D, Howell S, Hultman E, Greenhaff PL. Metabolic response of type I and II muscle fibers during repeated bouts of maximal exercise in humans *Am J Physiol* 1996; 271(1 Pt 1):E38-43.
14. Preen D, Dawson B, Goodman C, Lawrence S, Beilby J, Ching S. Pre-exercise oral creatine ingestion does not improve prolonged intermittent sprint exercise in humans *J Sports Med Phys Fitness* 2002;42(3):320-9.
15. Kinugasa R, Akima H, Ota A, Ohta A, Sugiura K, Kuno SY. Short-term creatine supplementation does not improve muscle activation or sprint performance in humans *Eur J Appl Physiol* 2004;91(2-3):230-7.
16. Cornish SM, Chilibeck PD, Burke DG. The effect of creatine monohydrate supplementation on sprint skating in ice-hockey players *J Sports Med Phys Fitness* 2006; 46(1):90-8.
17. Wright GA, Grandjean PW, Pascoe DD. The effects of creatine loading on thermoregulation and intermittent sprint exercise performance in a hot humid environment *J Strength Cond Res* 2007;21(3):655-60.
18. Hoffman JR, Stout JR, Falvo MJ, Kang J, Ratamess NA. Effect of low-dose, short-duration creatine supplementation on anaerobic exercise performance *J Strength Cond Res* 2005;19(2):260-4.
19. 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(5):397-402.
20. Romer LM, Barrington JP, Jeukendrup AE. Effects of oral creatine supplementation on high intensity, intermittent exercise performance in competitive squash players *Int J Sports Med* 2001;22(8):546-52.
21. Jones AM, Atter T, Georg KP. Oral creatine supplementation improves multiple sprint performance in elite ice-hockey players *J Sports Med Phys Fitness* 1999;39(3):189-96.
22. Dawson B, Cutler M, Moody A, Lawrence S, Goodman C, Randall N. Effects of oral creatine loading on single and repeated maximal short sprints *Aust J Sci Med Sport* 1995;27(3):56-61.
23. Skare OC, Skadberg, Wisnes AR. Creatine supplementation improves sprint performance in male sprinters *Scand J Med Sci Sports* 2001;11(2):96-102.
24. Green JM, McLester JR, Smith JE, Mansfield ER. The effects of creatine supplementation on repeated upper- and lower-body Wingate performance *J Strength Cond Res* 2001;15(1):36-41.
25. Deutekom M, Beltman JG, Ruiter CJ, Koning JJ, Haan A. No acute effects of short-term creatine supplementation on muscle properties and sprint performance *Eur J Appl Physiol* 2000;82(3):223-9.
26. Wiroth JB, Bermon S, Andrei S, Dalloz E, Hebuterne X, Dolisi C. Effects of oral creatine supplementation on maximal pedalling performance in older adults *Eur J Appl Physiol* 2001;84(6):533-9.
27. Yquel RJ, Arsac LM, Thiaudiere E, Canioni P, Manier G. Effect of creatine supplementation on phosphocreatine resynthesis, inorganic phosphate accumulation and pH during intermittent maximal exercise *J Sports Sci* 2002;20(5):427-37.
28. Cottrell GT, Coast JR, Herb RA. Effect of recovery interval on multiple-bout sprint cycling performance after acute creatine supplementation *J Strength Cond Res* 2002;16(1):109-16.
29. McKenna MJ, Morton J, Selig SE, Snow RJ. Creatine supplementation increases muscle total creatine but not maximal intermittent exercise performance *J Appl Physiol* 1999; 87(6):2244-52.
30. Wyss M, Kaddurah-Daouk R. Creatine and creatinine metabolism *Physiol Rev* 2000;80(3):1107-213.
31. Lemon P, Boska M, Bredle D, Rogers M, Ziegenfuss T, Newcomer B. Effect of oral creatine supplementation on energetics during repeated maximal muscular contraction. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:S204.
32. Ziegenfuss T, Gales D, Felix S, Straehle S, Klemash K, Konrath D, et al. Performance benefits following a five day creatine loading procedure persist for at least four weeks. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:S265.
33. Finn JP, Ebert TR, Withers RT, Carey MF, Mackay M, Phillips JW, et al. Effect of creatine supplementation on metabolism and performance in humans during intermittent sprint cycling *Eur J Appl Physiol* 2001;84(3):238-43.
34. Mesa JL, Ruiz JR, Gonzalez-Gross MM, Gutierrez Sainz A, Castillo Garzon MJ. Oral creatine supplementation and skeletal muscle metabolism in physical exercise *Sports Med* 2002;32(14):903-44.
35. Thompson CH, Kemp GJ, Sanderson AL, Dixon RM, Styles P, Taylor DJ, et al. Effect of creatine on aerobic and anaerobic metabolism in skeletal muscle in swimmers *Br J Sports Med* 1996;30(3):222-5.

Agradecimentos

Bruno Gualano agradece à FAPESP e CNPq pelo apoio financeiro em 2006 e 2007, respectivamente.

Endereço para correspondência

Bruno Gualano
 Laboratório de Nutrição e Metabolismo Aplicados à Atividade Motora.
 Departamento de Biodinâmica do Movimento Humano.
 Escola de Educação Física e Esporte da USP
 Av. Professor Mello Moraes, 65.
 Cidade Universitária, Butantã
 CPF: 05508-900 – São Paulo, SP.
 E-mail: gualano@usp.br

Recebido em 24/08/07
 Revisado em 29/10/07
 Aprovado em 18/11/07