

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

KLEINER MÁRCIO DE ANDRADE NEMEZIO

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CREATINA SOBRE A ESTRATÉGIA DE
PROVA EM TESTE CONTRA-RELÓGIO DE 1 KM**

**Maceió
2014**

KLEINER MÁRCIO DE ANDRADE NEMEZIO

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CREATINA SOBRE A ESTRATÉGIA DE
PROVA EM TESTE CONTRA-RELÓGIO DE 1 KM**

Dissertação de Mestrado
apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Nutrição da
Universidade Federal de Alagoas,
como requisito parcial para
obtenção do grau Mestre em
Nutrição.

Orientador: Prof. Dr. Adriano
Eduardo Lima da Silva

Maceió
2014



MESTRADO EM NUTRIÇÃO
FACULDADE DE NUTRIÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS



Campus A. C. Simões
BR 104, km 14, Tabuleiro dos Martins
Maceió-AL 57072-970
Fone/fax: 82 3214-1160

**PARECER DA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE
DISSERTAÇÃO**

**“EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CREATINA SOBRE A
ESTRATÉGIA DE PROVA EM TESTE CONTRA RELÓGIO DE 1KM”**

por

KLEINER MÁRCIO DE ANDRADE NEMEZIO

A Banca Examinadora, reunida aos 21 dias do mês de março do ano de 2014, considera o candidato **APROVADO**.

Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva
Faculdade de Nutrição
Universidade Federal de Alagoas
(Orientador)

Prof. Dr. Bruno Gualano
Universidade de São Paulo
(Examinador)

Prof. Dr. Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi
Universidade de São Paulo
(Examinador)

Dedico este trabalho à minha (*in memoriam*) mãe que, enquanto presente fisicamente, me formou com seus ensinamentos, dedicação e exemplo; ao meu pai pelos mesmos motivos e por sempre me apoiar, até hoje; a Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de poder lutar pelas boas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, especialmente, à minha família por todo apoio em todos os sentidos, pela compreensão e auxílio incondicional;

Agradeço também à Jessica, pessoa fundamental neste período, tão paciente e compreensiva;

À parte paulistana da minha família, a qual sempre me acolheu e me deu todo suporte durante o período em que permaneci na cidade;

Ao Professor Dr. Adriano, por me motivar e me apoiar antes mesmo do início propriamente dito desta etapa da minha carreira, a qual foi alicerçada com sua generosa contribuição;

Ao Professor Dr. Rômulo Bertuzzi, da Universidade de São Paulo, pelas contribuições e sugestões que estão sendo fundamentais para elevar a qualidade deste trabalho e por disponibilizar a estrutura necessária para a condução dos experimentos;

Ao Professor Dr. Bruno Gualano, também da Universidade de São Paulo, pelas importantes sugestões referentes à pesquisa, por nos abrir as portas do laboratório de Nutrição, sob sua supervisão, além de fornecer todo suplemento necessário até a conclusão dos experimentos;

Ao Prof. Dr. Gustavo Gomes, pelas contribuições que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho;

Ao Professor Ms. Carlos Rafaell, por todo auxílio e apoio, companheirismo prestados durante o período de coleta de dados;

Ao Professor João Paulo Lopes e Professor Ms. Marcos Cavalcante, por todo suporte em diversos momentos durante o período de coletas;

A todos os técnicos e discentes que fazem parte do Ladesp – USP, pelo profissionalismo e companheirismo em todo expediente;

Agradeço também a indispensável convivência com todos os membros da família GPCE;

À CAPES, pelo auxílio financeiro durante todo o mestrado;

Em especial, agradeço a todos os ciclistas que participaram de maneira voluntária, divulgaram e tornaram possível a conclusão deste trabalho.

RESUMO

A busca pelo melhor desempenho em competições de diversas modalidades esportivas tem levado atletas de alto nível a recorrerem, além das rotinas de treinamento, a combinações dietéticas que auxiliem na obtenção desse objetivo, tornando a suplementação uma prática comum nas últimas décadas. Assim, a presente dissertação apresenta dois artigos: um de revisão, onde foram discutidos os efeitos da suplementação de Creatina (Cr) sobre o desempenho em exercícios contínuos de alta intensidade e exercícios intermitentes de alta intensidade; outro de resultados, onde o efeito da suplementação de Cr foi testado sobre a estratégia de prova em um teste contra relógio de 1 km. 19 ciclistas foram divididos em dois grupos, sendo um experimental (N = 10) e um Placebo (N = 9) e submetidos a dois testes contra relógio de 1 km, sendo um pré e outro pós-suplementação. Foi verificado que após 5 dias de suplementação de Creatina (20 g / dia) houve ganho de massa corporal no grupo experimental ($p < 0,05$) acompanhado por uma melhora na estratégia de prova, do 28º ao 45º segundo do teste contra relógio, mas não suficiente para promover melhora do tempo final.

Palavras-chave: recurso ergogênico, ciclismo, teste contra relógio, exercício contínuo, fosforilcreatina.

ABSTRACT

The search for the best performance in various sports competitions has led high-level athletes to make use diet combinations that help in achieving that goal, in addition to routine training, making supplementation a common practice in recent decades. Thus, this dissertation presents two articles: a review, where were discussed the effects of Creatins (Cr) supplementation on performance in high-intensity continuous exercise and in high-intensity intermittent exercise; and a result paper, where the effect of Cr supplementation has been tested on the pacing strategy in a 1 km time-trial. 19 cyclists were divided into two groups: an experimental group (N = 10) and a placebo group (N = 9). They performed two tests 1 km time-trial, one pre and one post-supplementation. It was found that after 5 days of Cr supplementation (20 g / day) there was a body weight gain in the experimental group ($p < 0.05$) accompanied by an pacing improvement from the 28th to the 45th but it was not enough to promote improvement of the final time.

Key words: Ergogenic aid, cycling, time-trial, continuous exercise, phosphocreatine.

LISTA DE FIGURAS

Página

2º artigo: artigo de resultados

Ilustração do desenho experimental.....	56
Potência mecânica externa	64
Potência mecânica aeróbia	65
Consumo de oxigênio	66
Potência mecânica anaeróbia	66

LISTA DE TABELAS

1º artigo: artigo de revisão

Resumo dos estudos que verificaram o efeito da suplementação de creatina sobre o desempenho em exercícios contínuos de alta intensidade.....	30
Resumo dos estudos que verificaram o efeito da suplementação de creatina sobre o desempenho em exercícios intermitentes de alta intensidade.....	40

2º artigo: artigo de resultados

Caracterização dos participantes	54
Massa corporal e massa corporal livre de gordura	63
Trabalho mecânico externo total	67
Contribuição metabólica	68

Lista de abreviaturas

ADP – Difosfato de adenosina

ATP – Trifosfato de adenosina

Cr – Creatina

EF – Eficiência mecânica grossa

MAOD – Máximo déficit acumulado de oxigênio

P_{ae} – Potência aeróbia

P_{ana} – Potência anaeróbia

P_{met} – Potência metabólica

PCr – Fosforilcreatina

PEG - polietileno glicolisado

PI - Placebo

PM – Potência média

P_{máx} – Potência máxima

PP – Potência de pico

RER – Razão de trocas respiratórias

TCR – Teste contra relógio

TCr – Creatina total

TF – Taxa de fadiga

VCO₂ – Volume de gás carbônico

VE – Ventilação

VO₂ – Volume de oxigênio consumido

VO_{2máx} – Volume máximo de oxigênio

VP – Velocidade de pico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2. COLETÂNEA DE ARTIGOS.....	17
2.1. 1º artigo: artigo de revisão	
Efeito da suplementação de creatina sobre o desempenho em exercícios contínuos e em exercícios intermitentes de alta intensidade.....	18
2.2. 2º artigo: artigo de resultados	
Efeito da suplementação de creatina sobre a estratégia de prova em teste contra relógio de 1Km.....	48
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

1 INTRODUÇÃO GERAL

A busca pelo melhor desempenho em competições de diversas modalidades esportivas tem levado atletas de alto nível a recorrerem, além das rotinas de treinamento, a combinações dietéticas que auxiliem na obtenção desse objetivo, tornando a suplementação uma prática comum nas últimas décadas. Neste sentido, a creatina (Cr) monohidratada tem sido um dos recursos ergogênicos mais utilizados nos últimos vinte anos, tendo o seu poder de ação testado em diversos experimentos (GRINDSTAFF et al., 1997; SNOW et al., 1998; MUJIKÁ et al. 1999; PREEN et al. 2000; HESPEL et al. 2001; GLAISTER et al. 2006; HERDA et al., 2009; FUKUDA et al., 2010).

Grande parte das pesquisas acerca da suplementação de Cr relatam seus efeitos sobre o ganho de massa muscular e desempenho em exercícios intermitentes de alta intensidade (JONES et al. 2009; FERGUSON e SYROTUIK, 2006; ACIERO et al. 2001), visto que as reservas de Cr e fosforilcreatina (PCr) muscular são elevadas após um protocolo de suplementação (geralmente 20 g por dia durante 5 dias). Esse aumento nas reservas dos estoques de Cr total (Cr + PCr) promoveria a otimização do metabolismo anaeróbio alático, elevando a força e a capacidade do indivíduo suplementado em realizar esforços curtos de curta duração intercalados por pequenos intervalos de recuperação, tendo em vista a ocorrência de uma maior taxa de ressíntese de ATP através da degradação da PCr (HERDA et al. 2009; AHMUN et al. 2005; MCKENNA et al. 1999).

A característica de alternância entre esforços de alta intensidade e períodos de intervalo, no entanto, não se aplica às modalidades consideradas fechadas e contínuas, como ciclismo, natação, atletismo e remo. Nesses casos, é comum a adoção de estratégias de provas a fim de promover uma distribuição de ritmo, de modo que o participante conclua a prova à frente dos demais

concorrentes. Assim, especificamente na modalidade de ciclismo, existem provas de longa distância e provas de menor duração. No caso de provas curtas, como o contra relógio de 1Km, é comum o atleta utilizar a estratégia de saída máxima (*all out*). Tal estratégia consiste em um início com máximo esforço nos primeiros 10-15 segundos do contra relógio, no intuito de atingir a velocidade de pico (VP) o mais rápido possível e manter a maior intensidade possível até o final do evento (ABBIS; LAURENSSEN, 2008).

Com o objetivo de aproximar os trabalhos científicos de situações reais de competição, diversos pesquisadores têm utilizado protocolos de teste contra relógio (TCR), no qual os participantes são instruídos a completarem uma determinada distância no menor tempo possível ou desempenhar o máximo de trabalho externo possível em um intervalo de tempo pré-determinado. Esse tipo de protocolo é utilizado principalmente em estudos envolvendo estratégia de prova (BISHOP et al. 2002; LAURENSSEN et al. 2007; BLEEN et al. 2009).

A maior parte estudos sobre suplementação de Cr e desempenho em modalidades contínuas apresentam um desenho que não se aproxima de situações reais de competição, utilizando experimentos como o tempo até a exaustão. Desta forma, a presente dissertação vem contribuir no sentido de adicionar conhecimentos a respeito dos efeitos da suplementação de Cr sobre a estratégia de prova em simulação de contra relógio de 1Km. Para isto, foi elaborada uma revisão de literatura com os principais achados relacionados à suplementação de Cr e o seu efeito sobre o desempenho em exercícios contínuos e em exercícios intermitentes de alta intensidade. Adicionalmente, um estudo experimental com desenho contrabalanceado e duplo-cego foi desenvolvido para

verificar os possíveis efeitos da suplementação de Cr sobre a estratégia de prova em teste contra relógio de 1Km.



2 COLETÂNEA DE ARTIGOS

1º artigo: artigo de revisão

NEMEZIO, KM; LIMA-SILVA, AE. Efeito da suplementação de creatina sobre o desempenho em exercícios contínuos e em exercícios intermitentes de alta intensidade: uma revisão.

Revista que será submetido: Revista da Nutrição

RESUMO

A creatina (Cr) monohidratada tem sido um dos artifícios ergogênicos mais utilizados nos últimos vinte anos, tendo o seu poder de ação testado em diversos experimentos. Grande parte das pesquisas conduzidas para experimentar a ação da suplementação de Cr sobre o desempenho relatou aumento nas concentrações de fosforilcreatina (PCr) muscular, bem como da massa corporal, devido a maior retenção hídrica provocada pelo substrato. Desta forma, elevadas concentrações de PCr muscular podem acelerar o processo de refosforilação da adenosina difosfato (ADP) em adenosina trifosfato (ATP), favorecendo o desempenho em exercícios de alta intensidade. Como boa parte dos estudos não tem relatado efeitos positivos em exercícios predominantemente aeróbios, de maior duração, a presente revisão teve como objetivo, verificar os efeitos da suplementação de Cr sobre o desempenho em exercícios contínuos e intermitente de curta duração e alta intensidade, relatando resultados de estudos publicados nos últimos 17 anos. Na maioria dos estudos, mas não em todos, os resultados demonstram a eficácia da suplementação de Cr como recurso ergogênico para melhorar o desempenho em exercícios contínuos de curta duração e alta intensidade e exercícios intermitentes de alta intensidade. Alguns resultados controversos podem ser atribuídos a questões como o número insuficiente de sujeitos, bem como o período insuficiente de *washout* no caso dos estudos que utilizaram desenho cruzado.

PALAVRAS-CHAVE: Creatina monohidratada, tempo até a exaustão, desempenho anaeróbio, ressíntese de fosforilcreatina.

ABSTRACT

The creatine monohydrate has been one of the most used ergogenic aid in the last twenty years, having their power of action tested in several studies. Most of the researches conducted to test the effect of creatine supplementation on performance reported increased concentrations of muscle phosphocreatine and body mass; mainly due to an increased water retention caused by substrate. Thus, high concentration of muscle phosphocreatine may accelerate the rephosphorylation of adenosine diphosphate (ADP), which in turn helps to increase the performance during high intensity exercise. Given that most of the studies have not reported positive effects of creatine on predominantly aerobic, long-term exercise, this review aimed to verify the effects of creatine supplementation on performance during short-term, high-intensity continuous and intermittent exercises, considering results of studies published in the last 17 years. In the majority of these studies, but not all of them, the effectiveness of creatine supplementation as an ergogenic resource to improve anaerobic performance during high-intensity exercises was attested. The controversial results may be attributed to issues such as insufficient number of subjects and insufficient washout period in the case of studies using crossover design.

KEYWORDS: Creatine monohydrate, time to exhaustion, anaerobic performance, phosphocreatine turnover.

INTRODUÇÃO

A busca pelo melhor desempenho em competições de diversas modalidades esportivas tem levado atletas de alto nível a recorrerem, além das rotinas de treinamento, a combinações dietéticas que auxiliem na obtenção desse objetivo, tornando a suplementação uma prática comum nas últimas décadas. Neste sentido, a Creatina (Cr) monohidratada tem sido um dos recursos ergogênicos mais utilizados nos últimos vinte anos, tendo o seu poder de ação testado em diversas publicações (GRINDSTAFF et al., 1997; SNOW et al., 1998; MUJIKA et al. 1999; PREEN et al. 2000; GLAISTER et al. 2006; HERDA et al., 2009; FUKUDA et al., 2010).

Estudos científicos a respeito da suplementação de Cr no esporte, entretanto, só começaram a ser desenvolvidos a partir da década de 90, quando seu efeito passou a ser testado principalmente em exercícios de força, velocidade e esforços intensos repetidos (SYROTUIK et al. 2001; VOLEK et al. 2003; MUJIKA et al. 1999; GRINDSTAFF et al. 1997). Grande parte das pesquisas conduzidas para experimentar a ação da suplementação de Cr sobre o desempenho relatou aumento nas concentrações de PCr muscular, bem como da massa corporal da maior parte dos indivíduos participantes, provavelmente devido a maior retenção hídrica provocada pelo substrato (HERDA et al. 2009; AHMUN et al. 2005; MCKENNA et al. 1999). Desta forma, elevadas concentrações de PCr muscular podem acelerar o processo de refosforilação da ADP em ATP, por meio de reação catalisada pela enzima creatinaquinase, durante exercícios intensos e de curta duração (HESPEL et al. 2001; PREEN et al. 2000). Existem dificuldades, no entanto, quanto à verificação desses mecanismos de ação da Cr durante um experimento, ficando a cargo apenas

da análise de amostras de tecido muscular retiradas durante a intervenção, o que caracteriza um estudo invasivo e um tanto incômodo para os participantes.

Quanto à dosagem, a maioria dos estudos envolvendo exercícios de alta intensidade segue um período de três a cinco dias, geralmente com doses de 20 g diárias, ingeridas em frações de 5 g após cada refeição ou 0,35 g por kg de massa corporal (FUKUDA et al., 2010; ECKERSON et al., 2005; ZIEGENFUSS et al. , 2002; SMITH et al., 1998; JACOBS, BLEUE e GOODMAN, 1997). A literatura mostra que esta quantidade tem sido suficiente para promover o aumento das concentrações de PCr muscular, além de prolongar este aumento por até vinte e oito dias seguintes ao período de suplementação (ROMER et al. 2001; SNOW et al. 1998). Esses estudos, no entanto, indicam que o efeito da suplementação de Cr pode ser benéfico apenas para exercícios de alta intensidade, principalmente intermitentes. Boa parte das pesquisas que investigaram os efeitos em exercícios de baixa intensidade não revelou vantagens pelo uso da Cr como suplemento (SMITH et al. 2011; LOON et al. 2003; IZQUIERDO et al. 2002; REDONDO et al. 1996; STRAUD et al 1994). Desta forma, a presente revisão teve como objetivo verificar os efeitos da suplementação de Cr sobre o desempenho em exercícios contínuos e intermitentes de curta duração e alta intensidade, relatando resultados de estudos publicados nos últimos 17 anos e indexados a base de dados do *Pubmed*, periódicos CAPES e Scielo.

MÉTODOS

Para compor a revisão, inicialmente foram pesquisados artigos de língua inglesa e portuguesa, que apresentassem relação entre suplementação de Cr e exercício. Para tanto, foram utilizadas as palavras-chave “suplementação de creatina” (*creatine supplementation*), “creatina monohidratada” (*creatine monohydrate*), “creatina” (*creatine*) e (exercício) “*exercise*”. Na etapa seguinte, foram escolhidos apenas artigos que tratassem de desempenho em modalidades cíclicas, tais como ciclismo, corrida e remo ou modalidades intermitentes, tais como futebol, *hugby* e squash. Após esta primeira triagem, os artigos passaram por outra análise, na qual foram separados em dois grupos, dentre os que tratavam da análise do desempenho em exercícios contínuos de carga constante ou tempo até a exaustão de alta intensidade e os que abordavam desempenho em exercícios intermitentes de alta intensidade. Desta maneira, a revisão foi dividida em dois tópicos: 1) efeito da suplementação de Creatina sobre o desempenho em exercícios contínuos de alta intensidade; 2) efeito da suplementação de creatina sobre o desempenho em exercícios intermitentes de alta intensidade.

Ao todo, 94 artigos foram classificados para possível inclusão na revisão. Após análise, 74 foram excluídos por não se adequarem aos parâmetros, enquanto os 20 restantes foram separados em dois grupos, compondo os dois tópicos apresentados na presente revisão.

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CREATINA SOBRE O DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS CONTÍNUOS DE ALTA INTENSIDADE

Neste tópico, envolvendo atividades cíclicas como ciclismo, corrida e remo, ao todo nove artigos foram selecionados.

Em 1997, um estudo conduzido por Jacobs, Bleue e Goodman (1997), procurou verificar a hipótese de que a suplementação de Cr poderia aumentar a capacidade anaeróbia de indivíduos fisicamente ativos. Para tanto, vinte e seis sujeitos foram divididos em dois grupos, sendo um placebo (n = 12) e outro experimental (n = 14), o qual recebeu Cr monohidratada. Após o teste incremental, em um dia separado, os sujeitos realizaram exercício supramáximo (125% do VO_{2max}) em cicloergômetro para a determinação do Máximo Déficit Acumulado de Oxigênio (MAOD), o qual quantifica a capacidade anaeróbia. Cinco dias após a suplementação de Cr (20 g / dia) ou placebo, os participantes repetiam os testes supramáximos. Os resultados revelaram um aumento de cerca de 10% no MAOD dos sujeitos suplementados com Cr, além de elevarem o tempo até a exaustão cerca de 9 % (130 ± 7 para 141 ± 7 segundos).

Mais tarde, Snow et al. (1998) não reportaram benefícios sobre desempenho em um *sprint* de 20 s em cicloergômetro. Na ocasião, a contribuição anaeróbia foi mensurada a partir dos metabólitos analisados através de amostras sanguíneas coletadas durante o experimento. Apenas oito voluntários participaram do estudo, no qual foram controles de si próprios. De maneira contrabalanceada, os participantes foram suplementados com Cr (30 g/dia) ou placebo durante cinco dias. Quatro semanas após, o procedimento foi repetido mudando o suplemento. Os resultados mostraram que a quantidade total de Cr muscular armazenada, aumentou

cerca de 2 % após a suplementação, mas o desempenho no exercício proposto não demonstrou melhora em relação a situação placebo. Além disso, a análise sanguínea também não revelou alterações nos marcadores do metabolismo anaeróbio (lactato, hipoxantina e amônia). Um ponto desfavorável nesse estudo se dá por conta da utilização de amostras dependentes, visto que o período de *washout* pode não ter sido suficiente para alguns participantes, interferindo na expressão dos resultados.

Smith et al. (1998) utilizaram a relação taxa de trabalho e tempo até a exaustão em exercício de carga constante para verificar os efeitos da suplementação de Cr sobre desempenho anaeróbio. O modelo consiste em uma função hiperbólica na qual é possível avaliar a relação entre a taxa de trabalho realizada (W) e o tempo até a exaustão. O modelo matemático se baseia na seguinte fórmula: $t = W'/(W - W_{cp})$, onde t representa o tempo até a exaustão, W_{cp} a assíntota da taxa de trabalho e W' o grau de curvatura desta relação. Este último é considerado como parâmetro representativo da capacidade anaeróbia, enquanto que W_{cp} é utilizado como um índice de desempenho aeróbio. Os testes foram conduzidos em cicloergômetro e a suplementação de Cr ou placebo ocorreu nos cinco dias antecedentes aos experimentos, utilizando-se doses de 20 g diárias. Os resultados revelaram melhora na W' após o período de suplementação (de $200,3 \pm 47,2$ J/kg para $233,8 \pm 47,7$ J/kg). O autor atribuiu os resultados ao fato de que a suplementação eleva as reservas de PCr muscular, provendo maior demanda de substrato para a produção de energia anaeróbia.

Já em 2003, Chwalbińska-Moneta (2003) publicou um estudo no qual também foram utilizados atletas remadores. No intuito de verificar o efeito da suplementação de Cr sobre a capacidade anaeróbia de praticantes desta

modalidade, foram convidados dezesseis remadores para participarem do experimento, os quais continuaram com a rotina normal de treinamento durante todo o período experimental. O autor seguiu o protocolo de suplementação mais utilizado: 20g de Cr por um período de cinco dias. Antes e após o período de suplementação, os remadores realizaram, em dias separados, um teste incremental e uma série de exercício até a exaustão com esforço máximo, a uma carga de 7 W por quilograma de peso corporal em um simulador de remo. Foram coletadas amostras sanguíneas durante a atividade e no período de repouso. Após o período de suplementação, o limar de lactato aumentou significativamente no grupo suplementado (de $314 \pm 5W$ para $335 \pm 7,1W$). Em relação ao tempo até a exaustão em esforço máximo, o grupo experimental também apresentou melhora significativa ($+12,1 \pm 4,5$ segundos). A concentração de lactato durante a recuperação, após o teste máximo até a exaustão, não revelou mudanças entre os grupos. Apesar de não haver realizado análises sobre a concentração de Cr e PCr muscular, o autor também atribui o efeito positivo da suplementação ao aumento destas reservas, reportada também nos estudos anteriores.

Mais tarde, Hoffman et al. (2005) desenvolveram um estudo para testar os efeitos da suplementação com baixa concentração de Cr. Para tanto, os autores contaram com a participação de quarenta voluntários fisicamente ativos. O protocolo experimental consistia em três testes máximos de 15 segundos, os quais foram realizados por três vezes, numa mesma sessão, antes e após seis dias de suplementação a uma dose diária de 6 g. Durante os testes foram mensuradas a Potência de Pico (PP), a Potência Média (PM) e a Taxa de Fadiga (TF) ao final de cada teste. Os resultados não demonstraram diferenças significativas na PP e na PM. A TF, no entanto, corroborou os estudos até aqui descritos, apresentando

melhora nos três testes do grupo suplementado durante seis dias. Um fato destacado pelos autores diz respeito ao modo de preparo do suplemento, o qual foi misturado a uma matriz gelatinosa, diferente dos anteriores, nos quais foram utilizadas bebidas misturadas com Cr em pó nas suas devidas concentrações. No caso do estudo de Hoffman et al. (2005), a característica gelatinosa poderia ter influenciado na quantidade de substrato absorvido, diminuindo o total de Cr que poderia ser armazenada de maneira intramuscular após a suplementação. Apesar disso, ressalta-se que a melhora na taxa de fadiga indica, também, um aumento da capacidade anaeróbia dos indivíduos após a suplementação.

Já em 2009, Herda e colaboradores investigaram o impacto da suplementação de Cr com implemento de polietileno glicolisado (PEG). A performance foi verificada através do teste de Wingate, onde foram medidas a PP e a PM. Além disso, foram aplicados testes de salto vertical e de repetições máximas em banco de supino e aparelho de agachamento. Ao todo, cinquenta e oito sujeitos participaram do estudo, sendo divididos em quatro grupos que receberam, respectivamente: Cr (5g por dia), Placebo (3,6g de microcelulose por dia), Cr e PEG em pequena dose (1,25g de Cr e 1,25g de PEG por dia) e Cr e PEG em dose moderada (2,5g de Cr e 2,5g de PEG). Os testes foram conduzidos antes e após trinta dias de suplementação. Os resultados mostraram que apenas o grupo suplementado com Cr sem o aditivo de PEG, apresentou melhora na PM no teste de Wingate, além de uma elevação no peso corporal. Já em relação ao desempenho em repetições máximas no banco de supino e agachamento, todos os grupos suplementados apresentaram melhora significativa. Apesar disso, quando feita comparação entre os grupos experimentais e placebo, as mudanças não revelaram diferenças significativas, o que dificulta uma conclusão mais consistente a respeito

do estudo. A modalidade de protocolo adotada para a suplementação difere de todos os estudos que encontraram resultados positivos, uma vez que o autor induziu a uma suplementação por um período de trinta dias, porém com doses diárias reduzidas (5g de Cr).

Outro estudo mais recente, conduzido por Fukuda et al (2010), envolveu homens e mulheres na amostra, totalizando cinquenta sujeitos fisicamente ativos. Na ocasião, os pesquisadores buscaram verificar se o sexo poderia influenciar nos efeitos da suplementação de Cr sobre o desempenho. O protocolo seguiu a linha mais comum, 20 g de Cr durante cinco dias. Divididos em grupos experimentais e placebo, os sujeitos realizaram corridas na intensidade correspondente a velocidade crítica. Corroborando os estudos anteriormente descritos, os sujeitos do sexo masculino, apresentaram um incremento de 23 % na capacidade anaeróbia em corrida em relação ao grupo placebo. A melhora, no entanto, não ocorreu nos sujeitos do sexo feminino, o que indica evidências de que a suplementação pode não ter a mesma eficácia sobre o gênero feminino. Em estudos anteriores, no entanto (EKERSON et al. 2004; EKERON et al. 2005), utilizando protocolos similares, foram encontrados resultados positivos para ambos os gêneros. Características particulares ao sexo feminino, tal como o ciclo menstrual, pode ser um fator determinante para a obtenção de resultados divergentes, o que implica maior controle do experimento em relação a esses ciclos.

Os resultados dos estudos apresentados demonstram, em sua maioria, que a suplementação com Cr é capaz de promover incremento na capacidade anaeróbia em diversas modalidades de exercício contínuo. Na maioria dos experimentos onde foi possível medir a concentração de Cr e PCr muscular, foi constatado aumento significativo desses estoques, o que levaram os autores a

concluírem que os resultados obtidos são relativos a disponibilidade de uma maior quantidade deste substrato em relação a situação de pré-suplementação.

Tabela 1- Resumo dos estudos que verificaram o efeito da suplementação de creatina sobre o desempenho em exercícios contínuos de alta intensidade.

Estudos	Tamanho da amostra (n)	Participantes	Protocolo de suplementação	Teste de esforço	Modalidade	Resultado
Jacobs, Bleue e Goodman, 1997	n = 26	Treinados e bem treinados	20 g/dia de CrH ₂ O adoçada ou PI adoçado durante 5 dias	Exercício supramáximo de CC (125 % do VO _{2max}) até a exaustão (~ 2 min)	Ciclismo	Melhorou (~ 9,16 %)
Smith et al., 1998	n = 15	Fisicamente ativos	20 g/dia de CrH ₂ O ou 24 g/dia de glicose durante 5 dias	<i>Exercício de CC</i> (3 – 5 W/kg) até a exaustão (~ 80 - 600 s)	Ciclismo	Melhorou (~ 16,72 %)
Snow et al., 1998	n = 8	Fisicamente ativos	30 g/dia de de Cr + dextrose ou 30 g/dia de dextrose durante 5 dias	<i>Sprint</i> máximo de 20 s	Ciclismo	Não melhorou
Chwalbińska-Moneta, 2003	n = 16	Bem treinados	20 g/dia de CrH ₂ O ou 20 g/dia de glicose durante 5 dias	<i>Exercício de CC</i> (7 W/kg/MC) até a exaustão (~ 75 s)	Remo	Melhorou (~ 6,8 %)

Eckerson et al., 2004	n = 10	Mulheres fisicamente ativas	20 g/dia de Cr + dextrose ou dextrose durante cinco dias	Exercício de CC (PC) até a exaustão	Ciclismo	Melhorou (~ 22,1 %)
Eckerson et al., 2005	n = 61	Homens e mulheres fisicamente ativos	20 g/dia de Cr + dextrose ou dextrose durante cinco dias	Exercício de CC (PC) até a exaustão	Ciclismo	Melhorou (~ 23,8%)
Hoffman et al., 2005	n = 40	Fisicamente ativos	6 g/dia de CrH ₂ O em matriz gelatinosa adoçada matriz gelatinosa durante 6 dias	Exercício de 15 s CC (1,1 N/m/Kg)	Ciclismo	Não melhorou
Molina et al. 2009	n = 20	Bem treinados				
Herda et al., 2009	n = 58	Fisicamente ativos	5 g/dia de CrH ₂ O ou dextrose durante 30 dias	Teste de Wingate	Ciclismo	Não melhorou
Fukuda et al., 2010	n = 50	Homens e mulheres treinados	20 g/dia de CrCt + dextrose ou dextrose durante 5 dias	Exercício até a exaustão (90 – 110 % do VO _{2máx})	Corrida	Melhorou (~ 23%)

Cr: creatina; CrH₂O: creatina monohidratada; CrCt: creatina citrato; CC: carga constante; PC: potência crítica; PL: placebo; MC: massa corporal.

EFEITO SOBRE O DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS INTERMITENTES DE ALTA INTENSIDADE

Como fora observado no tópico anterior, diversos estudos reportaram melhora no desempenho em exercícios contínuos de alta intensidade após suplementação. Entretanto, alguns pesquisadores verificaram que a taxa de ressíntese de PCr pode ser influenciada pela suplementação (COX et al., 2002; ROMER, BARRINGTON E JEUKENDRUP, 2001; PREEN et al. 2000), o que acarretaria maior disponibilidade de substrato após um período de recuperação. Assim, vários estudos buscaram analisar os efeitos da suplementação de Cr em exercícios intermitentes de alta intensidade, dentre os quais onze foram incluídos nesta revisão. Foram selecionados apenas os estudos que envolveram modalidades acíclicas.

Grindstaff e colaboradores, em 1997, conduziram um estudo no qual se propuseram a verificar o efeito da suplementação de Cr sobre o desempenho em simulações contra-relógio de natação, capacidade de *sprints* repetidos dos membros superiores e composição corporal de nadadores amadores participantes de competições regionais e nacionais. Sete homens e onze mulheres participaram do estudo, onde realizaram, após aquecimento, três testes contra-relógio de 100 m com intervalo de 60 segundos entre cada um. Em seguida, foram realizados três *sprints* de 20 segundos em um banco simulador de nado, apenas para membros superiores. Após esses testes os nadadores foram divididos em dois grupos, sendo um placebo e outro experimental, suplementado com doses diárias de 21 g de Cr por um período de nove dias. Após este período, os sujeitos realizaram outra sessão de testes para posterior comparação com os resultados pré-suplementação. A análise revelou que o grupo suplementado apresentou significativa queda nos tempos para completar as

três repetições de 100m ($-0,27 \pm 0,3s$ na primeira repetição, $-0,93 \pm 0,4s$ na segunda e $-0,36 \pm 0,3s$ na terceira) enquanto que o grupo placebo não apresentou diferença significativa entre o desempenho pré e pós o período de suplementação ($0,86 \pm 0,3s$, $-0,40 \pm 0,5s$, $0,02 \pm 0,3s$ nas repetições 1, 2 e 3, respectivamente). Já nas repetições máximas de 20 segundos em ergômetro de nado, o grupo suplementado demonstrou aumento significativo no trabalho total (de $5318 \pm 1510J$ para $5724 \pm 1404J$) e na potência de pico (de $266 \pm 76W$ para $286 \pm 70W$) apenas na primeira das três repetições após o período de suplementação. Os autores, no entanto, sugerem que o grupo suplementado apresentou tendência a melhora, em relação ao grupo placebo, também nas duas últimas repetições de 20 segundos, expressando os valores em porcentagem, reportando 7,8 %, 5,3 % e 0,5 % de melhora no trabalho total realizado na primeira, segunda e terceira repetições, respectivamente. Os autores atribuíram os resultados obtidos nas repetições de 100 m ao tempo de repouso, suficiente para promover a ressíntese de PCr de modo a manter o desempenho nas repetições seguintes. Vale salientar, no entanto, que estas conclusões não apresentam suporte de análises bioquímicas musculares.

Em outro estudo envolvendo nadadores (14 atletas de alto rendimento), os quais foram divididos de maneira contrabalanceada em dois grupos (placebo e experimental), Peyrebrune et al. (1998) verificaram o efeito de nove dias de suplementação de Cr (9 g/dia) sobre o desempenho em uma repetição máxima de 45,72 metros de nado livre e durante uma sessão de oito repetições máximas de 45,72 metros. Para suporte aos resultados, os autores também coletaram amostras capilares e venosas de sangue para medir amônia plasmática, PH sanguíneo e lactato. Os resultados dos testes após o período de suplementação não

demonstraram diferenças significativas no desempenho apresentado no *sprint* único de 45,72m. Na sessão de oito repetições, no entanto, o grupo suplementado demonstrou significativa redução no tempo acumulado, reduzindo de $204,3 \pm 5,02$ segundos antes da suplementação para $200,2 \pm 3,86$ segundos após ingestão de Cr. Apesar disso, a análise dos metabólitos não expôs mudanças significativas entre as amostras coletadas no período pré- e pós-suplementação. Na análise da urina, no entanto, os pesquisadores verificaram a retenção de Cr no grupo suplementado, os quais apresentaram uma média de $86,2 \pm 6,3\%$ e $45,9 \pm 12,7\%$ de Cr retida após o primeiro e quinto dia de suplementação, respectivamente. Assim, o estudo conclui que pode ter havido de fato um aumento nas concentrações de Cr muscular, o que poderia estar ligado à melhora no tempo acumulado durante a realização dos oito *sprints* consecutivos de 45,72m.

Já Mujika et al. (1999) analisaram os efeitos da suplementação de Cr sobre o desempenho em atividades intermitentes de alta intensidade, específicas para jogadores de alto nível. Dezessete atletas foram convidados, três dias após o fim da última temporada, para participar do estudo. Neste, cada atleta realizou uma bateria de testes antes e após cinco dias de suplementação de Cr (20 g por dia) ou placebo. Os mesmos foram divididos em dois grupos, dos quais oito compuseram o grupo experimental e nove, o grupo placebo. A bateria de testes consistia em: 1-) três saltos verticais máximos, com 30 segundos de intervalo entre cada um; 2-) seis *sprints* de 15 metros, com 30 segundos de intervalo; 3-) quarenta *sprints* de 15 segundos, com intervalo ativo de 10 segundos; 4-) três saltos verticais máximos, sendo o primeiro logo após o último *sprint* de 15 segundos, o segundo 3 minutos após o primeiro e o terceiro 2 minutos após o segundo. Amostras de sangue e urina

também foram coletadas para análise da concentração de lactato, amônia e retenção de Cr urinária.

Os resultados demonstraram que apenas no teste 2 (6 *sprints* de 15 m), o grupo suplementado apresentou pequena melhora em relação ao período pré suplementação na média dos tempos nos seis sprints ($2,32 \pm 0,08$ segundos vs $2,29 \pm 0,8$ segundos). No teste de salto vertical (teste 3), ambos os grupos apresentaram queda no desempenho após a suplementação ($47,1 \pm 4,4$ cm vs $45 \pm 5,5$ cm para o grupo Cr, $45,7 \pm 3,7$ vs $42,4 \pm 2,9$ cm para o grupo placebo). Assim, os autores concluem que a suplementação pode influenciar de maneira positiva o desempenho em exercícios intermitentes de alta intensidade, mas a dimensão dos resultados encontrados neste estudo parece não indicar uma melhora significativa durante uma competição. Um experimento semelhante, realizado mais tarde (COX et al., 2002), o qual teve colaboração de Mujika, também corroborou esses achados ao verificarem que jogadoras de futebol melhoraram, ligeiramente, o desempenho em exercícios intermitentes de alta intensidade, específicos para futebol. O ganho significativo de massa corporal, relatado nesse estudo, pode ser um dos motivos pelo qual os resultados não apresentaram uma melhora expressiva, já que isso significaria um incremento de carga, elevando o custo energético necessário para o deslocamento.

McKenna et al. (1999) publicaram um outro estudo no qual o objetivo era verificar o tempo de permanência da Cr em estoque no músculo esquelético e o desempenho em exercício intermitente de alta intensidade em cicloergômetro, bem como a manutenção desse desempenho quatro semanas após o período de suplementação. Para isto, foram convidados quatorze voluntários fisicamente ativos para compor um grupo experimental e outro placebo, cada um com sete sujeitos. Antes da suplementação, os sujeitos realizaram 5 *sprints* de 10 segundos com

intervalos de 180, 50, 20 e 20 segundos entre cada um. Para medir a quantidade de Cr muscular, PCr e Cr total (Cr + PCr), amostras de tecido muscular foram retiradas logo após a sessão. Os procedimentos foram repetidos duas semanas e quatro após o período de suplementação (30 g/dia durante cinco dias. Apesar do aumento da Cr total ($18 \pm 2,1$ % após cinco dias de suplementação), o que não ocorreu com o grupo controle, houve uma significativa melhora da potência de pico e do trabalho, na segunda sessão de testes, em ambos os grupos, o que levou os pesquisadores a atribuírem este fato ao efeito de aprendizagem ou placebo, e não necessariamente à suplementação de Cr. O pequeno número de sujeitos também é apontado como um possível fator de erro, já que o tamanho da amostra influencia a relevância estatística das variáveis estudadas.

Preen et al. (2000), por sua vez, utilizaram o ciclo ergômetro para verificar o efeito da suplementação de Cr em exercício intermitente por um período de 80 minutos, dentre os quais quatorze voluntários fisicamente ativos foram instruídos a realizarem dez séries de seis ou cinco repetições máximas de 6 segundos, com diferentes intervalos de descanso ativo. O protocolo de suplementação seguiu o padrão mais utilizado: 20 g/dia de Cr durante cinco dias. Diferente dos resultados obtidos por McKenna et al. (1999), Preen e seus colaboradores verificaram que o grupo suplementado apresentou melhora no trabalho total realizado no decorrer de 80 minutos de exercício intermitente ($251,7 \pm 18,4$ kJ pré suplementação para $266,9 \pm 19,3$ kJ pós suplementação). Segundo os autores, o resultado pode estar relacionado ao aumento das concentrações de PCr muscular (12%), verificadas através de biópsia muscular, resultando numa maior disponibilidade de substrato energético para realização de esforços de alta intensidade.

Um ano mais tarde Romer, Barrington e Jeukendrup (2001) elaboraram um experimento para avaliar o desempenho de praticantes de *squash* em exercício intermitente de alta intensidade específico para o esporte. A suplementação, desta vez, baseou-se no peso corporal de cada indivíduo, utilizando-se uma dose de 0,075 g/kg de massa corporal quatro vezes por dia durante cinco dias. Nove atletas praticantes de *squash* participaram do experimento no qual foram controles de si mesmos. Antes e após um período de quatro semanas de *washout*, os sujeitos foram suplementados com a dose estipulada de Cr ou placebo e submetidos a dez séries de duas repetições, de uma simulação de competição, onde deveriam realizar os deslocamentos no menor tempo possível. Os autores verificaram que após a suplementação houve uma pequena, mas significativa melhora no tempo de conclusão das séries ($3,2 \pm 0,8$ %). Apesar do resultado, os autores concluem cautelosamente, já que o período de *washout*, não sendo suficiente, pode ter interferido no desempenho de alguns participantes.

Mais tarde, Ziegenfuss e colaboradores (2002) realizaram um experimento com metodologia modificada em relação ao processo de suplementação utilizado nos estudos anteriores, além de utilizar atletas de alto rendimento. Vinte atletas de elite (10 mulheres e 10 homens) participaram do estudo no qual foram induzidos a realizar seis *sprints* máximos com duração de 10 segundos, havendo um intervalo de 1 min entre cada um. O processo ocorreu antes e após três dias de suplementação de Cr ou placebo. Os grupos foram divididos de maneira contrabalanceada, entre homens e mulheres, e de acordo com as características de desempenho. O grupo suplementado com doses diárias de 0,35 g de Cr por kg de massa magra durante três dias apresentou um aumento da massa

muscular, além de melhorarem o trabalho total realizado no primeiro *sprint* e a potência total desempenhada do segundo ao sexto *sprint* de dez segundos. Os pesquisadores destacam que este fora o primeiro estudo a encontrar resultados positivos no desempenho com um protocolo de apenas três dias de suplementação, enquanto que os estudos anteriores utilizaram cinco. Entretanto, por meio de ressonância magnética, foi verificado que a concentração de PCr e Cr muscular aumentaram significativamente após dois dias de suplementação, o que levou a uma expectativa de que, de fato, os participantes suplementados melhorariam o desempenho anaeróbio no experimento.

Kinugasa et al. (2004), baseados em estudos anteriores, esperavam encontrar mudanças fisiológicas que justificassem uma possível melhora na performance em exercício intermitente de alta intensidade após um período de cinco dias de suplementação de Cr (20 g/dia). Vinte voluntários foram divididos em dois grupos iguais, um experimental e outro controle. Antes e após cinco dias de suplementação de Cr ou placebo, para um grupo experimental e outro controle, respectivamente, os participantes realizaram duas, cinco e dez repetições máximas de 6 segundos em cicloergômetro, com intervalos de 30 segundos de descanso entre cada repetição. Apesar de não terem medido a quantidade total de Cr muscular por meio de biopsia ou ressonância, os pesquisadores assumiram que houve este aumento, já que todos os estudos anteriores que realizaram este tipo de análise reportaram o fato. Os resultados dos testes pós-suplementação, no entanto, não apresentaram diferenças no desempenho do grupo experimental.

Também não foram verificadas diferenças na ativação muscular, bem como no estado energético metabólico medido por meio de técnicas de ressonância.

No ano seguinte, Ahmun et al. (2005) publicaram um outro estudo semelhante, mas além de um teste de dez repetições máximas de 10 segundos em cicloergômetro, os participantes ainda realizaram outros dez *sprints* máximos de 40 metros de corrida. O resultado, no entanto, corroborou o estudo descrito anteriormente, não havendo diferença significativa entre as condições pré e pós-suplementação. Na ocasião, apenas quatorze voluntários, jogadores de *rugby*, compuseram a amostra do estudo, reduzindo o poder estatístico necessário para ser observada alguma diferença se, de fato, houvesse.

Em contrapartida, Glaister et al. (2006) reuniram quarenta e dois voluntários para compor a amostra do estudo, o qual consistia em um protocolo de 15 *sprints* máximos de 30 metros de corrida em pista sintética, separados por 35 segundos de recuperação. Divididos em dois grupos de 21 participantes, sendo um experimental e outro placebo, os voluntários foram submetidos ao teste em três ocasiões, sendo a primeira para familiarização, a segunda para as medidas pré-suplementação e a terceira após um período de cinco dias de suplementação, no qual o grupo experimental ingeriu 20 g/dia de Cr por cinco dias, separadas em quatro doses diárias de 5 g. Mesmo com número amostral expressivo, os resultados não demonstraram diferenças significativas entre os grupos na comparação entre os testes pré e pós-suplementação. Os autores justificaram que o aumento na massa corporal causado por conta da suplementação, provavelmente por retenção líquida, pode ser um dos motivos pelo qual não se obteve os resultados esperados, já que foi utilizado um protocolo de corrida, no qual é necessário transportar o próprio peso corporal.

Tabela 2- Resumo dos estudos que verificaram o efeito da suplementação de creatina sobre o desempenho em exercícios intermitentes de alta intensidade.

Estudos	Tamanho da amostra (n)	Participantes	Protocolo de suplementação	Teste de esforço	Modalidade	Resultado sobre o desempenho
Grindstaff et al., 1997	n = 18	Treinados	21 g/dia de CrH ₂ O + dextrose ou 25 g/dia de dextrose durante 9 dias	Três <i>time-trials</i> de 100 m com 60 s de intervalo entre cada um; três <i>sprints</i> de 20 s com 60 s de intervalo entre cada um	Natação	Melhorou todos (não relatado)
Peyrebrune et al., 1998	n = 14	Bem treinados	9g / dia de Cr + dextrose + glicose ou 18 g de glicose durante 9 dias	Oito <i>sprints</i> máximos de 45,72m com 1:30 min de intervalo entre cada um.	Natação	Melhorou (~ 5,7 %)
Mujika et al. 1999	n = 17	Bem treinados	20 g/dia de CrH ₂ O ou 20 g/dia de dextrose durante 5 dias	6 <i>sprints</i> máximos de 15 m com 30 s de intervalo entre cada um; 40 <i>sprints</i> máximos de 15 s com intervalo ativo de 10 s; três saltos verticais máximos antes e após a bateria de sprints.	Futebol	Melhorou todos (não relatado)

McKenna et al. 1999	n = 14	Fisicamente ativos	30 g/dia de CrH ₂ O + dextrose ou 30 g/dia de dextrose durante 5 dias	5 <i>sprints</i> máximos de 10s com intervalos de 180, 50, 20 e 20s.	Ciclismo	Não melhorou
Preen et al. 2000	n = 14	Fisicamente ativos	20 g/dia de CrH ₂ O + glicose ou 30 g/dia de glicose durante 5 dias	10 séries de 5 - 6 repetições máximas de 6 s, com intervalos de 24, 54 e 84 s entre cada <i>sprint</i> .	Ciclismo	Melhorou (~ 6 %)
Romer, Barrington e Jeukendrup, 2001	n = 9	Bem treinados	0,075 g de Cr + dextrose ou dextrose quatro vezes ao dia durante cinco dias.	10 séries de duas repetições de <i>on-court "ghosting"</i> (movimentação específica do <i>squash</i>), separados por 30s de intervalo.	Squash	Melhorou (~ 3,2 %)
Cox et al., 2002	n = 12	Bem treinados	20 g/dia de Cr ou 20 g/dia de glicose durante 6 dias.	5 repetições de uma bateria de testes: 11 <i>sprints</i> máximos de 20 m, 2 corridas de agilidade e 1 teste de precisão de passe.	Futebol	Melhorou todos (não relatado)
Ziegenfuss et al. , 2002	n = 20	Bem treinados	0,35 g/kg/dia de Cr ou dextrose durante 3 dias	6 <i>sprints</i> máximos de 10 s com 1 min de recuperação entre cada um	Ciclismo	Melhorou (~ 14 %)

Kinugasa et al. 2004	= 20	Fisicamente ativos	20 g/dia de CrH ₂ O + dextrose ou 30 g/dia de dextrose durante 5 dias	3 séries de 2, 5 e 6 <i>sprints</i> máximos de 6 s com intervalo de 30s entre cada um	Ciclismo	Não melhorou
Ahmun et al., 2005	n = 14	Bem treinados	20 g/dia de CrH ₂ O ou dextrose durante 5 dias	10 <i>sprints</i> de 6 s (CC de 7,5 % do peso corporal) com 24 s de recuperação ativa e 10 <i>sprints</i> máximos de 40 m + 0,75 m de recuperação ativa.	Ciclismo, corrida	Não melhorou
Glaister et al. 2006	n = 42	Fisicamente ativos	20 g/dia + dextrose ou 20 g/dia de dextrose durante 5 dias	15 <i>sprints</i> máximos de 30 m, separados por 35 s de intervalo.	Corrida	Não melhorou

CONCLUSÃO

De acordo com a maioria dos estudos apresentados na presente revisão, é possível verificar que a Cr pode melhorar o desempenho em exercícios de alta intensidade, uma vez que os resultados apontam para a otimização da capacidade anaeróbia. Além disso, o uso desse substrato como artifício ergogênico em exercícios intermitentes de alta intensidade também se mostrou efetivo. Em alguns casos, no entanto, essa melhora no desempenho não aconteceu, muito provavelmente devido a fatores como o número insuficiente de sujeitos, bem como o período de *washout* no caso dos estudos que utilizaram desenho cruzado (os mesmos participantes são suplementados com Cr e PI de maneira contrabalanceada), visto que os níveis endógenos de PCr permanecem elevados alguns semanas após o período de suplementação. Além disso, em experimentos com corrida, onde há a necessidade do deslocamento do peso corporal, a retenção hídrica provocada pelo aumento nas reservas totais de Cr muscular, pode reduzir o desempenho devido ao aumento da massa corporal, evidenciado nos estudos apresentados. Em suma, o efeito da Cr sobre o desempenho parece evidente tanto em exercícios contínuos de alta intensidade e curta duração, como em exercícios intermitentes de alta intensidade. No entanto, estudos adicionais a respeito dos mecanismos de ação desse substrato na produção de energia para contração muscular, ainda são necessários para um entendimento mais aprofundado.

REFERÊNCIAS

- ACIERRO, P. J.; HANNIBAL, N. S.; NINDL, B. C.; GENTILE, C. L.; HAMED, J.; VUKOVICH, M. D.; Comparison of creatine ingestion and resistance training on energy expenditure and limb blood flow, *Metabolism: clinical and experimental*, v. 50, n. 12, p. 1429 – 1424, 2001.
- AHMUN, R. P.; TONG, R. J.; GRIMSHAW, P. N.; The effects of acute creatine supplementation on multiple sprint cycling and running performance in rugby players, *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 19, n. 1, p. 92 – 97, 2005.
- CHWALBIŃSKA-MONETA, Effect of creatine supplementation on anaerobic performance and anaerobic capacity in elite rowers in the course of endurance training, *International Journal of Sport Nutrition and exercise metabolism*, v. 13, p. 173 – 183, 2003.
- COX, G.; MUJIK, I.; TUMILTY, D.; BURKE, L.; Acute creatine supplementation and performance during a field test simulating match play in elite female soccer players, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, v. 12, p. 33 – 46, 2002.
- ECKERSON, J. M.; STOUT, J. R.; MOORE, G. A.; STONE, N. J.; NISHIMURA, K.; TAMURA, K.; Effect of two and five days of creatine loading on anaerobic working capacity in women, *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 18, n. 1, p. 168 – 163, 2004.
- ECKERSON, J. M.; STOUT, J. R.; MOORE, G. A.; STONE, N. J.; IWAN, K. A.; GEBAUER, A. N.; GINSBERG, R.; Effect of creatine phosphate supplementation on anaerobic working capacity and body weight after two and six days of loading in men and women, *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 19, n. 4, p. 756 – 757, 2005.
- FERGUSON, T. B.; SYROTUIK, D. G.; Effects of creatine monohydrate supplementation on body composition and strength indices in experienced resistance trained women, *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 20, n. 4, p. 939 – 946, 2006.
- FUKUDA, D. H.; SMITH, A. E.; KENDALL, K. L.; DWYER, T. R.; KERKSICK, C. M.; BECK, T. W.; CRAMER, J. T.; STOUT, J. R.; The effects of creatine loading and gender on anaerobic running capacity, *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 24, n. 7, p. 1826 – 1833, 2010.
- GLAISTER, M.; LOCKEY, R. A.; ABRAHAM, C. S.; STAERCK, A.; GOODWIN, J. E.; MCINNES, G.; Creatine supplementation and multiple sprint running performance, *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 20, n. 2, 273 – 277, 2006.

GRINDSTAFF, P. D.; KREIDER, R.; BISHOP, R.; WILSON, M.; WOOD, L.; ALEXANDER, C.; ALMADA, A.; Effect of creatine supplementation on repetitive sprint performance and body composition in competitive swimmers, *International Journal of Sport Nutrition*, v. 7, p. 330 – 346, 1997.

HERDA, T.J.; BECK, T.W.; RYAN, E.D.; SMITH, A.E.; WALTER, A.A.; HARTMAN, M.J.; STOUT, J.R.; CRAMER, J.T.; Effects of creatine monohydrate and polyethylene glycosylated creatine supplementation on muscular strength, endurance, and power output, *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 23, n. 3, p. 818 – 826, 2009.

HESPEL, P.; EIJNDE, B. O.; DERAIVE, W.; Creatine supplementation: exploring the role of the creatine kinase/phosphocreatine system in human muscle, *Canadian Journal of Applied Physiology*, v. 26 suppl.: S79 – S102, 2001.

HOFFMAN, A.; STOUT, J.; FALVO, M. J.; KANG, J.; RATAMESS, N. A.; Effect of low-dose, short-duration creatine supplementation on anaerobic exercise performance, *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 19, n. 2, p. 260 – 264, 2005.

IZQUIERDO, M.; IBANEZ, J.; GONZALLES-BADILLO, J. J.; GOROSTIAGA, E. M.; EFFECTS of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise*, v.34, n. 2, p. 332-343, 2002

JACOBS, I.; BLEUE, S.; GOODMAN, J.; Creatine ingestion increases anaerobic capacity and maximum accumulated oxygen deficit, *Canadian Journal of Applied Physiology*, n. 22, v. 3, p. 231 – 243, 1997.

JONES, A. M.; WILKERSON, D. P.; FULFORD, J.; Influence of dietary creatine supplementation on muscle phosphocreatine kinetics during knee-extensor exercise in humans, *American Journal of Physiology*, v. 296, n. 4, p. R1078 – R1087, 2009.

KINUGASSA, R.; AKIMA, H.; OTA, A.; OHTA, A. SUGIURA, K.; KUNO, S.; Short-term creatine supplementation does not improve muscle activation or sprint performance in humans, *European Journal of Applied Physiology*, v. 91, p. 230 – 237, 2004.

LOON, J. C. V.; OOSTERLAAR, A. M.; HARTGENS, F.; HESSELINK, K. C.;

SNOW, R. J.; WAGENMAKERS, J. M.; Effects of creatine loading and prolonged creatine supplementation on body composition, fuel selection, sprint and endurance performance in humans, *Clinical Science*, v. 104, n. 2, p. 153-162, 2003.

MCKENNA, M. J.; MORTON, J.; SELIG, E. S.; SNOW, J. R.; Creatine supplementation increases muscle total creatine but not maximal intermittent exercise performance, *Journal of Applied Physiology*, v. 87, p. 2244 – 2252, 1999.

MUJIK, I.; PADILLA, S.; IBAÑEZ, J.; IZQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E.; Creatine supplementation and sprint performance in soccer players, *Medicine and Science in Sport and Exercise*, v. 32, n. 2, p. 518 – 525, 1999.

PEYREBRUNE, M. C.; NEVILL, M.E.; DONALDSON, F.J.; COSFORD, D.J.; The effects of oral creatine supplementation on performance in single and repeated sprint swimming, *Journal of Sports Science*, v. 16, p. 271 – 279, 1998.

PREEN, D.; DAWSON, B.; GOODMAN, C.; LAWRENCE, S.; BEILBY, J.; CHING, S.; Effect of creatine loading on long-term sprint exercise performance and metabolism, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 33, n. 5, p. 814 – 821, 2000.

REDONDO, D. R.; DOWLING, E. A.; GRAHAM, B. L.; ALMADA, A. L.; WILLIAMS,

M. H.; The effect of oral creatine monohydrate supplementation on running

velocity, *International Journal of Sport and Nutrition*, v. 6, p. 213-221, 1996

ROMER, L. M.; BARRINGTON, J. P.; JEUKENDRUP, A. E.; Effects of oral creatine supplementation on high intensity, intermittent exercise performance in competitive squash players, *International Journal of Sports Medicine*, v. 22, p. 546 – 552, 2001.

SMITH, A. E.; FUKUDA, D. H.; RYAN, E. D.; KENDALL, K. L.; CRAMER, J. T.;

STOUT, J.; Ergolytic/Ergogenic Effects of Creatine on Aerobic Power,

International Journal of Sports and Medicine, v. 32, p. 975-981, 2011.

SMITH, C. J.; STEPHENS, D. P.; HALL, E. L.; JACKSON, A. W.; EARNEST, C. P.; Effect of oral creatine ingestion on parameters of the work rate-time relationship and time to exhaustion in high-intensity cycling, *European Journal of Applied Physiology*, v. 77, 360 – 365, 1998.

SNOW, R. J.; MCKENNA, M. J.; SELIG, S. E.; KEMP, J.; STATHIS, C. G.; ZHAO, S. Effect of creatine supplementation on sprint exercise performance and muscle metabolism, *Journal Applied Physiology*, v. 84, p. 1667 – 1673, 1998.

STROUD, M. A.; HOLLIMAN, D.; BELL, D.; GREEN, A. L.; MACDONALD, I. A.;

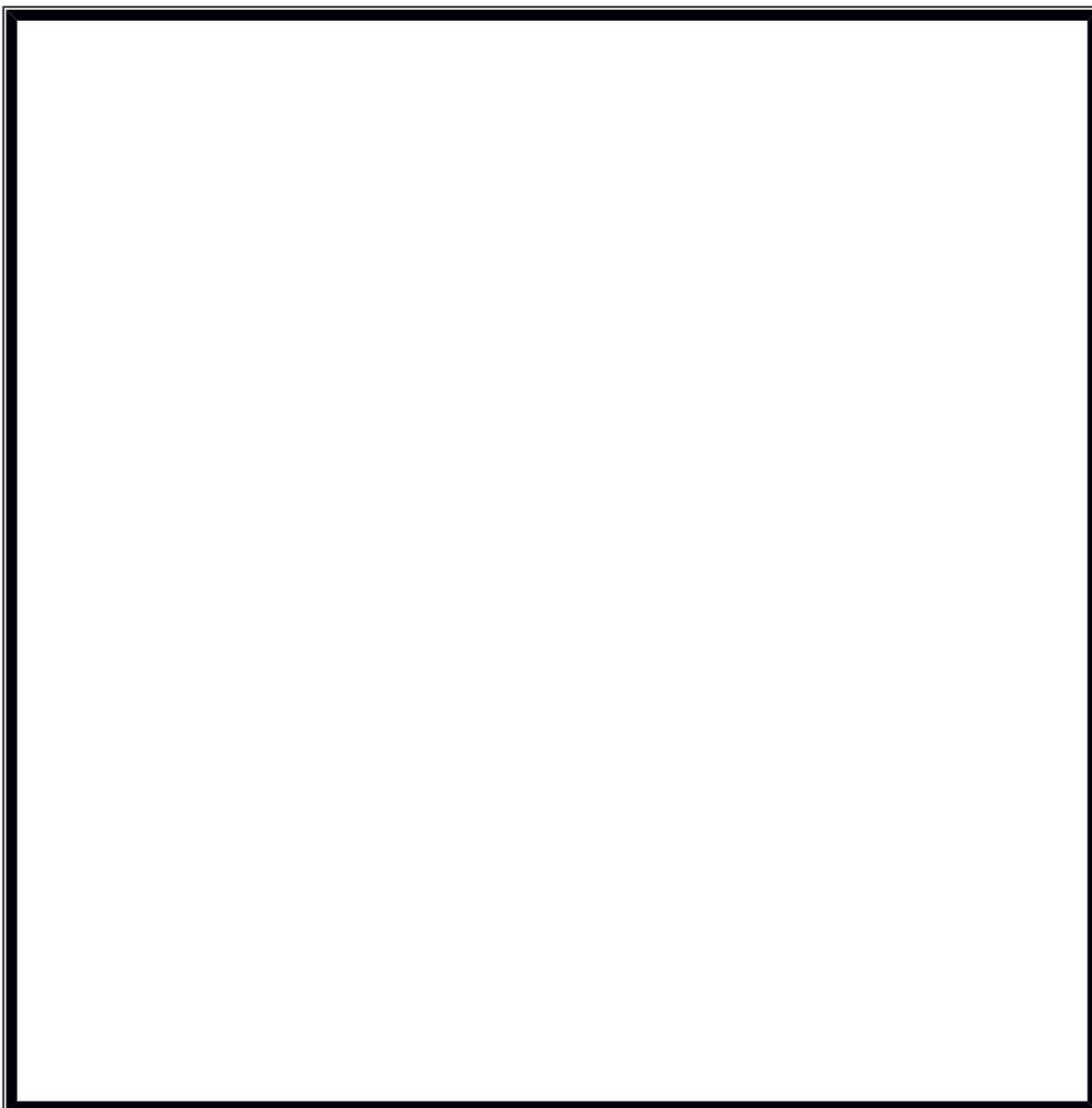
GREENHAFF, P. L.; Effect of oral creatine supplementation on respiratory gas

exchange and blood lactate accumulation during steady-state incremental treadmill exercise and recovery in man, *Clinical Science (London)*, v. 87, p. 707-710

SYROTULK, D. G.; GAME, A. B.; GILLIES, E. M.; BELL, G. J.; Effects of creatine monohydrate supplementation during combined strength and high intensity rowing training on performance, *Canadian Journal of Applied Physiology*, v.26, n. 6, p. 527-542, 2001.

VOLEK, J. S.; RATAMESS, N. A.; RUBIN, M. R.; GO´MEZ, A. L.; FRENCH, D. N.; MCGUIGAN, M. M.; SCHEETT, P. T.; SHARMAN, M. J.; HÄKKINEN, K.; KRAEMER, W. J.; The effects of creatine supplementation on muscular performance and body composition responses to short-term resistance training overreaching, *European Journal of Applied Physiology*, v. 91, p. 628 – 637, 2004.

ZIGENFUSS, T. N.; ROGERS, M.; LOWERY, L.; MULLINS, N.; MENDEL, R.; ANTONIO, J.; LEMON, P.; Effect of creatine loading on anaerobic performance and skeletal muscle volume in ncaa division in athletes, *Applied Nutritional Investigations*, v. 18, p. 397 – 402, 2002.



2º artigo: artigo de resultados

NEMEZIO, KM; LIMA-SILVA, AE. Efeito da suplementação de creatina sobre a estratégia de prova em teste contra relógio de 1Km.

Revista que será submetido: Medicine and Science in Sports and Exercise

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da suplementação de Creatina (Cr) sobre a estratégia de prova em um teste contra relógio (TCR) de 1 km. Para tanto, 19 ciclistas, foram submetidos a um teste incremental máximo, seguido por dois TCR de 1 km de familiarização. Em seguida foi realizado um TCR de 1 km pré-suplementação e um pós-suplementação (Grupo creatina: 20 g/dia de Cr + 20 g de dextrose durante 5 dias; grupo placebo: 40 g de dextrose durante 5 dias). Os resultados demonstraram que o grupo suplementado com creatina apresentou um significativo ganho de massa corporal pós-suplementação ($p < 0,05$), além de um significativo aumento da potência mecânica externa do 18º ao 45º segundo e da potência mecânica anaeróbia do 17º ao 25º segundo ($p < 0,05$). A potência mecânica aeróbia e o consumo de oxigênio apresentaram uma queda do 15º ao 25º e do 12º ao 23º segundo de prova, respectivamente, no grupo creatina. A contribuição metabólica aeróbia, alática e láctica total não apresentaram diferença significativa na comparação pré vs pós suplementação em ambos os grupos, assim como, o tempo final de prova. O resultados demonstram que, apesar de não melhorar o tempo final, a suplementação de Cr pode elevar a capacidade de produção de potência externa no trecho médio do TCR de 1Km, modificando a estratégia de prova.

PALAVRAS-CHAVE: Contribuição anaeróbia alática, ressítese de ATP, fosforilcreatina, consumo de oxigênio, *all-out*, componente lento do VO_2 .

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the effect of creatine (Cr) supplementation on the pacing during a 1-km cycling time-trial. To this, 19 cyclists underwent a maximal incremental test followed by two 1-km time-trial to familiarization. Then, a 1-km time-trial was performed before and after a supplementation protocol (Creatine: 20 g / day of Cr + 20 g dextrose for 5 days; Placebo: 40 g of dextrose for 5 days). The results showed that the supplemented group showed a significant gain in body mass after supplementation ($p < 0.05$) and a significant increase in external mechanical power from the 128th to the 45th second and in the anaerobic mechanical power from 17th to 25th second ($p < 0.05$). The aerobic mechanical power and oxygen consumption showed a decrease from 17th to 28th and 12th to 23th, respectively, in creatine group. The metabolic total aerobic, alactic and lactic contributions showed no significant difference when comparing pre vs. post supplementation in both groups as well as the final performance time. The results demonstrate that, despite not improve in the final time, the Cr supplementation can increase the capacity of external power output in the middle section of the TCR of 1 km time-trial, modifying the pacing strategy.

KEYWORDS: Alactic anaerobic contribution, ATP turnover, phosphocreatine, oxygen consumption, all-out, slow component of VO_2 .

INTRODUÇÃO

Durante um teste contra relógio (TCR) de ciclismo realizado em laboratório, os atletas são instruídos a completar uma dada distância no menor tempo possível (6, 9, 11, 12). A estratégia de prova adotada pelos atletas durante um TCR de ciclismo é um importante fator determinante do desempenho final. Neste sentido, a estratégia *all-out* vem sendo documentada como um meio eficaz de maximização do desempenho em TCR de curta duração (de 30 segundos a 2 minutos) (3, 6, 9). Tal estratégia consiste em um início com máximo esforço nos primeiros segundos do TCR, no intuito de atingir a velocidade pico (VP) com maior rapidez e manter a maior intensidade possível até o final do TCR (1).

A lógica para se adotar o *all-out* em TCR com tais características está baseada no fato de que durante exercícios de alta intensidade, como ocorre no *all-out*, a taxa de quebra de fosforilcreatina (PCr) é acelerada (26). O produto desta reação, por sua vez, está fortemente relacionado com o aumento do consumo de oxigênio (VO_2) (25). Assim, além de uma maior produção anaeróbia de Adenosina Trifosfato (ATP) pela quebra da PCr, o aumento na cinética do VO_2 no início do TCR pode ocasionar um aumento adicional na oferta de ATP por via aeróbia (6). De fato, Bishop et al. (6) relataram que quando os atletas adotam a estratégia *all-out* no início de um TCR de 2 minutos em ergômetro de caiaque, eles conseguem alcançar um melhor desempenho em relação a estratégia de ritmo constante. Os resultados também demonstraram que esta melhora foi acompanhada por um aumento no VO_2 total, indicando que altas taxas de quebra de PCr no início do TCR pode ter estimulado o aumento da contribuição aeróbia total e, conseqüentemente, melhorado o fornecimento aeróbio de ATP durante todo o teste. Ademais, Aisbett et al. (3) também demonstraram que a estratégia *all-out* no início de um TCR de 5

minutos promoveu significativa melhora no desempenho e um maior VO_2 no início do TCR, comparado com uma estratégia de saída menos agressiva.

Considerando que a utilização da estratégia *all-out* está ligada à uma taxa de quebra de PCr mais acelerada, um aumento nas reservas musculares de PCr além dos níveis habituais, pode significar um maior suporte energético para a realização desta estratégia. Neste sentido, a suplementação oral de creatina tem seria interessante, visto que parece contribuir para com a melhora sobre o desempenho, por aumentar as reservas musculares de PCr (16). De fato, diversos estudos demonstraram que a suplementação de creatina foi eficaz em melhorar o tempo até a exaustão em exercícios de alta intensidade (100 – 110% do $VO_{2máx}$) devido ao aumento das concentrações de PCr nas reservas intramusculares, o que, conseqüentemente, aumentaria a contribuição alática (7, 15, 19, 29, 31, 34). Por exemplo, Chwalbińska-Moneta (7) submeteram 16 remadores de elite a um protocolo de suplementação de creatina (20g por dia durante 5 dias) e verificaram que, após a suplementação, os atletas melhoraram em 6,8% o tempo até a exaustão durante um exercício curto (~ 75 segundos) de carga constante (7 W/Kg de peso corporal). Fukuda et al (15) também verificaram que o mesmo protocolo de suplementação foi suficiente para melhorar a capacidade anaeróbia de corredores, mensurada a 110% do $VO_{2máx}$. Apesar dos resultados descritos, exercícios com carga constante não representam situações reais de competição, o que limita a aplicabilidade em esportes. Estudos experimentais com TCR, entretanto, são próximos de situações reais de competição. De fato, a literatura apresenta poucos estudos visando verificar a influência da suplementação de creatina sobre a estratégia de prova em TCR de curta duração e as respostas fisiológicas associadas.

Deste modo, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da suplementação de creatina sobre a estratégia de prova durante um TCR de 1Km. Baseado nos conhecimentos descritos, é plausível assumir que a suplementação de creatina poderia aumentar as concentrações de PCr muscular. Como consequência, o atleta estaria apto a desenvolver maior potência na fase de aceleração, aumentando consequentemente o VO_2 no trecho inicial e melhorando o desempenho final no TCR.

MÉTODOS

Subject

Vinte e quatro ciclistas amadores (volume de treino ~ 290 km/semana) foram convidados a participarem voluntariamente do estudo, dos quais dezenove concluíram os testes. Três ciclistas não concluíram por motivos pessoais e um por conta de lesão ocorrida durante um dos seus treinamentos. Um 5º atleta foi excluído da análise por não seguir as recomendações necessárias durante sua participação no experimento. Todos passaram por um processo prévio de seleção, no qual foram consideradas as seguintes questões: (a) se estavam livres de fatores de riscos associados a doenças cardiovasculares, pulmonares ou metabólicas; (b) se teriam disponibilidade e aptidão para iniciar o programa de testes estabelecido no presente estudo; (c) não ter ingerido creatina até pelo menos 90 dias antes do início dos experimentos; (d) não ser vegetariano. Cada sujeito assinou um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes de iniciar os testes. Todos foram informados dos possíveis riscos e benefícios provenientes do processo

experimental. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Universitário Cesmac (nº 1423/12), Alagoas, Brasil.

Tabela 1: Caracterização dos participantes (n = 19)

	VO_{2pico} (mL/kg)	P_{pico} (W)	Massa corporal (kg)
Creatina	46,2	250	75,0
	48	280	64,6
	51,1	318	78,8
	70	354	65,5
	59,2	294,6	60,5
	60,3	351,3	76,0
	60,7	370	79,1
	62,5	351	67,9
	54,9	181	68,4
	47,2	261,5	63,3
		56 ± 7,8	301,1 ± 59,6
Placebo	49,3	280	65,6
	44	230	69,7
	51,3	343	83,9
	58,1	332	71,2
	56,2	372	76
	59,4	303,5	71,2
	73,6	360	72,2
	60	181	66,5
	52,1	340	79
		56 ± 8,4	304,6 ± 63,8

VO_{2pico}: consumo de oxigênio de pico; P_{pico}: potência de pico

Desenho experimental

No primeiro dia de teste foi aferido a massa corporal, a estatura e o percentual de gordura através das medidas das dobras cutâneas peitoral, abdominal e de coxa (20) de cada ciclista. Logo após, foi realizado um teste incremental até a exaustão para determinação do VO_{2pico} e Potência máxima (P_{máx}). Na segunda e terceira visitas (com 24 horas de descanso entre elas), começando 48 horas após o teste incremental, os sujeitos iniciaram os testes de familiarização, onde realizaram

um TCR em cada um dos dias para adaptação ao teste experimental. Quarenta e oito horas após a segunda familiarização, os sujeitos realizaram o TCR pré-suplementação, concluindo a 4^a visita. Em seguida, foi agendado o TCR pós-suplementação, o qual contabilizou a 5^a visita. Nos cinco dias antecedentes a 5^a visita, os participantes foram instruídos a ingerir creatina (Cr + dextrose) ou placebo (PI) (dextrose). Os 19 ciclistas foram divididos em dois grupos: Cr (N =10) e PI (N = 9), sendo Cr o grupo experimental e PI o grupo placebo. Após o primeiro teste de familiarização, os sujeitos receberam um registro alimentar para ser preenchido de acordo com alimentação realizada durante todo o dia. Este registro serviu como referência para a alimentação realizada um dia antes de cada teste (pré e pós-suplementação), a qual deveria ser a mesma descrita no registro. Os participantes foram instruídos a realizar os testes em jejum de, no mínimo, 4 horas e máximo de 8 horas.

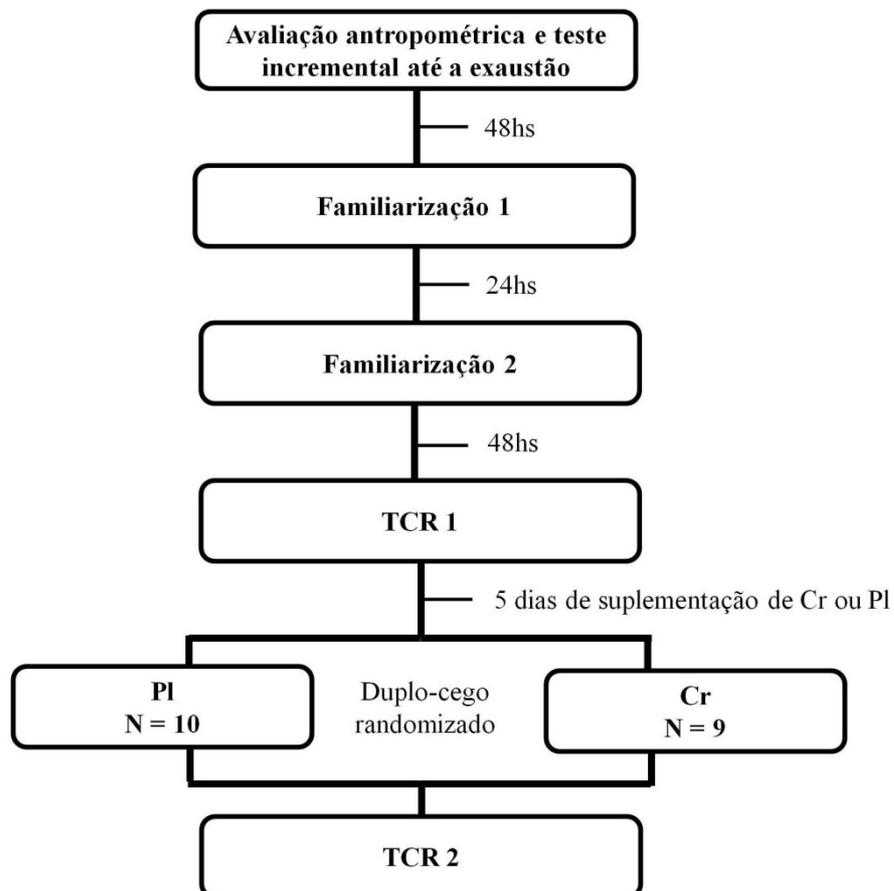


Figura 1: Ilustração do desenho experimental. TCR1: teste contra relógio pré suplementação. TCR2: teste contra relógio pós suplementação; PI: grupo placebo; Cr: grupo creatina.

Teste incremental

No início do teste, cada sujeito realizou um aquecimento de 3 minutos a uma carga de 100 W. Após o aquecimento, a carga foi acrescida em 30 W, a cada 3 minutos, até a exaustão voluntária. Os sujeitos realizaram o teste em um ciclossimulador (RacerMate®, Computrainer™, Seattle, USA), o qual foi aquecido e calibrado antes de cada teste de acordo com as recomendações do fabricante. Para medir o $VO_{2\text{pico}}$, foi utilizado um analisador de gases (CortexMetamax 3B, CortexBiophysik, Leipzig, Germany), o qual mediu o VO_2 respiração a respiração durante todo o teste. O $VO_{2\text{pico}}$ foi determinado como a média dos últimos 30

segundos do teste. Também foram mensurados o volume de produção de gás carbônico (VCO_2) e ventilação (VE). Antes de todos os experimentos, uma seringa com o volume de ar de 3 litros, ar ambiente e um cilindro com concentrações conhecidas de O_2 (12 %) e CO_2 (5 %), foram empregados na calibração desse equipamento, conforme as recomendações do fabricante. A frequência cardíaca foi mensurada por um cardio-frequencímetro (Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia) acoplado ao analisador de gases. A frequência cardíaca máxima foi definida como o maior valor obtido ao final do teste. A P_{max} foi considerada como a maior Potência de Pico (PP) alcançada durante o último estágio completo de 3 minutos. Quando o sujeito não conseguiu manter a PP durante o último estágio inteiro (< 3 minutos), a P_{max} foi determinada a partir da seguinte equação:

$$\text{Equação 1: } P_{max} = PP_c + [(t/180) \times 30]$$

Onde PP_c é a PP (em W) do último estágio completo, t é o tempo (em segundos) permanecido durante o último estágio incompleto e 30 corresponde ao incremento da PP (em W) em cada estágio.

Familiarização

Após o teste incremental, os sujeitos realizaram dois TCR de familiarização, no intuito de se adaptarem aos procedimentos do teste experimental. O protocolo de familiarização seguiu exatamente o modelo descrito no tópico seguinte, exceto ausência da medida do VO_2 .

Teste Contra Relógio de 1 km

Os testes pré e pós-suplementação foram realizados sempre no mesmo período do dia, que poderia ser manhã ou tarde, de acordo com a disponibilidade do participante. O mesmo ciclossimulador utilizado no teste incremental foi utilizado para o teste contra-relógio de 1 Km, observando a altura do banco marcada durante o mesmo. Antes do teste, o ciclossimulador foi aquecido e calibrado de acordo com as recomendações do fabricante. Após um período de 5 minutos em repouso, durante o qual o VO_2 foi mensurado para estabelecer a linha de base, os sujeitos realizaram dois aquecimentos de 5 minutos, com 5 minutos de intervalo entre cada um; sendo o primeiro a uma carga de 150 W, enquanto o segundo, com carga a 70 % do $\text{VO}_{2\text{pico}}$. Durante o primeiro aquecimento foram mensurados o VCO_2 e a razão de trocas respiratórias (RER) para posterior cálculo da Potência mecânica aeróbia (P_{ae}) e anaeróbia (P_{ana}). Após mais 5 minutos de repouso, os indivíduos foram instruídos a finalizarem o TCR de 1km no menor tempo possível. Os mesmos ficaram livres para ajustar o ritmo durante todo o teste. A distância percorrida foi informada a cada 200 m. O tempo final foi informado somente após a conclusão de todos os testes.

O VO_2 , VCO_2 , VE e a razão de trocas respiratórias (RER) foram continuamente medidos durante todo o teste por meio do mesmo equipamento utilizado no teste incremental (Cortex Metamax 3B, Cortex Biophysik, Leipzig, Alemanha). A FC foi mensurada a cada respiração através de um cardiófrequencímetro integrado ao analisador de gases. A potencia foi mensurada a cada segundo pelo software conectado ao ciclossimulador. Logo após o TCR, os sujeitos permaneceram em repouso durante 10 minutos para mensurar o Consumo

de Oxigênio Pós Exercício. Amostras de sangue (25 µl) foram coletadas do lóbulo da orelha antes do teste, imediatamente, três, cinco e sete minutos após para medir a concentração de lactato de pico.

Protocolo de suplementação de creatina

A 5ª visita foi marcada de modo que, nos cinco dias antecedentes a mesma, o sujeito realizasse a suplementação de creatina (Cr) ou placebo (PI). Nos cinco dias de suplementação, eles foram instruídos a ingerir doses diárias de 20g de creatina ou placebo (dextrose), as quais foram divididas em 4 doses de 5 g que deveriam ser ingeridas em diferentes períodos do dia, sempre após cada refeição e misturada a um suco de frutas. Ao final dos experimentos, os sujeitos foram questionados a respeito do suplemento recebido, no intuito de saber se os mesmos foram capazes de diferenciar o tipo de suplemento ingerido (Cr ou PI).

Determinação da Potência mecânica aeróbia e anaeróbia

Para determinar a potencia mecânica aeróbia (P_{ae}) e anaeróbia (P_{an}) em cada momento do TCR de 1km, primeiramente a potência metabólica (P_{met}) foi calculada durante o aquecimento aplicando a seguinte equação (8):

$$\text{Equação 2: } P_{met} \text{ (W)} = VO_2 \text{ (L}\cdot\text{min}^{-1}) \times [(4940 \text{ RER} + 16.040)/60]$$

Em seguida, foi determinada a eficiência mecânica grossa (EF), dividindo-se o valor da potência total do aquecimento (150 W) pelo seu valor da potência metabólica. Durante o TCR a P_{met} foi calculada a partir dessa mesma equação,

adotando o valor para RER = 1,00 (18). A P_{ae} foi calculada multiplicando-se a P_{met} desenvolvida durante o TCR pela EF medida no aquecimento. A P_{an} , por sua vez, foi considerada como a subtração da P_{ae} pela Potência externa total durante o TCR (P_{tot}).

Para posterior análise, P_{ae} , P_{an} e total (P_{tt}), foram plotadas em função do tempo, a cada segundo, a partir do 4º segundo ao 75º. Os três primeiros segundos foram excluídos para retirar ruídos causados pelo deslizamento do pneu sobre o rolo, ocorridos dentro deste intervalo de tempo. O trabalho externo total (TET) foi calculado através da integral entre a potência externa total a cada segundo em função do tempo, excluindo-se os 3 primeiros segundos do teste. O trabalho mecânico total aeróbio (TET_{ae}) e anaeróbio (TET_{ana}) foi calculado da mesma forma, ou seja, integral da função P_{ae} e P_{an} versus tempo, respectivamente.

Análise dos parâmetros da cinética *on* e *off* do VO₂

Para caracterizar a resposta da cinética *on* do VO₂ respiração a respiração, os registros respiração a respiração foram interpolados a cada segundo; em seguida foram retirados os ruídos e, posteriormente, foi aplicado um modelo matemático monoexponencial (30):

$$\text{Equação 3: } VO_{2(t)} = A_1 [1 - e^{-(t-\delta)/ct}]$$

Em que $VO_{2(t)}$: representa o consumo de oxigênio no momento t sobre os valores da linha de base do VO₂; A_1 : a amplitude da exponencial; δ : representa o tempo de atraso; ct : a constante de tempo.

Para análise da cinética *off* foi utilizado apenas o consumo pós exercício, mensurado durante 10 minutos. Para tanto, foi utilizado o modelo biexponencial (30):

$$\text{Equação 4: } \text{VO}_{2(t)} = (A_1 e^{-(t-\delta_1)/ct_1}) + (A_2 e^{-(t-\delta_1)/ct_2})$$

Onde A_1 representa a amplitude da fase 1 (fase rápida) ; ct_1 : representa a constante de tempo da fase 1; A_2 a amplitude da fase 2 e ct_2 a constante de tempo da fase 2.

Determinação da contribuição metabólica total aeróbia

Para o cálculo da contribuição metabólica total aeróbia, primeiramente a média do VO_2 dos últimos 30 segundos do repouso foi calculada e multiplicada pelo tempo total do TCR, para obter a contribuição aeróbia total de repouso. Em seguida, foi calculada a área abaixo da curva do VO_2 durante o TCR através do método trapesoidal. Em seguida, a área do VO_2 de repouso foi subtraída da área do VO_2 do TCR.

Determinação da contribuição metabólica total alática e láctica

Para o cálculo da contribuição metabólica total alática foram utilizados os parâmetros descritos na equação 4, multiplicando-se a A_1 pela ct_1 . Para a contribuição metabólica total láctica, foi assumido que 1 mM de lactato acima do valor de repouso (ΔLa) corresponde a 3 mL de O_2 por quilograma de massa corporal (9). Assim, foi calculado o ΔLa e este valor foi multiplicado por 3 e pela massa corporal

do participante, posteriormente. Para ambos, alático e láctico, o resultado, em mL, foi transformado e L e em seguida convertido em kJ, assumindo que 1 L de O₂ é equivalente a 20,92 kJ.

Tratamento estatístico

Para o tratamento estatístico, as variáveis dependentes foram comparadas por meio de ANOVA de medidas repetidas (pré x pós suplementação). O teste de Tukey de post-hoc foi empregado nos casos onde houve diferença significativa. O nível de significância $p < 0,05$ foi utilizado em todas as comparações

RESULTADOS

Massa corporal

Após o período de suplementação, o grupo Creatina apresentou um ganho significativo de massa corporal ($p < 0,05$), o que não ocorreu no grupo placebo ($p > 0,05$). A massa corporal livre de gordura (MCLG) também apresentou um aumento significativo no grupo Cr ($p < 0,05$), enquanto se manteve inalterada no grupo Placebo. A tabela 2 apresenta os valores individuais e médios de massa corporal e MCLG para ambos os grupos.

Tabela 2: Massa corporal e massa corporal livre de gordura nos grupos creatina e placebo.

	Massa corporal		MCLG	
	Pré	Pós	Pré	Pós
Creatin				
a	75,0	75,7	62,0	62,0
	64,6	64,6	56,7	56,7
	78,8	79,7	66,0	66,0
	65,5	65,3	62,7	62,7
	60,5	60,5	57,3	57,3
	76,0	78,5	68,5	68,5
	79,1	81,4	69,6	69,6
	67,9	69,0	64,5	64,5
	68,4	69,3	60,0	60,0
	63,3	63,2	53,9	53,9
	69,9 ± 6,8	70,7 ± 7,5*	62,1 ± 4,6	62,8 ± 5,1*
Placebo	65,6	66,5	55,2	55,3
	69,7	70	56,9	56,0
	83,9	84	72,0	72,3
	71,2	71,2	62,1	61,7
	76,0	75,8	70,9	70,9
	71,2	71,4	58,9	58,8
	72,2	72,3	67,7	67,6
	66,5	67	55,7	55,9
	79	79,2	69,8	70,5
	72,8 ± 5,9	73,0 ± 5,7	63,2 ± 6,9	63,2 ± 7,1

MCLG: Massa corporal livre de gordura; * p < 0,05 versus pré- suplementação.

Estratégia de prova

Na figura 2 é possível notar que ambos os grupos, Cr e PI, respectivamente, adotaram uma estratégia de prova *all out*, que consiste em iniciar a prova com máximo esforço seguido de uma queda gradativa até o final do teste.

Contudo, o grupo Creatina, após a suplementação apresentou um significativo aumento da potência externa ($p < 0,05$) no trecho médio da prova (do 28^a a 45^a segundo). Já no grupo placebo, não houve diferença quando feita a comparação pré e pós-suplementação ($p > 0,05$).

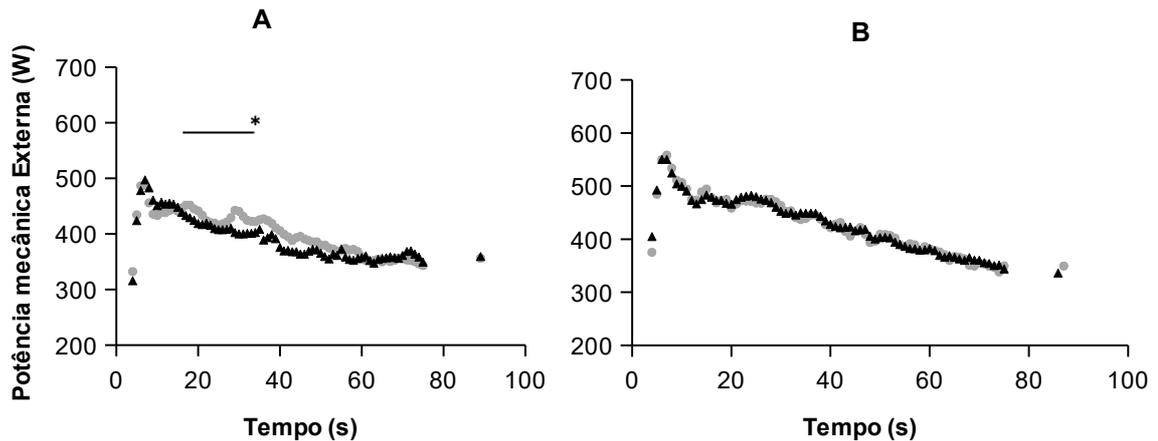


Figura 2. Produção de potencia em função do tempo para o grupo Creatina (A) e Placebo (B), ▲ Pré-suplementação vs ● Pós-suplementação; * $p < 0,05$.

A figura 3 apresenta a P_{ae} dos grupos Cr e Pl. O grupo Cr apresentou, no teste após o período de suplementação, uma diminuição significativa da potência aeróbia do 15^a ao 25^a segundo de prova ($p < 0,05$). Já no grupo Pl, não houve mudança significativa na potência aeróbia pós-suplementação. O consumo de oxigênio do grupo Cr também apresentou uma queda significativa ($p < 0,05$) do 12^a ao 23^a segundo do teste pós-suplementação (figura 4), o que não ocorreu no grupo Pl.

A P_{an} , por sua vez, é apresentada na figura 5. Após a suplementação, o grupo Cr apresentou maior P_{an} do 17^a ao 28^a segundos de prova ($p < 0,05$),

enquanto o grupo PI manteve a mesma potência comparada ao teste pré-suplementação.

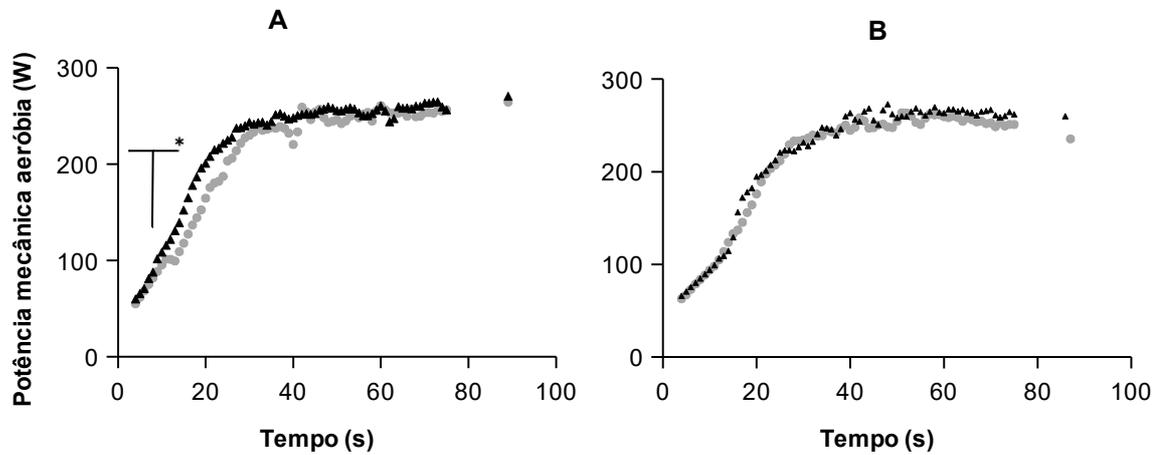


Figura 3: Produção de potencia mecânica aeróbia em função do tempo para o grupo Creatina (A) e Placebo (B), ▲ Pré-suplementação vs ● Pós-suplementação; * $p < 0,05$.

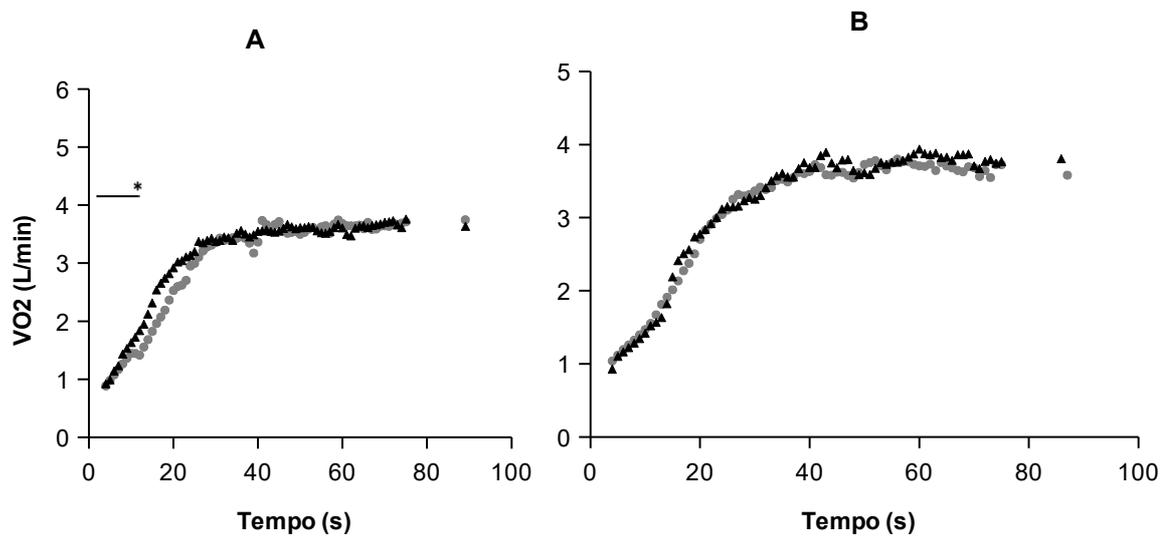


Figura 4: Consumo de Oxigênio (VO₂) em função do tempo para o grupo Creatina (A) e Placebo (B), ▲ Pré-suplementação vs ● Pós-suplementação.

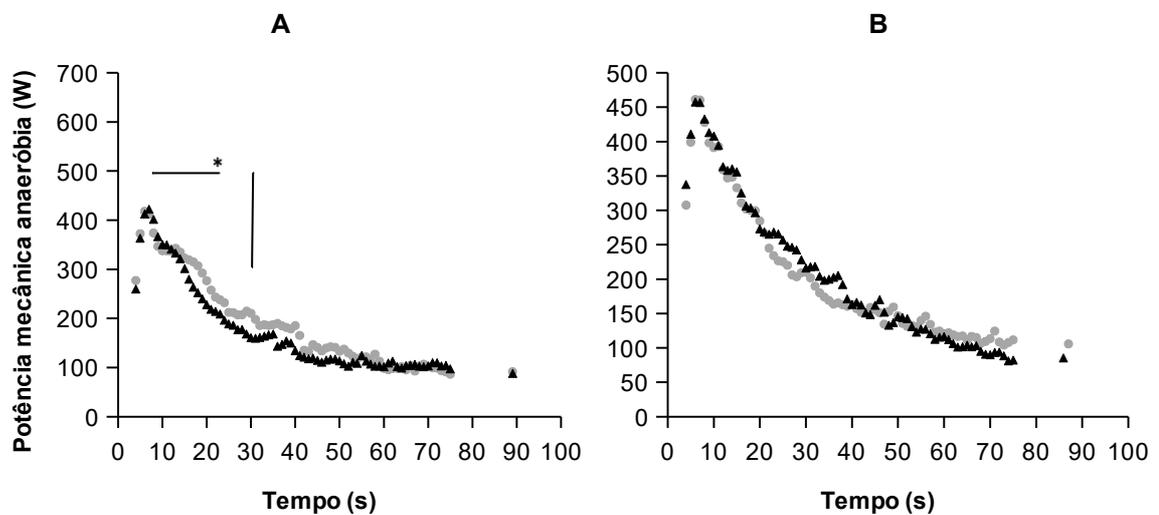


Figura 5: Produção de potencia mecânica anaeróbia em função do tempo para o grupo Creatina (A) e Placebo (B), ▲ Pré-suplementação vs ● Pós-suplementação; * $p < 0,05$.

Tempo de prova, trabalho mecânico externo total, trabalho mecânico externo aeróbio e anaeróbio

A tabela 3 apresenta os valores do tempo total de prova, trabalho mecânico externo total, trabalho mecânico externo aeróbio e trabalho mecânico externo anaeróbio. Apesar de ter apresentado uma maior potencia externa no trecho do 28^a a 45^a segundo do teste pós-suplementação, a média do trabalho externo total não exibiu diferença significativa para o grupo creatina, assim como no grupo placebo. O mesmo se aplica para a potência externa total aeróbia e anaeróbia em ambos os grupos.

Tabela 3: Tempo de prova, potência média, trabalho mecânico externo total, trabalho mecânico externo total aeróbio e trabalho mecânico externo total anaeróbio.

	Creatina		Placebo	
	Pré	Pós	Pré	Pós
Tempo de prova (s)	89,1 ± 6,7	89,1 ± 6,2	85,9 ± 4,9	87,0 ± 5,4
Pm (W)	390,4 ± 76	389,9 ± 74,1	410,3 ± 70,6	402,4 ± 78,8
TET (kJ)	28,9 ± 6,0	29,2 ± 5,8	31,1 ± 4,3	30,3 ± 5,4
TETae (kJ)	16,1 ± 2,8	15,2 ± 2,8	16,1 ± 2,4	15,6 ± 2,5
TETan (kJ)	12,8 ± 4,0	14,0 ± 4,8	15,0 ± 3,4	14,7 ± 4,4

TET: trabalho mecânico externo total; TETae: trabalho mecânico externo total aeróbio; TETan: trabalho mecânico externo total anaeróbio; Pm: potência média.

Contribuição metabólica total aeróbia, láctica e aláctica

A análise da contribuição metabólica total aeróbia, láctica e aláctica também não houve diferenças significativas nas comparações pré e pós-suplementação para o grupo creatina e placebo ($p > 0,05$). A tabela 4 apresenta a média das contribuições de ambos os grupos.

Tabela 4: contribuição metabólica total aeróbia, contribuição metabólica total aláctica e contribuição metabólica total láctica.

	Creatina		Placebo	
	Pré	Pós	Pré	Pós
AE (kJ)	77,8 ± 11,5	78,3 ± 11,0	78,3 ± 12,2	80,4 ± 12,5
AL (kJ)	37,0 ± 9,2	39,3 ± 8,6	36,7 ± 8,1	36,0 ± 12,1
LA (kJ)	40,6 ± 15,1	43,7 ± 15,6	46,4 ± 14,2	46,2 ± 14,1
GET (kJ)	155,4 ± 25,8	161,3 ± 25,8	161,4 ± 26,2	162,6 ± 25,9

AE: contribuição metabólica total aeróbia; AL: contribuição metabólica total alática; LA: contribuição metabólica total láctica; GET: gasto energético total (AE + AL +LA).

Discussão

Apesar de não resultar em melhora sobre o tempo final, o grupo Cr apresentou um aumento significativo na potência mecânica externa do 28º ao 45º segundo no TCR pós-suplementação, alterando positivamente a dinâmica da estratégia de prova neste trecho do TCR. O mesmo ocorreu com a P_{an} , onde foi observado um aumento significativo do 17º ao 28º segundo em relação ao TCR pré-suplementação. A P_{ae} , por sua vez, apresentou uma queda significativa no TCR pós suplementação do grupo Cr, do 15º ao 25º segundo, acompanhado de uma queda significativa do consumo de oxigênio do 12º ao 23º segundo.

Apesar de não incluir análise de ressonância para verificar possíveis mudanças nos níveis musculares de PCr, a literatura confirma que o ganho de peso está relacionado com o aumento desses estoques, ocasionando maior retenção hídrica e conseqüentemente aumento da massa muscular. Neste sentido, Francaux e Poortmans (13) relataram que, após 9 semanas de suplementação de Creatina, 55 % do ganho de massa corporal estaria relacionado a retenção hídrica, enquanto que os outros 45 %, ao aumento de matéria corporal seca. Os mesmos autores também relataram, através de ressonância, um aumento de 20 % dos estoques musculares de PCr após duas semanas de suplementação (21 g / dia) (14). Assim, o ganho de MCLG, demonstrado neste estudo, pode ser atribuído muito provavelmente ao aumento nos estoques musculares de PCr.

Em ambos os grupos, Creatina e Placebo, os participantes adotaram a estratégia *all out* que consiste em manter o máximo esforço possível do início ao final do TCR. É documentado que em eventos de curta duração, entre 30 segundos e 2 minutos, a adoção dessa estratégia garante melhor desempenho, tendo em vista que quanto menor o tempo gasto para vencer a inércia inicial, menor será o custo energético para manter a potência e a velocidade após esse período de aceleração (6). Deste modo, foi postulado que após o período de suplementação, com maior disponibilidade energética a partir da hidrólise de PCr, ciclistas poderiam demonstrar um aumento na potência mecânica desempenhada durante a aceleração inicial, conseqüentemente melhorando o seu desempenho final. O presente estudo, entretanto, não detectou diferença significativa na potência externa desempenhada na fase de aceleração após o período de suplementação, havendo aumento significativo apenas no trecho médio da prova, do 28º ao 45º segundo, mas não o suficiente para promover uma melhora significativa sobre o tempo final.

Até o momento, este foi o primeiro estudo a verificar o efeito da suplementação de creatina sobre a estratégia de prova e desempenho em TCR de 1 Km, o que eleva a sua validade ecológica. Apesar desse aumento na potência externa, exibido pelo grupo Creatina, não ter representado uma melhora sobre o tempo final, é importante considerar que em competições de contra relógio de 1 Km a diferença entre medalhistas é muito pequena. No mundial de ciclismo de 2012, por exemplo, a diferença do primeiro (1:00,082 min) para o terceiro colocado (1:00,543 min) foi de menos de um segundo, ou seja, qualquer mínima mudança pode significar uma medalha. Além disso, estudos envolvendo suplementação de Cr apresentam resultados mais consistentes quando se trata de esforços intermitentes

de alta intensidade (17, 23, 27), diferente dos estudos envolvendo exercício contínuo, quando os resultados apresentam valores controversos.

A potência anaeróbia do grupo Creatina apresentou um significativo aumento do 17º ao 28º segundos do TCR, corroborando a hipótese de que a suplementação poderia aumentar a produção de energia a partir de fontes anaeróbias. Esse resultado corrobora os achados de Fukuda et al. (11), quando verificou que após um protocolo de suplementação de creatina (20 g / dia durante 5 dias), corredores melhoraram em 23 % sua capacidade anaeróbia, analisada a partir de um experimento de tempo até a exaustão em velocidade correspondente a 90 e 110 % do $VO_{2máx}$. Considerando esses resultados, o que poderia justificar o ganho na potência anaeróbia, de acordo com a hipótese, seria um aumento na contribuição anaeróbia alática devido ao aumento dos estoques musculares de PCr. De fato, em outro experimento, Francaux et al. reportaram que após duas semanas de suplementação de creatina (21 g / dia), sujeitos fisicamente ativos foram capazes de exibir maior depleção de PCr tanto em exercício de alta intensidade quanto de moderada intensidade, o que significaria uma maior contribuição do sistema alático na produção de energia durante o exercício. Em discordância, a análise estatística do presente estudo não demonstrou diferença significativa na contribuição alática mensurada através do método baseado nos achados de Di prampero et al. (10), o qual utiliza parâmetros da cinética *off* do VO_2 para determinar a contribuição alática total. O método utilizado para estimar a contribuição alática do presente estudo, entretanto, quantifica apenas o total alático. Assim, uma maior quebra de PCr no trecho no qual houve maior potência anaeróbia não necessariamente pode significar uma maior contribuição alática total.

Curiosamente, contrariando a hipótese, a Potência mecânica aeróbia apresentou uma queda do 15º ao 25º segundos do TCR pós-suplementação. Da mesma forma, o VO_2 pós-suplementação do grupo Creatina apresentou a mesma diminuição no trecho. Uma vez que o aumento do VO_2 no início do exercício está correlacionado à hidrólise da PCr, era esperado que o aumento da quantidade de PCr disponível, após a suplementação, elevaria a taxa de hidrólise deste substrato, causando, conseqüentemente, o aumento do VO_2 . Estudos envolvendo suplementação de Creatina e comportamento do VO_2 em diferentes intensidades têm demonstrado resultados divergentes, apontando aumento (33) ou redução no consumo (21). Jones et al. (22), por exemplo, verificaram que após um protocolo de suplementação de creatina (20 g / dia durante 5 dias) houve uma diminuição de 4 % no do VO_2 em exercício com intensidade acima do limiar de lactato. Levando-se em conta o comportamento da cinética do VO_2 durante o *all out*, é notável que a redução do consumo de oxigênio exibido pelo grupo creatina após a suplementação, ocorreu durante a fase denominada componente lento do VO_2 (34), caracterizado por um aumento adicional do consumo além do predito para aquela carga. O componente lento ocorre durante o exercício realizado em carga acima do limiar de lactato e suas causas ainda não estão bem elucidadas. Estudos recentes, entretanto, vêm demonstrando que o desenvolvimento do componente lento pode estar relacionado ao progressivo recrutamento de fibras musculares rápidas (tipo II), as quais tendem a ser menos eficientes e demandam maior quantidade de ATP para produzir o mesmo trabalho mecânico, elevando a quantidade de O_2 necessária (21, 23, 24, 36). Por outro lado, fibras musculares fatigadas também podem perder eficiência, indicando que o componente lento pode estar relacionado não somente pelo recrutamento de fibras menos eficientes, mas pelo aumento do custo energético das

fibras musculares já fatigadas (5, 37). Neste caso, a suplementação de creatina poderia influenciar no sentido de elevar a tolerância à fadiga das fibras musculares requisitadas, reduzindo o tempo necessário para que essas fibras entrem num estado de menor eficiência e maior demanda energética, conseqüentemente. Como resultado, a diminuição dessa demanda causaria uma redução do componente lento, conforme resultados do presente estudo e de acordo com os achados de Jones et al. (26).

É importante destacar que, na prática, os ciclistas necessitam vencer a resistência do próprio peso corporal, ou seja, o ganho de massa corporal pós-suplementação poderia limitar os efeitos positivos da suplementação. Além disso, o presente estudo não verificou a cinética da PCr através de ressonância, o que limita conclusões mais aprofundadas acerca do mecanismo de ação da Cr durante o TCR.

Em conclusão, o presente estudo demonstrou que a suplementação de creatina, apesar de não promover melhora sobre o tempo final de prova, pode interferir sobre a estratégia de prova, proporcionando maior potência mecânica externa durante o trecho médio de um TCR de 1 km. Isto foi obtido por uma produção de potência por via anaeróbia. Adicionalmente, uma possível redução do componente lento durante o TCR pode ser um indicativo de maior tolerância à fadiga das fibras musculares requisitadas.

REFERÊNCIAS

1. Abbis, CR; Laurensen PB, Describing and understanding pacing strategies during athletic competition, *Med. Sci. Sports Exercise*, 2008, 38, 3:239 – 252.

2. Artioli GG, Bertuzzi RC, Roschel H., Mendes, SH, Lancha r., AH, Franchini, E. Determining the Contribution of the Energy Systems During Exercise, *J. Vis. Exp.* 2012, 61, e3413:1-5
3. Lerossignol P, Abbiss CR, Snow R.. Influence of All-Out and Fast Start on 5-min Cycling Time Trial Performance, *Med. Sci. Sports Exercise*, 2009, 41, 10:1965-1971.
4. Balson, PD, Eltblom B, Soerland K, Sjodin B, Hultman E. Creatine supplementation and dynamic high-intensity exercise, *Scand J Med Sci Sports*, 1993 149: 143-149.
5. Barclay CJ. Mechanical efficiency and fatigue of fast and slow muscles of the mouse. *J Physiol.* 1996;497:587–96.
6. Bishop D, Bonetti D, Dawson B, The influence of pacing strategy on VO₂ and supramaximal kayak performance, *Med. Sci. Sports Exercise*, 2002, 34, 6: 1041-1047.
7. Chwalbińska-Moneta J. Effect of creatine supplementation on aerobic performance and anaerobic capacity in elite rowers in the course of endurance training, *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2003, 13: 173 – 183.
8. Collomp K, Ahmaidi S. Audran M, Chanal JL, Prefaut C. Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the Wingate test. *Int. J. Sports Med.* 1991 12: 439-43.
9. De Koning JJ, Bobbert MF, Foster C. Determination of optimal pacing strategy in track cycling with an energy flow model. *J. Sci. Med. Sport*, 1999 2: 266–277.
10. Di Prampero PE, Ferretti G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. *Respir. Physiol.* 1999, 118: 103-115.
11. Foster C, Schragger M, Snyder AC, Thompson NN. Pacing strategy and athletic performance. *Sports med*, 1994 17: 77-85.
12. Foster, C. Snyder AC, Thompson NN, Green MA, Foley M, Schragger M. Effect of pacing strategy on cycle time performance. *Med. Sci. Sports Exercise*. 1993 25: 383–388.
13. Francaux, M.; Pootmans, J. R.; Effect of training and creatine supplementation on muscle strength and body mass. *Eur. J. App. Physiol*, 80: 165 – 168, 1999
14. Francaux, M.; Demeure, R.; Gouldemant, J.; Poortmans, J. R.; Effect of exogenous creatine supplementation on muscle pcr metabolism

15. Fukuda, DH, Smith AE, Kendall KL, Dwyer TR, Kerksick CM, Beck TW, Cramer JT, Stout JR. The effects of creatine loading and gender on anaerobic running capacity. *J Strength Cond Res*, 2010 24: 1826-1833.
16. Greenhaff PL, Bodin K, Soderlund K, Hultman E. Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *Am. J. Physiol.*, 1994, 266: 725-730.
17. Grindstaff. P. D.; Kreider, R.; Bishop, R.; Wilson, M.; Wood, L.; Alexander, C.; Almada, A.; Effect of creatine supplementation on repetitive sprint performance and body composition in competitive swimmers, *International Journal of Sport Nutrition*, 7: 330 – 346, 1997.
18. Jackman MR, Wendling P, Friars D, Graham TE. Metabolic, catecholamine, and endurance responses to caffeine during intense exercise. *J. Appl. Physiol.* 81:1658–1663, 1996
19. Jacobs I, Bleue S, Goodman J. Creatine ingestion increases anaerobic capacity and maximum accumulated oxygen deficit, *Can. J. Appl. Physiol.* 1997, 22: 231-243.
20. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 1978;40:497–504.
21. Jones AM, Pringle JSM, Carter H. Influence of muscle fiber type and motor unit recruitment on VO₂ kinetics. In: Jones AM, Poole DC, editors. *Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise and Medicine*. London (UK): Routledge; 2005. p. 261–93.
22. Jones AM, Carter H, Pringle JSM, Campbell IT, Effect of creatine supplementation on oxygen uptake kinetics during submaximal cycle exercise, *J Appl Physiol*, 2002; 92:2571-77.
23. Krstrup P, Secher NH, Relu MU, Hellsten Y, Soderlund K, Bangsbo J. Neuromuscular blockade of slow twitch muscle fibres elevates muscle oxygen uptake and energy turnover during submaximal exercise in humans. *J Physiol.* 2008;586:6037–48.
24. Krstrup P, Soderlund K, Relu MU, Ferguson RA, Bangsbo J. Heterogeneous recruitment of quadriceps muscle portions and fibre types during moderate intensity knee-extensor exercise: effect of thigh occlusion. *Scand J Med Sci Sports.* 2009;19:576–84.
25. McCreary CR, Chilibeck PD, Marsh GD, Paterson DH, Cunningham DA, Thompson RT. Kinetics of pulmonary oxygen uptake and muscle phosphates during moderate intensity calf exercise. *J. Appl. Physiol.* 1996, 81: 1331–1338.
26. Medbo J, TABATA I. Anaerobic energy release in working muscle during 30s to 3 min of exhausting bicycling. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1993, 75: 1654–1660.

27. MUJIKA, I.; PADILLA, S.; IBAÑEZ, J.; IZQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E.; Creatine supplementation and sprint performance in soccer players, *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 32, 2: 518 – 525, 1999.
28. Ozyner, F.; ROSSITER, H. N.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J., Influence of exercise intensity on the on- and off- transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans, *J. Physiol.* 15, 533: 891 – 902, 2001
29. Preen D, Dawson B, Goodman C, Lawrence S, Beilby J, Ching S. Effect of creatine loading on long-term sprint exercise performance and metabolism, *Med. Sci. Sports Exercise*, 2001, 33, 5: 814-821.
30. Linnarsson D. Dynamics of pulmonary gas exchange and heart rate changes at the start and end of exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, suppl. 1974, 414, 1–68
31. Van Loon LJ¹, Oosterlaar AM, Hartgens F, Hesselink MK, Snow RJ, Wagenmakers AJ. Effects of creatine loading and prolonged creatine supplementation on body composition, fuel selection, sprint and endurance performance in humans, *Clin. Sci.*, 2003, 104, 2: 153-162.
32. Redondo DR¹, Dowling EA, Graham BL, Almada AL, Williams MH. The effect of oral creatine monohydrate supplementation on running velocity, *Int. J. Sport Nutr.* 1996, 6: 213-221.
33. RICO-SANZ, J.; MARCO, M. T. M.; Creatine enhances oxygen uptake and performance during alternating intensity exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32: 379 – 385, 2000
34. Terrillion KA¹, Kolkhorst FW, Dolgener FA. Effect of creatine supplementation on two 700-m maximal running bouts, *Int. J. Sport Nutr.* 1997, 7: 138-143.
35. VANHATALO, A.; FULFORD, J.; DIMENNA, F. J.; JONES, A. M., Influence of hyperoxia on muscle metabolic responses and the Power duration relationship during severe-intensity exercise in humans: a ³¹P magnetic resonance spectroscopy study. *Exp. Physiol.* 95: 528-40, 2010

36. Wilkerson DP, Jones AM. Influence of initial metabolic rate on pulmonary O₂ uptake on-kinetics during severe intensity exercise. *Respir Physiol Neurobiol.* 2006;152:204–19.
37. Woledge RC. Possible effects of fatigue on muscle efficiency. *Acta Physiol Scand.* 1998;162:267–73.



3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relevância do estudo se justifica pelo fato de não haver pesquisas que verifiquem tão diretamente os efeitos da suplementação de creatina em situações de competição. De fato, foi possível verificar que esta intervenção, apesar de não promover melhora sobre o tempo final, parece interferir sobre a estratégia de prova, elevando a capacidade do indivíduo suplementado em produzir potência mecânica externa por vias anaeróbias. Um dos achados mais relevantes, no entanto, refere-se a redução do componente lento do $\dot{V}O_2$, contrariando a hipótese inicial, mas abrindo possibilidades para futuras pesquisas envolvendo suplementação de Cr, estratégia de prova e suas propriedades fisiológicas.

4 REFERÊNCIAS

ABBIS, C. R.; LAURENSSEN, P. B.; Describing and understanding pacing strategies during athletic competition, **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 3, p. 239 – 252, 2008

ACIERRO, P. J.; HANNIBAL, N. S.; NINDL, B. C.; GENTILE, C. L.; HAMED, J.; VUKOVICH, M. D.; Comparison of creatine ingestion and resistance training on energy expenditure and limb blood flow, **Metabolism: clinical and experimental**, v. 50, n. 12, p. 1429 – 1424, 2001.

AHMUN, R. P.; TONG, R. J.; GRIMSHAW, P. N.; The effects of acute creatine supplementation on multiple sprint cycling and running performance in rugby players, **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p. 92 – 97, 2005.

BEELEN, M; BERGHUIS, J.; BONAPARTE, B.; BALLAK, S. B.; JOKENDRUP, A. E.; VAN LOON, L. J.; Carbohydrate mouth rinsing in the fed state: lack of enhancement of time-trial performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2009;19(4):400–9.

BISHOP, D.; BONETTI, D.; DAWSON, B.; The influence of pacing strategy on VO_2 and supramaximal kayak performance, **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 6, p. 1041 - 1047, 2002

FERGUSON, T. B.; SYROTUIK, D. G.; Effects of creatine monohydrate supplementation on body composition and strength indices in experienced resistance trained women, **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 939 – 946, 2006.

FUKUDA, D. H.; SMITH, A. E.; KENDALL, K. L.; DWYER, T. R.; KERKSICK, C. M.; BECK, T. W.; CRAMER, J.T.; STOUT, J.R.; The effects of creatine loading and gender on anaerobic running capacity, **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 7, p. 1826 – 1833, 2010.

GLAISTER, M.; LOCKEY, R. A.; ABRAHAM, C. S.; STAERCK, A.; GOODWIN, J. E.; MCINNES, G.; Creatine supplementation and multiple sprint running performance, **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 2, 273 – 277, 2006.

GRINDSTAFF, P. D.; KREIDER, R.; BISHOP, R.; WILSON, M.; WOOD, L.; ALEXANDER, C.; ALMADA, A.; Effect of creatine supplementation on repetitive sprint performance and body composition in competitive swimmers, **International Journal of Sport Nutrition**, v. 7, p. 330 – 346, 1997.

HERDA, T.J.; BECK, T.W.; RYAN, E.D.; SMITH, A.E.; WALTER, A.A.; HARTMAN, M.J.; STOUT, J.R.; CRAMER, J.T.; Effects of creatine monohydrate and polyethylene glycosylated creatine supplementation on muscular strength, endurance, and power output, **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 3, p. 818 – 826, 2009.

HESPEL P, EIJNDE BO, DERAIVE W, et al.; Creatine supplementation: exploring the role of the creatine kinase/phosphocreatine system in human muscle, **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 26 suppl.: S79 – S102, 2001.

JONES, A. M.; WILKERSON, D. P.; FULFORD, J.; Influence of dietary creatine supplementation on muscle phosphocreatine kinetics during knee-extensor exercise in humans, **American Journal of Physiology**, v. 296, n. 4, p. R1078 – R1087, 2009.

MCKENNA, M. J.; MORTON, J.; SELIG, E. S.; SNOW, J. R.; Creatine supplementation increases muscle total creatine but not maximal intermittent exercise performance, **Journal of Applied Physiology**, v. 87, p. 2244 – 2252, 1999.

MUJIKA, I.; PADILLA, S.; IBAÑEZ, J.; IZQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E.; Creatine supplementation and sprint performance in soccer players, **Medicine and Science in Sport and Exercise**, v. 32, n. 2, p. 518 – 525, 1999.

PREEN, D.; DAWSON, B.; GOODMAN, C.; LAWRENCE, S.; BEILBY, J.; CHING, S.; Effect of creatine loading on long-term sprint exercise performance and metabolism, **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 5, p. 814 – 821, 2000.

SYROTULK, D. G.; GAME, A. B.; GILLIES, E. M.; BELL, G. J.; effects of creatine monohydrate supplementation during combined strength and high intensity rowing training on performance, **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.26, n. 6, p. 527-542, 2001.

SNOW, R. J.; MCKENNA, M. J.; SELIG, S. E.; KEMP, J.; STATHIS, C. G.; ZHAO, S. Effect of creatine supplementation on sprint exercise performance and muscle metabolism, **Journal Applied Physiology**, v. 84, p. 1667 – 1673, 1998.