

**A INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO DE CREATINA NO
GANHO DE FORÇA EM EXERCÍCIOS RESISTIDOS**

**THE INFLUENCE OF CREATINE SUPPLEMENTATION ON
STRENGTH GAINS IN RESISTANCE EXERCISES**

Douglas Martins da Costa

Vinicius Vieira Edler

Prof(a). Orientador(a): Nathalia Delvaux

Rio de Janeiro, 2023

-

“Pare de se zangar pelo que você não tem,
passe a se zangar por aquilo que você não faz”

(Paulo Muzy)

RESUMO

O aumento expressivo no número de praticantes de atividades físicas, associado ao crescimento do consumo de suplementos esportivos, destaca-se, especialmente no cenário pós-"covid-19". Em 2010, a Anvisa aprovou o consumo da creatina, substância que ganhou popularidade devido a estudos que garantem segurança e amplificação da força, principalmente em exercícios resistidos. Este artigo busca explorar descobertas específicas associando a creatina ao ganho de força, enquanto investiga aspectos mais amplos. Tópicos incluem mecanismos de ação, origem da suplementação, regulamentações, síntese, dosagens e recomendações para diversas faixas etárias e gêneros. A delimitação busca proporcionar uma visão abrangente da creatina e seu papel na performance física. O estudo, uma revisão narrativa descritiva, adotou abordagem seletiva, priorizando achados relevantes. Esses resultados fundamentam a importância da discussão na pesquisa. Conclui-se que a suplementação de creatina é valiosa para praticantes de treinamento resistido, oferecendo benefícios a curto e longo prazo. Recomendações personalizadas, alinhadas a objetivos individuais e regimes de treinamento, devem guiar a aplicação prática desses achados, destacando-se como ferramenta significativa na melhoria do desempenho físico.

PALAVRAS-CHAVE: Creatina. Treino resistido. Performance.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADP Adenosina difosfato

ATP Adenosina trifosfato

Cr Creatina

CP Creatina Fosfato

CK Creatina quinase mitocondrial

PCr Fosforilcreatina

CA2 Fosfato de Cálcio

CREAT Transportador de Creatina

RM Repetição Máxima

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO
 - 1.1. ANVISA
2. METODOLOGIA
3. DESENVOLVIMENTO
 - 3.1. SÍNTESE DE CREATINA ENDÓGENA
 - 3.2. VEGETARIANOS
 - 3.3. CRIANÇAS E ADOLESCENTES
 - 3.4. MULHERES
 - 3.5. TRANSPORTADOR DE CREATINA
 - 3.6. CARBOIDRATOS
 - 3.7. FASE DE MANUTENÇÃO E SATURAÇÃO
 - 3.8. CONTEÚDO DE CREATINA NAS FIBRAS MUSCULARES
 - 3.9. MECANISMO DE AÇÃO
 - 3.10. RINS
 - 3.11. FONTES ALIMENTARES
 - 3.12. TREINAMENTO RESISTIDO
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa por atividades físicas, independentemente de serem realizadas em ambientes internos ou externos às academias, está crescendo em relevância na sociedade contemporânea. Diversos fatores motivacionais impulsionam essa busca, sendo a procura por aprimoramento estético e a melhoria no condicionamento físico quase sempre notáveis em uma parcela significativa da população (Araújo et al, 2007; ARONI; MACHADO; ZANETTI, 2012). Além disso, o uso de suplementos alimentares está ganhando destaque no mercado, e a cada ano observa-se um aumento no número de indivíduos que procuram por esse tipo de produto (MAHAM et al., 2012). A busca por suplementação entre praticantes de atividades físicas tem como objetivos aprimorar o desempenho físico, potencializar a performance, associando-se à busca por padrões estéticos desejados, saúde e bem-estar. (Brito, 2020; Santos et al, 2021; OLIVEIRA et al., 2018).

Nesse contexto, em contrapartida à busca por suplementos alimentares, o mercado começou a disponibilizar uma variedade de alimentos e compostos que prometem resultados mais rápidos e satisfatórios no corpo, atendendo às necessidades desses indivíduos. Esse fenômeno resultou no aumento da oferta e diversificação de suplementos alimentares disponíveis para os consumidores (PRADO, 2015). Nesse sentido, um dos suplementos que se destacou significativamente no cenário do treinamento resistido foi a creatina, que aparenta proporcionar melhorias no desempenho e na condição física (Santos et al., 2021).

A creatina monoidratada, também conhecida como ácido metil guanidina-acético, emergiu como um dos suplementos esportivos ergogênicos mais amplamente utilizados na atualidade (COOPER et al., 2012). Acredita-se que os efeitos ergogênicos induzidos pela suplementação de creatina estejam relacionados ao aumento do conteúdo total de creatina intramuscular, resultando em uma aceleração na ressíntese de fosfocreatina durante os intervalos entre os exercícios. Isso, por conseguinte, permite a manutenção da taxa de refosforilação de ADP necessária durante o exercício, potencializando a

capacidade de contração muscular (SCHOCH; WILLOUGHBY; GREENWOOD, 2006).

A creatina teve sua primeira identificação em 1835 pelo cientista francês Chevreul, seguida pelos primeiros experimentos de pesquisa no início do século XX sobre o destino da creatina administrada. Contudo, somente na década de 1990 foi definitivamente estabelecido que a suplementação de creatina aumenta a reserva de creatina metabolicamente ativa nos músculos. Após a descoberta da relevância fisiológica da via bioenergética da creatina-fosfato, inúmeras pesquisas foram iniciadas para explorar de que maneira a suplementação de creatina pode aprimorar o desempenho atlético (COOPER et al., 2012).

Considerando seu potencial para favorecer a ressíntese energética e melhorar o desempenho, a creatina foi rapidamente adotada nos contextos competitivos. Foi nos Jogos Olímpicos de Barcelona em 1992 que o uso da creatina como suplementação se popularizou, tornando-se hoje um dos suplementos proteicos mais reconhecidos e amplamente utilizados por atletas e entusiastas de atividades físicas (CARVALHO; MOLINA; FONTANA, 2011).

Nesse contexto, nos ambientes de academias e treinamento resistido, a história se repetiu. Com o objetivo de promover o aumento de força e hipertrofia, a utilização da creatina como recurso ergogênico, respaldada pelo aprimoramento da aptidão física, foi amplamente adotada com a finalidade de alcançar ganhos substanciais de força e potência muscular (REZENDE, 2003).

Os efeitos ergogênicos relatados do monohidrato de creatina abrangem o aumento da produção de força, o incremento da potência, o fortalecimento muscular, a elevação do limiar anaeróbio, o aumento da capacidade de trabalho, uma recuperação aprimorada e uma melhor adaptação ao treinamento (Wax et al., 2021).

Para reforçar o que foi mencionado anteriormente, GUALANO et al. (2010) abordam em seu estudo a relação entre o desempenho físico e o uso de creatina. Os pesquisadores concluem que uma revisão abrangente da literatura revelou diversos efeitos positivos relacionados à suplementação de creatina. Eles sugerem que os efeitos da creatina na promoção de ganho de massa magra e força são substanciais, destacando que os ganhos de força e massa magra

resultam não apenas do aumento na retenção hídrica, mas também da expressão gênica, eficiência na tradução de proteínas relacionadas à hipertrofia, assim como da proliferação e ativação de células satélites (GUALANO et al., 2010).

1.1. ANVISA

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 243, publicada em 2018 pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), trata dos requisitos relativos à composição, qualidade, segurança e rotulagem dos suplementos alimentares. Além disso, estabelece as diretrizes para a atualização das listas de nutrientes, substâncias bioativas, enzimas e probióticos, limites de uso, alegações e rotulagem complementar desses produtos. Complementarmente, a Instrução Normativa (IN) nº 28, datada de 27 de julho de 2018, atua em conjunto com a RDC nº 243, delineando as listas de constituintes, limites de uso, alegações e rotulagem complementar específicos para suplementos alimentares. Ambas as normas têm como propósito fornecer informações mais precisas sobre esses produtos e reduzir a incidência de possíveis irregularidades (BRASIL, 2018).

O uso de suplementação de creatina no meio esportivo foi proibido no Brasil por vários anos, justificado pela alegação de falta de evidências que comprovassem a segurança para os consumidores desse composto. Contudo, essa proibição foi revogada em março de 2010 devido à ausência de pesquisas que apontassem malefícios relacionados à suplementação de creatina em doses de até 3g diárias, sendo essa a dosagem máxima indicada pela ANVISA (GAMA, 2011).

Embora tenha ganhado reconhecimento a partir dos Jogos Olímpicos de Barcelona, a utilização do suplemento foi proibida no Brasil devido à escassez de estudos que comprovassem sua eficácia e, além disso, não fornecessem evidências sobre os potenciais efeitos colaterais, o que poderia comprometer a segurança dos consumidores. No entanto, em 2010, essa proibição foi revogada (BRASIL, 2010; BRIOSCHI; HEMERLY; BINDACO, 2019).

A ANVISA autoriza o uso de creatina como suplemento para atletas, estabelecendo, no entanto, especificações específicas. De acordo com as diretrizes, o produto pronto para consumo deve conter de 1,5 a 3 g de creatina por porção, o grau de pureza da creatina deve ser superior a 99,9%, e o produto não pode conter fibras (ANVISA, 2010).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo geral investigar e questionar quais as evidências na literatura que demonstram os benefícios do uso de creatina quando associado ao treinamento de força. Além disso, entender seu funcionamento endógeno e suplementar, suas vias e mecanismos de ações dentro do corpo e elucidar sobre as influências da sua suplementação nos exercícios resistidos.

2. METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma revisão narrativa, de caráter descritivo, que busca destacar e apresentar as ideias centrais de estudos que evidenciam a discussão do uso da creatina no treinamento resistido. Embora haja um material mais extenso sobre o tema na literatura, a presente revisão foi desenvolvida com base nas pesquisas feitas, a sintetizar os diversos achados que envolviam creatina, creatina e treinamento resistido, mecanismos de ação, vias de produção e funcionamento endógeno e suplementar.

Para a leitura desses materiais, o levantamento dos dados e a revisão de literatura, foram utilizadas as palavras chaves: creatina, treinamento resistido, suplementação, *performance*, creatina e ganhos de força, creatina e hipertrofia, creatina e função renal, creatina endógena, assim como, combinações entre elas

A seguir, foi feita uma leitura seletiva do material encontrado, buscando os achados de maior relevância sobre os temas em questão, e, assim, utilizando-os de forma a construir sustentação para mostrar a importância da discussão do tema da pesquisa.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. SÍNTESE DE CREATINA ENDÓGENA

A produção endógena da creatina pode ser dividida em dois momentos diferentes. A primeira etapa acontece nos rins, envolvendo a transferência de um grupo amino da arginina para a glicina por meio de uma reação de transaminação. Isso resulta na formação de guanidinoacetato e ornitina, sendo a transaminase a enzima catalisadora dessa reação. Posteriormente, o guanidinoacetato é enviado ao fígado, onde a enzima metiltransferase promove a adição irreversível de um grupo metila da S-adenosilmetionina ao guanidinoacetato. Esse processo culmina na formação da molécula de creatina (MENEZES, MORAES & LINHARES, 2020).

A creatina $[\text{NH}_2\text{-C}(\text{NH})\text{-NCH}_2(\text{COOH})\text{-CH}_3]$ é um composto de aminoácidos (glicina e arginina) natural, resultado de uma síntese endógena que ocorre nos rins, pâncreas e fígado. Ademais, pode ser adquirida por meio da alimentação, sendo encontrada principalmente em peixes e carne vermelha. No corpo humano, aproximadamente 60 a 70% da creatina é encontrada de forma livre, enquanto cerca de 30 a 40% está fosforilada. A maior parte, cerca de 95%, está localizada no músculo esquelético, enquanto os 5% está distribuído nos músculos lisos, cérebro, testículos e coração (GUALANO et al., 2010).

Em adultos, o impacto da produção de creatina no metabolismo da glicina é inferior quando comparada ao metabolismo da arginina e da metionina, onde requer maior necessidade (Cooper et al., 2012).

A paralização do processo endógeno de síntese de creatina pelo consumo oral desse composto é conhecida há bastante tempo, conforme relatado por Walker em 1979. Contudo, é importante observar que essa situação pode ser revertida quando a suplementação é interrompida.

É interessante observar que a suplementação de creatina tem sido associada à redução da produção endógena de creatina no corpo. No entanto, é importante notar que os níveis endógenos tendem a retornar ao normal após um breve período de tempo quando a suplementação é interrompida, como indicado por Cooper et al. em 2012.

Estudos indicam que são necessárias, cerca de quatro semanas, após a interrupção do consumo de creatina para que os níveis musculares dessa substância e a fosfocreatina (CP) retornem aos valores normais, conforme indicado por Hultman et al. em 1996 e Vandenberghe et al. em 1997.

3.2. VEGETARIANOS

Devido ao fato de que a creatina é encontrada principalmente em alimentos de origem animal, os vegetarianos tendem a apresentar concentrações mais baixas de creatina em repouso, como destacado por (Cooper et al., 2012).

É correto afirmar que a carne bovina é uma fonte abundante de arginina, glicina e metionina, os aminoácidos constituintes da creatina, como mencionado anteriormente. Em contraste, todos os alimentos de origem vegetal contêm quantidades reduzidas de glicina e metionina, e a maioria dos alimentos vegetais (com exceção de soja, amendoim e outras nozes) também possui quantidades limitadas de arginina, conforme destacado por Arazi et al. em 2021.

Uma alimentação normalmente centrada em carnes tem a capacidade de oferecer diariamente entre 1 a 2 gramas de creatina, dependendo do período de cozimento, do tipo de corte e da qualidade da carne (Kanashiro Diniz, 2019).

Cotidianamente, um adulto, ao seguir uma dieta comum e diversificada, consome cerca de 1 grama de creatina. Simultaneamente, o fígado produz uma quantidade semelhante para atender às exigências diárias. Essa soma, aproximadamente 2 gramas, corresponde à creatina que é reciclada diariamente pelo organismo (Greenhaff, 1995).

Atletas que seguem uma dieta vegetariana são os que mais podem se beneficiar da suplementação de creatina. Suas dietas não incluem fontes significativas desse composto, resultando em níveis mais baixos dessa substância em seus organismos. O consumo de suplementos de creatina tem demonstrado a possibilidade de aumentar a concentração de creatina muscular em cerca de 60%, em comparação com outro grupo que segue uma dieta mista, que apresenta um aumento de 10 a 20% (Burke & Berning, 1996).

3.3. CRIANÇAS E ADOLESCENTES

A utilização de suplementos de creatina em indivíduos com menos de 18 anos não tem sido amplamente estudada, especialmente no que se refere ao desempenho esportivo e exercício. Apesar disso, observa-se que atletas jovens, com idade inferior a 18 anos, estão fazendo uso de suplementos de creatina (Cooper et al., 2012).

A habilidade de uma criança regenerar fosfatos de alta energia durante exercícios de alta intensidade é inferior à de um adulto. Como resultado, a suplementação de creatina pode ser benéfica para melhorar a taxa e o uso de fosfato de creatina, bem como a refosforilação de ATP (Cooper et al., 2012).

No entanto, segundo a perspectiva do ISSN, atletas mais jovens podem considerar a suplementação de creatina em determinadas condições: a puberdade já foi concluída, e o atleta está envolvido em treinamento competitivo sério; a dieta segue um adequado equilíbrio calórico; tanto o atleta quanto os pais aprovam e têm um entendimento claro sobre os efeitos da suplementação de creatina; os protocolos de suplementação são supervisionados por profissionais qualificados; as doses recomendadas não são ultrapassadas; e são administrados suplementos de qualidade (Cooper et al., 2012).

Crianças e adolescentes, em diversas condições clínicas, demonstram uma resposta positiva à suplementação de creatina, particularmente no que diz respeito ao aumento de fosfocreatina muscular (SOLIS; ARTIOLI; OTADUY; LEITE et al., 2017).

As crianças têm uma reserva de creatina muscular inferior em comparação com os adultos; no entanto, elas aparentam aumentar as concentrações de fosfocreatina no músculo esquelético de maneira mais significativa após a suplementação, quando comparadas aos adultos (SOLIS; ARTIOLI; OTADUY; LEITE et al., 2017).

As evidências científicas sobre a creatina foram predominantemente geradas em adultos e idosos; assim, há pouco conhecimento sobre seus efeitos em outras populações, como crianças e adolescentes (NORTHEAST; CLIFFORD, 2021; STARES; BAINS, 2020).

Apesar da escassez de ensaios clínicos randomizados duplo-cego e controlados por placebo conduzidos com crianças e adolescentes, o uso neste público é crescente. Considerando os estudos em indivíduos adultos e alguns estudos em crianças e adolescentes, a creatina parece ser segura. Todavia, não há estudos que avaliaram a segurança do uso em crianças e adolescentes e os autorrelatos de ausência de efeitos colaterais não são suficientes para garantir ausência de efeitos negativos. Isto posto, é necessário refletir a respeito da insuficiência de estudos robustos, bem controlados, para garantir efeito positivo e segurança com a suplementação de creatina para essa população (PARECER TÉCNICO Nº 01/2023).

Nesse cenário, a decisão de utilizar creatina deve ser avaliada por profissionais de saúde, como nutricionistas e/ou médicos, especialmente em casos específicos, como atletas adolescentes competitivos ou em situações de disfunções neuromusculares e erros inatos do metabolismo, independentemente da faixa etária. Em outras condições, como para crianças e adolescentes envolvidos em atividades físicas recreativas ou crianças saudáveis, a suplementação de creatina não é recomendada devido à falta de evidências científicas, especialmente a partir de ensaios clínicos bem conduzidos com acompanhamento adequado para avaliar possíveis desdobramentos negativos. (PARECER TÉCNICO Nº 01/2023)

3.4. MULHERES

A compreensão do metabolismo da creatina antes e depois da menopausa tem implicações significativas para a suplementação de creatina no que diz respeito ao desempenho e à saúde das mulheres. As características da creatina mostram variações entre homens e mulheres, sendo que as mulheres apresentam reservas endógenas de 70 a 80% mais baixas em comparação aos homens (SMITH-RYAN et al., 2021).

O ciclo menstrual pode impactar a homeostase da creatina devido à natureza cíclica da regulação dos hormônios sexuais. Pesquisas conduzidas em modelos animais revelaram que a expressão da arginina-glicina aminotransferase (AGAT), que representa a etapa limitante na síntese de

creatina, é influenciada pelos níveis de estrogênio e testosterona (SMITH-RYAN et al., 2021).

Foi evidenciado que os hormônios sexuais, principalmente estrogênio e progesterona, exercem influência sobre as atividades da creatina quinase e a expressão de enzimas cruciais para a síntese endógena de creatina (SMITH-RYAN et al., 2021).

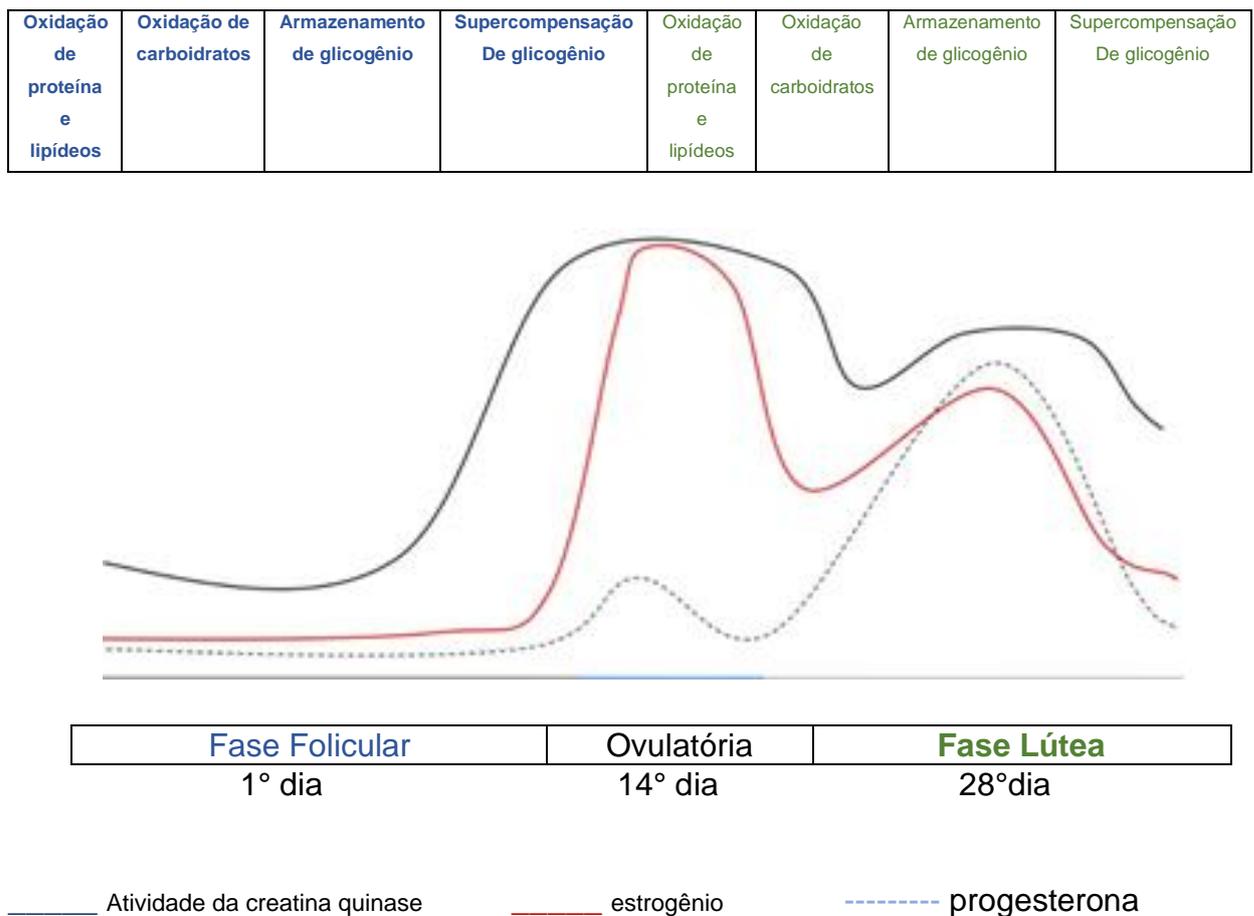


Figura 1: Metabolismo da Creatina, carboidratos, lipídeos e proteínas, varia conforme dia do ciclo menstrual*. Fonte: Adaptado de Candow et al, (2021)

Um modelo teórico para a interação entre a creatina quinase e os hormônios do ciclo menstrual sugere que o metabolismo da creatina e as concentrações de creatina quinase variam ao longo do ciclo menstrual e do ciclo de vida. Essas variações podem influenciar as características metabólicas da

oxidação de proteínas e carboidratos, estabelecendo uma base fisiológica para o potencial uso da suplementação de creatina por mulheres. A interação entre o metabolismo da creatina e a cinética da CK pode ser particularmente relevante para mulheres com baixas concentrações de estrogênio (fase folicular), amenorreia, durante a gravidez e na transição para a menopausa (SMITH-RYAN et al., 2021).

3.5. TRANSPORTADOR DE CREATINA

Existem duas isoformas de transportadores de creatina, CreaT1 e CreaT2, sendo a última predominantemente ativa e encontrada nos testículos. Foi observado que a creatina ingerida por meio da suplementação é absorvida pelos músculos exclusivamente por meio do CreaT1 (SCHOCH; WILLOUGHBY; GREENWOOD; 2006).

Entende-se que o músculo possui um limite de acumulação de creatina que fica entre 150 e 160 mmol/kg. É possível que com essa limitação a ingestão prolongada da suplementação de creatina possa levar a uma redução na sua própria síntese, evitando que haja o excesso de armazenamento de creatina intramuscular. Essa regulação da creatina pode ser considerada como um efeito negativo que ocorre com a sua suplementação crônica. O processo de captação sobre a creatina circulante na corrente sanguínea pelo músculo é conhecido por ser altamente específico, dependente de sódio, saturável e de alta afinidade. Esse processo realiza o transporte da creatina contra um gradiente de concentração, com a ação da enzima Na⁺-K⁺-ATPase, também referida como bomba de sódio-potássio. (ONTIVEROS & amp; WALLIMANN, 1998).

3.6. CARBOIDRATOS

A creatina tem sido disponibilizada no mercado em diversas formas físicas, incluindo pó, gel, líquido, barras, tabletes e cápsulas. Em alguns desses produtos, o monohidrato de creatina é combinado com outros componentes, como carboidratos e proteínas. Essa adição tem sido associada a uma maior retenção de creatina pelo músculo (LIMA, et al., 2020).

O consumo de creatina juntamente com glicose, aproximadamente 100 g, demonstra aumentar o conteúdo muscular deste composto em cerca de 10%,

conforme indicado por Green et al. (1996). Essa combinação resulta em uma elevação na captação de creatina pela fibra muscular, potencialmente intensificando o efeito ergogênico. O processo parece ser mediado pela insulina, que estimula a enzima ATPase da bomba de Na⁺/K⁺. Essa estimulação, por sua vez, promove um transporte simultâneo de Na⁺/Creatina (duas moléculas de sódio para cada uma de creatina), contribuindo para manter ou restaurar o gradiente normal de Na⁺ e o potencial de membrana (Odoom et al., 1996).

Steenge e colaboradores descobriram que a retenção corporal de creatina aumentou em 25% quando 5 g de monohidrato de creatina foram adicionados a 50 g de proteína e 47 g de carboidrato, ou a 96 g de carboidrato, em comparação com um tratamento placebo contendo apenas 5 g de carboidrato (Cooper et al., 2012).

A absorção de creatina pelo músculo esquelético pode ser afetada pela presença de insulina, o que pode resultar em um aumento na retenção de creatina (SMITH-RYAN et al., 2021).

Ingerir creatina juntamente com carboidratos (~50 g) e proteínas (~50 g), ou com 1 g·kg⁻¹ de glicose, pode resultar em aumentos nas concentrações totais de creatina no músculo em comparação com a suplementação isolada de creatina (SMITH-RYAN et al., 2021).

3.7. FASES DE SATURAÇÃO E MANUTENÇÃO

Atividades de resistência sem levantamento de peso, uma fase inicial de carga de creatina de 20 g/dia (ou 0,3 g/kg/dia) dividida em quatro porções iguais ao longo de 5-7 dias é adequada para saturar as reservas musculares de creatina. Posteriormente, uma dose de manutenção de 5 g/dia (ou 0,03 g/kg/dia) pode ser mantida. Para atletas de resistência que também realizam levantamento de peso, é recomendável evitar a fase de carga devido ao possível impacto na retenção de água e no ganho de massa corporal. Nesses casos, uma dose mais baixa de creatina (3–5 g/dia) é suficiente para saturar as reservas de creatina em cerca de 20% ao longo de um período de 4 semanas (Jose Antoni et al., 2021).

Um protocolo comum de suplementação de creatina envolve uma fase inicial de carga com 20 g de monohidrato de creatina por dia (ou 0,3 g por kg de peso corporal), dividida em quatro doses diárias de 5 g cada. Essa fase é seguida por uma fase de manutenção com uma ingestão diária de 3-5 g de monohidrato de creatina (ou 0,03 g a 0,05 g por kg de peso corporal) (Cooper et al., 2012).

3.8. CONTEÚDO DE CREATINA NAS FIBRAS MUSCULARES

De acordo com Mujika et al. (1), as concentrações de creatina (Cr) e fosfocreatina (PCr) estão diretamente associadas aos tipos de fibras musculares, sendo observadas concentrações mais elevadas nas fibras de contração rápida (IIa e IIb) em comparação às fibras de contração lenta.

A taxa de degradação da fosfocreatina (CP) tem sido observada como sendo maior nas fibras musculares do tipo II (contração rápida) em comparação às do tipo I (contração lenta). A disponibilidade de CP como substrato energético nas fibras de contração rápida é considerada um possível fator limitante para a manutenção da força muscular durante um exercício de alta intensidade (Balsom et al., 1994; Greenhaff et al., 1994).

3.9. MECANISMO DE AÇÃO

POWERS et al. (2021, p. 63) ressaltam que a energia necessária para a realização da maioria dos tipos de exercícios provém de uma combinação de fontes anaeróbicas e aeróbicas. A produção de ATP pelos sistemas ATP-PC, glicólise e fosforilação oxidativa ocorre simultaneamente nos músculos esqueléticos ativos. Aproximadamente 90% da energia exigida para a execução de uma corrida de 100 metros seria fornecida pelo sistema ATP-PC. No entanto, as reservas de ATP e PC são limitadas, tornando necessário que as vias glicolíticas e oxidativas também produzam ATP em conjunto, mesmo que não sejam as vias predominantes na geração de energia para esse tipo de evento.

A redução das reservas de fosfocreatina (PC) pode restringir o desempenho em exercícios curtos e de alta intensidade, pois leva a uma diminuição na taxa de produção de ATP pelo sistema ATP-CP (POWERS; HOWLEY; QUINDRY, 2021).

O processo mais eficiente para a produção rápida de ATP envolve a doação de um grupo fosfato e sua energia de ligação provenientes da fosfocreatina (PC) para o ADP, resultando na formação de ATP. Essa reação é catalisada pela enzima creatina quinase. Durante o início do exercício, quando o ATP é quebrado em ADP + Pi, a ressíntese de ATP ocorre por meio da reação com a fosfocreatina (PC). No entanto, como as células musculares armazenam uma quantidade limitada de PC, a disponibilidade total de ATP também é restrita. Essa combinação de ATP armazenado e PC é conhecida como sistema ATP-CP ou sistema fosfagênio, fornecendo energia para a contração muscular no início e durante atividades de alta intensidade e curta duração (POWERS; HOWLEY; QUINDRY, 2021).

O sistema ATP-CP é capaz de suprir praticamente todas as necessidades de ATP para a execução de trabalho em eventos com duração de 1 a 5 segundos. Contudo, exercícios com duração superior a 5 segundos começam a utilizar a capacidade de ATP por meio da glicólise. É importante ressaltar que a transição do sistema ATP-CP para uma maior dependência da glicólise durante o exercício não ocorre de maneira abrupta, mas sim por meio de uma mudança gradual de uma via para outra (POWERS; HOWLEY; QUINDRY, 2021).

A creatina fosfato (PCr) no músculo desempenha um papel fundamental na ressíntese de ATP. A suplementação com creatina monohidratada aumenta os estoques de PCr, facilitando a refosforilação do ATP. Como resultado, isso contribui para melhorar a qualidade do exercício (ZUNIGA, 2012).

Conforme afirmado por Flôr (2017), o sistema energético predominante durante um treinamento de força muscular é o ATP-CP.

A quantidade de fosfocreatina (CP) é, sem dúvida, um dos fatores cruciais para a fadiga muscular após a realização de exercícios de alta intensidade e curta duração. Portanto, a utilização da creatina como suplemento energético fundamenta-se na teoria de que um maior estoque dessa substância nos músculos permite a manutenção da potência muscular máxima por um período prolongado (Oliveira et al., 2017).

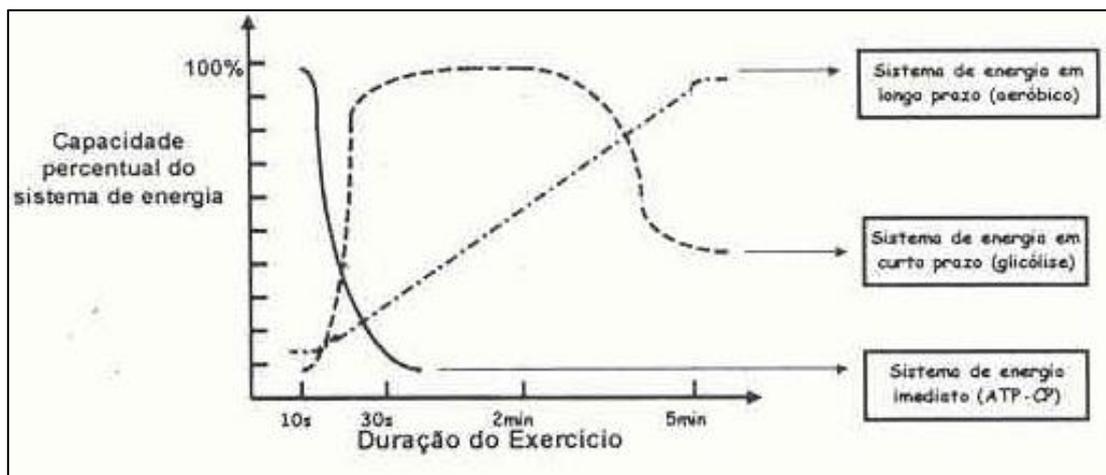


Figura 2: Fontes de energia utilizadas nas diferentes etapas do exercício físico*. Fonte: Adaptado de Powers et al, (2017)

Durante uma atividade física, os três sistemas de energia - fosfagênio (ATP-CP), glicolítico e oxidativo - operam simultaneamente. No entanto, a contribuição relativa de cada sistema para as demandas totais de energia pode variar de acordo com a duração e intensidade do exercício (McArdle, Katch, Katch, "Exercise Physiology," Lea & Febiger, 1994, p. 345-370).

A razão fundamental por trás da suplementação de creatina é otimizar o aumento do pool intracelular total de creatina (creatina + fosfocreatina). A concentração intracelular de fosfocreatina (PCr) desempenha um papel crucial no sistema bioenergético imediato, que é mais ativo durante exercícios de alta intensidade, curta duração e em episódios repetidos de atividade física (SCHOCH; WILLOUGHBY; GREENWOOD, 2006).

A justificativa para o frequente é baseada na evidência de que a disponibilidade desse composto é uma das principais limitações para o desempenho muscular durante atividades de curta duração e alta intensidade. Sua depleção resulta na incapacidade de ressintetizar ATP nas quantidades necessárias (SCHOCH; WILLOUGHBY; GREENWOOD, 2006).

Acredita-se que os efeitos ergogênicos resultantes da suplementação de creatina sejam atribuídos ao aumento do conteúdo total de creatina intramuscular, acelerando a ressíntese de fosfocreatina no intervalo entre os exercícios. Como resultado, a taxa de refosforilação de ADP necessária pode

ser mantida durante o exercício, aumentando assim a capacidade de contração muscular (SCHOCH; WILLOUGHBY; GREENWOOD, 2006).

De acordo com Hunger et al. (2009), a creatina, quando associada ao treinamento resistido, tem o potencial de aumentar os níveis de força muscular. A creatina é uma substância osmoticamente ativa, o que significa que sua capacidade de impulsionar um maior volume de água do meio extracelular para o meio intracelular é significativa, contribuindo para uma maior retenção de água corporal, especialmente intramuscular, resultando em um aumento de peso (FARIA et al., 2018).

O estudo conduzido por Greenhaff et al.¹⁹ destaca o papel crucial da creatina livre no controle da ressíntese de fosfocreatina (PCr) e ATP. A pesquisa revelou que a aceleração da ressíntese de fosfocreatina após o exercício desempenha um papel fundamental no aumento da capacidade contrátil muscular. Isso é fundamental para manter o turnover de ATP durante exercícios subsequentes.

A creatina demonstra ser mais eficaz em atividades de alta intensidade e curta duração, bem como em sessões repetidas de exercícios intensos com breves períodos de recuperação. Isso se deve ao fato de que níveis elevados de fosfocreatina (PCr) têm a capacidade de refosforilar o difosfato de adenosina em adenosina trifosfato (ATP) de maneira mais rápida, por meio da reação catalisada pela creatina quinase. Além disso, o PCr atua como um tampão para íons hidrogênio (H⁺), os quais se acumulam durante exercícios intensos, ajudando a retardar a fadiga (SMITH-RYAN et al., 2021).

3.10. RINS

Houve alguns distúrbios de saúde renal relatados associados à suplementação de creatina. São relatos isolados em que as dosagens recomendadas não são seguidas ou há histórico de queixas de saúde anteriores, como doença renal ou uso de medicação nefrotóxica agravada pela suplementação de creatina. Estudos específicos sobre suplementação de creatina, função renal e/ou segurança concluem que, embora a creatina aumente ligeiramente os níveis de creatinina, não há efeito progressivo que cause

consequências negativas à função renal e à saúde em indivíduos já saudáveis, quando as recomendações de dosagem adequadas são seguidas (Cooper et al; 2012).

Foi demonstrado que a metilamina e o formaldeído urinários aumentam devido à suplementação de creatina de 20 g/d; isso, no entanto, não levou a produção para fora da faixa normal e saudável e não teve impacto na função renal (Cooper et al; 2012).

3.11. FONTES ALIMENTARES

Como a carne é a principal fonte alimentar de creatina, o exame dos vegetarianos pode fornecer um aspecto único à pesquisa do metabolismo da creatina. Watt et al. examinaram como cinco dias de suplementação de creatina afetam vegetarianos versus onívoros em relação ao conteúdo total de creatina e à expressão de CreaT. Os resultados indicaram que os vegetarianos tinham uma concentração inicial de creatina total mais baixa e, durante a suplementação, ambos os grupos aumentaram significativamente os níveis de creatina total. No entanto, o conteúdo total de creatina dos vegetarianos aumentou ainda mais. Portanto, durante um protocolo de carga de creatina, os vegetarianos parecem possuir uma maior capacidade de absorver creatina quando comparados com os seus homólogos omnívoros. (SCHOCH; WILLOUGHBY; GREENWOOD, 2006)

Além disso, a creatina pode ser obtida exogenamente através da dieta (por exemplo, frutos do mar, carne vermelha e aves e/ou como um suplemento dietético fabricado comercialmente (JOSE ANTONIO et al., 2021)

Determinados alimentos possuem maior teor de creatina quando comparado a outros, como podemos identificar no quadro 1 (BRIOSCHI; HEMERLY; BINDACO, 2019)

Quadro 1: Principais alimentos fontes de creatina.

ALIMENTO	CONCENTRAÇÃO DE CREATINA (g/kg)
Arenque	6,5 - 10
Carne suína	5,0

Carne bovina	4,5
Salmão	4,5
Atum	4,0
Bacalhau	4,0

Em torno de 1-2% da creatina intramuscular é degradada em creatinina (subproduto metabólico) e excretada na urina. Portanto, o corpo precisa repor cerca de 1 a 3 g de creatina por dia para manter os estoques de creatina normais (não suplementados), dependendo da massa muscular. Aproximadamente metade das necessidades diárias de creatina vêm da dieta (Kreider et al., 2017).

3.12. TREINAMENTO RESISTIDO

No panorama da investigação sobre a influência da suplementação de creatina no ganho de força em exercícios resistidos, uma riqueza de descobertas emerge, revelando a complexidade e a abrangência desse fenômeno. A pesquisa de Cooper e colaboradores (2012) destaca que a suplementação de creatina exerce um papel crucial ao facilitar a recaptura de íons de cálcio (Ca^{2+}) pelo retículo sarcoplasmático, acelerando a formação de pontes cruzadas entre as proteínas actina e miosina nas fibras musculares. Esse fenômeno é apontado como um catalisador para o aumento de força durante o treinamento resistido.

Além disso, os benefícios ergogênicos associados ao monohidrato de creatina são vastos, conforme destacado por Wax et al. (2021). Esses incluem o incremento na produção de força, elevação da potência muscular, fortalecimento, aumento do limiar anaeróbio, maior capacidade de trabalho, recuperação aprimorada e adaptação superior ao treinamento. Tais aspectos ressaltam a relevância da creatina como uma ferramenta eficaz na otimização do desempenho físico.

No cenário atual, a estratégia nutricional mais prevalente para atingir ganhos expressivos em força, potência e hipertrofia é a suplementação com creatina monohidratada, conforme evidenciado por Wax et al. (2021). Essa abordagem destaca a importância da creatina não apenas como um complemento ao treinamento resistido, mas como um elemento central nas

práticas nutricionais de indivíduos que buscam maximizar seus resultados no contexto do condicionamento físico.

No estudo conduzido por Arciero et al. (2001), a análise de diferentes grupos de participantes revelou resultados notáveis. Os grupos incluíam aqueles que receberam apenas suplementação de creatina, aqueles que combinaram a suplementação com treino de resistência, e grupos de controle com treino de resistência e placebo. Após 28 dias, ganhos significativos de força foram observados em exercícios de supino e leg press. Importante destacar que o grupo que recebeu suplementação de creatina associada a treinos de resistência apresentou ganhos ainda mais expressivos quando comparado ao grupo que recebeu apenas suplementação de creatina, sem a adição de treinamento de resistência.

Da mesma forma, em uma análise de desempenho abordando membros superiores e inferiores, o estudo de Lanhers et al. (2015) identificou um aumento significativo de força. Essa constatação sugere que a suplementação de creatina impactou positivamente não apenas áreas específicas do corpo, mas de forma abrangente, evidenciando sua eficácia em promover ganhos de força em diversas regiões musculares. Esses achados fortalecem a correlação entre a suplementação de creatina e melhorias substanciais no desempenho físico, reforçando sua aplicabilidade em diferentes contextos de treinamento.

Os estudos de Batista et al. e Junior et al. proporcionam insights valiosos sobre os efeitos da suplementação de creatina em praticantes de treinamento de força. Batista et al. (2010) conduziram uma avaliação abrangente com 20 homens praticantes de treinamento de força ao longo de 3 semanas. Os resultados revelaram ganhos estatisticamente significativos no grupo suplementado, abrangendo variáveis como massa corporal, perímetria do braço e antebraço direito, tórax, além de melhorias substanciais nos testes de força máxima em todos os exercícios analisados. Esses achados destacam a influência positiva da creatina não apenas na força, mas também em aspectos relacionados à composição corporal.

Por sua vez, o estudo duplo-cego conduzido por Junior et al. (2007) envolveu 18 universitários do sexo masculino, submetidos a um programa de

treinamento de força ao longo de oito semanas. Durante a 3ª semana de treinamento (Fase B), o grupo A recebeu 30g de creatina monohidratada por dia, enquanto o grupo B recebeu maltodextrina seguindo o mesmo protocolo de suplementação. Os resultados revelaram um aumento superior na massa magra no grupo que recebeu creatina em comparação ao grupo placebo, além de melhorias notáveis nos exercícios de força. Esses achados corroboram a eficácia da suplementação de creatina no aprimoramento do desempenho muscular e no ganho de massa magra, reforçando a relevância dessa abordagem nutricional no contexto do treinamento de força.

Os estudos de Kaviani, Abassie Chilibeck (2018) e Cândow et al. (2015) proporcionam uma visão abrangente sobre os efeitos da suplementação de creatina em diferentes contextos de treinamento de resistência. No estudo conduzido por Kaviani e colaboradores, a análise do consumo de creatina em um período de oito semanas, com grupos de placebo e de suplementação (0,07g/kg/dia), revelou um aumento significativo na força muscular em menos de duas semanas. No entanto, intrigantemente, esse aumento não foi acompanhado por uma diminuição dos danos musculares. Os autores sugerem que esse fenômeno pode ser atribuído a uma possível intensificação do treinamento possibilitada pela suplementação de creatina.

Além disso, Cândow et al. (2015) direcionaram sua atenção para a população idosa (50 a 71 anos), explorando os efeitos da creatina associada ao treinamento de resistência. Os participantes foram randomizados em três grupos distintos: creatina antes do treinamento, creatina após o treinamento e placebo. Ao longo de 32 semanas, os resultados indicaram melhorias significativas na força muscular, destacando ganhos mais expressivos de massa magra no grupo que recebeu suplementação de creatina após o exercício. Esses resultados sugerem que a creatina pode desempenhar um papel crucial no aprimoramento da força muscular, especialmente em populações mais velhas, contribuindo não apenas para o desempenho físico imediato, mas também para benefícios a longo prazo na composição corporal.

O estudo de Volek et al. (1996) desempenha um papel significativo ao evidenciar os efeitos positivos da suplementação de creatina em um contexto de

treinamento resistido. Ao adotar um protocolo de ingestão de creatina que consistia em uma semana de 25 gramas por dia, seguida por 5 gramas durante a fase de manutenção ao longo de 12 semanas de treinamento resistido, os resultados indicaram um aumento substancial na força muscular. Essa abordagem sistemática de suplementação sugere que a creatina pode ser uma aliada valiosa para otimizar os ganhos de força quando combinada com treinamento resistido estruturado.

Adicionalmente, Wax et al. (2021), em uma revisão sistemática, aprimoram essas constatações ao documentar achados de faveiro et al (2011) que mostram benefícios de curto prazo entre jovens adultos do sexo masculino sem experiência prévia em treinamento de resistência. Em um breve intervalo de apenas 10 dias de suplementação de creatina, foram identificadas melhorias notáveis no desempenho do supino, na força de agachamento e na produção de potência. Tais resultados evidenciam a resposta positiva e rápida à suplementação de creatina, sugerindo seu potencial para promover ganhos de força em um curto período.

Ademais, em um contexto envolvendo jovens jogadoras adultas de futsal, a revisão sistemática conduzida por Wax et al. (2021) cita o trabalho de Atakan et al (2019) que revelou avanços similares na força isométrica das pernas após meros 7 dias de suplementação de creatina, quando integrada a um programa de treinamento de resistência simultâneo. Essas constatações fortalecem a perspectiva de que a creatina desempenha um papel crucial na aprimoração rápida e eficaz da força muscular, independentemente do histórico anterior de treinamento resistido.

Essas evidências robustas transcendem a eficácia da creatina não apenas como um potencializador de desempenho atlético, mas também como uma ferramenta versátil para otimizar programas de treinamento e condicionamento físico. Ao se aprofundar nas nuances desses estudos, emerge uma narrativa envolvente que destaca a importância da suplementação de creatina como um componente valioso na busca pelo ganho de força em exercícios resistidos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao contextualizar os achados específicos da creatina no ganho de força em exercícios resistidos, este trabalho também explorou aspectos mais amplos que contribuem para a compreensão holística dessa substância. Temas como mecanismos de ação, origem da suplementação, regulamentação, síntese e dosagens foram cerceados com objetivo que trazer como destaque uma visão mais ampla e abrangente do tema.

À luz das análises meticulosas realizadas neste trabalho, é inegável que a suplementação de creatina desempenha um papel determinante no ganho de força durante exercícios resistidos. A ampla gama de objetivos alcançados com a suplementação de creatina, como fortalecimento, aumento de potência, elevação do limiar anaeróbio e recuperação otimizada, destaca sua versatilidade e relevância em diversos contextos atléticos. A riqueza de evidências científicas apresentadas não apenas corrobora a eficácia da creatina no ganho de força, mas também oferece uma fundação sólida para a prática clínica e o aprimoramento do desempenho atlético.

Em última análise, esta investigação contribui para a consolidação da creatina como um componente integral nas estratégias nutricionais para atletas e praticantes de treinamento resistido. Recomendações personalizadas, alinhadas aos objetivos individuais e regimes de treinamento específicos, devem ser consideradas na aplicação prática desses achados. A criação de diretrizes mais precisas para a suplementação de creatina impulsiona não apenas o entendimento acadêmico, mas também aprimora a eficácia e a segurança dessa prática no contexto do condicionamento físico e esportivo.

Dessa forma, é possível concluir que a suplementação de creatina é uma ferramenta valiosa e versátil para indivíduos engajados em treinamento resistido, oferecendo benefícios substanciais tanto em curto quanto em longo prazo. Esses achados não apenas enriquecem a compreensão acadêmica, mas também fornecem insights práticos para atletas, treinadores e profissionais da saúde interessados em potencializar o desempenho muscular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA. RDC nº 18/2010, de 27 de março de 2010. Disponível em . Acessado em 30/07/2011

ARAUJO, Alessandra Santana et al. Fatores motivacionais que levam as pessoas a procurarem por academias para a prática de exercício físico. **Efdeportes, Buenos Aires, ano**, v. 12, 2007.

Arazi, H., Eghbali, E. & Suzuki, K. (2021). Creatine supplementation, physical exercise and oxidative stress markers: a review of the mechanisms and effectiveness. *Nutrients*. 13(3), 1-16. <https://doi.org/10.3390/nu13030869>.

ARONI, André Luis; ZANETTI, Marcelo Callegari; MACHADO, Afonso Antonio. Motivos e dificuldades para a prática de atividade física em academias de ginástica. **Coleção Pesquisa em Educação Física**, v. 11, n. 4, p. 1, 2012.

ANTONIO, J. et al. Common Questions and Misconceptions about Creatine supplementation: What Does the Scientific Evidence Really show? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, v. 18, n. 1, 8 fev. 2021.

Arciero PJ, Hannibal NS 3rd, Nindl BC, Gentile CL, Hamed J, Vukovich MD. Comparison of creatine ingestion and resistance training on energy expenditure and limb blood flow. *Metabolism*. 2001; 50:1429-1434.

Beatriz De Paula, A. & Marciani Azevedo, B. (2020). Suplementação de creatina e a eficácia no aumento de massa magra, força e desempenho em treinamentos de alta intensidade. *Revista Multidisciplinar da Saúde(RMS)*,2(2),117.<https://revistas.anchieta.br/index.php/RevistaMultiSaude/article/download/1539/1411/>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 18, DE 27 DE ABRIL DE 2010. Disponível em:Acesso em 08 jun. 2020..

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2018, julho 26). Aprova a Instrução Normativa que estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares (Instrução Normativa (IN) nº 28 de 2018). *Diário Oficial da União*, nº 144, de 27 de julho de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. (2018, julho 27). Aprova a Resolução da Diretoria Colegiada - Dispõe Sobre Requisitos Sanitários dos Suplementos Alimentares (Resolução - RDC nº 243, de 26 de julho de 2018). *Diário Oficial da União*, Brasília, 27 de julho de 2018

BURKE, E., BERNING, J. Nutritional ergogenics aids. *In*: BURKE, E., BERNING, J. *Training nutrition* Carmel : Cooper P.G., 1996. p.94-96.

BRITO, Gustavo Henrique da Silva. Os efeitos da suplementação de creatina no organismo. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao curso de Biomedicina da Pontifícia Universidade Católica de Goiás –PUC Goiás, 2020. Disponível em: < <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/340>>. Acesso em: 20 abr. 202

Brannon TA, Adams GR, Conniff CL, Baldwin KM. " Effects of creatine loading and training on running performance and biochemical properties of rat skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 489-495

BRIOSCHI, F. R.; HEMERLY, H. M.; BINDACO, E. S. Efeitos ergogênicos da creatina. *Conhecimento em Destaque*, v. 8, n. 19, p. 1-20, 2019.

BALSOM, P., SODERLUND, K., EKBLUM, B. Creatine in humans with special reference to creatine supplementation. *Sports Medicine*, Auckland, v.18, n.4, p.268-280, 1994

Batista JMA, Bravo YJ, Costa EM, De Paula RRR, Araújo AFM, Cunha RM. Suplementação de creatina e treinamento de força: alterações antropométricas e na resultante força máxima. *Rev Eletrônica Saúde e Ciência*. 2010

Bundey S., Crawley JM, Edwards JH, Westhead RA Níveis séricos de creatina quinase em mulheres na puberdade, maduras, grávidas e na pós-menopausa. *J. Med Genet*. 1979; 16 :117–121. doi: 10.1136/jmg.16.2.117

Cooper, R.; Naclerio, F.; Allgrove, J.; Jimenez, A. Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 9. Num. 33. 2012

CANDOW, D.G. et al. Strategic creatine supplementation and resistance training in healthy older adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, [s.l.], v. 40, n. 7, p. 689-694, 2015

Flôr, I.H.G. Tipos de treinamento na musculação - força muscular máxima. *Revista de trabalhos acadêmicos - universo belo horizonte*. Belo Horizonte. Vol.1. Num. 2. 2017.

FONTANA, K; CASAL, H; BALDISSERA, V. Creatina como suplemento ergogênico. Disponível em: < <http://www.efdeportes.com/efd60/creatina.htm>> Acesso em: 10 de Fevereiro de 2012.

GAMA, Maira Secio. Efeitos da creatina sobre desempenho aeróbico: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, v. 5, n. 27, p. 182-190, maio/Jun. 2011.

GUALANO, B. et. al. Efeitos da suplementação de creatina sobre força e hipertrofia muscular: atualizações. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 16, n. 3, maio/Jun. 2010.

Greenhaff P. The nutritional biochemistry of creatine. *Nut Biochem* 1997; 8: 610-618

Greenhaff PL, Bodin K, Soderlund K, Hultman E. Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *Am J Physiol.* 1994;266(5):725-30

GREENHAFF, P.L. Creatine and its application as an ergogenic aid. *International Journal of Sports Nutrition*, Stuttgart, v.5, p.S100-S110, 1995. Supplement.

GREENHAFF, P.L., NEVILL, M.E., SODERLUND, K., BODIN, K., BOOBIS, L.H., WILLIAMS, C., HULTMAN, E. The metabolic response of human type I and II muscle fibers during maximal treadmill sprinting. *Journal of Physiology*, Masson, v.478 (Parte 1), p.149-155, 1994.

Green AL, Simpson EJ, Littlewood JJ, Macdonald IA, Greenhaff PL A ingestão de carboidratos aumenta a retenção de creatina durante a alimentação com creatina em humanos. *Acta Physiol. Escândalo.* 1996; 158 :195–202. doi: 10.1046/j.1365-201X.1996.528300000.x.

GUALANO, B. et al. Effects of creatine supplementation on strength and muscle hypertrophy: current concepts. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, n. 3, p. 219–223, 1 jun. 2010

Guyton A. "Tratado de Fisiologia Médica". Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1992, p.740-770.

HALL. DO, M.; TROJIAN. THOMAS, H.; MD. FACSM. Creatine supplementation. *Current Sports Medicine Reports*: July/August 2013 - Volume 12 - Issue 4 - p 240-244.

HUNGER, M. S. et al. Efeitos de diferentes doses de suplementação de creatina sobre a composição corporal e força máxima dinâmica. *Revista da Educação Física/UEM*, [s.l.], v. 20, n. 2, p.251-258, 1 jul. 2009. Universidade Estadual de Maringá.

HALL. DO, M.; TROJIAN. THOMAS, H.; MD. FACSM. Creatine supplementation. *Current Sports Medicine Reports*: July/August 2013 - Volume 12 - Issue 4 - p 240-244.

HUNGER, M. S. et al. Efeitos de diferentes doses de suplementação de creatina sobre a composição corporal e força máxima dinâmica. *Revista da Educação Física/UEM*, [s.l.], v. 20, n. 2, p.251-258, 1 jul. 2009. Universidade Estadual de Maringá.

JUNIOR, T. P. S. et al. Suplementação de creatina e treinamento de força: alterações na resultante de força máxima dinâmica e variáveis antropométricas em universitários submetidos a oito semanas de

treinamento de força (hipertrofia). Revista Brasileira de Medicina do Esporte, Santos, v. 13, n. 5, p. 303-309, 2007

Kanashiro Diniz, F. (2019). Creatina como suplemento alimentar: parâmetros fisiológicos e regulatórios do seu consumo.

<https://repositorio.usp.br/directbitstream/36c7149c-0539-4a79-a32b-02456b656cb2/3051007.pdf>. Kappes Becker, L., Pereira, A. N., Pena, G. E.,

KAVIANI, M.; ABASSI, A.; CHILIBECK, P. D. Creatine monohydrate supplementation during eight weeks of progressive resistance training increases strength in as little as two weeks without reducing markers of muscle damage. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, v. 59, n. 4, p. 608-612, 2018

Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, N. T., Wildman, R., Collins, R., Candow, D. G., Kleiner, S. M., Almada, A. L. & Lopez, H. L. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 14(1), 1-18.

<https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>

Oliveira, E. C. & Silva, M. E. (2016). Efeitos da suplementação nutricional sobre a composição corporal e o desempenho de atletas: uma revisão. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva. 10(55), 93-111.

<http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/549/531>

ODOOM, J.E., KEMP, G.J., RADDI, G.K. The regulation of total creatine content in myoblast cell line. *Molecular and Cellular Biochemistry*, Washington DC, v.158, n.2, p.179-188, 1996.

Ontiveros ML, Wallimann T. "Creatine supplementation in health and disease. Effects of chronic creatine ingestion in vivo: Down-regulation of the expression of creatine transporter isoforms in skeletal muscle." *Mol Cell Biochem* 1998; 184: 427-437.

KREIDER, RB.; KALMAN, DS.; ANTONIO, J.; ZIEGENFUSS, TN.; WILDMAN, R.; COLINS, R.; CANDOW, DG.; KLEINER, SM.; ALMADA, AL.; LOPEZ, HL.; International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. Journal of the International Society of Sports Nutrition volume 14, Article number: 18 (2017).

Lanhers C, Pereira B, Naughton G, Trousselard M, Lesage FX, Dutheil F. Creatine supplementation and lower limb strength performance: a systematic review and meta-analyses. *Sports Med*. 2015; 45:1285-1294.

Lanhers C, Pereira B, Naughton G, Trousselard M, Lesage FX, Dutheil F. Creatine supplementation and upper limb strength performance: a systematic review and meta-analyses. *Sports Med*. 2017; 47:163-173.

LEITE, M. S. R. et al. Creatina: estratégia ergogênica no meio esportivo. Uma breve revisão. *Revista de Atenção à Saúde*, v. 13, n. 43, p. 52-60, jan./mar. 2015.

LIMA, Carla Laíne Silva; HOLANDA, Marcelo Oliveira; SILVA, José Ytalo Gomes da; LIRA, Sandra Machado; MOURA, Vinícius Bandeira. Creatina e sua suplementação como recurso ergogênico no desempenho esportivo e composição corporal: Uma revisão de literatura. *Brazilian Journal Health Review*, Curitiba, v. 3, n. 4, p. 7748- 7765 jul. / ago. 2020. Disponível em: . Acesso em: 2 mai. 2021

LOPEZ,HL.;International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* volume 14, Article number: 18 (2017).

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S.; RAYMOND, J. L. Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia. Rio de Janeiro. Elsevier. 2013.

McArdle, Katch, Katch. "Exercise physiology". Lea & Febiger, 1994, p.345-370.

MENEZES, C. S.; MORAES, B. A.; LINHARES, P. S. D. Creatina: efeitos da suplementação. *Referências em Saúde do Centro Universitário Estácio de Goiás*, [S. l.], v. 3, n. 02, p. 122–126, 2020.

Mujika I, Padilla S. "Creatine supplementation as an ergogenic aid for sports performance in highly trained athletes: A critical review". *Int J Sports Nut.*1997;18:491-496.

NORTHEAST, B.; CLIFFORD, T. The Effect of Creatine Supplementation on Markers of Exercise-Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-Analysis of Human Intervention Trials. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 31, n. 3, p. 276-291, May 1 2021.

Oliveira, L. M., Azevedo, M. O., Cardoso, C. K. S. (2017) Efeitos da suplementação de creatina sobre a composição corporal de praticantes de exercícios físicos. *revista brasileira de nutrição esportiva*, 11(61),10-15

Oosthuysen T., Bosch AN O efeito do ciclo menstrual no metabolismo do exercício: Implicações para o desempenho do exercício em mulheres eumenorreicas. *Medicina Esportiva*. 2010; 40 :207–227. doi: 10.2165/11317090-000000000-00000.

Ontiveros ML, Wallimann T. "Creatine supplementation in health and disease. Effects of chronic creatine ingestion in vivo: Down-regulation of the expression of creatine transporter isoforms in skeletal muscle." *Mol Cell Biochem* 1998; 184: 427-437.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T.; QUINDRY, J. *Exercise physiology : theory and application to fitness and performance*. New York, Ny: Mcgraw Hill Llc, 2021.P.49-73

PRADO, Levi Leite do. Utilização da creatina como suplemento esportivo por praticantes de musculação. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado – Educação Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, SP, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/136606/000859831.pdf?seq=1>. Acesso em: 30 abr. 2021.

Parise G., Mihic S., MacLennan D., Yarasheski KE, Tarnopolsky MA Efeitos da suplementação aguda de monohidrato de creatina na cinética da leucina e na síntese de proteínas musculares mistas. *J. Appl. Fisiol.* 2001; 91 :1041–1047. doi: 10.1152/jappl.2001.91.3.1041.

Preen D., Dawson B., Goodman C., Beilby J., Ching S. Suplementação de creatina: Uma comparação de protocolos de carga e manutenção na captação de creatina pelo músculo esquelético humano. *Internacional J. Esporte Nutr. Exercício. Metab.* 2003; 13 :97–111. doi: 10.1123/ijsnem.13.1.97.

Santos, J. P. C. D., Martins, G. H. D. S. & Ferreira, J. C. D. S. (2021). O uso da creatina no treinamento de força e na melhoria do desempenho físico. *Research, Society and Development.* 10(11), 1-11 <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19410>.

SOLIS, M. Y.; ARTIOLI, G. G.; OTADUY, M. C. G.; LEITE, C. D. C. et al. Effect of age, diet, and tissue type on PCr response to creatine supplementation. *J Appl Physiol* (1985), 123, n. 2, p. 407-414, Aug 1 2017.

STARES, A.; BAINS, M. The Additive Effects of Creatine Supplementation and Exercise Training in an Aging Population: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *J Geriatr Phys Ther*, 43, n. 2, p. 99-112, Apr/Jun 2020.

Steenge GR, Simpson EJ, Greenhaff PL Aumento induzido por proteínas e carboidratos da retenção de creatina no corpo inteiro em humanos. *J. Appl. Fisiol.* 2000; 89 :1165–1171. doi: 10.1152/jappl.2000.89.3.1165.

Steenge GR, Lambourne J., Casey A., Macdonald IA, Greenhaff PL Efeito estimulador da insulina no acúmulo de creatina no músculo esquelético humano. *Sou. J. Fisiol.* 1998; 275 :E974–E979. doi: 10.1152/ajpendo.1998.275.6.E974.

Suplementação de Creatina para Crianças e Adolescentes - ABNE. Disponível em: <<https://abne.org.br/parecer-suplementacao-de-creatina-para-criancas-e-adolescentes-6>>.

REZENDE, A.R.A. Suplementação de creatina no treinamento de musculação e influência no aumento de massa muscular. *Revista Digital Vida e Saúde, Juiz de Fora.* Vol. 2. Num. 1. Fev/Mar, 2003.

VANDENBERGHE, K., GILLIS, N., Van HECKE, P., Van LEEMPUTTE, M., VANGERVEN, L., HESPEL, P. Long term creatine intake is beneficial to muscle

performance during resistance training. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.83, n.6, p.2055-2063, 1997

Volek, J. S., & Kraemer, W. J. (1996). Creatine supplementation: its effect on human muscular performance and body composition. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 10 (3), 200-210

Wax, B., Kerksick C. M., Jagim, A. R., Mayo, J. J., Lyons, B. C. & Kreider, R. B. (2021). Creatine for exercise and sports performance, with recovery considerations for healthy populations. *Nutrients*. 13(6), 1-42.
<https://doi.org/10.3390/nu13061915>.

WALKER, J. Creatine biosynthesis, regulation and function. *Advances in Enzymology and Related Areas in Molecular Biology*, v.50, p.117-142, 1979.

Walker JB Creatina: Biossíntese, regulação e função. *Av. Enzimol. Relativo. Áreas Mol. Biol.* 1979; 50 :177–242. doi: 10.1002/9780470122952.ch4.

Williams MH, Branch JD." Creatine supplementation and exercise performance : an update." *J Am Coll Nutr* 1998;17:216-34

Wyss M., Kaddurah-Daouk R. Creatina e metabolismo da creatinina. *Fisiol. Rev.* 2000; 80 :1107–1213. doi: 10.1152/physrev.2000.80.3.1107.

HULTMAN, E., SODERLUND, K., TIMMONS, J.A., CEDERBLAD, G., GREENHAFF, P.L. Muscle creatine loading in men. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.81, n.1, p.232-237, 1996.

ZUNIGA, JM.; HOUSH, TJ.; CAMIC, CL.; HENDRIX, CR.; MIELKE, M.; JHONSON, GO.; HOUSH, DJ.; SCHIMIDT, RJ. The Effects of Creatine Monohydrate Loading on Anaerobic Performance and One-Repetition Maximum Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*: JUNE2012- VOLUME26-ISSUE6-P1651-1656

Ziegenfuss TN, Rogers M., Lowery L., Mullins N., Mendel R., Antonio J., Lemon P. Efeito da carga de creatina no desempenho anaeróbico e no volume do músculo esquelético em atletas da Divisão I da NCAA. *Nutrição*. 2002; 18 :397–402. doi: 10.1016/S0899-9007(01)00802-4.