

O PROCESSO METABÓLICO E A FUNÇÃO IMUNOLÓGICA DA GLUTAMINA EM JOVENS ATLETAS

THE METABOLIC PROCESS AND THE IMMUNE FUNCTION OF GLUTAMINE IN YOUNG ATHLETES

Recebido em: 04/02/2023

Reenviado em: 01/09/2023

Aceito em: 07/09/2023

Vinicius da Silva Freitas¹ 

Centro Universitário Augusto Motta

Natália de Fátima Miranda Cunha² 

Universidade Federal do Pará

Allan Carvalho Cardoso³ 

Universidade Federal do Pará

José Roberto Gonçalves de Abreu⁴ 

Centro Universitário Vale do Cricaré

Resumo: O presente artigo tem como objetivo analisar a relação existente entre a suplementação de glutamina e o comprometimento do sistema imunológico de jovens atletas, buscando entender até onde a deficiência de glutamina influencia o comprometimento do sistema imunológico e aumento da suscetibilidade a infecções de jovens. Trata-se de uma revisão bibliográfica pautada num levantamento qualitativo de dados cuja questão condutora da pesquisa foi o processo metabólico da glutamina e sua função potencializadora do sistema imunológico de jovens atletas. Percebe-se a necessidade de, durante as circunstâncias catabólicas/hipercatabólicas, devido ao esforço físico depreendido por jovens atletas, haver a devida suplementação desse aminoácido, pois sua demanda aumenta dramaticamente, levando a uma privação de glutamina e um grave comprometimento da função imunológica desses atletas. Depreendeu-se da pesquisa realizada que as células imunológicas dependem amplamente da disponibilidade desse aminoácido para sobreviver, proliferar e funcionar na proteção de nosso organismo contra patógenos.

Palavras-chave: Glutamina; Função Imunológica; Comprometimento imunológico.

Abstract: This article aims to analyze the relationship between glutamine supplementation and the impairment of the immune system of young athletes, seeking to understand the extent to which glutamine deficiency influences the impairment of the immune system and increased susceptibility to infections in young people. This is a bibliographic review based on a qualitative survey of data whose question leading the research was the metabolic process of glutamine and its potentializing function of the immune system of young athletes. It is perceived the need, during catabolic/hypercatabolic circumstances, due to the physical effort perceived by young athletes, to have the appropriate supplementation of this amino acid, as its demand increases dramatically, leading to a deprivation of glutamine and a serious impairment of function of these athletes. It emerged from the research

¹ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta. E-mail: viniciuscarvalho34@hotmail.com

² Graduanda de Medicina pela Universidade Federal do Pará. E-mail: natalia5miranda5@yahoo.com.br

³ Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará. E-mail: allancardoso11@yahoo.com.br

⁴ Doutor em Educação Física pela Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: abreufisio@gmail.com

carried out that immune cells depend largely on the availability of this amino acid to survive, proliferate and function in the protection of our organism against pathogens.

Keyword: Glutamine, Immune Function, Immune impairment.

INTRODUÇÃO

A ingestão adequada de alimentos desempenha um papel crucial na preservação da saúde, no desenvolvimento e amadurecimento, além de contribuir para a prevenção de lesões e aprimoramento do desempenho esportivo. Uma alimentação apropriada favorece a formação de hábitos saudáveis que perduram até a vida adulta. Aliada à prática de atividades físicas, essa abordagem reduz substancialmente a probabilidade de diversas doenças associadas ao estilo de vida (BASS S; INGE K, 2009).

Uma dieta e um programa de exercícios adequados durante a infância e adolescência proporcionam uma experiência prazerosa que promove a saúde e permite a participação em atividades atléticas ao longo de toda a vida. No entanto, quando jovens atletas são submetidos a regimes alimentares ou treinamentos excessivamente rigorosos para sua idade, estágio de desenvolvimento ou limitações individuais, os benefícios da prática esportiva podem ser anulados ou até mesmo prejudiciais (AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS, 2009).

Os aminoácidos constituem os blocos fundamentais das proteínas presentes em nossas células e tecidos. Depois da água, representam o segundo composto mais abundante nos mamíferos. Sua fonte pode ser endógena (produzida pelo próprio organismo) e/ou exógena (obtida por meio da dieta). A disponibilidade desses aminoácidos desempenha um papel crucial na sobrevivência, manutenção e multiplicação celular (AUCOUTURIER J, *et al.*, 2013).

Especificamente nos mamíferos, desenvolvem-se vias metabólicas e bioquímicas que regulam a resposta a infecções causadas por patógenos. Isso implica em um aumento do catabolismo de aminoácidos para favorecer as respostas imunológicas, limitando assim a disponibilidade de nutrientes nitrogenados para os invasores microbianos. Esse mecanismo também confere vantagens ao hospedeiro, auxiliando no controle das respostas inflamatórias às infecções (GROHMANN U, *et al.*, 2017).

Dentre os 20 aminoácidos presentes no código genético, a glutamina se destaca como o mais abundante e versátil no organismo. Ela assume um papel fundamental no metabolismo intermediário, na transferência de nitrogênio entre tecidos e no equilíbrio do pH. A glutamina é amplamente utilizada em diversas vias biossintéticas, como a síntese de nucleotídeos (purinas, pirimidinas e amino-açúcares), nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH),

antioxidantes e outras vias essenciais para a manutenção da integridade e função celular (CRUZAT VF, *et al.*, 2014).

Curi R, *et al.* (2016) explicam que a liberação e disponibilidade da glutamina na corrente sanguínea são controladas principalmente por órgãos metabólicos chave, como o intestino, o fígado e os músculos esqueléticos. Em situações de catabolismo intenso, a glutamina pode se tornar essencial para o funcionamento metabólico, porém sua oferta pode ser comprometida pela alteração da homeostase na troca intertecidual de aminoácidos. Por essa razão, a glutamina agora integra protocolos clínicos de suplementação nutricional e é recomendada para indivíduos com sistema imunológico enfraquecido.

Assim, este estudo tem como objetivo examinar o papel da glutamina nos processos metabólicos e nas funções imunológicas de jovens atletas, visando responder à questão central: Qual é o impacto da restrição de glutamina na função imunológica desses indivíduos?

MÉTODOS

Trata-se de um trabalho de revisão bibliográfica baseada em um levantamento qualitativos de dados na literatura. A questão condutora desta pesquisa foi buscar um aprofundamento maior no processo metabólico e na função potencializadora da glutamina sobre o sistema imunológico, cuja pesquisa bibliográfica realizou-se por meio de uma retrospectiva tendo-se como base de dados os índices de literatura disponíveis no *PubMed*, *Lilacs*, *Medline* e *Scielo*, dando preferência às fontes bibliográficas primárias entre os anos de 2009 a 2020, cujas informações foram vinculadas originalmente pelos autores.

Consultas adicionais também foram realizadas em instituições de pesquisas e bibliografias no sentido de contemplar outros dados e garantir o maior acervo de informações possíveis. No momento de seleção dos artigos foram lidos e preferidos os títulos que tinham relação com o objetivo do estudo para, em seguida, serem selecionados aqueles que estavam de acordo com a temática em estudo. A realização dos levantamentos bibliográficos ocorreu no período de outubro a novembro de 2022.

RESULTADO E DISCUSSÕES

A nutrição é um componente integrante de qualquer programa de treinamento e desempenho de atletas. Nos adultos, o equilíbrio entre a ingestão de energia e as demandas de energia é crucial no treinamento, na recuperação e no desempenho. Em atletas jovens, as

demandas por treinamento e desempenho permanecem, mas devem ser um foco secundário por trás das demandas associadas à manutenção do crescimento e amadurecimento adequados (RODRIGUEZ *et al.*, 2009).

As estimativas atuais sugerem que aproximadamente 35 milhões de jovens entre as idades de 5 a 18 anos participam de esportes organizados a cada ano. Enquanto a maioria destes jovens atletas pratica esportes pelos aspectos de camaradagem e diversão, um segmento crescente de jovens atletas treina para aumentar sua oportunidade de fazer carreira no esporte (SEEFELDT V, *et al.*, 2009).

Harrell JS, *et al.* (2015) destacam que nas últimas décadas houve uma expansão no número de jovens atletas trabalhando para se apresentarem em níveis mais altos como atletas profissionais, uma expansão comprovada pelo número crescente de instalações abertas com foco em treinamento especializado, não apenas para atletas de elite e já consagrados como antes acontecia, mas também atletas jovens.

No entanto, apesar do aumento da atividade física da juventude ser importante, ainda não se compreende completamente os efeitos que este treinamento tem no crescimento e desenvolvimento destes atletas. Em uma de suas pesquisas Malina *et al.*, (2014) descrevem, por exemplo, os riscos potenciais e efeitos da especialização esportiva em jovens atletas onde associaram ao treinamento de jovens atletas o aumento de lesões esportivas.

Em sua pesquisa Malina RM, *et al.* (2014) descobriu que os riscos de treinamento intenso em jovens atletas de elite eram relativamente baixos (taxas de lesão <1/1000 horas de treinamento) com poucas consequências sérias. Os volumes de treinamento eram geralmente <16 horas por semana; menor do que para outros atletas intensamente treinados.

Seefeldt V, *et al.* (2011) entendem que as intervenções de pesquisa que impõem cargas fisiológicas significativas e manipulação da dieta são limitadas na juventude devido às considerações éticas relacionadas aos impactos negativos potenciais do crescimento de processos de maturação associados a indivíduos mais jovens. Para os autores, embora muitas das recomendações possam ser adequadamente redirecionadas para o atleta mais jovem, é necessário prestar atenção às diferenças nas necessidades metabólicas e fisiológicas.

Neste sentido entendem Rodriguez NR, *et al.* (2009), a nutrição adequada torna-se um componente fundamental do plano de treinamento e desempenho dos atletas. A nutrição adequada garante que um indivíduo esteja acumulando os combustíveis necessários para as necessidades de produção de energia relacionadas à atividade e recuperação.

Uma das áreas que precisam ser abordadas são as necessidades nutricionais únicas associadas ao estresse intenso do exercício de jovens. No entanto, ressalta Froiland K, *et al.* (2014), nossa compreensão dos efeitos do treinamento fisiológico extenuante e das variações nutricionais em combinação com o estresse do exercício em jovens atletas é bastante limitada, provavelmente devido às considerações éticas de reter nutrientes e sobrecarregar fisiologicamente uma população vulnerável, como crianças e adolescentes ainda em processo de crescimento e desenvolvimento.

Os autores se baseiam nas necessidades nutricionais dos jovens relacionadas ao crescimento e desenvolvimento adequados em crianças saudáveis ou com doenças.

A maior parte do entendimento possuído relaciona-se às adaptações fisiológicas a nutrição esportiva, desempenho físico, treinamento e se pauta nas pesquisas conduzidas em populações com idade média e adultos mais velhos. Portanto a maioria baseada em descobertas realizadas em populações adultas na fase juvenil são as recomendações nutricionais esportivas promovidas no esporte adulto (FROILAND K, *et al.*, 2014).

Embora este seja um ponto de partida, a pesquisa de Froiland K, *et al.* (2014) mostrou que o gasto de energia e o metabolismo dos adolescentes podem diferir dos de seus colegas adultos, por isto muitas destas recomendações podem não fornecer informações ideais sobre as necessidades nutricionais do atleta jovem.

Crescimento, maturação e desenvolvimento são três processos fundamentais em qualquer discussão sobre jovens atletas. Embora estes termos geralmente se manifestem simultaneamente nesta idade, eles acabam se referindo a três parâmetros diferentes (MALINA *et al.*, 2014).

O desenvolvimento refere-se apenas ao aumento em quantidade do tamanho enquanto maturação refere-se ao tempo e andamento do progresso em direção ao estado maduro. O tempo refere-se à idade em que ocorrem eventos maturacionais específicos e à taxa em que um indivíduo progride por esses eventos. O desenvolvimento é considerado um processo social que geralmente se concentra em comportamentos e atitudes. Tomados em conjunto, crescimento, maturação e desenvolvimento influenciam sinergicamente o autoconceito geral e a autoestima de um indivíduo (MALINA RM, *et al.*, 2014).

Para Malina RM, et al. (2014) o desenvolvimento trata-se de uma perspectiva holística muitas vezes esquecida quando focada em tópicos pediátricos específicos, como a nutrição. Assim como os negócios, o suprimento de calorias (isto é, a ingestão de energia) é ditado pela

demanda (isto é, o gasto de energia). Para os autores, o gasto energético é representado por quatro componentes principais em jovens atletas: taxa metabólica basal/repouso, efeito térmico dos alimentos, efeito térmico da atividade e os requisitos energéticos do crescimento.

O efeito térmico dos alimentos tem a capacidade de variar significativamente pela proporção de macronutrientes que compõem os alimentos consumidos. Em média, 6 a 8% das calorias ingeridas são usadas nos processos digestivo, absorvente e de armazenamento de alimentos. O efeito térmico da atividade acaba sendo o componente mais variável do gasto de energia e refere-se ao custo calórico do movimento. Ao estimar as necessidades calóricas, os níveis de atividade devem ser examinados em três pontos: atividade física leve, moderada e vigorosa no estilo de vida (AUCOUTURIER J, *et al.*, 2013).

Dada a participação significativa em atividades de alta demanda de energia, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a Universidade das Nações Unidas (UNU) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), em um trabalho conjunto, entendeu que a atividade física vigorosa do estilo de vida, exemplificada aqui na população de atletas jovens, revela que o custo de energia do crescimento é examinado em dois parâmetros: a energia para sintetizar tecidos e a energia depositada nesses tecidos (JAYANTHI NA, *et al.*, 2011).

Considerando estas necessidades uma pesquisa em conjunto envolvendo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a Universidade das Nações Unidas (UNU) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) usou ganhos de peso típicos por ano para desenvolver recomendações calóricas específicas para a idade e para o gênero conforme especificado no Quadro 1 que mostra as recomendações calóricas para meninos e meninas que participam de atividades físicas de estilos de vida vigorosos.

Quadro 1. Níveis de energia específicos à idade para meninos e meninas em atividade física pesada

Idade (anos)	Meninos (k/cals/dia)	Meninas (k/cals/dia)
6-7	1.800	1650
7-8	1.950	1775
8-9	2.100	1950
9-10	2.275	2125
10-11	2.475	2300

11-12	2.700	2475
12-13	2.925	2625
13-14	3.175	2725
14-15	3.450	2855
15-16	3.650	2875
16-17	3.825	2875
17-18	3.925	2875

Adaptado de FAO/WHO/UNU (2004).

Para Froiland K, *et al.* (2014) a pesquisa sobre as necessidades nutricionais de jovens atletas competitivos é escassa e composta principalmente de investigações de diferenças entre jovens e adultos. As pesquisas até o momento sugerem semelhanças nas necessidades calóricas e de macronutrientes de adultos ativos e seus pares mais jovens.

Malina RM, *et al.* (2014) cita que além das necessidades energéticas de jovens altamente ativos, a ingestão nutricional desempenha um papel crítico no crescimento e desenvolvimento de jovens atletas e deve ser a principal ênfase nesse estágio de suas vidas.

As diretrizes gerais de nutrição para jovens ativos são resumidas no Quadro 2 como recomendações que apoiam o crescimento e desenvolvimento saudáveis, além de responsáveis pelas necessidades calóricas adicionais da juventude ativa.

Quadro 2. Recomendações gerais de nutrição para manutenção da saúde

Proteína	15-20% do total de calorias devem vir de proteínas; 0,8–1,2g/kg/dia derivado de fontes alimentares inteiras
Gordura	> 15% e <30% do total de calorias devem provir de gordura
Carboidratos	> 50% do total de calorias deve vir de carboidratos, ou 3-8g/kg/dia
Micronutrientes	A suplementação regular não é recomendada em crianças e adolescentes saudáveis que consomem uma dieta balanceada

Adaptado de FAO/WHO/UNU (2004).

Wiersma LD, (2010), alerta para o fato de que, como a ênfase nas metas de resultados de desempenho continua a aumentar no atletismo juvenil, os jovens ativos rapidamente se tornam jovens atletas. Da mesma forma, considerações nutricionais vão além do aumento das

necessidades calóricas e da promoção de crescimento e desenvolvimento saudáveis para estratégias nutricionais que podem otimizar o desempenho.

Um resumo das estratégias nutricionais disponíveis baseadas no desempenho pode ser encontrado no Quadro 3:

Quadro 3. Recomendações suplementares de nutrição para atletas

Proteína	1,2-1,8g/kg/dia derivado de fontes alimentares inteiras Após o exercício: 20g de proteína de alta qualidade após o exercício.
Gordura	Durante o exercício: 30–60g/h para exercícios com duração superior a 1 hora Após o exercício: 1,0–1,5g/kg de massa corporal dentro de 30 minutos após a interrupção do exercício.
Líquidos	Antes do exercício: 5–7mL/kg 4 horas antes do exercício Durante o exercício: avalie a taxa de suor e desenvolva um plano de hidratação para manter a massa corporal durante o exercício Após o exercício: 450–675mL/0,5kg e consideração adicional de sódio para compensar a perda por suor.
Micronutrientes	Durante o exercício: sódio para compensar as perdas associadas ao suor, perdas no suor.

Adaptado de FAO/WHO/UNU (2004).

Jayanthi NA, *et al.* (2011) chama a atenção para o fato de que os dados que examinam as necessidades únicas dos jovens atletas chamam a atenção para a crescente necessidade de novas investigações sobre os diferentes requisitos nutricionais de crescimento e maturação em todas as idades e níveis de habilidade, dada a popularidade do esporte juvenil e a crescente demanda por resultados de desempenho.

Em relação ao processo metabólico e a função imunológica da glutamina em jovens atletas, tema deste estudo, Bassit RA, *et al.* (2012) revela que, em uma ampla gama de situações catabólicas/hipercatabólicas (por exemplo, doentes graves/gravemente, pós-trauma, sepse, atletas exaustos), tem sido difícil determinar se a suplementação de glutamina (oral/enteral ou parenteral) deve ser recomendada com base em a concentração plasmática de aminoácidos/corrente sanguínea (também conhecida como glutaminemia).

A glutamina é necessária às células do sistema imunológico como combustível primário e doador de carbono e nitrogênio para a síntese de precursores de nucleotídeos sendo essencial ao funcionamento da célula imune de monócitos, linfócitos e neutrófilos atuando inclusive na morbidade infecciosa de muitos pacientes vítimas de infecções (GRIFITHS RD, *et al.*, 2010).

Página 10

DOI: <https://doi.org/10.56579/rei.v5i6.456>

Segundo os autores, sabe-se há muito que uma deficiência de proteína ou aminoácidos na dieta prejudica a função imunológica e aumenta a suscetibilidade de animais e humanos a doenças infecciosas. No entanto, apenas nos últimos 15 anos os mecanismos celulares e moleculares subjacentes começaram a se desenvolver após a confirmação do fato de que a desnutrição proteica reduz as concentrações da maioria dos aminoácidos no plasma.

Os resultados de estudos de Griffiths RD, *et al.* (2010) indicaram um papel importante dos aminoácidos nas respostas imunes, regulando a ativação de linfócitos T, linfócitos B, células assassinas naturais e macrófagos; estado redox celular, expressão gênica e proliferação de linfócitos; e a produção de anticorpos, citocinas e outras substâncias citotóxicas. Para Griffiths RD, *et al.* (2010) essas evidências mostraram que a suplementação dietética de aminoácidos específicos a indivíduos desnutridos e com doenças infecciosas melhora o status imunológico e reduz assim a morbimortalidade, de onde precursores como a glutamina surge como um dos melhores protótipos.

Tais medidas devem basear-se no conhecimento sobre a bioquímica e fisiologia dos aminoácidos, seus papéis nas respostas imunes, estados nutricionais e patológicos dos indivíduos e resultados esperados do tratamento. Novos conhecimentos sobre o metabolismo de aminoácidos como a glutamina nos leucócitos são críticos para o desenvolvimento de meios eficazes para prevenir e tratar doenças imunodeficientes, com esse que é considerado uma grande promessa para melhorar a saúde e prevenir doenças infecciosas (NEWSHOLME EA, *et al.*, 2011).

A GLUTAMINA E SUA FUNÇÃO NAS CÉLULAS DO SISTEMA IMUNITÁRIO

A glutamina foi considerada pela primeira vez uma molécula biologicamente importante em 1873, quando evidências indiretas ajudaram a caracterizá-la como um componente estrutural das proteínas. Assim, em 1883, glutamina livre abundante foi encontrada em certas plantas. Curiosamente, o número de estudos só aumentou após a pesquisa realizada por Sir Hans Adolf Krebs (1900-1981) na década de 1930. Naquela época, e pela primeira vez na história da ciência, ele descobriu que os tecidos de mamíferos podem hidrolisar e sintetizar glutamina (KREBS HA, 1935, citado por CURY R, *et al.*, 2012).

Trabalhos nesta fase foram dificultados porque a glutamina foi classificada como um aminoácido não essencial e era difícil medir os níveis no plasma e nos tecidos. Ao longo das décadas de 1960, 1970 e 1980, vários pesquisadores trabalharam na regulação metabólica

utilizando diferentes modelos de pesquisa, de células isoladas em in vitro, a experimentos humanos e in vivo (NEWSHOLME P, 2011).

Cury R, *et al.*, (2012) descobriu que durante a infecção e/ou alto catabolismo, a taxa de consumo de glutamina por todas as células imunológicas é semelhante ou superior à glicose.

O aumento da necessidade de glutamina exigida pelas células sistema imunológico simultaneamente com aumento do uso desse aminoácido por outros tecidos como o fígado pode levar a um déficit de glutamina no corpo humano. Além disso, um dos locais mais importantes da síntese de glutamina, os músculos esqueléticos, reduz sua contribuição para manter a concentração plasmática de glutamina. Este efeito, dependendo da situação, pode contribuir significativamente para o agravamento de doenças, infecções e/ou aumentar o risco de infecção subsequente, com possíveis implicações para o risco de vida (OUDEMANS-VAN STRAATEN HM, *et al.*, 2011).

Nas células imunes, a glicose é convertida principalmente em lactato (glicólise), enquanto a glutamina é convertida em glutamato, aspartato e alanina, sofrendo oxidação parcial em CO₂, em um processo chamado glutaminólise. Essa conversão exclusiva desempenha um papel fundamental no funcionamento eficaz das células do sistema imunológico (CURY R, *et al.*, 2016).

Assim, a glutamina atua como um substrato energético dos leucócitos e desempenha um papel essencial na proliferação celular, na atividade do processo de reparo tecidual e nas vias intracelulares associadas ao reconhecimento de patógenos.

Newsholme P, (2011) explica que a ação da malato desidrogenase dependente de NADP⁺, presente em linfócitos, macrófagos, monócitos e neutrófilos, converte malato e NADP⁺ em piruvato e NADPH.

De fato, a arginina derivada da glutamina parece ser essencial para a atividade dos macrófagos. Mitógenos, alterações no volume celular (um evento precoce na ativação de linfócitos e macrófagos em resposta à estimulação imunológica), citocinas inflamatórias e equilíbrio ácido-base são os principais reguladores do metabolismo da glutamina nos leucócitos (Murphy C; Newsholme P, 2008).

Podem-se destacar ainda as propriedades imunomoduladoras da suplementação de glutamina no momento em que a concentração plasmática desse aminoácido pode diminuir durante intensa atividade das células imunes em pacientes com doenças críticas, como ocorre na sepse, queimadura e lesão. O músculo esquelético, principal fonte de glutamina em

mamíferos, sintetiza, armazena e libera esse aminoácido para ser usado por vários órgãos e células, como órgãos linfóides e leucócitos (NEWSHOLME P, *et al.*, 2012).

Com relação ao mecanismo de ação, em específico da glutamina, há uma regulação da expressão de vários genes do metabolismo celular, proteínas de transdução de sinal, defesa celular e reguladores de reparo e para ativar as vias de sinalização intracelular (CURI R, *et al.*, 2016).

Outra ação da glutamina citada por Lagranha CJ, *et al.*, (2007) também envolve a ativação das vias de sinalização por fosforilação, como NF- κ B e MAPKs. Assim, a função da glutamina vai além da função de um precursor metabólico de combustível ou síntese proteica. Esse aminoácido também é um importante regulador da função leucocitária, atuando na expressão gênica ou na ativação das vias de sinalização.

Uma diminuição nos níveis no plasma/corrente sanguínea pode resultar na produção insuficiente de glutamina no músculo esquelético ou do consumo excessivo pela utilização de células ou de ambos. Assim, é possível que ocorra, em decorrência da diminuição da disponibilidade plasmática de glutamina, um prejuízo para a função imune em várias condições clínicas (CALDER PC; YAQOOB P, 2012).

De fato, destaca Wilmore DW; Shabert JK, (2011), a depleção de glutamina reduz a proliferação de linfócitos, prejudica a expressão de proteínas de ativação superficial e a produção de citocinas e induz apoptose nessas células.

Em um de seus estudos Calder PC; Yaqoob P, (2012) comprovaram que a adição de glutamina à dieta aumenta a sobrevivência animal experimental a um desafio bacteriano. A glutamina administrada por via parenteral foi benéfica para pacientes após cirurgia, tratamento com radiação, transplante de medula óssea ou lesão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As células imunológicas dependem amplamente da disponibilidade da glutamina para sobreviver, proliferar e funcionar e, finalmente, defender nosso corpo contra patógenos. Em circunstâncias catabólicas/hipercatabólicas, como no caso do esforço físico depreendido por jovens atletas, a demanda por glutamina aumenta dramaticamente, levando a uma privação de glutamina e um grave comprometimento da função imunológica, demonstrado por várias linhas de evidência de estudos *in vitro* que mostram que ela afeta vários componentes da resposta imune, sendo necessária, como precursora essencial para a síntese de nucleotídeos de purina e

pirimidina, à proliferação de linfócitos. No entanto, há que se ter certa cautela quanto a esses dados, pois, embora hajam grandes avanços no campo da imunologia nutricional, ainda há uma escassez de informações sobre os mecanismos moleculares que regulam as ações dos aminoácidos no sistema imunológico, o que faz com que muitas questões e evidências de resultados positivos *in vivo* ainda precisam ser apresentadas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. Comitê de Medicina Esportiva e Fitness e Comitê de Saúde Escolar. (2009). Organized sports for children and preadolescents. **Pediatrics**, 107, 1.459-1.462.

AUCOUTURIER J, *et al.* Metabolismo de gorduras e carboidratos durante o exercício submáximo em crianças. **Sports Medicine**. v.38, n.3, 213–238, 2013.

BASS S, INGE K. (2009). Nutrition for special populations: children and young athletes. In **Clinical Sports Nutrition** (edited by L. Burke and V. Deakin) 589-632. Sydney: McGraw-Hill

BASSIT RA, *et al.* (2012). Branched-chain amino acid supplementation and immune response in long-distance athletes. **Nutrition Magazine**, 18, 376–379.

CALDER PC, YAQOOB P. Glutamina e sistema imunológico. **Amino Acids** 2012, 17, 227–241. [CrossRef] [PubMed]

CRUZAT VF, *et al.* Oral supplements with free and dipeptide forms of l-glutamine: effects on the muscle glutamine-glutathione axis and on heat shock proteins. **J. Nutr. Biochem.** 2014, v.2, n.25, 345–352.

CURI R, *et al.* Molecular mechanisms of glutamine action. **J. Cell. Physiol.** 2016, 204, 392–401. [CrossRef] [PubMed]

CURI R, *et al.* Regulatory principles in metabolismo - then and now. **Biochem. J.** 2012, 473,1.845–1.857. [CrossRef] [PubMed]

FROILAND K, *et al.* Use of nutritional supplements among university athletes and their sources of information. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**. v.14, n.1, 104–120, 2014.

GRIFITHS RD, *et al.* (2010) Total parenteral nutrition of glutamine and responses to infections acquired in intensive care. **Clinical Nutrition** 19, 42 (abstract 172).

GROHMANN U, *et al.* Pathways of detection and degradation of amino acids in immune regulation. **Cytokine Growth Factor Rev.** 2017, v.1, n. 35, 37–45.

HARRELL JS, *et al.* Energy costs of physical activities in children and adolescents. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, vol.37, nº 2, 329–336, 2005.

Página 20

DOI: <https://doi.org/10.56579/rei.v5i6.456>

JAYANTHI NA *et al.* Risks of training and specialization in elite junior tennis players. **J Med Sci Tennis**. 2011; 16(1):14-20.

KREBS HA. Amino acid metabolism: the synthesis of glutamine from glutamic acid and ammonia and the enzymatic hydrolysis of glutamine in animal tissues. **Biochem. J.** 1935, 29, 1.951–1.969. [CrossRef] [PubMed]

LAGRANHA CJ, *et al.* Glutamine supplementation prevents exercise-induced neutrophil apoptosis and reduces the phosphorylation of p38 mapk and jnk and the expression of p53 and caspase 3. **Cell Biochem. Funct.** 2007, 25, 563–569. [CrossRef] [PubMed]

MALINA RM, *et al.* **Human Kinetics of Growth**, Maturation and Physical Activity. Champaign, Ill, USA, 2nd edition, 2014.

MURPHY C, NEWSHOLME P. (2008) Importance of glutamine metabolism in murine macrophages and human monocytes in the L-arginine biosynthesis and rates of nitrite or urea production. **Clin Sci** **89**, 397–407.

NEWSHOLME P. (2011) Why is L-glutamine metabolism important for immune cells in health, post-injury, surgery or infection? **J Nutr** **131**, 2515S–2522S.

NEWSHOLME P, *et al.* Metabolism of glucose, glutamine, long-chain fatty-acids and ketone-bodies by murine macrophages. **Biochem. J.** 2012, 239, 121–125. [CrossRef] [PubMed]

OUDEMANS-VAN STRAATEN HM, *et al.* Depleção de glutamina no plasma e resultado do paciente em admissões agudas na UTI. **Intensiv. Care Med.** 2011, 27, 84–90. [CrossRef]

RODRIGUEZ NR, *et al.* Posição e suporte da Escola Americana de Esportes e Medicina. Nutrição e desempenho atlético. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41 n3, 709–731, 2009.

SEEFELDT V, *et al.* Overview of Youth Sports Programs in the United States. Washington, DC: **Carnegie Council on Adolescent Development**; 2009, 335–339.

WIERSMA LD. Riscos e benefícios da especialização em esportes para jovens: perspectivas e recomendações. **Pediatr Exerc Sci.** 2010; 12:13-22.

WILMORE DW, SHABERT JK. Papel da glutamina nas respostas imunológicas. **Nutrition**, 2011, 14, 618–626. [CrossRef]