

IMPACTOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE b-HIDROXI-b-METILBUTIRATO (HMB) NA FORÇA, RECUPERAÇÃO MUSCULAR E RESISTÊNCIA EM ATLETAS COMPARADOS A PRATICANTES INICIANTE DE EXERCÍCIOS FÍSICOS: UMA REVISÃO NARRATIVA

IMPACTS OF B-HYDROXY-B-METHYLBUTYRATE (HMB) SUPPLEMENTATION ON STRENGTH, MUSCLE RECOVERY, AND ENDURANCE IN ATHLETES COMPARED TO BEGINNERS: A NARRATIVE REVIEW

IMPACTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON B-HIDROXI-B-METILBUTIRATO (HMB) EN LA FUERZA, LA RECUPERACIÓN MUSCULAR Y LA RESISTENCIA EN ATLETAS EN COMPARACIÓN CON PRINCIPIANTES: UNA REVISIÓN NARRATIVA

Patrícia Rodrigues Ferreira¹
Maycon Pereira Alves Louro²
Letícia Adelaide de Lima³
Maria Eduarda de Oliveira Soares⁴
Mateus Tenente Gonçalves⁵
Natália Rodrigues dos Reis⁶

1

RESUMO: Esse artigo buscou investigar as evidências disponíveis e discutir as lacunas existentes sobre a suplementação de HMB em atletas comparados com praticantes iniciantes de exercícios físicos. Foram incluídos 22 artigos sobre HMB e nutrição. A busca foi realizada na plataforma PUBMED e Scielo. A estratégia de busca usada foi uma combinação das palavras-chave HMB, suplementação, nutrição esportiva, atletas, em inglês e português. Os artigos selecionados foram avaliados em relação ao objetivo do estudo, critérios para o tipo de amostra, desenho (ensaio clínico, observacional, revisão prévia, etc.), duração, instrumentos; resultados principais e conclusão. O estudo foi dividido em 4 grandes eixos: 1) Mecanismos de Ação do HMB, 2) Evidências em Força Muscular, 3) Evidências em Recuperação Muscular, 4) Formas de HMB. Evidências científicas sugerem que o uso de HMB, tanto na forma de sal de cálcio (HMB-Ca) quanto de ácido livre (HMB-FA), pode contribuir para melhorar o desempenho físico, a força e a recuperação muscular, sendo a forma de ácido livre associada a maior taxa de absorção e biodisponibilidade.

Palavras-chave: Nutrição esportiva. Recuperação muscular. Síntese proteica.

¹Professora, autora e orientadora, Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro Universo Juiz de Fora, Brasil.

²Graduando em Nutrição, Centro Universo Juiz de Fora, Brasil.

³Graduanda em Nutrição, Centro Universo Juiz de Fora, Brasil.

⁴Graduanda em Nutrição, Centro Universo Juiz de Fora, Brasil.

⁵Graduando em Nutrição, Centro Universo Juiz de Fora, Brasil.

⁶Coorientador Doutoranda em Exercício e Esporte, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.

ABSTRACT: This article aims to investigate the available evidence and discuss existing gaps in knowledge regarding HMB supplementation in athletes compared to beginners in physical exercise. Twenty-two articles on HMB and nutrition were included. The search was conducted on the PubMed and SciELO platforms. The search strategy used a combination of the keywords HMB, supplementation, sports nutrition, athletes, in English and Portuguese. The selected articles were evaluated in relation to the study objective, criteria for sample type, design (clinical trial, observational, previous review, etc.), duration, instruments; main results and conclusion, especially whether the study supports, refutes, or problematizes the efficacy and what limitations and gaps can be pointed out. Scientific evidence suggests that the use of HMB, both in the form of calcium salt (HMB-Ca) and free acid (HMB-FA), can contribute to improving physical performance, strength, and muscle recovery, with the free acid form being associated with a higher absorption rate and bioavailability.

Keywords: Sports nutrition. Muscle recovery. Protein synthesis.

RESUMEN: Este artículo tuvo como objetivo investigar la evidencia disponible y discutir las lagunas existentes en el conocimiento sobre la suplementación con HMB en atletas en comparación con principiantes en el ejercicio físico. Se incluyeron veintidós artículos sobre HMB y nutrición. La búsqueda se realizó en las plataformas PubMed y SciELO. La estrategia de búsqueda utilizó una combinación de las palabras clave HMB, suplementación, nutrición deportiva, atletas, en inglés y portugués. Los artículos seleccionados se evaluaron en relación con el objetivo del estudio, los criterios para el tipo de muestra, el diseño (ensayo clínico, observacional, revisión previa, etc.), la duración, los instrumentos; los resultados principales y la conclusión, especialmente si el estudio apoya, refuta o problematiza la eficacia y qué limitaciones y lagunas se pueden señalar. La evidencia científica sugiere que el uso de HMB, tanto en forma de sal de calcio (HMB-Ca) como de ácido libre (HMB-FA), puede contribuir a mejorar el rendimiento físico, la fuerza y la recuperación muscular, y la forma de ácido libre se asocia con una mayor tasa de absorción y biodisponibilidad.

2

Palabras clave: Nutrición deportiva. Recuperación muscular. Síntesis proteica.

INTRODUÇÃO

O β -hidroxi- β -metilbutirato (HMB), um metabólito derivado da leucina, aminoácido essencial, vem ganhando destaque na nutrição esportiva, devido ao seu potencial na ação de síntese proteica e recuperação muscular. O HMB é produzido naturalmente a partir da oxidação da leucina, mas sua quantidade natural é limitada. Estima-se que aproximadamente apenas 5% da leucina ingerida seja convertida em HMB, o que corresponde a cerca de 0,2 a 0,4 g por dia em dietas convencionais. Assim, para alcançar níveis fisiologicamente eficazes para efeitos de força e recuperação, a suplementação extra torna-se necessária (Wilson et al., 2013). Em nível molecular, o HMB estimula a via mTOR, que é responsável pela ativação da síntese proteica, ao mesmo tempo em que inibe o sistema ubiquitina-proteassoma, relacionado à degradação das proteínas musculares (Wilson et al., 2013). Os mecanismos de ação do HMB têm sido

amplamente estudados e envolvem várias vias metabólicas associadas à síntese e degradação proteica.

Os mecanismos de ação do HMB têm sido amplamente estudados e envolvem várias vias metabólicas associadas à síntese e degradação proteica. O HMB tem sido também amplamente investigado em diferentes contextos esportivos em busca de aumentar o desempenho e preparo de atletas, tanto na forma de sais de cálcio (HMB-Ca) quanto na forma de ácido livre (HMB-FA), esta última caracterizada por maior biodisponibilidade e absorção mais rápida (Asadi et al., 2017; Jakubowski et al., 2019). No contexto esportivo atual, a melhoria desses tipos de adaptações tornou-se prioridade, impulsionando o interesse por estratégias nutricionais que favoreçam o anabolismo muscular, reduzam o catabolismo e acelerando a recuperação pós-exercício, com isso impulsionando as investigações da suplementação de HMB (Wilson et al., 2013).

Os estudos recentes apontam que tem efeitos consideráveis na atenuação de danos musculares e desempenho em treinamentos de força, bem como em relação à segurança de uso. Apesar de resultados promissores, a literatura científica sobre os efeitos do HMB apresenta achados divergentes, principalmente quando se comparam populações com diferentes níveis de treinamento. A partir do exposto, o presente artigo tem como objetivo analisar as evidências científicas disponíveis sobre os efeitos da suplementação com β -hidroxi- β -metilbutirato (HMB) no desempenho físico, na força, na composição corporal e na recuperação muscular, considerando seus mecanismos de ação, formas de suplementação (HMB-Ca e HMB-FA) e a influência do nível de treinamento dos indivíduos, a partir de uma revisão sistematizada da literatura científica recente.

3

Adicionalmente, busca-se identificar convergências, divergências e lacunas metodológicas nos estudos analisados, bem como discutir as implicações práticas do uso do HMB na nutrição esportiva, especialmente no que se refere à sua aplicabilidade em indivíduos iniciantes, idosos e atletas treinados ou de elite.

MÉTODOS

O presente estudo utilizou 22 artigos sobre o tema HMB e nutrição. Os artigos utilizados foram retirados de plataformas científicas confiáveis, tais como PUBMED e Scielo. A pesquisa nessas plataformas foi feita utilizando-se as palavras-chave HMB, suplementação, nutrição esportiva, atletas e derivadas, em inglês e português. A escolha dos dois idiomas atende aos

critérios técnicos de valorização de pesquisas empreendidas no Brasil e em países cujo português é língua nativa. Como critério secundário, considerou-se o fato de que artigos publicados em inglês têm um número significativamente maior de citações do que aqueles publicados em outras línguas, quando controlados fatores como periódico, ano da publicação e extensão do artigo (Tannock, 2016).

O próximo filtro utilizado foram artigos com no máximo dez anos de publicação. A justificativa para essa escolha foi o fato de que, por se tratar de um recorte de um tema específico em que constantes diferenças afetam as tendências de prescrições na prática profissional da nutrição, achados mais atualizados podem ter impacto relevante. Por fim, foram priorizados artigos que tenham referências e citações em estudos de igual relevância.

Os artigos selecionados foram avaliados em relação ao objetivo do estudo, critérios para o tipo de amostra, desenho (ensaio clínico, observacional, revisão prévia, etc.), duração, instrumentos; resultados principais e conclusão, principalmente se o estudo sustenta, refuta ou problematiza a eficácia e quais limitações e lacunas podem ser apontadas.

Ao final, a conclusão amarra os principais achados dos artigos e as tendências de uso e benefícios práticos, bem como limitações que puderam ser avaliadas, refletindo sobre um recorte do atual estado do conhecimento produzido sobre HMB e nutrição esportiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2024 um documento oficial emitido pela Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva (ISSN), por meio de seu Comitê de Pesquisa da Sociedade aprovou alguns pontos seguintes pontos sobre o HMB. Esse position stand se mostra extremamente interessante pois aponta algumas tendências que têm sido mostradas em estudos sobre o uso do HMB nos mais variados públicos.

Entre esses pontos, pode-se destacar que além da definição padrão do HMB como um metabólito do aminoácido leucina, naturalmente produzido em humanos e outros animais, duas formas de HMB têm sido estudadas: o HMB de cálcio (HMB-Ca) e a forma de ácido livre (HMB-FA). De fato, essa mesma tendência é parte essencial dos artigos revisados nesta pesquisa. Com base na análise crítica dos artigos selecionados e nas evidências neles apresentadas, esta seção foi organizada de modo a proporcionar uma compreensão mais aprofundada dos principais pontos investigados. Assim, a revisão foi dividida em tópicos

temáticos que sintetizam e discutem os resultados mais relevantes do HMB identificados na literatura, conforme os critérios estabelecidos na metodologia deste trabalho.

1- Mecanismos de ação do HMB

Uma parte considerável dos estudos selecionados, se dedica a avaliar os mecanismos de ação da HMB. Artigos como os de Jakubowski et al. (2019) apontam evidências relevantes que indicam que a suplementação com HMB, especialmente na forma livre (HMB-FA), promove ganhos significativos de força e potência quando comparada ao placebo (Jakubowski et al., 2019). Evidências citadas no estudo de (Fuller et al. 2015) demonstra que, em voluntários saudáveis, a forma ácido livre de HMB (HMB-FA) atinge níveis plasmáticos mais altos e mais rapidamente, e apresenta maior taxa de depuração plasmática, comparada à forma sal de cálcio (Ca-HMB). Esses achados sustentam a hipótese de que HMB-FA pode ser uma forma mais “eficiente” de entrega de HMB ao organismo, o que pode, por sua vez, melhorar seu impacto em contextos de nutrição esportiva como força, recuperação e resistência. Em pesquisa anterior, (Wilson et al. 2013) compararam o comportamento farmacocinético das formas HMB-Ca e HMB-FA administradas em cápsulas e diluídas em água. O estudo mostrou que o HMB-FA apresentou maior eficiência na absorção, com aumento de 76% na concentração plasmática máxima e elevação de 37% na taxa de depuração em relação ao HMB-Ca. Além disso, o tempo para atingir o pico plasmático foi três vezes menor, reforçando sua superioridade em termos de biodisponibilidade. Mesmo quando ingerido diluído, o HMB-FA manteve desempenho superior, especialmente durante os primeiros minutos de absorção. Tais achados sustentam que a forma livre do HMB pode oferecer melhor aproveitamento metabólico e funcional, sendo potencialmente mais vantajosa para estratégias de suplementação voltadas à recuperação e ao ganho de massa magra.

A suplementação também parece atenuar o aumento do cortisol induzido pelo exercício resistido, como mostra o estudo de Fernández-Landa et al. (2020) contribuindo para a redução do estresse fisiológico e do catabolismo muscular. O HMB atua estimulando a síntese proteica muscular via ativação da mTOR e inibindo a degradação proteica por meio do sistema ubiquitina-proteassoma. Além disso, apresenta propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes que contribuem para a estabilidade da membrana celular (Aguiar et al., 2017).

Entretanto, alguns estudos sugerem que esses efeitos nem sempre se traduzem em ganhos adicionais de hipertrofia ou força em comparação à suplementação com leucina,

sobretudo em indivíduos com ingestão adequada de proteínas e energia. Nesses casos, o HMB, o HMB-FA e o o-HICA não demonstram vantagem significativa sobre a leucina quanto à estimulação da síntese proteica (Wilkinson et al., 2013).

2 Evidências em Força Muscular

O estudo de Wilson et al. (2014) em três etapas, randomizado, duplo-cego e controlado por placebo, com controle alimentar, investigou os efeitos do HMB-FA em indivíduos treinados. A primeira etapa consistiu em oito semanas de treinamento de resistência; a segunda, em duas semanas de treinos intensos com sobrecargas; e a terceira, em duas semanas de redução controlada da intensidade e volume, totalizando 12 semanas de treinamento resistido. Foram avaliadas massa muscular, força, potência e níveis de cortisol, creatina quinase (CK) e testosterona (Wilson et al., 2014). Os resultados mostraram que o grupo suplementado com HMB-FA obteve ganhos consideráveis na força total, potência de salto e massa magra em comparação ao grupo placebo. O HMB-FA também ajudou a evitar o aumento de CK e cortisol, indicando menor estresse fisiológico e danos musculares.

Em 2018, Din et al. conduziram uma pesquisa de ensaio clínico randomizado duplo-cego com placebo, consistindo na avaliação de 16 homens mais velhos e saudáveis com suplementação de HMB-FA 3 g/dia vs. PLA, envolvendo um regime unilateral de treinamento resistido progressivo de 6 semanas (6-8 repetições, 75% de 1-RM, 3 vezes/semana). O estudo concluiu que a suplementação de HMB-FA pareceu induzir uma melhora marginal no ganho de massa muscular. No entanto, isso não se traduziu em melhorias funcionais se os critérios de avaliação envolvessem testes de força isométrica e isocinética. A síntese proteica muscular foi significativamente elevada apenas nas duas primeiras semanas no grupo suplementado com HMB-FA, retornando aos níveis basais nas duas últimas semanas, de forma semelhante à resposta observada anteriormente em voluntários jovens e saudáveis do sexo masculino submetidos a um regime de treinamento idêntico (Din et al., 2018). Esse estudo torna-se ainda mais relevante quando confrontado com outro estudo randomizado, duplo-cego por placebo realizado por Stout et al. (2013) com um desenho de pesquisa que envolveu homens e mulheres de mais de 65 anos, o estudo foi dividido em duas fases: Fase I consistiu em dois grupos sem exercício: (a) dieta ad libitum mais placebo e (b) dieta ad libitum mais CaHMB. A Fase II consistiu em dois grupos com treinamento resistido: (a) dieta ad libitum mais placebo com treinamento resistido e (b) dieta ad libitum mais CaHMB com treinamento resistido. A

suplementação aumentou marginalmente os ganhos de massa nos grupos, mesmo nos que não aderiram aos exercícios. Para os que aderiram exercícios, os resultados foram parecidos, mas com limitações potenciais: a baixa adesão a programas de treinamento resistido de alta intensidade, o fato de que a interrupção do treinamento resistido pode resultar em rápida perda dos benefícios; e, em idosos frágeis, o treinamento resistido pode não ser suficiente para reverter a perda da função muscular (Stout et al., 2013).

Em um estudo de oito semanas com indivíduos iniciantes, a suplementação com HMB-Ca resultou em maiores ganhos de força isométrica e isocinética em comparação ao placebo. Embora o aumento total de força corporal provocado pelo treino não tenha diferido estatisticamente entre os grupos, a partir dos valores numéricos encontrados, os autores sugerem um benefício adicional do HMB. Entre indivíduos treinados em musculação, observou-se que, após sete semanas de suplementação com HMB-Ca, houve aumento de 7,5% no exercício de supino, enquanto o grupo placebo apresentou apenas 1,7% de melhora. Apesar disso, outro estudo com 40 atletas experientes, suplementados por 28 dias com 0, 3 ou 6 g/d de HMB-Ca, não observou aumento significativo na força de 1RM. Os resultados variam também entre modalidades esportivas. Em jogadores de futebol americano, a suplementação de 3 g/d de HMB-Ca por sete semanas resultou em aumento da força da parte superior do corpo em relação ao placebo. Entretanto, em atletas de remo e polo aquático, não houve diferença significativa na força máxima após seis semanas de suplementação (Wilson et al., 2014).

7

Em contraste, o estudo de Teixeira et al. (2019) não encontrou efeitos do HMB-FA e do HMB-Ca sobre a composição corporal, força muscular e potência em indivíduos treinados. Nesse ensaio clínico pragmático, duplo-cego e randomizado, com duração de 8 semanas, foram avaliados os efeitos de suplementos comerciais

o-HICA, HMB-FA e HMB-Ca sobre as alterações na composição corporal e desempenho induzidas por treinamento resistido. Quarenta homens foram randomizados em blocos para receber o-HICA, HMB-FA, HMB-Ca ou placebo. O protocolo de treinamento consistiu em uma rotina de treinamento resistido para todo o corpo, três vezes por semana, durante 8 semanas. A composição corporal foi avaliada por absorciometria de dupla energia (DXA) e a água corporal total foi medida por bioimpedância espectroscópica (BIS) para todo o corpo, tanto no início quanto ao final das semanas 4 e 8.

Nesse tópico, pode-se afirmar, a partir da avaliação dos estudos randomizados, que os efeitos do HMB tendem a ser mais pronunciados em indivíduos iniciantes no treinamento de

resistência, idosos e populações com risco de catabolismo muscular. Por outro lado, em atletas altamente treinados, os resultados são mais variáveis, dependendo da duração, do volume de treinamento e da forma de suplementação, sendo o HMB-FA a forma com maior biodisponibilidade e taxa de absorção (Jakubowski et al., 2019).

3- Evidências em Recuperação Muscular

Estudos como o da referência desse parágrafo, comprovam a eficiência do HMB na recuperação do tecido muscular. O HMB-FA (forma livre), administrado 30 minutos antes de uma sessão aguda de treinamento resistido de alta intensidade, mostrou que foi capaz de diminuir os índices de dano muscular e melhorar a recuperação percebida em indivíduos praticantes de exercícios físicos, como mostra o estudo de Wilson et al. (2013b). A ingestão contínua de 3,4 g de HMB-FA também demonstrou aumentar a síntese proteica muscular e reduzir a degradação de proteínas em +70% e -56%, respectivamente (Wilkinson et al., 2013). Esses mecanismos de regeneração muscular auxiliam na redução das dores musculares tardias, permitindo maior capacidade de crescimento muscular e aumento de força após treinos intensos.

A suplementação de 3 g/d de HMB-Ca também foi estudada e resultou na diminuição de creatina quinase e da resposta de LDH após exercícios prolongados de resistência (Rathmacher et al., 2024). O HMB demonstrou efeitos expressivos no aumento da massa magra em indivíduos não treinados (Jówko et al., 2001) e também podendo exercer ação anti-inftamatória, contribuindo para a redução de dores e danos musculares (Rathmacher et al., 2024).

Os efeitos em geral do HMB sobre os danos e recuperação muscular parecem mais pronunciados em pessoas não treinadas submetidas a atividades intensas. Em atletas de alta performance os resultados são variados, possivelmente porque esses indivíduos já desenvolveram proteção natural contra danos musculares devido à adaptação ao treino (Rathmacher et al., 2024). Com tudo, outros estudos, entretanto, mostram que a suplementação com HMB pode reduzir os níveis de CK e LDH, sugerindo possíveis efeitos positivos também em atletas treinados.

4- Formas de HMB

A suplementação com β -hidroxi- β -metilbutirato (HMB) pode variar de acordo com a forma em que o composto é administrado, uma vez que diferentes formulações apresentam propriedades farmacocinéticas distintas. O HMB pode ser encontrado em duas formas utilizadas na suplementação: o HMB-Ca (sal de cálcio) e o HMB-FA (forma livre). Ambas apresentam efeitos benéficos sobre a função muscular, mas diferem em suas propriedades farmacocinéticas. O HMB-Ca possui absorção mais lenta, enquanto o HMB-FA apresenta maior biodisponibilidade e absorção mais rápida, o que pode potencializar suas respostas fisiológicas (Asadi et al., 2017).

A suplementação crônica com HMB-FA tem demonstrado ganhos significativos em força, potência e hipertrofia, além de prevenir o declínio do desempenho em fases de maior carga de treinamento. Em protocolos de 12 semanas, foram observados aumentos na força no agachamento (25%), supino (12%), levantamento terra (16%) e força total (18%), acompanhados de incremento na massa magra e redução da gordura corporal em comparação ao placebo (Wiley et al., 2018).

Entre os efeitos agudos da ingestão de HMB-FA, destacam-se a atenuação dos danos musculares, a redução dos níveis de creatina quinase e cortisol pós-treino, o aumento da síntese proteica em até 70% e a diminuição da degradação proteica em cerca de 56% (Asadi et al., 2017). Esses benefícios foram observados tanto em indivíduos não treinados, que apresentaram ganhos expressivos em força e massa magra em menos de três semanas, quanto em atletas treinados, nos quais os principais efeitos estão relacionados à recuperação e à manutenção do desempenho (Nissen et al., 2013).

O HMB atua reduzindo a proteólise muscular durante o exercício, protegendo a integridade da membrana das fibras musculares e promovendo maior estabilidade celular. Quando combinado à creatina, apresenta efeitos aditivos sobre a força e o aumento da massa magra (Wiley et al., 2018). Além disso, evidências indicam que o HMB pode otimizar o metabolismo energético, favorecendo o uso de carboidratos e lipídios e, conseqüentemente, aumentando a resistência muscular (Asadi et al., 2017).

5- Aplicações Práticas

Os efeitos da suplementação com HMB variam conforme o nível de treinamento dos indivíduos. Evidências apontadas no estudo de Wilson et al. (2013) indicam que atletas

iniciantes ou em fase de adaptação apresentam respostas mais expressivas à suplementação, enquanto atletas de elite tendem a mostrar resultados menos consistentes. A eficácia da suplementação com HMB tende a diminuir à medida que o indivíduo adquire maior experiência e adaptação ao treinamento (Wilson et al., 2013). A suplementação de aproximadamente 3 g/dia está associada a maiores ganhos de massa magra e força, além de menor perda de proteína muscular durante o processo de adaptação (Wilson et al., 2013). Assim, o HMB pode atuar como facilitador da recuperação e da adaptação inicial ao exercício, reduzindo o impacto do estresse muscular causado por novos estímulos.

Em atletas altamente treinados, revisões sistemáticas e meta-análises indicam que os efeitos sobre força, composição corporal e desempenho são inconsistentes ou de pequena magnitude (Teixeira et al., 2021; De Freitas et al., 2018). Essa diferença pode ocorrer porque esses atletas sofrem menos danos musculares e estão mais adaptados ao estresse do treinamento (Wilson et al., 2013).

Além disso, há indícios de sinergia entre o HMB e outros suplementos, como whey protein e creatina, especialmente em programas de resistência. A combinação de HMB e creatina monohidratada pode melhorar parâmetros de desempenho e recuperação, sugerindo efeitos complementares sobre a síntese proteica e o equilíbrio energético muscular (Mielgo-Ayuso et al., 2020; Fernández-Landa et al., 2019). Contudo, outros estudos apontam que a associação entre HMB e whey protein não exerceu efeitos significativos sobre dor muscular, perda de força ou marcadores de dano muscular (Shirato et al., 2016).

Os maiores benefícios da suplementação com HMB ocorrem principalmente em indivíduos menos treinados ou em fase inicial de adaptação ao exercício, período em que o dano muscular é mais pronunciado e a síntese proteica apresenta maior potencial de aumento (Wilson et al., 2014). Em contrapartida, os efeitos observados em atletas de elite permanecem controversos, possivelmente devido ao elevado nível de adaptação fisiológica, que limita ganhos adicionais.

CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar criticamente as evidências científicas sobre os efeitos da suplementação com β -hidroxi- β -metilbutirato (HMB) no desempenho físico, força, composição corporal e recuperação muscular, considerando seus mecanismos de ação, as diferentes formas de suplementação (HMB-Ca e HMB-FA) e a influência do nível de

treinamento dos indivíduos. A partir da síntese e interpretação dos estudos revisados, observa-se que o objetivo proposto foi atendido, permitindo uma compreensão integrada e crítica do atual estado do conhecimento sobre o uso do HMB na nutrição esportiva.

As evidências analisadas indicam que o HMB exerce efeitos fisiológicos relevantes, principalmente por meio da ativação da via mTOR, estímulo à síntese proteica muscular e inibição do sistema ubiquitina-proteassoma, contribuindo para a redução da degradação proteica e para a atenuação dos danos musculares induzidos pelo exercício. Esses mecanismos sustentam os achados observados em diferentes estudos, nos quais a suplementação com HMB esteve associada à melhora da recuperação muscular, redução de marcadores de dano muscular (como CK e LDH) e menor resposta catabólica ao treinamento intenso.

De modo consistente, os resultados da literatura apontam que os efeitos do HMB são mais pronunciados em indivíduos iniciantes, idosos e populações com maior risco de catabolismo muscular, contextos nos quais o dano muscular e a demanda por reparo tecidual são mais elevados. Nesses grupos, a suplementação mostrou-se capaz de favorecer ganhos de massa magra, melhorar a força e acelerar a recuperação, contribuindo para uma adaptação mais eficiente ao treinamento resistido. Em contrapartida, em atletas altamente treinados e de elite, os achados são mais heterogêneos, com efeitos geralmente modestos ou inconsistentes, possivelmente em razão do elevado nível de adaptação fisiológica, do menor grau de dano muscular induzido pelo treino e da influência de variáveis como volume, intensidade, duração da intervenção e controle dietético.

11

A comparação entre as formas de suplementação evidencia que o HMB na forma de ácido livre (HMB-FA) apresenta maior biodisponibilidade e absorção mais rápida em relação ao HMB-Ca, o que pode potencializar seus efeitos agudos e crônicos, especialmente no contexto da recuperação muscular. Entretanto, embora esses achados sejam promissores, as diferenças práticas entre as formas ainda não são plenamente conclusivas, sobretudo quando se considera o desempenho de atletas de alto rendimento.

Em termos aplicados, os dados sugerem que o HMB constitui uma estratégia nutricional segura e potencialmente eficaz para auxiliar a adaptação ao treinamento de força, principalmente em fases iniciais de treinamento, em processos de readaptação ao exercício ou em populações envelhecidas. Por outro lado, sua utilização em atletas altamente treinados deve ser avaliada com cautela e de forma individualizada, considerando o contexto do treinamento,

o estado nutricional e a associação com outras estratégias nutricionais, como o uso de creatina e proteínas de alto valor biológico.

Por fim, a análise crítica da literatura revela a necessidade de novas investigações que adotem desenhos metodológicos mais robustos, com maior controle das variáveis de treinamento e alimentação, períodos mais longos de intervenção e comparações diretas entre HMB-FA e HMB-Ca em diferentes modalidades esportivas. Tais estudos são fundamentais para esclarecer os contextos em que o HMB apresenta maior aplicabilidade prática e para consolidar recomendações baseadas em evidências sólidas no campo da nutrição esportiva.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, AF, et al. The effects of HMB supplementation on oxidative stress markers and muscle damage after resistance exercise. *Nutrition & Metabolism*, 2017, 14 (15). <https://doi.org/10.1186/s12986-017-0163-3>

ARAZI, H, et al. The effects of HMB supplementation on body composition and muscle strength in athletes: a systematic review. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2015, 10(30): 815-826. <https://doi.org/10.14198/jhse.2015.103.13>

ASADI, A, et al. Effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation on muscle damage indices and oxidative stress in resistance-trained men. *Journal of Human Kinetics*, 2017, 58: 23-32,. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0067>

DE FREITAS, MC, et al. Effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation on muscle mass, strength, and function in athletes: a systematic review. *Nutrition*, v. 57, p. 84-90, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.05.014>

DIN, U. H. et al. β -Hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) supplementation and resistance exercise in older adults: a randomized controlled trial. *Experimental Gerontology*, 2018, 101: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.10.023>

FERNANDEZ-LANDA, J, et al. Effect of the combination of creatine monohydrate plus HMB supplementation on sports performance, body composition, markers of muscle damage and hormone status: a systematic review. *Nutrients*, 2019, 11(10): 2528. <https://doi.org/10.3390/nu11102528>

FULLER, JC, et al. Comparison of availability and plasma clearance of β -hydroxy- β -methylbutyrate free acid and calcium salt forms. *The British Journal of Nutrition*, 2011, 105(6): 802-809. <https://doi.org/10.1017/S0007114510004408>

JAKUBOWSKI, J, et al. Supplementation with the leucine metabolite β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) does not improve resistance exercise-induced changes in body composition or strength in young subjects: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 2020, 12(5): 1523. <https://doi.org/10.3390/nu12051523>

JÓWKO, E, et al. Effect of γ -hydroxy- γ -methylbutyrate on exercise-induced muscle damage and oxidative stress markers. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 2001, 52(3): 489W96.

MIELGO-AYUSO, J, et al. Effect of creatine and HMB combined supplementation on strength and body composition in athletes: a systematic review. *Nutrients*, 2020,12(6): 1886. <https://doi.org/10.3390/nu12061886>

NISSEN, S, et al. Effect of leucine metabolite γ -hydroxy- γ -methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *Journal of Applied Physiology*, 1996, 81(5): 2095-2104. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.5.2095>

PANTON, LB, et al. Nutritional supplementation of the leucine metabolite γ -hydroxy- γ -methylbutyrate (HMB) during resistance training. *Nutrition*, 2000, 16(9): 734-739. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(00\)00382-X](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(00)00382-X)

RATHMACHER, JA, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: γ -hydroxy- γ -methylbutyrate (HMB). *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2025, 22(1): 2434734. <https://doi.org/10.1080/15502783.2024.2434734>

SHIRATO, M, et al. Effects of combined γ -hydroxy- γ -methylbutyrate (HMB) and whey protein ingestion on symptoms of eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2016, 13: 7. <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0119-x>

STOUT, JR, et al. Effect of calcium γ -hydroxy- γ -methylbutyrate (CaHMB) with and without resistance training in older adults. *Clinical Nutrition*, 2013,32(3): 400-405. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.09.009>

TEIXEIRA, FJ, et al. Effects of γ -hydroxy- γ -methylbutyrate supplementation on body composition, strength, and power in trained individuals: a randomized trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2021, 35(2):420-428,. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002718>

WILEY, J, et al. Effects of 12-week HMB free acid supplementation on strength, power, and body composition in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2018, 32(10): 3051-3059. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002498>

WILKINSON, DJ, et al. Differential effects of leucine and its metabolites γ -hydroxy- γ -methylbutyrate on human skeletal muscle protein metabolism. *Journal of Physiology*, 2013, 591(11): 2911-2923. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2013.253203>

WILSON, JM, et al. γ -Hydroxy- γ -methylbutyrate free acid reduces markers of exercise-induced muscle damage and improves recovery in resistance-trained men. *British Journal of Nutrition*, 2013, 110(3): 538-544. <https://doi.org/10.1017/S0007114512005387>

WILSON, JM, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB). *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2013, 10: 6. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-6>

WILSON, JM, et al. The effects of 12 weeks of β -hydroxy- β -methylbutyrate free acid supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance-trained individuals: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *European Journal of Applied Physiology*, 2014, 114(6): 1217-1227. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2854-5>