



운동과학에서 Beta-Hydroxy-Beta-Methyl Butyrate 보충의 효과와 적용

최은주 PhD

대구가톨릭대학교 체육교육과

The Effect and Application of Beta-Hydroxy-Beta-Methyl Butyrate (HMB) Supplementation in Exercise Science

Eun-Ju Choi PhD

Department of Physical Education, Catholic University of Daegu, Gyeongsan, Korea

PURPOSE: The effect of hydroxymethylbutyrate (HMB) supplementation on leucine is a major area of interest in exercise science. The present review aimed to investigate the various effects of HMB supplementation and provide guidelines for its practical use.

METHODS: This review collected and analyzed previous studies on HMB supplementation from online databases including PubMed, Web of Science, and Wiley Online Library.

RESULTS: Although studies suggest different results, this review found that HMB supplementation before or after exercise could have positive effects on body composition (muscle mass), exercise performance (strength and power, endurance), and recovery after muscle damage (creatinase and lactate dehydrogenase). In particular, HMB supplementation had a significant effect on resistance exercise, and in general, a daily dose of 3 g is recommended. However, the effects of combined HMB and creatine supplementation remain unclear.

CONCLUSIONS: HMB can be a useful and effective supplement for athletes with various purposes and for ordinary people who regularly exercise. Further research should investigate several limitations of HMB supplementation, as suggested in previous studies.

Key words: Body composition, Exercise performance, HMB, Leucine metabolite, Muscle damage, Muscle mass, Recovery

서론

보충제 섭취는 운동선수나 운동에 규칙적으로 참여하는 많은 일반인들의 주요 관심사이며, 이러한 보충제 섭취는 운동에 의한 적응(근력이나 지구력 향상), 근육량 증가와 같은 신체조성의 변화, 운동수행력 향상, 그리고 회복 촉진 등에 도움을 줄 수 있다[1]. 최근 필수아미노산 중 하나인 류신(leucine)에 대한 관심은 아주 높다. 류신이 단백질

합성을 활성화하기 위한 1차 신호로 작용하면서 근육에 대한 적응을 향상시키는 것으로 알려져 있기 때문이다[2]. 이러한 효과를 기반으로 류신의 대사산물인 beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB)에 대한 관심도 여전하다.

HMB는 류신(leucine)과 그 케토산(keto acid)인 알파-케토이소카프로에이트(alpha-ketoisocaproate, KIC)에서 유래된 것으로 알려져 있다. 류신이 KIC로 대사된 후, KIC는 미토콘드리아에서 알파-케토산 탈수

Corresponding author: Eun-Ju Choi **Tel** +82-53-850-3493 **Fax** +82-53-359-7260 **E-mail** cej0915@cu.ac.kr

*This work was supported by research grants from Daegu Catholic University in 2019.

Keywords 신체조성, 운동수행력, HMB, 류신대사물, 근육손상, 근육량, 회복

Received 31 Dec 2021 **Revised** 13 Feb 2022 **Accepted** 22 Feb 2022

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

소효소(a-ketoacid dehydrogenase)에 의해 아이소발레릴-CoA (isovaleryl-CoA)로 대사되거나, 알파-케토이소카프로에이트 이산소화효소(a-ketoisocaproate dioxygenase)에 의해 세포질(cytosol)에서 HMB로 대사된다[3]. 체내에서 류신의 일부(약 5% 정도)만이 HMB로 전환되기 때문에 효과를 보기 위한 적정량(약 3 g)의 HMB를 섭취하기 위해서는 약 600 g 이상의 단백질 섭취가 필요하지만, 이것은 현실적으로 불가능하므로 보충제 형태로 섭취된다[4]. 연구에 의하면 HMB는 독성이 없고 안전하며, 골격근에서 효과가 잘 나타날 수 있는 것으로 보고되었다[5]. 저항성 운동 모델로 HMB 보충의 효과를 다룬 여러 연구들에서는 HMB 보충이 동화 신호 경로의 상향 조절을 통해 근육 단백질 분해를 감소시키면서 근육 단백질 전환(muscle protein turnover)에 긍정적인 영향을 줄 수 있다고 하였으며[5], 근육 줄기 세포(muscle stem cell)의 증식과 분화 뿐만 아니라 성장호르몬(growth hormone)이나 인슐린 유사 성장인자-1(insulin-like growth factor-1, IGF-1)과 같은 호르몬의 분비를 촉진하여 잠재적으로 근육의 동화 반응 조성에 기여할 수 있는 것으로 나타났다[6,7]. 또 다른 연구들에서는 HMB 보충이 운동에 의해 손상된 근육의 회복을 촉진하는 데 있어서도 중요한 역할을 할 수 있다고 보고하였다[8]. 그리고 몇몇 연구는 HMB의 보충이 근력이나 지구력의 향상에도 기여할 수 있다는 결과를 보고하기도 하였다[9,10].

그럼에도 불구하고 HMB 보충과 관련해서 현장에서 활용할 수 있는 정보는 아직 부족한 상황이다. 따라서 본 연구는 운동과학에서 HMB 보충의 효과에 대해 신체조성 및 운동수행력, 근육손상 후 회복, 그리고 크레아틴과의 혼합 보충으로 각각 분류한 후 최신 연구들을 중심으로 결과를 소개하고 현장에 적용하기 위해 필요한 가이드라인을 제시하고자 하는 데 목적이 있다.

연구 방법

1. 자료수집

본 리뷰를 위해 Pubmed, Web of Science, Wiley Online Library와 같은 온라인 데이터 베이스를 활용하여 HMB 보충과 관련된 이전의 연구들을 수집한 후 분석하였다. 자료수집을 위해 온라인 데이터 베이스에서 “beta-hydroxy-beta-methylbutyrate”, “HMB supplementation”, “leucine metabolite”, “exercise performance”, “training”, “body composition”, “muscle damage”, “muscle mass” 등과 같은 검색 키워드를 단독 또는 복합으로 설정하였다.

결 과

1. HMB 보충이 신체조성 및 운동수행력에 미치는 영향

HMB의 주요 역할은 근육 단백질 합성을 자극하고 근육 단백질 분

해를 감소시키는 것이다. 여러 선행 연구들에 의하면 HMB 보충은 근육의 단백질 합성과 단백질 분해 사이의 균형을 회복시킬 수 있는 것으로 나타났다[5,6]. HMB는 근육 단백질 합성과 관련하여 MAPK/ERK 및 PI3K/Akt 경로를 통한 mRNA 번역과 mTOR 인산화를 자극하는 것으로 보고되었다[11]. 근육 단백질 분해는 두 가지 주요 단백질 분해 경로인 유비퀴틴 프로테아좀(ubiquitin proteasome)과 오토파자리소좀 시스템(autophagy-lysosome systems)으로 나타날 수 있는데, HMB 보충은 이러한 단백질 분해 경로의 활성을 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다[12].

또한 HMB는 프로테아좀(proteasome) 발현과 프로테아좀 효소 활성을 감소시키고, 케사페이스(caspases)의 활성 촉진을 약화시키면서 근육세포의 사멸도 감소시킬 수 있다[13]. 결국 이러한 변화는 근육량 증가와 같은 신체조성의 변화에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(Table 1). 몇몇 인간 대상 연구가 이러한 사실을 뒷받침해주고 있다. Durkalec-Michalski와 Jeszka [14]는 잘 훈련된 일반 남성들을 대상으로 12주간 하루에 3 g의 HMB 보충을 했을 때, 제지방량이 유의하게 증가했다고 하였으며, Lowery et al. [15]은 8주간 저항성 운동 프로그램과 함께 하루에 HMB 3 g을 섭취하게 한 결과, 위약군에 비하여 제지방량이 유의하게 증가되었다고 보고하면서 높은 수준으로 훈련을 하는 사람들에게 HMB 보충은 이익이 될 수 있다고 제안하였다.

HMB 보충은 근력과 파워의 변화에도 영향을 준 것으로 나타났다(Table 1). Wilson et al. [16]은 저항성 운동 경험이 많은 일반 남성들을 대상으로 12주간 저항성 운동 프로그램과 함께 하루에 3 g의 HMB 보충을 병행하게 했을 때, 벤치프레스, 스쿼트, 데드리프트의 근력과 함께 수직 점프 파워가 위약군에 비하여 유의하게 향상되었다고 하였으며, Thomson et al. [17]의 연구에서는 저항성 운동을 하는 일반 남성들에게 9주 동안 하루에 3 g의 HMB 보충이 레그 익스텐션의 1RM을 유의하게 향상된 것으로 나타났다. Portal et al. [18]의 연구에서도 엘리트 남녀 배구 선수들을 대상으로 비시즌기 7주 동안 HMB를 하루에 3 g 정도 보충하게 한 결과, 등속성 장비로 측정한 무릎 굴곡 등척성 근력과 무산소성 파워의 최고치와 평균값 모두 유의하게 증가되었다고 보고하였다.

최근 Tritto et al. [19] 또한 저항성 훈련을 하고 있는 일반 남성들에게 12주 동안 저항성 운동을 수행하게 하면서 HMB를 보충하게 했을 때, HMB 보충군이 위약군에 비하여 레그 프레스 근력이 유의하게 향상되었다고 보고하기도 하였다. 이러한 근력 및 파워 향상에는 HMB가 기본적으로 갖고 있는 주요 메커니즘인 동화 호르몬 분비 증가에 의해 영향을 받았을 가능성이 크다. 실제로 Asadi et al. [20]의 연구에서는 6주간 HMB 보충(3 g/day) 후 파워와 레그 프레스 1RM이 위약군에 비하여 유의하게 향상됨과 동시에 성장호르몬과 IGF-1 또한 증가한 것으로 나타났다.

Table 1. Effect of HMB supplementation on body composition & exercise performance

Reference	Subjects	Supplementation	Main findings
Durkalec-Michalski et al. [9]	n = 16, Elite male rowers	12-week, HMB (3 g/day)	Aerobic capacity ↑
Durkalec-Michalski et al. [10]	n = 42, Highly trained combat sports athletes (13 wrestlers, 12 judokas, 17 Brazilian jiu-jitsu athletes)	12-week, HMB (3 g/day)	Aerobic capacity ↑ Anaerobic capacity ↑
Durkalec-Michalski & Jeszka [14]	n = 58, Highly trained males	12-week, HMB (3 g/day)	Fat-free mass ↑
Lowery et al. [15]	n = 17, Resistance-trained males	12-week, HMB (3 g/day)	Lean body mass ↑
Wilson et al. [16]	n = 24, Resistance-trained males	12-week, HMB (3 g/day)	Strength (bench press, squat, and deadlift) ↑ Vertical jump power ↑
Thomson et al. [17]	n = 22, Resistance-trained males	9-week, HMB (3 g/day)	1RM leg extension ↑
Portal et al. [18]	n = 29 (15 male and 14 female), Junior volleyball players	7-week, HMB (3 g/day)	Knee flexion isokinetic force ↑ Peak and mean anaerobic power ↑
Tritto et al. [19]	n = 44, resistance-trained males	12-week, HMB (3 g/day)	Leg press strength ↑
Asadi et al. [20]	n = 16, healthy males	6-week, HMB (3 g/day)	Peak power ↑ 1RM leg press ↑
Lamboley et al. [21]	n = 16 (8 male and 8 female), active college students	5-week, HMB (3 g/day)	VO _{2max} ↑
Vukovich & Dreifort [22]	n = 8, endurance-trained male cyclists	2-week, HMB (3 g/day)	Time to reach VO _{2peak} ↑

1RM, one repetition maximum; VO_{2max}, maximal oxygen uptake; VO_{2peak}, peak oxygen uptake; ↑ : increase.

한편, HMB 보충에 의해 지구력 또한 개선될 수 있다는 연구 결과가 보고되었다(Table 1). Lamboley et al. [21]은 신체적으로 활동적인 대학 생들을 대상으로 인터벌 훈련을 하는 5주간의 기간 동안 하루에 3 g의 HMB 섭취를 병행하게 했을 때, 최대산소섭취량이 위약군(8.4%)보다 HMB 보충군(13.4%)에서 뚜렷한 증가가 관찰되었다고 하였으며, Vukovich와 Dreifort [22]는 잘 훈련된 사이클 선수들에게 HMB (3 g/day)를 2주간 보충하게 한 결과, 최대산소섭취량의 최고 시점에 도달하는데 필요한 시간을 3.6% 증가시켰다고 보고하였다. Durkalec-Michalski et al. [9] 또한 엘리트 조정 선수들에게 12주 동안 HMB를 3 g 보충하게 했을 때, 지구력의 향상이 유의하게 나타났다고 보고하면서 장기간의 HMB 보충이 지구력을 변화시키는 기능 향상 보충제로 효과적으로 사용될 수 있음을 제시하였다. 최근 연구[10]에서도 잘 훈련된 격투 종목(레슬링, 유도, 브라질 주짓수) 선수들을 대상으로 12주 동안 HMB 3 g을 보충시켰을 때, 지구력을 확인할 수 있는 다양한 지표가 위약군에 비하여 유의하게 향상된 것으로 나타나면서 이전의 연구 결과들을 지지해주었다.

HMB 보충에 의한 지구력의 변화에는 몇 가지 잠재적 원인이 기여했을 가능성이 있다. 우선 연구에 의하면 HMB 보충에 의해 미토콘드리아 생합성의 자극을 촉진하는 AMPK kinase와 Sirt 1 활성이 자극될 수 있다고 하였으며, 결국 이러한 변화가 산소 섭취량 증가와 글리코젠 및 지방 대사의 효율성을 향상시켰을 가능성이 있다고 하였다[23]. 다른 연구에서는 HMB가 콜레스테롤 합성의 전구체인 β-hydroxy-β-methylglutaryl-CoA (HMG-CoA)로 전환되거나 아세틸-CoA (acetyl-CoA), 아세토아세틸-CoA (acetoacetyl-CoA), 케톤(ketone)으로 대사되

면서 장시간의 운동에서 에너지 기질로 사용될 수 있기 때문에 지구력에 긍정적인 영향을 줄 수 있다고 하였다[10]. 하지만, 이러한 메커니즘은 실제 실험에 의해 증명이 된 부분이 아닌 가설에 불과하고 인간 연구를 통해 확인이 된 증거 또한 아직 제한적이므로 향후 연구에서 좀 더 조사되어야 할 필요가 있다.

2. HMB 보충이 근육손상 후 회복에 미치는 영향

익숙하지 않거나 고강도 근수축을 반복하는 운동은 근육손상을 증가시키는 것으로 잘 알려져 있다. 이러한 근육손상은 근력을 감소시키고, 지연성 근육통증(delayed onset muscle soreness, DOMS)과 함께 혈액 내 크레아틴 키나제(creatine kinase, CK)와 젖산탈수소효소(lactate dehydrogenase, LDH) 같은 세포막 손상 지표의 수준을 유의하게 증가시키면서 회복에 유의한 영향을 줄 수 있는 것으로 보고되었다[24]. 몇몇 연구가 HMB 보충이 운동유발성 근육손상을 감소시키는 데 있어서 효과가 있음을 보고하였다(Table 2). Knitter et al. [25]은 건강한 성인 남녀를 대상으로 HMB 보충을 하게 한 후 20 km 장거리 지구성 운동을 통해 근육손상을 유발시켰을 때, CK와 LDH가 위약군에 비하여 유의하게 낮았다고 하면서 HMB 보충이 운동에 의한 근육손상을 예방하는 효과가 있다고 하였으며, Wilson et al. [26]은 잘 훈련된 선수들을 대상으로 하루에 3 g의 HMB 또는 위약을 급성으로 섭취하게 하고 저항성 운동을 수행한 후 혈액 내 CK 변화를 관찰했을 때, HMB 섭취 집단(104%)에 비하여 위약군(329%)에서 CK가 더 크게 증가된 것을 관찰하면서 HMB가 운동선수의 근육손상 증가를 약화시키고 회복에 긍정적인 효과가 있었다고 보고하였다. 이러한 근육손상

Table 2. Effect of HMB supplementation on recovery after muscle damage

Reference	Subjects	Supplementation	Main findings
Knitter et al. [25]	n = 17 (8 male and 9 female)	6-week, HMB (3 g/day)	CK ↓ LDH ↓
Wilson et al. [26]	n = 20, resistance-trained males	30 minutes before exercise and again with lunch and the evening meals, HMB (3 g/day)	CK ↓
Tsuchiya et al. [27]	n = 28, untrained males	2 or 4-week, HMB (3 g/day)	MVC torque ↑ ROM ↑ Upper arm circumference ↓
Correia et al. [28]	n = 33, trained males	Before exercise, single dose of HMB (3 g)	WC ↑ Muscle swelling = MVIT = CMJ =
Tsuchiya et al. [30]	n = 20, untrained males	2 weeks, HMB (1.5 g/day)	MVC torque ↑ ROM ↑

CK, creatine kinase; CMJ, countermovement jump; LDH, lactate dehydrogenase; MVC, maximal voluntary contraction; MVIT, maximal voluntary isometric torque; ROM, range of motion; WC, work capacity; ↑ : increase; ↓ , decrease; = , no change.

Table 3. Effect of combined HMB and creatine supplementation

Reference	Subjects	Supplementation	Main findings
Fernández-Landa et al. [32]	n = 28, elite male traditional rowers	10-week, HMB (3 g/day) and creatine (0.04 g/kg/day)	Aerobic power ↑
Mangine et al. [33]	n = 16, male collegiate rugby players	6-week, HMB (5 g/day) and creatine (5 g/kg/day)	Strength = Sprinting ability =
O'Connor & Crowe [34]	n = 27, male rugby league players	6-week, HMB (3 g/day) and creatine (3 g/kg/day)	Aerobic power = 60 sec maximal cycle test =
Fernández-Landa et al. [35]	n = 28, elite male traditional rowers	10-week, HMB (3 g/day) and creatine (0.04 g/kg/day)	CK = LDH = AST =

AST, aspartate aminotransferase; CK, creatine kinase; LDH, lactate dehydrogenase; ↑ , increase; = , no change.

감소 효과와 관련하여 Wilson et al. [26]은 HMB 보충이 급성 운동 이후 근육손상에 의해 나타나는 근육의 단백질 분해와 같은 이화 작용을 낮추는 효과를 갖고 있기 때문이라고 설명하였는데, 이것은 기존에 제시되어 왔던 HMB의 기본적인 메커니즘을 지지하고 있는 것이라고 할 수 있다.

최근 Tsuchiya et al. [27]은 평소 운동을 하지 않은 남성들을 대상으로 HMB를 2주 또는 4주간 하루에 3g을 보충하게 한 후 팔꿈치 굴곡근에 반복적인 신장성(eccentric) 운동을 수행하게 했을 때, 근력을 비롯한 관절가동범위의 감소는 보충기간과 관계없이 보충군이 위약군에 비하여 더 낮았으며, 팔의 상완 돌레(염증 반응의 간접 지표) 또한 더 작았던 것으로 보고하면서 2주 이상의 HMB 보충은 비훈련자들의 근육손상 감소에 긍정적인 역할을 할 수 있다고 보고하였다. Tsuchiya et al. [27]은 HMB 보충군에서 운동 후 관절가동범위의 개선이나 팔의 상완 돌레가 감소된 점을 제시하면서 HMB가 근육에서 나타나는 염증성 반응의 약화에 영향을 줄 수 있다는 가능성을 제시하였지만, Tsuchiya et al. [27]의 연구에서는 염증성 반응을 확인할 수 있는 혈액 지표를 직접적으로 측정하지 않은 제한점을 갖고 있었다. 게다가 최근 Correia et al. [28]은 잘 훈련된 젊은 남성들을 대상으로 반복적인 점프

훈련 전에 HMB를 급성으로 3g을 보충시켰을 때, 운동능력의 회복에는 도움이 되었지만, 근육의 부종(swelling)에는 아무런 영향을 주지 못한 점으로 미루어 봤을 때, HMB가 염증성 반응의 변화에 직접적인 영향을 줄 수 있는가에 대해서는 여전히 확실하지 않다. 물론 Tsuchiya et al. [27]과 Correia et al. [28] 연구 간에는 연구대상자의 훈련 경력에 차이가 있었지만, HMB가 근육손상으로 나타나는 염증성 반응에 어떻게 작용하고 영향을 줄 수 있는가에 대해서는 추가적인 조사가 필요하다. 최근 Arazi et al. [29] 또한 급성 HMB 섭취가 고강도 운동 후에 발생하는 항염증 반응에 긍정적인 영향을 미칠 가능성은 존재하고 있지만, 아직은 발표된 연구의 수가 부족해서 확실한 결론을 내리기 어려우며, 이러한 가능성을 뒷받침해줄 수 있는 잘 설계된 장기적인 연구가 분명히 필요하다고 제안한 바 있다.

Tsuchiya et al.의 2021년 연구[30]에서도 HMB에 의한 근육손상 감소 효과가 보고되었다. Tsuchiya et al. [30]은 HMB 보충량을 절반(하루에 1.5g)으로 낮춘 후, 낮은 섭취량 또한 비훈련자들의 근육손상에 영향을 미칠 수 있는가에 대해서 조사하였다. 연구 결과, 연구대상자들이 2주간 HMB를 보충한 후 고강도 신장성 운동을 수행했을 때, 운동 후 최대 근력과 관절가동범위의 회복이 빠르게 나타난 것이 관찰되면

서 3 g보다 낮은 섭취량으로도 회복에 도움이 될 수 있다고 제시하였다. 최근 메타분석 연구에서도 운동유발성 근육손상 후 회복에서 HMB의 보충 효과를 다룬 여러 연구들을 분석한 결과, HMB 보충이 운동 후에 증가하는 혈액 CK와 LDH의 수준을 감소시키는 효과가 있다고 하면서 근육손상을 중재하기 위해 우선적으로 사용할 수 있는 방법이라고 결론을 내렸다[31].

3. HMB와 크레아틴 혼합 보충이 미치는 영향

크레아틴은 스포츠에서 가장 인기가 있는 보충제 중 하나이며, 근육량 증가나 무산소성 운동수행력 향상과 관련되어 있다. HMB와 크레아틴이 각기 다른 생리학적 경로를 가지고 있지만, 두 보충제의 조합이 단독 보충보다는 운동수행력과 관련된 다양한 변화를 긍정적으로 이끌어낼 수 있다는 가정에 의해 여러 연구가 시도되었다(Table 3). 최근 Fernández-Landa et al. [32]은 엘리트 조정 남자 선수들을 대상으로 10주간 HMB (3 g/day)와 크레아틴(0.04 g/kg/day)을 혼합 보충하게 했을 때, HMB나 크레아틴을 단독으로 보충했을 때보다 유산소성 파워가 유의하게 향상되었다고 보고하였다.

하지만, 최근 Mangine et al. [33]은 상반된 결과를 보고하였다. Mangine et al. [33]은 남자 럭비 선수들을 대상으로 6주 동안 HMB (5 g/day)와 크레아틴(5 g/kg/day)을 혼합 보충시킨 결과, 크레아틴 보충제 단독 섭취에 비해 운동수행력과 관련하여 더 나은 이점을 제공하지 못했다고 하였으며, O'Connor & Crowe [34] 또한 남자 럭비선수들에게 6주 동안 HMB (5 g/day)와 크레아틴(5 g/kg/day)을 혼합 보충시켰을 때, 유산소성 및 무산소성 운동수행력을 나타내는 다양한 지표에 아무런 변화가 나타나지 않았음을 보고하면서 높은 수준으로 훈련된 운동선수들에게 보충제 혼합 섭취가 별다른 영향을 주지 않을 수 있음을 제시하였다. 현재의 증거로는 이러한 보충제 혼합 섭취가 운동선수의 운동수행력 향상에 미치는 영향에 대해서 명확하게 결론 내리기가 쉽지 않다. 이러한 주제는 향후 좀 더 연구를 통해 조사될 필요가 있다.

한편, HMB와 크레아틴 혼합 보충이 운동유발성 근육손상으로부터의 회복에 별다른 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. 최근 Fernández-Landa et al. [35]은 엘리트 조정 남자 선수들에게 10주간 HMB (3 g/day)와 크레아틴(0.04 g/kg/day)을 보충하게 한 후 근육손상의 변화를 관찰하였다. 연구 결과, HMB와 크레아틴 혼합 보충은 CK와 LDH, aspartate aminotransferase (AST)의 변화에 아무런 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다. 게다가, 최근의 문헌고찰 연구에서도 HMB를 크레아틴과 혼합하여 보충하는 것이 운동유발성 근육손상(특히, 세포막 손상 지표)의 변화에 유의한 영향을 주지 못한다고 결론을 내린 바 있다[36]. 아마 이러한 결과에는 크레아틴 보충이 잠재적으로 영향을 미쳤을 수 있다. Jówko et al. [37]은 크레아틴이 HMB 보충으로 통해 얻을 수 있는 CK 같은 지표의 감소에 대해 길항작용을 할 수 있다는 가능

성을 보고한 바 있다. 하지만, 이러한 가설을 뒷받침할 수 있는 근거는 아직 부족하므로 혼합 보충 시 크레아틴이 HMB의 작용을 상쇄하는가에 대해서는 좀 더 연구가 되어야 한다. 하지만, HMB 또는 크레아틴을 각각 단독으로 보충했을 때는 고강도 운동 후 근육 세포막 손상 지표의 유의한 감소 효과가 보고[30,38,39]된 만큼 운동 후 빠른 회복을 목적으로 하고자 할 때에는 두 보충제를 혼합하는 것보다는 둘 중 하나만을 선택해서 섭취하는 방법이 고려될 수 있을 것이다.

결론

HMB는 운동과학 연구에서 주목받고 있는 보충제 중 하나이다. 연구 결과에 의하면 HMB는 신체조성이나 운동수행력, 또는 회복과 같은 다양한 목적을 갖고 있는 운동선수나 운동에 규칙적으로 참여하는 일반인에게 효과적이고 유용한 보충제로 활용될 수 있는 것으로 나타났다. 현재에서는 HMB를 하루에 3g 섭취하는 것이 권장되고, 경기나 훈련 전 또는 후에 섭취할 수 있다. 그리고 HMB를 급성적으로 섭취하는 것보다는 2주 이상 꾸준히 섭취하는 방법이 효과를 좀 더 높이는 데 도움이 될 수 있을 것이다. 하지만, HMB와 크레아틴의 복합 섭취에 대한 효과는 아직 명확하지 않으며, 이전의 연구들에서 나타난 몇 가지 제한점은 미래의 연구를 통해 좀 더 조사되어야 할 것이다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization, Data curation, Funding acquisition, Methodology, Writing-review & editing: Choi E.

ORCID

Eun-Ju Choi

<https://orcid.org/0000-0001-8205-5846>

REFERENCES

1. Rawson ES, Miles MP, Larson-Meyer DE. Dietary supplements for health, adaptation, and recovery in athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;28(2):188-99.

2. Zhao Y, Cholewa J, Shang H, Yang Y, Ding X, et al. Advances in the role of leucine-sensing in the regulation of protein synthesis in aging skeletal muscle. *Front Cell Dev Biol.* 2021;9:646482.
3. Alon T, Bagchi D, Preuss HG. Supplementing with beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) to build and maintain muscle mass: a review. *Res Commun Mol Pathol Pharmacol.* 2002;111(1-4):139-51.
4. Wilson GJ, Wilson JM, Manninen AH. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: a review. *Nutr Metab.* 2008;5:1.
5. Holeček M. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation and skeletal muscle in healthy and muscle-wasting conditions. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2017;8(4):529-41.
6. Kaczka P, Michalczyk MM, Jastrzab R, Gawelczyk M, Kubicka K. Mechanism of action and the effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation on different types of physical performance—a systematic review. *J Hum Kinet.* 2019;68:211-22.
7. Townsend JR, Hoffman JR, Gonzalez AM, Jajtner AR, Boone CH, et al. Effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate free acid ingestion and resistance exercise on the acute endocrine response. *Int J Endocrinol.* 2015;2015:856708.
8. Silva VR, Belozo FL, Micheletti TO, Conrado M, Stout JR, et al. β -hydroxy- β -methylbutyrate free acid supplementation may improve recovery and muscle adaptations after resistance training: a systematic review. *Nutr Res.* 2017;45:1-9.
9. Durkalec-Michalski K, Jeszka J. The efficacy of a β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation on physical capacity, body composition and biochemical markers in elite rowers: a randomised, double-blind, placebo-controlled crossover study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015; 12:31.
10. Durkalec-Michalski K, Jeszka J, Podgórski T. The effect of a 12-week beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation on highly-trained combat sports athletes: a randomised, double-blind, placebo-controlled crossover study. *Nutrients.* 2017;9(7):753.
11. Kornasio R, Riederer I, Butler-Browne G, Mouly V, Uni Z, et al. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) stimulates myogenic cell proliferation, differentiation and survival via the MAPK/ERK and PI3K/Akt pathways. *Biochim Biophys Acta.* 2009;1793(5):755-63.
12. Girón MD, Vilchez JD, Shreeram S, Salto R, Manzano M, et al. β -Hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) normalizes dexamethasone-induced autophagy-lysosomal pathway in skeletal muscle. *PLoS One.* 2015;10(2):e0117520.
13. Shirvani H, Rahmati-Ahmadabad S, Kowsari E, Fry H, Kazemi M, et al. Effects of 2-week HMB-FA supplementation with or without eccentric resistance exercise on expression of some genes related to muscle protein turnover and serum irisin and IGF-1 concentrations. *Gene.* 2020;760:145018.
14. Durkalec-Michalski K, Jeszka J. The effect of β -hydroxy- β -methylbutyrate on aerobic capacity and Body composition in trained athletes. *J Strength Cond Res.* 2016;30(9):2617-26.
15. Lowery RP, Joy JM, Rathmacher JA, Baier SM, Fuller JC Jr, et al. Interaction of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid and adenosine triphosphate on muscle mass, strength, and power in resistance trained individuals. *J Strength Cond Res.* 2016;30(7):1843-54.
16. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Andersen JC, Wilson SM, et al. The effects of 12 weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance-trained individuals: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(6):1217-27.
17. Thomson JS, Watson PE, Rowlands DS. Effects of nine weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation on strength and body composition in resistance trained men. *J Strength Cond Res.* 2009;23(3):827-35.
18. Portal S, Zadik Z, Rabinowitz J, Pilz-Burstein R, Adler-Portal D, et al. The effect of HMB supplementation on body composition, fitness, hormonal and inflammatory mediators in elite adolescent volleyball players: a prospective randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(9):2261-9.
19. Tritto AC, Bueno S, Rodrigues RMP, Gualano B, Roschel H, et al. Negligible effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate free acid and calcium salt on strength and hypertrophic responses to resistance training: a randomized, placebo-controlled study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29(5):505-11.
20. Asadi A, Arazi H, Suzuki K. Effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate-free acid supplementation on strength, power and hormonal adaptations following resistance training. *Nutrients.* 2017;9(12):1316.
21. Lamboley CR, Royer D, Dionne IJ. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on aerobic-performance components and body composition in college students. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2007;17(1):56-69.
22. Vukovich MD, Dreifort GD. Effect of beta-hydroxy beta-methylbutyrate on the onset of blood lactate accumulation and $V(O)_2$ peak in

- endurance-trained cyclists. *J Strength Cond Res.* 2001;15(4):491-7.
23. Pinheiro CH, Gerlinger-Romero E, Guimarães-Ferreira L, de Souza AL Jr, Vitzel KF, et al. Metabolic and functional effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation in skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(7):2531-7.
 24. Peake JM, Neubauer O, Della Gatta PA, Nosaka K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *J Appl Physiol.* 2017;122(3):559-70.
 25. Knitter AE, Panton L, Rathmacher JA, Petersen A, Sharp R. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on muscle damage after a prolonged run. *J Appl Physiol.* 2000;89(4):1340-4.
 26. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Walters JA, Baier SM, et al. β -Hydroxy- β -methylbutyrate free acid reduces markers of exercise-induced muscle damage and improves recovery in resistance-trained men. *Br J Nutr.* 2013;110(3):538-44.
 27. Tsuchiya Y, Hirayama K, Ueda H, Ochi E. Two and four weeks of β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) supplementations reduce muscle damage following eccentric contractions. *J Am Coll Nutr.* 2019;38(4):373-9.
 28. Correia ALM, de Lima FD, Bottaro M, Vieira A, da Fonseca AC, et al. Pre-exercise β -hydroxy- β -methylbutyrate free-acid supplementation improves work capacity recovery: a randomized, double-blinded, placebo-controlled study. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2018;43(7):691-6.
 29. Arazi H, Taati B, Suzuki K. A Review of the Effects of leucine metabolite (β -Hydroxy- β -methylbutyrate) supplementation and resistance training on inflammatory markers: a new approach to oxidative stress and cardiovascular risk factors. *Antioxidants.* 2018;7(10):148.
 30. Tsuchiya Y, Ueda H, Sugita N, Ochi E. Low dose of β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) alleviates muscle strength loss and limited joint flexibility following eccentric contractions. *J Am Coll Nutr.* 2021;40(3):211-8.
 31. Rahimi MH, Mohammadi H, Eshaghi H, Askari G, Miraghajani M. The effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation on recovery following exercise-induced muscle damage: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Nutr.* 2018;37(7):640-9.
 32. Fernández-Landa J, Fernández-Lázaro D, Calleja-González J, Caballero-García A, Córdova Martínez A, et al. Effect of ten weeks of creatine monohydrate plus HMB supplementation on athletic performance tests in elite male endurance athletes. *Nutrients.* 2020;12(1):193.
 33. Mangine GT, VanDusseldorp TA, Hester GM, Julian JM, Feito Y. The addition of β -hydroxy β -methylbutyrate (HMB) to creatine monohydrate supplementation does not improve anthropometric and performance maintenance across a collegiate rugby season. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020;17(1):28.
 34. O'Connor DM, Crowe MJ. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate and creatine monohydrate supplementation on the aerobic and anaerobic capacity of highly trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003;43(1):64-8.
 35. Fernández-Landa J, Fernández-Lázaro D, Calleja-González J, Caballero-García A, Córdova A, et al. Long-term effect of combination of creatine monohydrate plus β -hydroxy β -methylbutyrate (HMB) on exercise-induced muscle damage and anabolic/catabolic hormones in elite male endurance athletes. *biomolecules.* 2020;10(1):140.
 36. Fernández-Landa J, Calleja-González J, León-Guereño P, Caballero-García A, Córdova A, 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.
 37. Jówko E, Ostaszewski P, Jank M, Sacharuk J, Zieniewicz A, et al. Creatine and beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program. *Nutrition.* 2001;17(7-8):558-66.
 38. Bassit RA, Pinheiro CH, Vitzel KF, Sproesser AJ, Silveira LR, et al. Effect of short-term creatine supplementation on markers of skeletal muscle damage after strenuous contractile activity. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(5):945-55.
 39. Wilson JM, Kim JS, Lee SR, Rathmacher JA, Dalmau B, et al. Acute and timing effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on indirect markers of skeletal muscle damage. *Nutr Metab.* 2009;6:6.