



Sporcularda β -Hidroksi- β -Metilbütirat (HMB) Kullanımının Fiziksel Performans Üzerine Etkileri: Kapsamlı Bir İnceleme

The Effects of β -Hydroxy- β -Methylbutyrate (HMB) Use on Physical Performance in Athletes: Comprehensive Review

Yakup Enes Çam¹ , Didem Önay Derin² 

Geliş Tarihi (Received): 05.12.2025

Kabul Tarihi (Accepted): 18.02.2026

Yayın Tarihi (Published): 27.04.2026

Abstract: In the discipline of sports nutrition, ergogenic aids utilized to enhance athletic performance, accelerate recovery, and optimize body composition occupy a prominent position. Among these supplements, one of the most prominent compounds is β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB), a metabolite of the essential amino acid leucine. The aim of this review is to analyze the role of HMB in sports nutrition, its mechanisms of action, and the effects of its two primary forms—HMB-Calcium (HMB-Ca) and HMB-Free Acid (HMB-FA)—on physical performance, body composition, and muscle damage, in the light of current literature. An examination of existing studies reveals that HMB operates through anti-catabolic and anabolic mechanisms, supporting increases in muscle mass and strength, particularly through the stimulation of biochemical signaling pathways. It has been determined that HMB supplementation supports lean body mass and strength gains when combined with resistance training, while it may enhance aerobic capacity in endurance athletes. In conclusion, based on the available evidence, HMB is considered a reliable and effective ergogenic aid, although its effectiveness may vary depending on individual training status and the form used.

Keywords: β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB), Ergogenic aid, Performance, Sports nutrition, Body composition

&

Öz: Sporcu beslenmesi disiplini; atletik performansı desteklemek, toparlanmayı hızlandırmak ve vücut kompozisyonunu optimize etmek amacıyla kullanılan ergojenik destekler önemli bir yer tutmaktadır. Bu takviyeler arasında öne çıkan bileşiklerden biri, esansiyel bir amino asit olan lösinin metaboliti β -hidroksi- β -metilbütirat (HMB)'tir. Bu derlemenin amacı; HMB'nin sporcu beslenmesindeki rolünü, etki mekanizmalarını ve iki ana formu olan HMB-Kalsiyum (HMB-Ca) ile HMB-Serbest Asit'in (HMB-FA) fiziksel performans, vücut kompozisyonu ve kas hasarı üzerindeki etkilerini güncel literatür ışığında analiz etmektir. Mevcut çalışmalar incelendiğinde, HMB'nin anti-katabolik ve anabolik mekanizmalarla çalıştığı, özellikle biyokimyasal sinyal yollarının uyarılması aracılığıyla kas kütlesi ve kuvvet artışlarını desteklediği görülmektedir. HMB takviyesinin direnç antrenmanlarıyla birleştirildiğinde yağsız vücut kütlesi ve kuvvet kazanımlarını desteklediği, dayanıklılık sporcularında ise aerobik kapasiteyi iyileştirebildiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, mevcut kanıtlar doğrultusunda HMB güvenilir ve etkin bir ergojenik destek olarak değerlendirilmeye birlikte, etkinliği bireysel antrenman durumu ve kullanılan forma göre değişiklik gösterebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: β -hidroksi- β -metilbütirat (HMB), Ergojenik destek, Performans, Sporcu beslenmesi, Vücut kompozisyonu

Atf/Cite as Çam YE, Derin DÖ. Sporcularda β -Hidroksi- β -Metilbütirat (HMB) Kullanımının Fiziksel Performans Üzerine Etkileri: Kapsamlı Bir İnceleme. Abant Sağlık Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi. 2026;6(1):59-71.

İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sabited/policy>

Telif Hakkı/Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2021 – Bolu

¹Öğr. Gör. Yakup Enes Çam, Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Otel Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Aşçılık Programı, Bitlis, Türkiye, yecam@beu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-8787-5560> (Sorumlu Yazar/Corresponding Author)

²Prof. Dr. Didem Önay Derin, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Konya, Türkiye, donay@selcuk.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0624-5714>

Giriş

Sporcu beslenmesi, 1960'lı yıllardan itibaren kas metabolizması ve egzersiz fizyolojisi alanındaki araştırmalarla sporcunun performansını arttırmayı hedefleyen bir disiplindir. Bu alandaki en önemli dönüm noktalarından biri Dr. Bergström'ün 1962'de geliştirdiği kas biyopsi tekniğidir. Bu yöntem sayesinde kas glikojen depolarının egzersiz sırasında tükenmesi ve beslenmeyle yeniden yüklenmesi gibi süreçler doğrudan incelenebilmiştir. 1992 yılında ise kreatin monohidrat (CrM) takviyesinin kas kreatin düzeylerini yükselterek performansı artırdığı bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Bu gelişmeyle birlikte, sporcu beslenmesinde kanıta dayalı ergojenik destekler kullanılmaya başlanmıştır (1). Günümüzde sporcu beslenmesi, sadece enerji ve hidrasyon gereksinimlerini karşılamının ötesinde sporcuların antrenman adaptasyonlarını en üst düzeye çıkarmayı ve optimum vücut kompozisyonunu sağlamayı hedefleyen stratejiler içermektedir (2). Yoğun antrenman (yüksek yoğunluklu interval antrenmanlar, direnç antrenmanları gibi) yapan sporcular için yeterli enerji ve yüksek kaliteli protein alımı, kas adaptasyonu ve hasar gören proteinlerin onarımı açısından kritik öneme sahiptir (3-5). Bu bağlamda, atletik performansı desteklemek, iyileşmeyi hızlandırmak ve vücut kompozisyonunu optimize etmek amacıyla çeşitli besin destekleri incelenmektedir (5,6).

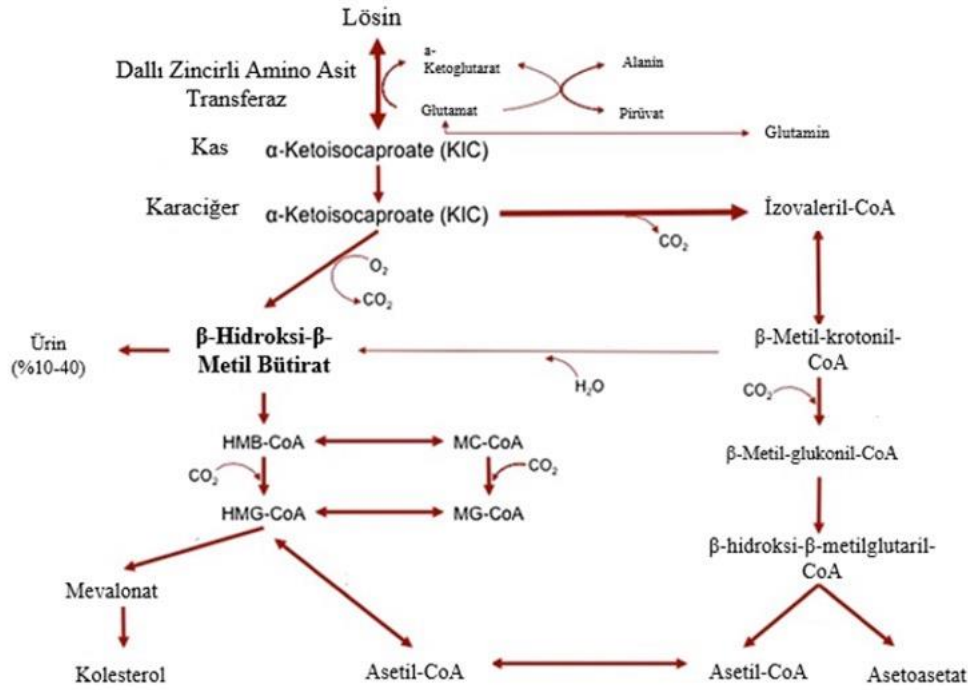
Bu takviyeler arasında öne çıkan bileşiklerden biri esansiyel amino asit olan lösinin metaboliti β -hidroksi- β -metilbütirat (HMB)'tir (7). HMB, vücutta kas protein metabolizmasında çoklu roller üstlenerek; özellikle protein yıkımını yavaşlatma (anti-katabolik etki) ve protein sentezini artırma (anabolik etki) potansiyeli nedeniyle ergojenik besin desteği olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (7,4,8). HMB'nin etki mekanizmalarının, iki ana yolla çalıştığı düşünülmektedir: Birincisi, hücre içi protein yıkımını düzenleyen ana sistem olan ubiquitin-proteazom proteolitik yolunu inhibe etmesiyle ikinci yol ise, kas proteini sentezini başlatan anahtar kinaz olan mTOR (mammalian target of rapamycin) sinyal yolu aracılığıyla protein sentezini doğrudan veya dolaylı olarak uyarmasıdır (7-9). Eş zamanlı olarak anti-katabolik etkisini, kas atrofisi ile ilişkili ubiquitin-proteozom sistemini ve otofaji-lizozom yolağını inhibe ederek gösterir (10). Mevcut literatürde tanımlanan ana mekanizmalara ek olarak HMB'nin, sarkoplazmik retikulumdan kalsiyum salınımını artırarak uyarılma-kasılma eşleşmesini iyileştirdiği düşünülmektedir. HMB'nin, büyüme hormonu (GH) ve İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü-1 (IGF-1) eksenini aktive ederek anabolik etkiyi desteklediği bildirilmektedir (11). Ayrıca HMB, HMG-CoA redüktaz yoluyla kolesterol sentezinde bir öncü olarak sarkolemma (kas zarı) bütünlüğünü stabilize edebilir, böylece kas hasarını azaltabilir (4). Son olarak HMB, MAPK/ERK ve PI3K/Akt yolları üzerinden miyojenik düzenleyici faktörlerini uyararak kas kök hücreleri olan uydu hücrelerinin aktivasyonunu, çoğalmasını ve farklılaşmasını artırır, böylece kas rejenerasyon kapasitesini güçlendirir (12). HMB, genellikle kalsiyum tuzu (HMB-Ca) veya serbest asit formu (HMB-FA) olarak takviye edilir (13). HMB takviyesinin sporcular üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların, sonuçları tutarsız olmasına rağmen, genel olarak faydalı sonuçlar bildirilmiştir. HMB'nin direnç antrenmanı ile kombinasyonu hem antrenmansız hem de antrenmanlı bireylerde yağsız vücut kütlesi (FFM) ve kuvvet/güç artışlarını desteklediği bulunmuştur (7,9). Özellikle güreş gibi dövüş sporları ile uğraşan yüksek düzeyde antrenmanlı sporcularda 12 haftalık HMB takviyesi, plasebo grubuna kıyasla yağsız kütleyi artırmış ve yağ kütlesini azaltmıştır. Bu tür sporlarda önemli olan anaerobik pik güç, ortalama güç ve egzersiz sonrası laktat konsantrasyonlarında da belirgin artışlar gözlemlenmiştir (8). Dayanıklılık sporcularında yapılan araştırmalarda ise HMB'nin maksimum oksijen tüketimi, ventilasyon eşiği (VT) ve kan laktat birikiminin başlangıcı (OBLA) gibi yorgunluk eşiği ölçümlerinde iyileşmelerle aerobik performansı artırabileceğini göstermektedir (14). Ayrıca yoğun egzersizlerden sonra HMB-FA takviyesi, kas hasarı belirteçlerindeki kreatin kinaz (CK) artışını önemli ölçüde azaltabilir (15). Bununla birlikte, HMB'nin etkinliği; bireylerin antrenman geçmişi, uygulanan antrenman programının özellikleri ve ortaya çıkan akut kas hasarının şiddeti gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.

HMB beş karbonlu bir organik asit olarak, esansiyel dallı zincirli amino asit olan lösinin ve α -ketoizokaproik asidin (KIC) metabolitidir (16, 17). HMB, hem insanlarda hem de diğer hayvanlarda doğal olarak üretilmektedir. Doğal olarak HMB içeren besinler arasında greyfurt ve kedi balığı gibi hem bitkisel hem de hayvansal gıdalar bulunmaktadır (18, 4).

Lösin, kas kütlesi ve performans üzerinde faydalı etkiler sağlayan bir sinyal molekülü olarak bilinmektedir. Bu etkilerin kısmen lösinin spesifik bir metaboliti olan HMB aracılığıyla sağlandığı düşünülmektedir (19).

Ancak, fizyolojik koşullar altında lösinin sadece yaklaşık %5'i HMB'ye dönüştürülür. Endojen HMB üretimi günde yaklaşık 0.2–0.4 gram civarındadır. İnsan çalışmalarında kullanılan tipik günlük HMB dozu olan 3 gramı elde etmek için, bir bireyin yaklaşık 60 gram lösin tüketmesi gerekir. Bu miktarda lösin alımı için 600 gramdan fazla yüksek kaliteli protein tüketilmesi gerektiğinden, bu pratik değildir. Bu nedenle HMB seviyeleri tipik olarak diyet takviyesi yoluyla arttırılır (20). Olası nitrojen tutucu etkilerinden dolayı HMB, birçok direnç antrenmanı yapan atlet tarafından, kas hasarını önlemek ve yoğun fiziksel eforla ilişkili kas yıkımını veya proteolizi baskılamak için besinsel ergojenik destek olarak kullanılmaktadır (21).

HMB'nin metabolik üretimi, dallı zincirli amino asit olan lösinin transaminasyonu ile başlar (Şekil 1). Lösin, genellikle hücre dışında yer alan dallı zincirli amino asit transferaz enzimi ile geri dönüşümlü olarak ara metabolit olan KIC'a dönüştürülür (16). KIC, daha sonra iki farklı yol izler. KIC'nin büyük bir kısmı mitokondrideki alfa-ketoasit dehidrojenaz enzimi tarafından izovaleril-CoA'ya metabolize edilir. KIC'nin küçük bir kısmı ise sitozoldeki alfa-ketoisokaproat dioksijenaz enzimi tarafından HMB'ye dönüştürülür. Vücuttaki KIC'nin büyük bir kısmı izovaleril-CoA'ya metabolize olduğundan, lösinin sadece yaklaşık %5'i HMB'ye dönüştürülür (18). HMB'nin birincil metabolik sonucunun, kolesterol biyosentezinin bir öncüsü olan HMG-CoA'ya dönüştürülmesi olduğu düşünülmektedir (22).



Şekil 1. HMB Metabolizması.

Besin takviyesi olarak HMB'nin iki ana formu (HMB-Ca, HMB-FA) kullanılmaktadır. İlk formu, Ca(HMB)₂-H₂O ampirik formülüne sahip bir monohidratlı kalsiyum tuzudur ve genellikle kapsül formunda takviye edilir. İkinci form olan HMB Serbest Asit, Beta-hidroksi-beta-metilbütirik asit olarak adlandırılır ve jel veya sıvı formunda uygulanmaktadır. HMB'nin plazmaya geçiş hızı; miktara, doza ve ek besinlerle tüketilip tüketilmediğine bağlıdır (19).

Zirve plazma zamanı parametresinde HMB-Ca formunun bir gramı 120 dakikada pik yaparken, HMB-FA formu 30-38 dakikada pik yapmaktadır. Zirve plazma konsantrasyonunda da HMB-FA, HMB-Ca formuna göre neredeyse iki kat (HMB-FA: 249 nmol/L, HMB-Ca: 131 nmol/L) plazma konsantrasyonuna sahiptir (23). HMB-Ca formunun plazma yarılanma ömrü 2.5 saat iken HMB-FA formunun yarılanma ömrü yaklaşık 3 saattir (22). Benzer şekilde HMB-FA formunun plazma klirensi HMB-Ca formuna göre %25 daha fazladır (17). Mevcut literatür kaynaklarına göre HMB-FA'nın, HMB-Ca'ya göre daha hızlı biyoyararlanım sağladığını gösterse bile çalışmaların çoğu HMB-Ca üzerinden yürütülmüştür. Bu durum HMB'nin kapsül formunun tüketim kolaylığından kaynaklanabilir.

Bu makale, sporcu beslenmesi bağlamında HMB'nin metabolik rolünü ve iki farklı formunun (HMB-Ca ve HMB-FA) fizyolojik mekanizmalarını inceleyerek, HMB takviyesinin sporcularda vücut kompozisyonu ve fiziksel performans üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Yöntem

Bu çalışma, HMB takviyesinin sporcularda fiziksel performans ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkilerini inceleyen kapsamlı geleneksel bir derleme niteliğindedir. Çalışma kapsamında PubMed, ScienceDirect, Google Books, Google Scholar, Web of Science ve DergiPark veri tabanlarında tarama yapılmıştır. Taramada kullanılan anahtar kelimeler "HMB", "Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate", "Athlete Performance", "Muscle Damage", "Body Composition" ve Türkçe karşılıklarıdır. Literatür taramasında son 25 yılı kapsayan (2000-2025), özellikle randomize kontrollü çalışmalar ve güncel meta-analizler öncelikli olarak değerlendirilmiştir.

HMB'nin Performans, Kas Gücü ve Kas Hasarı Üzerine Etkileri

Egzersizden kaynaklanan kas hasarı, kas onarımını kolaylaştırmak için bir dizi inflamatuvar yanıt başlatmaktadır (24). Süreç sırasında, Tümör Nekroz Faktör- α (TNF- α) gibi güçlü proinflamatuvar sitokinler, kas hasarı bölgesine sızan dolaşımdaki monositler ve makrofajlar tarafından salınır. TNF- α , doku parçalanmasını başlatmak için nötrofillerin ve makrofajların kas hasarı bölgesine göçünün sinyalini vermede rol oynar. Enflamatuvar sitokinlerin Interlökin-1 (IL-1), Interlökin (IL-6) ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) nötrofil salınımı üzerine etkisi vardır. Bu süreçte önemli hücre parçalanması meydana gelir ve bu da kas kasılma işlev bozukluğuna, katabolizmanın artmasına ve miyojenezin azalmasına neden olur (25). HMB takviyesi, proteolizi engelleyerek, protein sentezini uyararak kas kaybını azalttığı ve yağsız vücut kütlesi kazanımlarını teşvik ettiği gösterilmiştir. Ek olarak, HMB takviyesi, direnç egzersizi sonrasında dolaşımdaki kreatin kinaz (CK) gibi kas hasarı belirteçlerini azaltır (26). HMB takviyesi ile ilgili çeşitli çalışmalar takviye kullanan kişilerde egzersizden kaynaklı kas hasarı belirteçlerini azalttığını aynı zamanda İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü-1 (IGF-1) gibi belirteçlerin dolaşımdaki miktarını arttırdığını bildirmiştir. Tablo 1'de HMB'nin kas hasarı ile ilişkili olan belirteçler üzerine etkisi derlenmiştir.

HMB takviyesinin dolaşımdaki IGF-1 ve IGFBP düzeyleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmada yüksek yoğunluklu askeri egzersizle beraber HMB-FA (3 gr/gün) takviyesi kullanan askerlerde plasebo grubuna kıyasla IGF-1 seviyelerinde anlamlı bir fark görülmemiştir. Ancak, HMB kullanımı IGFB-7 konsantrasyonlarını arttırmıştır (27). HMB'nin dolaşımdaki TNF- ve TNF-1 konsantrasyonları üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmada HMB-FA (3 gr/gün) kullanımının egzersize bağlı dolaşımdaki inflamatuvar belirteçlerin (TNF-IP ve TNFR-1) ekspresyonlarını zayıflattığı belirtilmiştir (28). Literatürde HMB kullanımıyla birlikte egzersizin neden olduğu inflamatuvar belirteçlerin azaltıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur (29,30). Teixeira ve ark. (31) yapmış oldukları çalışmada diğer çalışmaların aksine HMB kullanımının direnç egzersizlerine yanıt olarak salgılanan inflamatuvar belirteçlerin artışı hafifletmediğini belirtmişlerdir. Gonzalez ve ark. (32) HMB kullanımı ve katılımcıların antrenman sonrasında soğuk su tedavisi yöntemlerinin egzersizi takiben kas hasarı belirteçlerini değerlendirmek üzere yapmış olduğu çalışmada; araştırmacılar 40 direnç antrenmanı konusunda eğitilmiş olan erkekleri 4 eşit gruba (plasebo, HMB, HMB+Soğuk su, Soğuk su+plasebo) ayırmıştır. 3 gr/gün HMB-FA takviyesi alan ve soğuk su tedavisi uygulanan grupta egzersizden 30 dakika sonraki kan miyogloblin seviyeleri diğer gruplara kıyasla anlamlı yüksek bulunmuştur. Aynı zamanda bu grupta diğer gruplara kıyasla CRP düzeyleri daha düşük bulunmuştur.

HMB takviyesi elit sporcularda (direnç, rugby, kürek gibi) FFM artışı, yağ kütlesi kaybı, kas aerobik ve anaerobik güç artışı ile ilgili literatürde hatırı sayılır sayıda çalışma bulunmaktadır. Durkalec-Michalski ve ark. (8) profesyonel 57 dövüş sporcusu ile yaptığı çalışmada günde 3 gram HMB-Ca takviyesi yapılan grupta plasebo grubuna kıyasla yağsız kütle artışı ve yağlı kütle kaybını bildirmiştir. Aynı zamanda çalışma grubunda takviyeyle birlikte anaerobik tepe gücü, ortalama güç ve maksimum hızda plaseboya kıyasla önemli artışlar olduğunu belirtmiştir. Benzer çalışmada 27 elit rugby oyuncusunda 11 haftalık günde 3 gram HMB-Ca takviyesi yoğun antrenman günlerinde vücut ağırlığı kazanımı sağlarken plasebo grubunda vücut ağırlığı kaybı gözlenmiştir (33).

Tablo 1. HMB'nin egzersizin neden olduğu kas hasarıyla ilişkili olarak etkilerinin özeti.

Kaynak	Çalışma Türü	Örneklem Büyüklüğü	Egzersiz Türü ve Süresi	Takviye Dozu	Sonuç
27	Çift kör kontrollü çalışma	13 erkek HMB:6 Plasebo:7	23 gün Yüksek yoğunluklu askeri antrenman	HMB-FA: 3 gr/gün	IGF-1 anlamlı bir fark yok. HMB grubunda IGFB-7 düzeyinde azalma
28	Çift kör randomize kontrollü çalışma	40 erkek HMB: 10 Plasebo: 10 HMB-CWI: 10 Plasebo-CWI: 10	48 saat yüksek yoğunluklu direnç egzersizi (squat, deadlift, split squat)	HMB-FA: 3 gr/gün	HMB gruplarında, iyileşme sırasında dolaşımdaki TNF-IP ve TNFR1 ekspresyonunu zayıflattığı bildirilmiştir.
29	Çift kör randomize kontrollü çalışma	17 erkek Muscle Armor: 8 Plasebo: 9	12 haftalık tüm vücut direnç egzersizi	12 hafta Muscle Armor içerisinde 3 gr/gün HMB-Ca	HMB içeren bir amino asit takviyesinin, akut ve kronik direnç egzersizine yanıt olarak hasarın immünomodülasyonunda ve onarım döngüsünde rol oynayabileceğine dair bulgular bildirilmiştir.
31	Çift kör randomize kontrollü çalışma	40 erkek a-HICA:10 HMB-Fa:11 HMB-Ca:9 Plasebo:10	8 haftalık haftada 3 gün direnç antrenmanı	a-HICA: 1,5 gr/gün HMB-FA: 3 gr/gün HMB-Ca: 3 gr/gün	IL-6, CRP ve TNF- α inflamatuvar belirteçlerinde gruplar arasında fark yok.
30	Randomize kontrollü çalışma	13 erkek HMB:6 Plasebo:7	23 gün boyunca İlk 10 gün: İleri düzey askeri idman 11.-17. günler: dinlenme 18.-23. günler: minimum uyuma-dinlenme ve aşırı askeri antrenman	HMB-FA: 3 gr/gün	HMB grubunda TNF-a ve IL-10 değerleri daha düşük. HMB takviyesinin IF- γ , IL-8 ve adduktor magnus kas hacmini artırması muhtemel olduğu bildirilmiştir
32	Randomize kontrollü çalışma	40 erkek Plasebo:10 HMB:10 HMB-CWI:10 CWI-Plasebo:10	Tek günlük Deadlift, Squat ve Split squattan oluşan direnç egzersizi	HMB-FA: 3 gr/gün CWI: 10 dakika 10-12oC sıcaklıktaki su	HMB-CWI grubunda egzersizden 30 dk sonraki miyogloblin seviyesinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. HMB-CWI tekrar başına ortalama güçte önemli ölçüde daha fazla iyileşme göstermiştir.

IGF: İnsülin benzeri büyüme faktörü, IGFBP: İnsülin benzeri büyüme faktörü bağlayıcı protein, TNF: Tümör nekroz faktör, CWI: Soğuk su uygulaması, IFN: Interferon, IL: Interlökin,, CRP: C-reaktif protein, a-HICA: a-hidroksiizokaproik asit.

Bu çalışmaların aksine Teixeira ve ark. (34) direnç egzersizi uygulanan antrenmanlı bireylerde ne HMB-Ca ne HMB-FA ne de α -hidroksiizokaproik asit (α -HICA) takviyesinin plaseboya kıyasla vücut analizlerinde anlamlı bir fark ortaya koymadığını bildirmiştir (34). Elit sporcular birden fazla besinsel destek kullanabilmektedir. HMB takviyesi ile birlikte L-Arginin α -ketoglutarat takviyesinin alt ekstremite gücü ve kas hasarının incelendiği çalışmada 34 orta mesafe koşucusu (HMB+ L-Arginin α -ketoglutarat: 19, plasebo:15) iki gruba ayrılmıştır. Çalışmaya katılan sporculara 12 gün boyunca ısınma, orta mesafe koşu ve zıplama egzersizleri ile birlikte çalışma grubuna günde 7,5 gram HMB ve 10 gram α -ketoglutarat takviyesi verilmiştir. Çalışmanın sonunda, takviye grubunda takviyeyle birlikte sıçrama performansındaki düşüşü önlediği bildirilmiştir (13). Sporcularda kreatin monohidrat (CrM) takviyesi en çok kullanılan kanıt düzeyi yüksek takviye ürünlerinden biridir. Sporcularda sıklıkla CrM ve HMB takviyesi birlikte kombine edilmektedir. Bu bağlamda elit kürekçilerde kombine CrM ve HMB takviyesinin spor performansına etkilerinin incelendiği çalışmada 28 erkek kürekçi HMB, CrM, HMB+CrM ve plasebo olmak üzere üzere dört eşit gruba ayrılmıştır. Takviye yapılan gruplarda CrM 0,4 gram/kg/gün verilirken HMB-Ca 3 gram/gün verilmiştir. Çalışma sonunda aerobik gücün kombine takviye yapılan grupta diğer gruplara kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada her iki takviyenin sinerjistik etki gösterdiği bildirilmiştir (35). CrM ve HMB kombinasyonun değerlendirildiği başka bir çalışmada ise kombine takviyenin tek başına CrM takviyesine kıyasla daha büyük bir ergojenik destek sağlamadığı bildirilmiştir (36). Sporcularda ATP takviyesi yüksek yorucu antrenmanlarda performansı koruyan besinsel ergojenik yardımcıdır. Lowery ve ark. (15) tarafından 12 haftalık üç fazdan oluşan (Faz I: periyodik direnç antrenmanı, Faz II: Aşırı yüklenme, Faz III: Azaltılmış antrenman yükü) direnç antrenmanı ile birlikte kombine ATP (400 mg/gün) ve HMB-FA (3 gram/gün) takviyesinin egzersiz sonrasındaki iskelet kası kapasitesinin değerlendirildiği çalışmada kombine takviyenin yağsız vücut kütlesi artışıyla birlikte, kuvveti ve gücü arttırdığı belirtilmiştir. HMB takviyesinin kas gücü, kuvveti, aerobik güç, anaerobik güç ve kas hasarı üzerine etkilerinin derlendiği çalışmalar Tablo 2’de verilmiştir.

Güvenilirliği

HMB takviyesi, sezon boyunca devam eden kas hasarını sınırlamak ve atletik performansı sürdürmek için başka bir strateji olabilir. HMB'nin protein dengesini olumlu yönde etkilediği ve dolayısıyla yağsız kütle ve performansı etkileyebileceği düşünülmektedir (36). HMB'nin kuvvet ve yağsız kütle üzerindeki etkileri az, kas hasarı üzerindeki etkileri belirsiz olsa da HMB-FA desteği son raporlarda “steroid benzeri” kuvvet kazanımı, güç ve yağsız kütle artışı ve kas hasarında azalma ile ilişkilendirilmiştir (37). HMB'nin güvenilirliği hem genç hem de yaşlı popülasyonlarda geniş çapta incelenmiş bu bağlamda Uluslararası Spor Beslenmesi Derneği (ISSN) tarafından, HMB-Ca ve HMB-FA'nun kronik tüketiminin, insanlarda en az bir yıl süreyle oral takviye için güvenli olduğu sonucuna varılmıştır (15). Yüksek doz HMB tüketiminin etkilerinin incelendiği araştırmada elde edilen verilere göre bir ay boyunca 6 gram HMB tüketiminin (önerilen dozu iki katı kadar) kolesterol, hemoglobin, beyaz kan hücreleri, kan glukozu, karaciğer veya böbrek fonksiyonları üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmamıştır (38). Benzer şekilde uzun süreli kullanımının etkilerinin incelendiği başka bir araştırmada; yaşlı bireylerde HMB-Ca'nın amino asitlerle (arginin ve lizin) kombinasyon halinde bir yıl boyunca günlük 2-3 g dozda tüketilmesi kan ve idrar belirteçlerinde herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır (39). Ratlarda yapılan bir çalışmada ise 91 gün boyunca diyetle %5'e kadar HMB-Ca tüketmelerinde herhangi bir olumsuz etki gözlenmemiştir. Bu durum 81 kg'lık bir insan için Hiçbir Olumsuz Etkinin Görülmediği Düzeyinin (NOAEL), neredeyse günlük 50 g HMB-Ca tüketimine eşdeğer bir dozaja denk geldiği belirtilmiştir (40). Mevcut veriler hem genç hem de yaşlı popülasyonlarda HMB tüketiminin güvenli olduğunu güçlü bir şekilde desteklemektedir (19, 41, 42).

Tablo 2. HMB'nin fiziksel performans üzerine etkilerinin özeti.

Kaynak	Çalışma Türü	Çalışma grubu	Egzersiz türü ve süresi	Takviye Dozu	Sonuç
43	Randomize kontrollü çalışma	18 erkek HMB-WHEY: 6 HMB:6 WHEY:6	12 gün Dirsek fleksör eksenrik egzersiz (6x7)	HMB-Ca: 3 gr/gün WHEY: 36,6 gr/gün	Kombine takviye alımında egzersiz sonrasında CK ve LDH önemli ölçüde artmıştır.
44	Çift kör randomize kontrollü çalışma	28 erkek HMB 2 hafta: 10 HMB 4 hafta: 10 Plasebo: 8	2 hafta ve 4 hafta %100 yoğunlukta dirsek ECC (10x6)	HMB-Ca: 3 gr/gün	MVC torqu ve ROM, HMB 2 haftalık ve HMB 4 haftalık gruplarında ECC'lerden sonra plasebo grubuna göre anlamlı derecede yüksek.
8	Çift kör randomize kontrollü çalışma	Dövüş sporcusu olan 57 erkek (13 güreş, 12 judo, 17 jiu-jitsu) HMB: 28 Plasebo: 29	12 hafta Yüksek yoğunlukta dövüş antrenmanı	HMB-Ca: 3 gr/gün	HMB takviyesinin ardından plaseboya kıyasla yağsız vücut kütle artışıyla birlikte yağ kütlelerinde azalma olmuştur. Bununla birlikte, HMB takviyesi sonrasında solunum eşiğine ulaşma süresi, eşik yükü ve eşik HR ayrıca anaerobik tepe gücü, ortalama güç ve maksimum hız göstergeleri plaseboya kıyasla önemli ölçüde artmıştır.
45	Çift kör randomize kontrollü çalışma	20 erkek HMB:10 Plasebo:10	2 hafta %100 yoğunlukta dirsek eksenrik kasılma	HMB-Ca: 1,5 gr/gün	MVC torqu ve ROM değerleri HMB grubunda anlamlı derecede daha yüksek.
35	Çift kör randomize kontrollü çalışma	28 erkek PL:7 CrM:7 HMB:7 CrM-HMB:7	10 hafta boyunca günde 90 dakika kürek antrenmanı	CrM: 0,4 gr/kg/gün HMB-Ca: 3 gr/gün	Aerobik güç CrM-HMB grubunda diğer gruplara kıyasla anlamlı derecede yüksek.
33	Randomize kontrollü çalışma	27 elit rugby sporcusu HMB:13 Plasebo: 14	11 hafta yüksek yoğunlukta rugby antrenmanları	HMB-Ca: 3gr/gün	Takviye döneminde vücut ağırlığı HMB ile artarken plasebo ile azalmıştır
46	Çift kör randomize kontrollü çalışma	24 erkek sporcu HMB: 12 Plasebo: 12	12 hafta direnç antrenmanı (bench press, squat, deadlift) ve sıçrama 3 aşamada yapılmıştır. 1. faz: 8 haftalık direnç antrenmanı 2. faz: 2 haftalık aşırı yükleme 3. faz: 2 hafta azaltılmış yüklenme	HMB-FA: 3 gr/gün	HMB-FA, 12 haftalık antrenman boyunca toplam kuvvette (bench press, squat ve deadlift kombinasyonu) ve dikey sıçrama gücünde artışla sonuçlanmıştır. Aşırı yükleme sırasında HMB-FA, takviyesi sırasıyla CK ve kortizoldeki artışları hafifletmiştir.
47	Çift kör randomize kontrollü çalışma	16 erkek profesyonel kürekçi HMB: 10 Plasebo: 6	12 hafta boyunca kürek antrenmanı	HMB-Ca: 3gr/gün	HMB takviyesi Vo2max değerlerini artırırken yağ kütlelerini azaltmıştır.

Kaynak	Çalışma Türü	Çalışma grubu	Egzersiz türü ve süresi	Takviye Dozu	Sonuç
48	Randomize kontrollü çalışma	37 katılımcı (22 erkek, 15 kadın) Kontrol: 9 Plasebo: 14 HMB: 14	4 hafta boyunca HIIT	HMB-FA 3 gr/gün	HIIT ile birlikte HMB takviyesinin eklenmesinin dayanıklılık performansı ölçümlerini iyileştirdiği görülmüş.
14	Çift kör randomize kontrollü çapraz geçişli çalışma	58 erkek Güreş: 12 Judo: 10 Jiu-jitsu: 14 Karate: 6 Kürekçi: 16	24 hafta boyunca spora özgü antrenman	HMB-Ca: 3 gr/gün Her atlet 12 hafta HMB sonrasında 10 gün temizlenme sonrasında 12 hafta plasebo	HMB takviyesi VO2maxı arttırmıştır. HMB grubunda testosteron düzeyleri ve yağsız kütle artmıştır.
13	Çift kör randomize kontrollü çalışma	14-17 yaş arasındaki 34 koşucu Plasebo: 15 HMB- α -ketoglutarat: 19	12 gün boyunca ısınma, maksimum kalp atış hızının %60-75'inde 10 dakikalık koşu ve sıçrama antrenmanı	HMB-Ca: 7,5 gr/gün a-ketoglutarat: 10 gr/gün	Çalışma grubunda kullanılan takviye kombinasyonunun zıplama değerlerinde azalmayı önlediği gösterilmiştir.
49	Çift kör randomize kontrollü çalışma	15 erkek WHEY-Plasebo: 7 WHEY-HMB: 8	12 hafta boyunca haftada 4 gün direnç antrenmanı	HMB-Ca: 3 gr/gün WHEY: 30 gr/gün	Tüm vücut ve segmental yağsız vücut kütlelerinde her iki grupta da artış belirtilmiştir. Bacak yağsız kütledeki kazanımlar WHEY+PL'ye kıyasla WHEY+HMB'de daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

CK: Kreatin kinaz, LDH: Laktat dehidrogenaz, ECC: Eksantrik kasılma, MVC: Maksimum istemli kasılma, ROM: Eklem hareket açıklığı, HR: Kalp atış hızı, HIIT: Yüksek yoğunluklu aralıklı antrenman.

Sonuç ve Öneriler

Bu derleme, HMB takviyesinin sporcularda fiziksel performans ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkilerini, HMB-Ca ve HMB-FA formlarının fizyolojik mekanizmalarını ve güvenilirliğini kapsamlı bir şekilde analiz etmek amacıyla yapılmıştır. HMB takviyesi, sporcu beslenmesi disiplininde kas kütlelerini korumak, performansı artırmak ve toparlanma sürecini optimize etmek için kullanılan çok yönlü bir ergojenik destektir. Yapılan kapsamlı inceleme sonucunda; HMB takviyesinin direnç antrenmanları ile kombine edildiğinde hem antrenmansız hem de antrenmanlı bireylerde yağsız vücut kütlesi FFM ve kuvvet/güç artışlarını desteklediği belirlenmiştir. Dayanıklılık sporcularında yapılan çalışmalar ise, HMB'nin maksimal oksijen tüketimi, ventilasyon eşiği ve kan laktat birikiminin başlangıcı gibi yorgunluk eşiği ölçümlerinde iyileşmelerle aerobik performansı artırabileceğini göstermektedir. Hatta bazı sporcularda CrM ile HMB'nin kombine takviyesinin tek başına diğer takviyelere kıyasla aerobik gücü daha yüksek oranda artırarak sinerjistik bir etki gösterdiği bildirilmiştir. Sonuç olarak mevcut literatür verileri doğrultusunda HMB takviyesi sporcularda güvenilir ve etkin bir besin desteğidir.

Ayrıca HMB'nin anti-katabolik etkileri sayesinde yoğun egzersizlerden sonra kas hasarı belirteçlerindeki artışı önemli ölçüde azaltabildiği tespit edilmiştir. HMB, yaygın olarak HMB-Ca ve HMB-FA formlarında takviye edilmektedir. HMB-FA formu zirve plazma konsantrasyonuna HMB-Ca'ya göre çok daha kısa sürede ulaşmakta ve neredeyse iki kat daha yüksek zirve plazma konsantrasyonuna sahip olması nedeniyle daha hızlı bir biyoyararlanım sağlamaktadır. Ancak çalışmaların çoğunda HMB-Ca formu şeklinde takviye edilmektedir. HMB takviyesinin hem genç hem de yaşlı popülasyonlarda güvenilirliği geniş çapta incelenmiş ve Uluslararası Spor Beslenmesi Derneği (ISSN) tarafından HMB-Ca ve HMB-FA'nın kronik tüketiminin en az bir yıl süreyle güvenli olduğu sonucuna varılmıştır. Önerilen dozun (3 gr/gün) iki katı HMB tüketiminin bile karaciğer veya böbrek fonksiyonları üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı belirtilmiştir.

HMB-FA'nın üstün biyoyararlanım profili göz önüne alındığında, akut kas hasarını hafifletmek ve iyileşmeyi hızlandırmak amacıyla yüksek yoğunluklu antrenmanlardan hemen önce veya antrenman sırasında HMB-FA formunun kullanılması önerilmektedir. Ancak, HMB-FA formuna dair literatür henüz sınırlı olmakla birlikte her iki formun birbiri üzerindeki etkisini değerlendirmek için doğrudan karşılaştırmalı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Kronik adaptasyonlar için HMB-Ca formu (3 gr/gün) günlük diyetle dahil edilebilir. HMB'nin etkinliğinin bireylerin antrenman geçmişi, uygulanan antrenman programının özellikleri ve akut kas hasarının şiddeti gibi faktörlere bağlı olarak değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Beslenme ve egzersiz uzmanları HMB takviyesi protokollerini sporcunun antrenman yoğunluğuna ve dönemsel hedeflerine göre bireyselleştirmelidir. Gelecek çalışmalar, HMB-FA'nın uzun dönemli etkilerini daha geniş örneklem gruplarında HMB-Ca ile doğrudan kıyaslamaya odaklanmalıdır.

Etik Beyan: Bu çalışma için etik kurul onayı alınmamış, tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davranılmış, yararlanılan tüm kaynaklara metin içinde atıfta bulunulmuş ve kaynakçada belirtilmiştir.

Yazarların Katkıları: Çalışma konsepti/tasarımı: YEÇ, DÖD – Veri Toplama: YEÇ – Veri analizi/yorumlama: YEÇ – Makalenin yazımı: YEÇ, DÖD – İçeriğin eleştirel incelenmesi: YEÇ, DÖD – Son onay ve sorumluluk: YEÇ, DÖD – Süpervizyon: YEÇ, DÖD.

Akran Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Çıkar çatışması yoktur.

Finansal Destek: Finansal destek yoktur.

Teşekkür: Teşekkür açıklaması yoktur.

Diğer Beyanlar: Yoktur.

Kaynaklar

1. Stout JR, Kreider RB, Candow DG, et al. The birth of modern sports nutrition: tracing the path from muscle biopsies to creatine supplementation-A narrative review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2025;22(sup1):2463373. doi: 10.1080/15502783.2025.2463373
2. Fink HH, Mikesky AE. *Practical applications in sports nutrition*. 5th ed. Burlington, Massachusetts: Jones & Bartlett Learning, 2018.
3. Robinson EH, Stout JR, Miramonti AA, et al. High-intensity interval training and β -hydroxy- β -methylbutyric free acid improves aerobic power and metabolic thresholds. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2014;11:16. doi:10.1186/1550-2783-11-16
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. *Nutrition & Metabolism*. 2008;5:1. doi:10.1186/1743-7075-5-1
5. Burke LM, Castell LM, Casa DJ, et al. International association of athletics federations consensus statement 2019: nutrition for athletics. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2019;29(2):73-84.
6. Nieman DC. Current and novel reviews in sports nutrition. *Nutrients*. 2021;13(8):2549. doi: 10.3390/nu13082549
7. 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. *Journal of Human Kinetics*. 2019;68:211–222.
8. 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.
9. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, et al. β -Hydroxy- β -methylbutyrate free acid reduces markers of exercise-induced muscle damage and improves recovery in resistance-trained men. *The British Journal of Nutrition*. 2013;110(3):538–544.
10. Zanchi NE, Gerlinger-Romero F, Guimarães-Ferreira L, et al. HMB supplementation: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action. *Amino Acids*. 2011;40(4):1015-25.
11. Pimentel GD, Rosa JC, Lira FS, et al. β -Hydroxy- β -methylbutyrate (HM β) supplementation stimulates skeletal muscle hypertrophy in rats via the mTOR pathway. *Nutr Metab (Lond)*. 2011;8(1):11. doi: 10.1186/1743-7075-8-11
12. Alway SE, Pereira SL, Edens NK, Hao Y, Bennett BT. β -Hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) enhances the proliferation of satellite cells in fast muscles of aged rats during recovery from disuse atrophy. *Exp Gerontol*. 2013;48(9):973-84.
13. Kaczka P, Kubicka K, Batra A, et al. Effects of Co-Ingestion of β -Hydroxy- β -Methylbutyrate and L-Arginine α -Ketoglutarate on jump performance in young track and field athletes. *Nutrients*. 2021;13(4):1064. doi:10.3390/nu13041064
14. Durkalec-Michalski K, Jeszka J. The effect of β -Hydroxy- β -Methylbutyrate on aerobic capacity and body composition in trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016;30(9):2617–2626.
15. Lowery RP, Joy JM, Rathmacher JA, et al. Interaction of Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate free acid and adenosine triphosphate on muscle mass, strength, and power in resistance trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016;30(7):1843–1854.
16. Gepner Y, Varanoske AN, Boffey D, Hoffman JR. Benefits of β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation in trained and untrained individuals. *Research in Sports Medicine*. 2019;27(2):204–218.

17. Fuller JC Jr, Sharp RL, Angus HF, Baier SM, Rathmacher JA. Free acid gel form of β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) improves HMB clearance from plasma in human subjects compared with the calcium HMB salt. *The British Journal of Nutrition*. 2011;105(3):367–372.
18. Rathmacher JA, Pitchford LM, Stout JR, et al. International society of sports nutrition position stand: β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB). *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2025;22(1):2434734. doi: 10.1080/15502783.2024.2434734
19. Wilson JM, Fitschen PJ, Campbell B, et al. International society of sports nutrition position stand: beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB). *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2013;10(1):6. doi:10.1186/1550-2783-10-6
20. Durkalec-Michalski K, Czlapka-Matyasik M, Podgórski T, Marchelek-Myśliwiec M, Nowaczyk PM. High-dose medium-term HMB supplementation did not trigger body composition changes in trained and untrained males under usual conditions or high-intensity functional exercise. *Frontiers in Nutrition*. 2025;12:1681465. doi: 10.3389/fnut.2025.1681465
21. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Sports and Exercise Nutrition*. 4th ed. Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins, 2012.
22. Vukovich MD, Slater G, Macchi MB, et al. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) kinetics and the influence of glucose ingestion in humans. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2001;12(11):631–639.
23. Silva VR, Belozo FL, Micheletti TO, et al. β -hydroxy- β -methylbutyrate free acid supplementation may improve recovery and muscle adaptations after resistance training: a systematic review. *Nutrition Research*. 2017;45:1–9. doi: 10.1016/j.nutres.2017.07.008
24. Peake J, Peiffer JJ, Abbiss CR, et al. Body temperature and its effect on leukocyte mobilization, cytokines and markers of neutrophil activation during and after exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 2008;102(4):391–401.
25. Li YP, Reid MB. Effect of tumor necrosis factor- α on skeletal muscle metabolism. *Current Opinion in Rheumatology*. 2001;13(6):483–487.
26. Panton LB, Rathmacher JA, Baier S, Nissen S. Nutritional supplementation of the leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (hmb) during resistance training. *Nutrition*. 2000;16(9):734–739.
27. Redd MJ, Hoffman JR, Gepner Y, et al. The effect of HMB ingestion on the IGF-I and IGF binding protein response to high intensity military training. *Growth Hormone & IGF Research*. 2017;32:55–59.
28. Townsend JR, Fragala MS, Jajtner AR, et al. β -Hydroxy- β -methylbutyrate (HMB)-free acid attenuates circulating TNF- α and TNFR1 expression postresistance exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2013;115(8):1173–1182.
29. Kraemer WJ, Hatfield DL, Comstock BA, et al. Influence of HMB supplementation and resistance training on cytokine responses to resistance exercise. *Journal of the American College of Nutrition*. 2014;33(4):247–255.
30. Hoffman JR, Gepner Y, Stout JR, et al. β -Hydroxy- β -methylbutyrate attenuates cytokine response during sustained military training. *Nutrition Research*. 2016;36(6):553–563.
31. Teixeira FJ, Matias CN, Monteiro CP, et al. Leucine metabolites do not attenuate training-induced inflammation in young resistance trained men. *Journal of Sports Sciences*. 2019;37(17):2037–2044.
32. Gonzalez AM, Stout JR, Jajtner AR, et al. Effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate free acid and cold water immersion on post-exercise markers of muscle damage. *Amino Acids*. 2014;46(6):1501–1511.
33. McIntosh ND, Love TD, Haszard JJ, Osborne HR, Black KE. β -Hydroxy β -Methylbutyrate (HMB) supplementation effects on body mass and performance in elite male rugby union players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2018;32(1):19–26.

34. Teixeira FJ, Matias CN, Monteiro CP, et al. No effect of HMB or α -HICA supplementation on training-induced changes in body composition. *European Journal of Sport Science*. 2019;19(6):802–810.
35. Fernández-Landa J, Fernández-Lázaro D, Calleja-González J, 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. doi:10.3390/nu12010193
36. 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. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2020;17(1):28. doi:10.1186/s12970-020-00359-4
37. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*. 2018;52(7):439–455.
38. Gallagher PM, Carrithers JA, Godard MP, Schulze KE, Trappe SW. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate ingestion, part II: effects on hematology, hepatic and renal function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000;32(12):2116–2119.
39. Baier S, Johannsen D, Abumrad N, Rathmacher JA, Nissen S, Flakoll P. Year-long changes in protein metabolism in elderly men and women supplemented with a nutrition cocktail of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB), L-arginine, and L-lysine. *JPEN Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2009;33(1):71–82.
40. Baxter JH, Carlos JL, Thurmond J, Rehani RN, Bultman J, Frost D. Dietary toxicity of calcium beta-hydroxy-beta-methyl butyrate (CaHMB). *Food and Chemical Toxicology*. 2005;43(12):1731–1741.
41. Courel-Ibáñez J, Vetrovsky T, Dadova K, Pallarés JG, Steffl M. Health benefits of β -Hydroxy- β -Methylbutyrate (HMB) supplementation in addition to physical exercise in older adults: A systematic review with meta-analysis. *Nutrients*. 2019;11(9):2082. doi: 10.3390/nu11092082.
42. Fitschen PJ, Wilson GJ, Wilson JM, Wilund KR. Efficacy of β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation in elderly and clinical populations. *Nutrition*. 2013;29(1):29–36.
43. Shirato M, Tsuchiya Y, Sato T, et al. Effects of combined β -hydroxy- β -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. doi:10.1186/s12970-016-0119-x
44. 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. *Journal of the American College of Nutrition*. 2019;38(4):373–379.
45. 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. *Journal of the American College of Nutrition*. 2021;40(3):211–218.
46. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, 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. *European Journal of Applied Physiology*. 2014;114(6):1217–1227.
47. 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. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2015;12:31. doi:10.1186/s12970-015-0092-9
48. Miramonti AA, Stout JR, Fukuda DH, et al. Effects of 4 weeks of high-intensity interval training and β -Hydroxy- β -Methylbutyric free acid supplementation on the onset of neuromuscular fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016;30(3):626–634.

49. Stahn AC, Maggioni MA, Gunga HC, Terblanche E. Combined protein and calcium β -hydroxy- β -methylbutyrate induced gains in leg fat free mass: a double-blinded, placebo-controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2020;17(1):16.