

## مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال هشتم، شماره دوم؛

پاییز و زمستان ۱۴۰۰؛ صفحات ۳۴-۴۳

مقاله پژوهشی

Open Access

## بررسی اثر وابسته به دوز مکمل بتا متیل بوتیرات بر شاخص‌های آسیب عضلانی و کبدی ناشی از یک جلسه فعالیت مقاومتی اکسنتریک

الهه سلیمانی رسا<sup>۱</sup>، پیام سعیدی<sup>۲\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۱

## چکیده

**هدف:** آغاز یا تداوم فعالیت بدنی به ویژه برای افراد غیر ورزشکار می‌تواند بدلیل آسیب‌های عضلانی ناشی از فعالیت بدنی به عنوان یک چالش مطرح باشد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر وابسته به دوز مکمل HMB-FA بر شاخص‌های آسیب عضلانی و کبدی، ناشی از یک جلسه فعالیت مقاومتی اکسنتریک با شدت بالا در دختران غیرورزشکار بود. **روش شناسی:** از بین داوطلبین ۲۴ نفر دختر غیرورزشکار به صورت تصادفی با میانگین سنی  $25/87 \pm 1/65$  سال و شاخص توده بدن  $20/97 \pm 1/36$  کیلوگرم بر مترمربع به عنوان نمونه آماری انتخاب شدند. آزمودنی‌ها بطور تصادفی به سه گروه هشت نفری مکمل HMB-FA با دوزهای  $1/5$  (HMB-1.5)،  $3$  (HMB-3) و  $4$  (HMB-4) gr/d تقسیم شدند. آزمودنی‌ها پس از شش روز بارگیری، یک جلسه فعالیت مقاومتی اکسنتریک با شدت  $1-RM$  را اجرا کردند. نمونه‌گیری از خون و ادرار در چهار مرحله شامل قبل از مکمل‌یاری، قبل، بلافاصله بعد و ۲۴ ساعت بعد از فعالیت ورزشی گرفته شدند. به منظور مقایسه نتایج از آزمون تحلیل واریانس  $4 \times 3$  استفاده شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان دادند مصرف دوزهای متفاوت، بر سطوح آنزیم‌های AST، ALT در خون و کراتینین و اوره در ادرار، در هیچ یک از زمان‌های اندازه‌گیری، تاثیر معنی‌داری نداشت. از طرفی بین سطوح آنزیم‌های CK و LDH در سطح درون-گروهی و بین-گروهی تفاوت معنی‌داری وجود داشت ( $P < 0/05$ ). نتایج نشان داد که مقادیر CK و LDH، ۲۴ ساعت پس از فعالیت بین گروه HMB-1.5 با گروه‌های HMB-3 و HMB-4 تفاوت معنی‌داری دارند ( $P < 0/05$ ). **نتیجه‌گیری:** باتوجه به تفاوت معنی‌دار بین مکمل‌یاری با دوز  $1/5$  gr/d با دوزهای  $3$  gr/d و  $4$  gr/d، در شاخص‌های آنزیمی CK و LDH، مصرف دوز  $1/5$  gr/d در پیشگیری از آسیب‌های عضلانی متعاقب فعالیت‌های ورزشی با شدت بالا، توصیه نمی‌شود. همچنین، باتوجه به عدم تفاوت بین دوزهای  $3$  gr/d و  $4$  gr/d در جلوگیری از افزایش معنی‌دار شاخص‌های آسیب عضلانی و کبدی در خون و ادرار، دوز  $3$  gr/d بعنوان دوز بهینه پیشنهاد می‌شود.

## واژه‌های کلیدی: HMB-FA، ورزش مقاومتی برون‌گرا، شاخص‌های آسیب عضلانی.

**نحوه ارجاع:** الهه سلیمانی رسا، پیام سعیدی. " بررسی اثر وابسته به دوز مکمل بتا متیل بوتیرات بر شاخص‌های آسیب عضلانی و کبدی ناشی از یک جلسه فعالیت مقاومتی اکسنتریک ". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۰؛ ۸(۲)، ۳۴-۳۴.

این مقاله با تبعیت از مجوز CC BY 4.0 با دو شرط استناد به نویسنده و استفاده برای مقاصد غیرتجاری به طور رایگان در دسترس می‌باشد. استفاده، توزیع، بازتولید محتوای آن فقط برای اهداف غیرتجاری مجاز است و در غیر این صورت باید از سازنده اثر اجازه گرفته شود.

حق چاپ متعلق به نویسندگان و امتیاز انتشار آن متعلق به مجله "مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش" است که توسط دانشگاه شهید مدنی آذربایجان منتشر می‌شود.

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

DOI: 10.22049/JAHSSP.2021.27368.1380

DOR: 20.1001.1.26766507.1400.8.2.5.1



Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

## Dose response of beta-hydroxy beta-methyl butyrate supplementation (HMB -FA) on muscle and liver damage indices induced by an eccentric resistance exercise session in non-athlete females

Elahe Soleymani Rasa <sup>1</sup>, Payam Saidie <sup>\*2</sup>

Receive 2021 August 12 ; Accepted 2021 October 3

### Abstract

**Aim:** Start or continuation of physical activity can especially be a challenge for non-athletes due to exercise-induced muscle injuries. Therefore, the purpose of this study was to investigate the dose-dependent effects of beta-hydroxy beta-methyl butyrate (HMB -FA) on muscle and liver damage indices induced by high-intensity eccentric resistance exercise in non-athlete girls. **Methods:** 24 non-athlete girls (age= 25.87±1.65 years, BMI=20.97±1.36) selected from volunteers to participate in this study. Participants were randomly divided into three HMB-FA supplementation groups (n=8) with doses of (HMB-1.5) 1.5, (HMB-3) 3, and (HMB-4) 4 g/d. After six days of supplementation, an eccentric resistance session with a maximum intensity of 120% was carried out. Blood and urine samples were collected in 4 stages including before supplementation, before exercise, immediately, and 24 hours after exercise. For comparison of the results, 3×4 variance analysis was used. **Results:** The results showed that different doses of supplementation had no significant effect on blood levels of AST and ALT as well as urine levels of creatinine and urea. However, LDH and CK levels showed significant inter and intragroup differences (p<0.05). Results showed that values of CK and LDH between HMB-1.5 and other groups had significant differences at 24h post-exercise session. **Conclusions:** Considering significant differences in enzymatic indices of CK and LDH between 1.5g/d supplementation with 3 and 4 g/d doses, we conclude that 1.5g/d dose should not be considered as an inhibitor of high-intensity exercise-induced muscle damage. Also since 3 and 4 g/d showed no differences in inhibiting muscle and liver damage indices in blood and urine, the lower dose (3g/d) can be our prescription as the optimal dose.



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit [jahssp.azaruniv.ac.ir](http://jahssp.azaruniv.ac.ir)

<sup>1</sup> MSC of Physiology and Sports Nutrition, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. (Corresponding Author):

Email: [Payam.saidei@gmail.com](mailto:Payam.saidei@gmail.com)

**Keywords:** HMB-FA, Eccentric resistance exercise, muscle damage indices.

*Cite as:* Elahe Soleymani Rasa, Payam Saidie : " Dose response of beta-hydroxy beta-methyl butyrate supplementation (HMB -FA) on muscle and liver damage indices induced by an eccentric resistance exercise session in non-athlete females". Applied Health Studies in Sport Physiology. 2021; 8 (2),34-43.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. © 2021 The Authors. JAHSSP published by Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

DOI: 10.22049/JAHSSP.2021.27368.1380

DOR: 20.1001.1.26766507.1400.8.2.5.1



مقدمه

بیشتر اوقات آسیب عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی (EIMD)<sup>۱</sup>، در نتیجه اجرای فعالیت به صورت اکسنتریک است که ویژگی بارز این نوع انقباض، اعمال فشار مضاعف به نیام و فیبرهای عضلانی و در نهایت آسیب و کوفتگی عضله است (۱). در اثر فشارهای مکرر مکانیکی به خصوص در شکل انقباض اکسنتریک، ورزشکاران در هر سطحی نیاز به بازیافت بیشتری دارند تا بتوانند بار تمرینی را به منظور بهبود عملکرد خود افزایش دهند (۲). با توجه به اینکه بروز آسیب‌های عضلانی و درد و کوفتگی ناشی از آغاز تمرینات در افراد تمرین نکرده از عوامل اصلی واپس زنی ادامه تمرینات محسوب می‌شود (۳)، کاهش آسیب عضلانی می‌تواند به عنوان راهکاری برای جلوگیری از کاهش پایداری به تمرین در غیر ورزشکاران در نظر گرفته شود.

طبق تحقیقات جدید مصرف برخی مکمل‌ها می‌تواند آثار سازنده و مفیدی در جلوگیری از عوارض اجرای تمرینات شدید در پی داشته باشند (۱، ۴). نمونه‌ای از این مکمل‌های غذایی، بتا-هیدروکسی بتا-متیل بوتیرات<sup>۲</sup> (HMB) است که اسید آمینه پیش نیاز برای تولید لوسین است. علاوه بر این ویژگی‌های ضد کاتابولیسم شناخته شده‌ای بواسطه متابولیت آلفا کتوایزو کاپروات (α-ketoisocaproate) HMB نسبت می‌دهند (۵). HMB ظرفیت احیای عضله اسکلتی پس از تمرین شدید را تسهیل کرده و سرعت آن را افزایش می‌دهد، و علاوه بر این نشان داده شده که مکمل‌یاری HMB، سبب تحریک سنتز پروتئین عضلانی و کاهش نشانگرهای آسیب عضلانی و تجزیه پروتئین عضله می‌شود (۵، ۶).

مکمل HMB با دو فرمول شیمیایی تولید می‌شود که عبارتند از ترکیب نمک تک هیدراته یا بتا هیدروکسی بتا متیل بوتیرات-کلسیم (HMB-Ca) و بتا هیدروکسی بتا متیل بوتیرات-اسید آزاد (HMB-Fa). HMB-Fa در دو دهه اخیر تولید و معرفی شده است و مانند شکل قدیمی‌تر خود، اسیدآمینه ضروری در ساخت لوسین است، مقدار سنتز آن در بدن حدود ۰/۲ گرم تا ۰/۴ گرم در روز برآورد می‌شود (۷). از جمله برتری‌های شکل جدید این مکمل می‌توان به زمان کوتاه‌تر جذب نوع آن اشاره کرد (۴). علاوه بر این میزان جذب و مصرف بافت نیز با مکمل (HMB-FA) در مقایسه با (HMB-Ca) بیشتر است. نیمه عمر HMB در پلاسما زمانی که به صورت HMB-FA و HMB-ca مصرف شدند، به ترتیب ۳ و ۲/۵ ساعت گزارش شده است (۸). هنگام بروز فشار در عضله و کبد ساختار و یکپارچگی سلولی به هم ریخته و غشای سلولی دچار شکستگی می‌گردد. در نتیجه آنزیم‌ها و پروتئین‌ها از جمله کراتین کیناز (CK)<sup>۳</sup> لاکتات دهیدروژناز (LDH)<sup>۴</sup> (از سلول عضلانی)، آلانین ترانسفراز، آسپاراتات و آمینو ترانسفراز (از سلول‌های کبدی) به مقدار بیش از حد طبیعی در خون پدیدار می‌شوند (۸-۱۰). مکانیزم‌های احتمالی اثر بخشی HMB در کاهش این آسیب‌ها بر اساس سه مسیر قابل توجه است: الف) توانایی HMB در تبدیل شدن به HMB-CoA ردوکتاز و شرکت در ساخت سارکولما، ب) افزایش سنتز پروتئین توسط افزایش بیان مسیر

MTOR (۱۱) و ج) توانایی HMB در کاهش تجزیه پروتئین از طریق

دخال و ممانعت از فعالیت مسیر یوبی کیوتین (۸، ۹).

در خصوص مقدار موثر از HMB بسیاری از بررسی‌ها نشان داده اند که مکمل‌یاری HMB با مقدار ۱/۵ تا ۳ گرم، تقریباً برابر با ۳۸/۱ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن، اثر بخشی قابل قبولی در کاهش تجزیه پروتئین عضله و افزایش قدرت و توده عضلانی پس از تمرینات مقاومتی دارد (۱۲). با این حال اسلاتر<sup>۵</sup> و همکاران در تحقیقی اثرگذاری این مکمل را تایید نکردند (۱۳). نیسن<sup>۶</sup> و همکارانش در گزارشی متشکل از چند تحقیق نشان دادند که مصرف ۰، ۱/۵ و ۳ گرم HMB در روز همراه با ۱/۵ الی ۳ ساعت تمرین با وزنه در هفته به مدت ۳ هفته (مطالعه اول) و مصرف ۰ و ۳ گرم HMB در روز همراه ۲-۳ ساعت تمرین با وزنه، ۶ روز در هفته به مدت ۷ هفته (مطالعه دوم) باعث کاهش شاخص‌های پروتئولیز و آسیب عضلانی (۳-متیل هیستیدین ادراری و کراتین فسفوکیناز سرمی) ناشی از تحریکات مکانیکی شده و همچنین توده عضلانی را افزایش می‌دهد (۱۲، ۱۴، ۱۵). از نکات قابل توجه ادبیات پژوهشی در حوزه استفاده از مکمل‌ها، زمان و مقدار بارگیری مکمل می‌باشد. به عنوان مثال بررسی مطالعه نیسن و همکاران با این رویکرد اهمیت دارد زیرا شاخص تجزیه میوفیبریلار عضله (۳ متیل هیستیدین) که در هفته اول کاهش یافته بود و در هفته دوم تمرینات کاهش بیشتری نشان داد که می‌تواند بیانگر اثر بارگیری مزمن مکمل HMB بر پروتئولیز عضلانی باشد (۱۲، ۱۴، ۱۵). ون سومرن<sup>۷</sup> و همکاران نشان دادند مصرف کوتاه مدت (۱۴ روز) ترکیبی از HMB (۳ گرم در روز) و KIC (۰/۳ گرم در روز) باعث کاهش علائم آسیب عضلانی (CK) سرمی و (DOMS) ناشی از فعالیت ورزشی، در مردان تمرین نکرده مقاومتی به دنبال یک جلسه فعالیت اکسنتریک می‌شود (۱۶). با این حال ویلسون<sup>۸</sup> و همکارانش تاثیر مصرف حاد و زمان بندی شده (قبل، بعد و قبل و بعد از تمرین) ۳ گرم HMB بر نشانگرهای آسیب عضلانی را مطالعه و نشان دادند تاثیر روشنی از مصرف کوتاه مدت و زمان بندی شده HMB وجود ندارد، با وجود این، مصرف HMB یک ساعت قبل از فعالیت ورزشی مقاومتی اکسنتریک باعث جلوگیری از افزایش LDH می‌شود (۱۱). ویلسون و همکاران در تحقیق دیگری بازدارنده قابل توجه CK نسبت به گروه پلاسیبو را پس از مصرف حاد HMB-FA (۳ g/d) (در پاسخ به یک جلسه فعالیت بسیار شدید در افراد تمرین کرده گزارش کردند) (۱۰). در مقابل، هافمن<sup>۹</sup> و همکارانش، نشان دادند که مصرف ۳ گرم HMB در روز به مدت ۱۰ روز هیچ گونه کمک ارگونومیک برای بازیکنان فوتبال دانشگاهی، قبل از فصل تمرینات محسوب نمی‌گردد (۱۷). پادون جونز<sup>۱۰</sup> و همکارانش نشان دادند مصرف کوتاه مدت HMB به میزان ۴۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز به مدت ۶ روز قبل از یک جلسه فعالیت شدید انقباض‌های ایزوکینتیک، اثر معنی‌داری بر عوامل آسیب عضلانی ناشی از انقباضات برون‌گرا ندارد (۱۸). مطالعات نشان داده‌اند که مصرف ۱/۵ تا ۴ گرم یا ۳ تا ۶ گرم در روز از مکمل HMB-Ca نه تنها آثار جانبی ایجاد نمی‌کند بلکه اثر مثبتی بر متابولیسم پروتئین عضله و همچنین متابولیسم عضلانی دارد (۱۸، ۱۹) در

<sup>۶</sup> Nissen

<sup>۷</sup> Van Someren

<sup>۸</sup> Wilson

<sup>۹</sup> Hoffman

<sup>۱۰</sup> Paddon-Jones

<sup>۱</sup> Exercise-induced muscle damage

<sup>۲</sup> beta hydroxy methylbutyrate

<sup>۳</sup> Creatine Kinase

<sup>۴</sup> Lactate Dehydrogenase

<sup>۵</sup> Slater



آزمونگر در مرحله درون گرا به آزمودنی کمک کامل می کردند و در مرحله برون گرا آزمودنی به تنهایی وزنه را تحمل می کرد. بین هر ست ۳ دقیقه استراحت وجود داشت و آهنگ حرکت برای تکرار برون گرا ۴ و آهنگ درون گرا ۲ ثانیه در نظر گرفته شد (۲۴). لازم به ذکر است که برنامه ورزشی مورد استفاده در این مطالعه قبلاً در مطالعات دیگر برای القای آسیب عضلانی به کار گرفته شده است و تمامی حرکات تحت نظارت پژوهشگر و همکارانش در سالن‌های آمادگی جسمانی و بدنسازی اجرا شد. اندازه گیری‌های آنترپومتریک و یک تکرار بیشینه (RM1) و آشنایی با روش اجرای حرکات پس از اولین جلسه نمونه‌گیری صورت گرفتند.

یک هفته قبل از اجرای آزمون مقاومتی، نمونه خونی برای تعیین سطوح پایه CK، LDH، AST، ALT گرفته شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد تا ۲ روز قبل از اولین مرحله خونگیری و سپس در طول تحقیق از پرداختن به فعالیت‌های ورزشی شدید و انجام کارهای سنگین خودداری نمایند. نمونه‌گیری خونی از آزمودنی‌ها در حالت نشسته به مقدار ۵ سی‌سی از ورید بازویی و در حالت نشسته انجام شد. نمونه‌های خونی به مدت ۱۲ دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتی‌فیوژ و سرم پس از کدگذاری در رک مخصوص در میکروتیوب‌های ۳ میلی‌لیتری در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه ادرار نیز در ظرف‌های استریل تهیه شده از آزمایشگاه جمع آوری و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از نمونه‌گیری مرحله اول اندازه‌گیری‌های قد، وزن، ترکیب بدن، یک تکرار بیشینه (RM1) به منظور تعیین ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها و تعیین 120% RM در روز آزمون انجام شد. پس از ۶ روز آزمودنی‌ها در صبح روز آزمون به صورت ناشتا ساعت ۸ حاضر شدند و دومین نمونه خونی از ورید بازویی و همچنین نمونه گیری ادرار گرفته شد. یک ساعت بعد از صرف صبحانه استاندارد (شامل نان گندم، کره و مربا و خرما حاوی تقریباً ۳۰۰ کیلو کالری)، آزمودنی‌ها پروتکل تمرینی را اجرا کردند بلافاصله پس از تمرین و ۲۴ ساعت بعد از اتمام تمرین نمونه گیری خون و ادرار تکرار شدند. از آزمودنی‌ها خواسته که بعد از انجام تست آزمون مقاومتی اکستریک تا ۲۴ ساعت بعد نیز از انجام هرگونه فعالیت ورزشی خودداری کنند. تمام تجزیه و تحلیل‌های بیوشیمیایی در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه گیلان و توسط یک اپراتور انجام شدند.

ابزار و وسایل گرد آوری داده شامل ترازوی پزشکی و قد سنج مدل SLIM GUIDE ساخت آمریکا، تجهیزات و کیت‌های آزمایشگاهی پارس آزمون برای اندازه‌گیری شامل CK (دقت ۱ واحد در لیتر) و ضریب تغییر ۱/۶ درصد و برای اندازه گیری LDH از روش رنگ سنجی آنزیمی (DGKC) با حساسیت ۵ U/L و ضریب تغییر ۰/۲۱، استفاده شد (کیت رنگ سنجی LDH و CK، شرکت پارس آزمون تهران، ایران) استفاده شد. همچنین برای اندازه‌گیری آنزیم‌های کبدی (AST و ALT) از روش اسپکتو فتومتری و بر اساس میزان فعالیت آنزیم‌ها بر حسب واحد بین المللی در لیتر (IU/L) استفاده شد. اوره و کراتینین ادرار نیز برای هر نمونه با روش رنگ سنجی براساس (گرم بر ۲۴ ساعت) اندازه‌گیری شدند که همگی محصول شرکت پارس آزمون بودند.

برای بررسی توزیع نرمال داده از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. به منظور بررسی مقایسه نتایج، از تحلیل واریانس سه در چهار و آزمون تعقیبی بونفرنی استفاده شد. کلیه محاسبات آماری در سطح معنی‌داری ۰/۰۵  $p \leq$  و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

خصوص سایر شاخص‌های غیر مستقیم آسیب عضله مانند ALT، AST، سرمی و کراتینین و اوره ادرار نیز تضاد نتایج با مکمل یاری HMB به چشم می‌خورد که در برخی موارد کاهش یا تثبیت شاخص‌های آسیب عضله (۴، ۲۰، ۲۱) و برخی دیگر افزایش (۲۲، ۲۳) آن‌ها را گزارش کرده‌اند.

با توجه به این که مطالعات اندکی به بررسی اثر مصرف این شکل جدید از مکمل بر پیشگیری از آسیب‌های عضلانی ناشی از اجرای فعالیت‌های ورزشی اکستریک شدید پرداخته‌اند و براساس جستجوهای محققین تاکنون هیچ مطالعه‌ای در صدد برآورد دوز بهینه مکمل HMB-FA نبوده است، پژوهش حاضر بر آن است تا به بررسی اثر و تعیین دوز بهینه مصرف کوتاه مدت مکمل HMB-FA بر شاخص‌های آسیب عضلانی و کبدی ناشی از اجرای تمرینات مقاومتی کوتاه مدت با شدت بالا در زنان غیر ورزشکار بپردازد.

## روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و کاربردی بود که به صورت پیش آزمون-پس آزمون و به صورت تصادفی، دوسو کور در چهار مرحله سریالی انجام شد. جامعه آماری را دختران غیر ورزشکار تشکیل می‌دادند. پس از اعلان فراخوان در شبکه‌های مجازی و کسب شرح حال از داوطلبین، تعداد ۲۴ نفر از بین دختران غیر ورزشکار داوطلب و واجد شرایط به شرح ذیل انتخاب شدند: میانگین سن  $25/87 \pm 1/65$  سال، وزن  $57/15 \pm 3/38$  کیلوگرم، قد  $164/94 \pm 4/0$  سانتی متر، BMI  $20/1 \pm 97/36$  کیلوگرم بر متر مربع. معیارهای ورود به آزمون شامل موارد زیر بودند: دختران غیرورزشکاری که سابقه تمرین منظم در یکسال گذشته را نداشتند. عدم استعمال دخانیات یا مصرف مواد الکی، نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی عروقی، عصبی - عضلانی و یا آسیب‌های روانشناختی یا فیزیکی مانند جراحی یا بستری شدن در شش ماه گذشته منتهی به تحقیق و در نهایت عدم شرکت در هیچ گونه تحقیق دارویی و یا تغذیه‌ای در سه ماه گذشته.

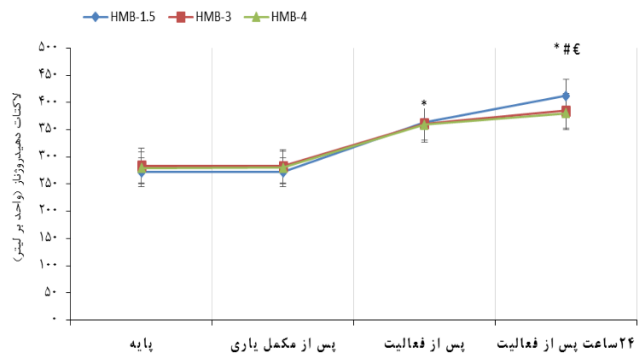
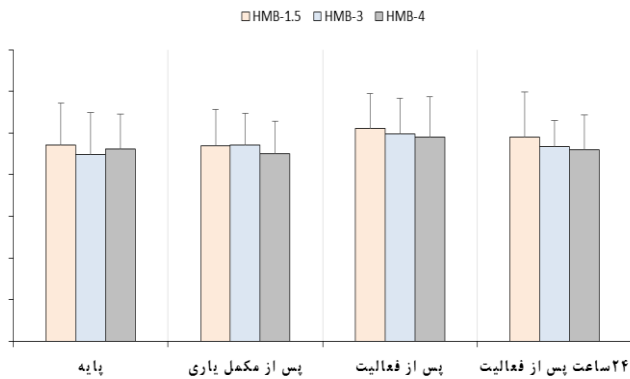
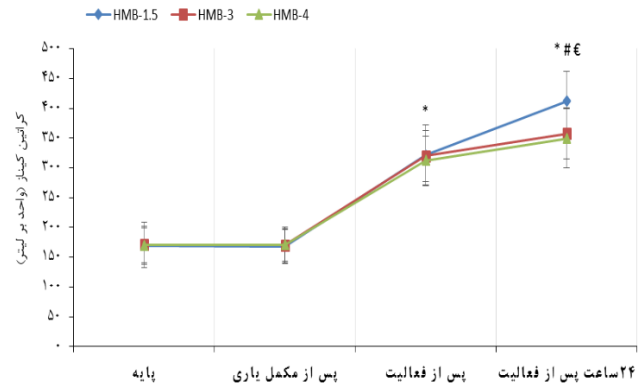
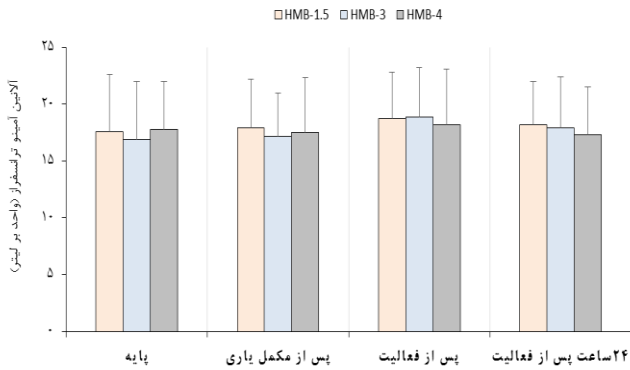
آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به سه گروه تجربی هشت نفره (مکمل) با دوزهای ۱/۵، ۳ و ۴ گرم در روز تقسیم شدند. پیش از شروع آزمون توضیحات کاملی در مورد نحوه و شرایط شرکت در برنامه تحقیقی به آنها ارائه شد. برای جلوگیری از وقوع خطرات احتمالی، قبل از اجرای پژوهش پرسشنامه اطلاعات پزشکی ورزشی توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد و خطرات احتمالی در یک جلسه حضوری برای آن‌ها شرح داده شد و در پایان فرم رضایت نامه کتبی توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد.

در این تحقیق سعی شد که عوامل و متغیرهای تاثیر گذار در حیطه تحقیق و در مراحل گوناگون اجرای طرح همچون تغذیه (تنها در روز انجام پروتکل تمرینی)، دما، شاخص توده بدنی، مکان، سن، جنسیت، عدم وجود بیماری‌ها، وضعیت و تاریخچه سلامتی و میزان فعالیت ۴۸ ساعت قبل از آزمون به طور دقیق کنترل شود. در این تحقیق سه گروه کپسول‌های ۵۰۰ میلی گرمی با دوزهای ۱/۵ (HMB-1.5)، ۳ (HMB-3) و ۴ (HMB-4) گرم در روز را در سه وعده (صبحانه، ناهار، شام به صورت مساوی) و به مدت ۶ روز مصرف کردند (۲۱). آزمودنی‌های هر سه گروه در یک جلسه تمرین مقاومتی برون گرا با شدت ۱۲۰ درصد یک تکرار بیشینه که شامل اجرای ۴ ست با تکرار ۱۰ تایی از ۳ حرکت پرس پا، باز کردن زانو و خم کردن زانو بود، شرکت کردند. دو

## یافته‌ها

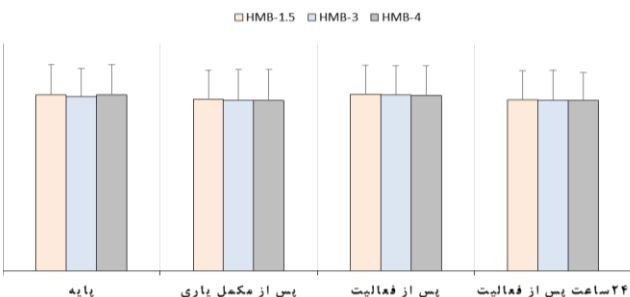
میانگین و انحراف معیار متغیرهای تحقیق CK، LDH، آلانین آمینو ترانسفراز، آمینو آلانین ترانسفراز، اوره و کراتینین ادرار در ۴ مرحله شامل پایه، بعد از بارگیری مکمل، بلافاصله بعد از تمرین و ۲۴ ساعت بعد از تمرین در نمودارهای ۱ الی ۳ شده است.

### نمودار ۱: سطوح سرمی CK و LDH (سه گروه-چهار زمان)



داده بدست آمده از سطوح آنزیم AST و ALT با استفاده از آزمون تحلیل واریانس ۳×۴ نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر آنزیم‌های AST و ALT وجود ندارد.

### نمودار ۳: سطوح ادراری کراتینین و اوره



\*: تفاوت معنی‌دار با پایه و پس از مکمل‌یاری، # تفاوت معنی‌دار گروه HMB-1.5 با نوبت پس از فعالیت ورزشی، €: تفاوت معنی‌دار گروه HMB-1.5 با گروه‌های دیگر.

آزمون تحلیل واریانس تفاوت معنی‌داری بین مقادیر سطوح آنزیم CK و LDH تمامی گروه‌ها در سطح درون گروهی و بین گروهی نشان داد ( $P < 0.05$ ). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که بین گروه HMB-1.5 با دو گروه دیگر تفاوت معنی‌داری بین مقادیر CK و LDH در مرحله ۲۴ ساعت پس از فعالیت وجود دارد ( $P < 0.05$ ).

بنابراین دوز ۱/۵ میلی‌گرم در روز در بازداری افزایش سطوح سرمی CK و LDH به اندازه دو دوز دیگر موثر نبوده است.

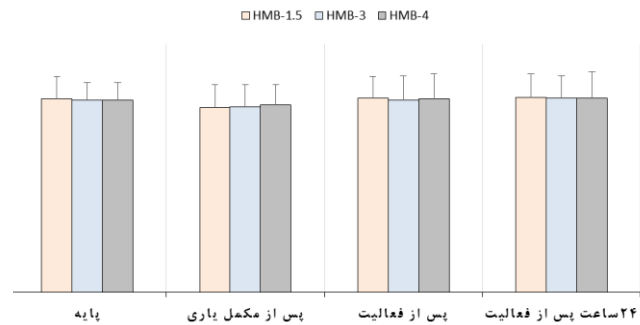
### نمودار ۲: سطوح سرمی ALT و AST



آسیب عضلانی پس از فعالیت ورزشی با مصرف مکمل HMB به صورت معناداری افزایش یافت (۲۵، ۲۶). پانتون و همکاران نیز بیان کردند که مصرف ۱/۵ گرم HMB در روز باعث کاهش پروتئولیز عضله طی ۳-۸ هفته تمرین مقاومتی می‌شود (۲۷). نیترو<sup>۴</sup> و همکاران اثر معنی‌دار مکمل‌یاری HMB 3 گرم در روز را بر کاهش شاخص‌های آسیب عضلانی (CK) و LDH در گروه HMB نسبت به دارونما گزارش کردند (۱۹). از معدود مطالعاتی که از نوع HMB-FA استفاده کرده بودند، مطالعه ویلسون و همکاران بود که در آن آزمودنی‌های تمرین کرده ۳ گرم مکمل HMB-FA را در روز آزمون مصرف کردند، و افزایش معنی‌دار نسبت به پیش آزمون (۳۲۹٪) در مقابل ۱۰۴٪ افزایش نسبت به پیش از تمرین) همراه با اختلاف معنی‌دار در CK سرمی گروه پلاسیبو در مقابل گروه مکمل را در پاسخ به یک جلسه تمرین بسیار شدید، همسو با تحقیق حاضر گزارش کردند (۱۰).

مطالعات اخیر پیشنهاد کرده‌اند که HMB از طریق مکانیسم‌های متعددی در جلوگیری از پروتئولیز عضلات نقش دارد که شامل تحریک همزمان مسیر mTOR (کیناز اصلی که ترجمه مقدماتی سنتز پروتئین را هدایت می‌کند) و بازداری مسیر یوبیکوئیتین-پروتئوزوم (سیستم تنظیمی اصلی برای تجزیه عضله اسکلتی) می‌باشد (۲۸، ۲۹).

یکی از مکانیسم‌های معتبر دیگری که در مطالعات متعددی به آن اشاره شده است اثر گذاری HMB در بهبود متابولیسم کلاسترول است (۳۰). کلاسترول بخشی اصلی در غشای سلولی است و نه تنها در یکپارچگی دیواره سلولی، بلکه برای تنظیم فرآیندهای درون سلولی نیز ضروری است. افزایش ظرفیت بازسازی دیواره سلولی ممکن است آسیب دیدن فرآیندهای درون سلولی که به این یکپارچگی بستگی دارد را کاهش دهد. این فرآیند به خاطر وابستگی به بازسازی کلاسترول به ویژه در بافت عضلانی اهمیت ویژه ای دارد. در حمایت از این نظریه که به نظریه سنتز کلاسترول معروف است که باعث افزایش عملکرد غشایی می‌شود (۱۴). تحقیقاتی یافت می‌شود که نشان می‌دهند تاخیر در سنتز کلاسترول عملکرد عضله را مختل می‌کند، به افزایش آسیب عضلانی منجر می‌شود و در نتیجه باعث نکرز می‌شود (۱۰، ۳۱). کلاسترول از استیل کوآ تولید می‌شود که در یک مرحله کند شونده از اسید موالونیک سنتز می‌شود که پیش ساز کلاسترول در سیتوزول سلول‌های عضلانی و کبدی است. این فرآیند با دخالت آنزیم هیدروکسی-متیل-گلوکاترل ردونکاز صورت می‌گیرد. بخش اعظم HMB به HMB-COA تبدیل می‌شود و سپس به کلاسترول تبدیل می‌شود. عضله آسیب دیده فاقد توانایی تولید مقدار مورد نیاز کلاسترول برای تثبیت سارکولم است. مصرف HMB می‌تواند در بازسازی و ترمیم دیواره سلولی که در طول عملکرد شدید بدنی آسیب دیده اند موثر باشد. به این ترتیب از انتشار آنزیم‌هایی مانند CK از سلول جلوگیری می‌شود. به علاوه شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد خود HMB به صورت پیوندهای کووالانسی به ساختارهای بسیاری در بافت متصل می‌شود. این یافته ها پیشنهاد می‌کنند HMB جزئی از غشای سلول یا سایر ساختارهای سلول است. بنابراین برای عملکرد HMB در حفاظت از بافت عضلانی توجیه منطقی ای ارائه می‌شود



داده بدست آمده از سطوح کراتینین و اوره ادرار در نمودار ۳ نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر اوره ادرار در سطح درون-گروهی و برون-گروهی وجود ندارد.

### بحث و نتیجه گیری

از بین دوزهای مورد بررسی در پژوهش حاضر دوزهای ۳ و ۴ میلی گرم در روز توانستند از افزایش معنی‌دار آنزیم‌های سرمی و ادراری به عنوان شاخص‌های منتخب آسیب عضلانی و کبدی جلوگیری کنند. در حالی که دوز ۱/۵ گرم در روز تنها توانست از افزایش معنی‌دار ۴ متغیر (ALT و AST سرمی و کراتینین و اوره ادرار) جلوگیری کند.

### LDH و CK سرمی

در تحقیق حاضر بین میزان اثرگذاری مکمل‌یاری سه دوز HMB-FA بر سطوح سرمی آنزیم‌های CK و LDH (شاخص‌های منتخب آسیب عضلانی) بین گروه‌ها و همچنین در مقایسه پیش آزمون با پس آزمون گروه‌ها تفاوت چشمگیری مشاهده شد که از نظر آماری نیز معنی دار بودند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مقادیر آنزیم‌های کراتینین کیناز و لاکتات دهیدروژناز سرمی در ۲۴ ساعت پس از فعالیت بین گروه HMB-1.5 با دو گروه دیگر (HMB-3 و HMB-4) تفاوت داشت. به این صورت که سطوح CK و LDH بلافاصله بعد و همچنین ۲۴ ساعت پس از فعالیت در گروه HMB-1.5 بطور معنی‌داری بالاتر از گروه‌های دیگر بود که نشان از عدم کارایی پایین‌ترین دوز در بازداری شاخص‌های غیر مستقیم آسیب عضلانی ناشی از فعالیت دارد. یافته‌های تحقیق حاضر با بخشی از یافته‌های ویلسون، گالاها<sup>۱</sup>، جوکو<sup>۲</sup>، نیسن، ون سومرن، پترسون<sup>۳</sup> و پانتون<sup>۴</sup> در تاثیر HMB بر آسیب‌های عضلانی همسو هستند. جوکو و همکاران بیان کردند که مصرف HMB در طول ۳ هفته تمرین مقاومتی باعث کاهش معنادار در CK شد (۲۱). نیسن و همکاران خاطر نشان کرد مصرف HMB منجر به کاهش آسیب عضلانی ناشی از تحریکات مکانیکی می‌شود (۱۵). ون سومرن و همکاران با انجام مطالعه‌ای تاثیر مصرف ۱۴ روز HMB را مورد بررسی قرار دادند، بر اساس این گزارش کاهش معنی‌دار علائم آسیب عضلانی ناشی از یک جلسه فعالیت مقاومتی اکستریک در مردان تمرین نکرده همراه با مکمل یاری اتفاق افتاد (۱۶) پترسون و همکاران، شوارتز<sup>۵</sup> و همکاران نیز بیان کردند که شاخص‌های

<sup>۴</sup> Panton

<sup>۵</sup> Schwartze

<sup>۶</sup> Knitter

<sup>۱</sup> Gallagher

<sup>۲</sup> Jówko

<sup>۳</sup> Pettersson



آنزیم‌های درون سلولی مشخص می‌شود (۳۳). در ارتباط با مارکرهای آسیب کبدی، مطالعه فرناندر و اراضی با نتایج تحقیق حاضر همسو بود (۴، ۳۴). فرناندر و همکاران پس از مکمل یاری بلند مدت HMB و ترکیب HMB و کراتین ۳ گرم در روز تغییر معنی داری در مقادیر سرمی AST قایقرانان تمرین کرده مشاهده نکردند (۵). اراضی و همکاران نیز به بررسی اثرات ۶ هفته تمرینات مقاومتی جوانان شانزده ساله جوان به همراه مصرف ۳ گرم در روز مکمل HMB-FA بر استرس اکسیداتیو و آنزیم‌های کبدی پرداختند که نتیجه مطالعات آنان کاهش قابل ملاحظه در ALT و AST در گروه مکمل‌یاری بود (۴). در حالی که کریدر و همکاران بر خلاف نتایج تحقیق حاضر و سایر تحقیقات پس از ۲۸ روز مکمل یاری HMB در فوتبالیست‌ها تفاوتی در بازداری افزایش ALT و AST مشاهده نکردند (۲۳). با توجه به اینکه عمدتاً تحقیقات در خصوص متغیرهای ALT و AST عدم تغییر سطوح سرمی در پاسخ به تمرین یا فعالیت ورزشی را گزارش کرده‌اند و همچنین با توجه به عدم افزایش آنزیم‌های کبدی در تحقیق حاضر می‌توان اثرگذاری هر سه دوز را بدون برتری بین دوزها متصور شد.

#### -کراتینین و اوره ادرار

با توجه به جدید بودن HMB-FA و در نتیجه مطالعات محدودتر در زمینه تأثیر مصرف این مکمل بر مقادیر کراتینین و اوره در ادرار و همچنین متابولیسم و متابولیت‌های مشابه دو ترکیب HMB (نمک کلسیم و اسید آزاد)، جهت بررسی یافته‌های مربوط به متغیرهای ادراری مانند متغیرهای سرمی ناگزیر، گزارش هر دو دسته تحقیقات نوع نمک کلسیم و اسید آزاد را مورد استناد قرار دادیم. یافته‌های ما نشان داد که مکمل‌یاری سه دوز متفاوت HMB-FA سبب بهبود (جلوگیری از افزایش) اوره و کراتینین ادرار به عنوان بخشی از شاخص‌های آسیب عضلانی شد. در این راستا مطالعاتی که با مکمل یاری HMB جلوگیری از افزایش یا کاهش کراتینین و اوره را گزارش کردند همسو با تحقیق حاضر در نظر گرفته شدند. جوکو و همکاران نشان دادند مصرف HMB در طول سه هفته تمرینات مقاومتی باعث کاهش معنی دار مقادیر ادراری اوره مردانی که تمرین مقاومتی انجام داده بودند، می‌شود (۲۱). هسیه<sup>۱</sup> و همکاران نیز با مطالعه تأثیر مصرف HMB در بیماران مبتلا به انسداد مزمن ریوی گزارش کردند مصرف روزانه ۳ گرم HMB به مدت ۷ روز باعث کاهش اوره و کراتینین ادرار می‌شود (۲۰). در حالی که نچله<sup>۲</sup> و همکاران ناهمسو با تحقیق حاضر گزارش کردند مصرف کوتاه مدت اسیدهای آمینه قبل و هنگام دوی فوق مارا تون ۱۰۰ کیلومتر تأثیر معنی داری بر سطوح اوره ادرار ندارد (۲۲).

در مجموع همانطور که سیلوا و همکاران در مقاله‌ای مروری بررسی کردند، مطالعاتی که از مکمل HMB-FA استفاده کردند مشخصاً بدلیل فراهمی زیستی سریع و نظریه‌های قوی هایپر تروفیک، به بررسی شاخص‌های آسیب و هایپر تروفی و عملکرد در ورزشکاران پرداخته‌اند و تعداد بسیار معدودی از مقالات غیر ورزشکاران را مد نظر قرار داده‌اند (۳۴). علاوه بر این در گزارش سیلوا و همکاران اشاره شده است که دوز رایج که در اکثر مقالات استفاده شده است ۳ گرم در روز بوده است (۳۴). بنابراین با توجه به فقدان توجه به دوز بهینه HMB-FA گزارش حاضر به دو شکاف علمی در این حیطه پرداخت که شامل استفاده از آزمودنی‌های غیر ورزشکار و استفاده از سه دوز متفاوت بود.

(۷، ۳۲). همچنین، HMB به صورت کووالانسی به ساختارهای بسیاری از بافت‌ها متصل شده و می‌توان اذعان نمود که HMB جزئی از غشاء سلول و یا ساختار سلول است. بنابراین نقش HMB در حفظ ساختار و بافت عضلانی می‌تواند قابل توجه باشد (۳۰).

با این حال فرناندر، پادون جونز، هافمن، اسلاتر، فرامرزی، کنچل به نتایج ناهمسوئی نسبت به پژوهش حاضر دست پیدا کردند. فرناندر و همکاران پس از مکمل یاری بلند مدت (۱۰ هفته) HMB و ترکیب HMB و کراتین با دوز ثابت ۳ گرم در روز برای HMB هیچ گونه تغییر معنی داری در مقادیر سرمی CK و LDH و AST قایقرانان تمرین کرده مشاهده نکردند (۵). اسلاتر و همکارانش نیز مصرف ۳ گرم HMB به مدت ۶ هفته نشان دادند که هیچ گونه تغییر معناداری بر نشانه‌های بیوشیمیایی آسیب عضلانی (CK) و LDH ندارد (۱۳). هافمن و همکاران تأثیر مصرف ۳ گرم HMB بر عملکرد توانی با استفاده از آزمون توان بی‌هواری وینگت و شاخص‌های آسیب عضلانی و استرس در ۲۶ دانشجوی فوتبالیست در طول ۱۰ روز تمرین را بررسی کردند. در نهایت تفاوت معناداری در شاخص‌های آسیب عضلانی وجود نداشت (۱۷). فرامرزی و همکاران بیان کردند یک دوره مصرف کوتاه مدت ۳ گرم مکمل HMB آسیب عضلانی ناشی از فعالیت برون گرا که توسط دو شاخص CK و LDH بر روی فوتبالیست‌های تمرین کرده سنجیده شد را کاهش نداد (۳۲). تضاد نتایج این دست از تحقیقات با گزارش حاضر احتمالاً به سطح آمادگی آزمودنی‌ها و پروتکل تمرین می‌باشد زیرا در تحقیقاتی که نتایج مخالفی را گزارش کردند آزمودنی‌ها ورزشکار بودند در حالی که در پژوهش حاضر از زنان غیر ورزشکار استفاده شده بود. علاوه بر این تمام مطالعاتی که در خصوص این دو متغیر نتایج متضادی را گزارش کردند از HMB-Ca استفاده کردند که فراهمی زیستی کمتر و سرعت و مقدار جذب کمتری نسبت به HMB-FA دارد.

#### - ALT و AST سرمی

در تحقیق حاضر مکمل‌یاری HMB-FA به همراه فعالیت مقاومتی اکسنتریک با شدت بالا (آسیب زا) بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی، در هیچ کدام از مراحل اندازه گیری (درون گروهی) تأثیر معنی داری نشان نداد به همین صورت تفاوتی بین هیچ کدام از سه دوز مشاهده نشد. به این معنی که هر سه دوز توانستند از افزایش آنزیم‌های کبدی مورد مطالعه به یک اندازه جلوگیری کنند و عدم افزایش معنی دار نیز به منزله بازداری از افزایش شاخص‌های آنزیمی آسیب عضلانی می‌باشد.

ALT و AST آنزیم‌هایی هستند که انتقال گروه آمینی از اسیدهای آمینه ی آسپارات و آلانین را به اسید کتوگلو تاریک برای اگزالو استیک و اسید پیرویک کاتالیز می‌کنند ALT و AST به طور طبیعی در انواع مختلف بافت‌ها از قبیل کبد، قلب، عضلات و مغز قرار دارند. این آنزیم‌ها در زمان آسیب به هر کدام از این بافت‌ها وارد جریان خون می‌شوند. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که فعالیت ورزشی مقاومتی شدید باعث ایجاد آسیب در عضلات اسکلتی و افزایش آنزیم‌های عضلانی و کبدی می‌شود که از طریق افزایش مقادیر سرمی

<sup>۲</sup> Knechtle

<sup>۱</sup> Hsieh



application and future perspectives. *European journal of applied physiology*. 2020;120(9):1965-96.

2. Daniel LP, Kenneth D, Derrick WVE, Kevin DT, Alan AA, Brad JS. Isolated Leucine and Branched-Chain Amino Acid Supplementation for Enhancing Muscular Strength and Hypertrophy: A Narrative Review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2021;31(3):292-301.

3. Qamar MM, Javed MS, Zahoor M. Effects of active isolated stretching on exercise-induced muscle 3 damage in untrained subjects: a randomized controlled trial 4. *JPMMA The Journal of the Pakistan Medical Association*. 2021;71(1(A)):406-9.

4. Arazi H, Asadi A, Suzuki K. The effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate-free acid supplementation and resistance training on oxidative stress markers: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Antioxidants*. 2018;7(6):76.

5. Fernández-Landa J, Fernández-Lázaro D, Calleja-González J, Caballero-García A, Córdova A, León-Guereño P, et al. Long-term effect of combination of creatine monohydrate plus  $\beta$ -Hydroxy  $\beta$ -Methylbutyrate (HMB) on exercise-induced muscle damage and anabolic/catabolic hormones in elite male endurance athletes. *Biomolecules*. 2020;10(1):140.

6. Holeček M, Vodeničarovová M, Fingrová R. Dual Effects of Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate (HMB) on Amino Acid, Energy, and Protein Metabolism in the Liver and Muscles of Rats with Streptozotocin-Induced Type 1 Diabetes. *Biomolecules*. 2020;10(11):1475.

7. Albert FJ, Morente-Sánchez J, Ortega FB, Castillo MJ, Gutiérrez Á. Usefulness of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) supplementation in different sports: an update and practical implications. *Nutricion hospitalaria*. 2015;32(1):20-33.

8. Smith HJ, Wyke SM, Tisdale MJ. Mechanism of the attenuation of proteolysis-inducing factor stimulated protein degradation in muscle by  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate. *Cancer research*. 2004;64(23):8731-5.

9. Smith HJ, Mukerji P, Tisdale MJ. Attenuation of proteasome-induced proteolysis in skeletal muscle by  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate in cancer-induced muscle loss. *Cancer research*. 2005;65(1):277-83.

10. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Walters JA, Baier SM, Fuller JC, et al.  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate free acid reduces markers of exercise-induced muscle damage and improves recovery in resistance-trained men. *British Journal of Nutrition*. 2013;110(3):538-44.

11. Wilson JM, Kim J-s, Lee S-r, Rathmacher JA, Dalmau B, Kingsley JD, et al. Acute and timing effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on indirect markers of skeletal muscle damage. *Nutrition & metabolism*. 2009;6(1):6.

12. Nissen S, Sharp R, Ray M, Rathmacher J, Rice D, Fuller Jr J, et al. Effect of leucine metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *Journal of Applied Physiology*. 1996;81(5):2095-104.

13. Slater G, Jenkins D, Logan P, Lee H, Vukovich M, Rathmacher JA, et al.  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) supplementation does not affect changes in strength or body composition during resistance training in trained men. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2001;11(3):384-96.

14. Nissen S, Sharp R, Panton L, Vukovich M, Trappe S, Fuller Jr J.  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) supplementation in humans is safe and may decrease cardiovascular risk factors. *The Journal of nutrition*. 2000;130(8):1937-45.

در نهایت به نظر می‌رسد بخش عمده‌ای از تفاوت‌های نتایج که بعضاً در برخی تحقیقات دوسویه است به این معنی که در یک مقاله تغییرات برخی از متغیرها موافق و برخی مخالف است به چهار دلیل رخ داده باشد الف) سرعت پاسخ متغیرهای مورد ارزیابی نسبت به آسیب ب) سطح متفاوت آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها (ورزشکار در مقابل غیر ورزشکار)، ج) بار و نوع تمرین یا فعالیت ورزشی و همچنین د) مکمل یاری بلند مدت یا حاد مطالعات در مقابل مکمل یاری کوتاه مدت.

از طرفی به نظر می‌رسد که نداشتن متغیر ۳ متیل هیستیدین ادراری به عنوان شاخص تجزیه میوفیبریلار عضله از ضعف‌های تحقیق حاضر بوده است و می‌توانست در کنار دو متغیر CK و LDH، دیدگاه بهتری در خصوص وضعیت آنابولیک-کاتابولیک عضلانی در پاسخ به یک جلسه فعالیت اکستریک شدید فراهم کند. علی‌رغم زمان محدود جلسه ورزشی در این تحقیق به نظر می‌رسد تغییرات شاخص‌های CK و LDH سرمی بیانگر القاء آسیب عضلانی ناشی از فعالیت اکستریک باشد. در عین حال تفاوت بین گروهی در این دو متغیر مبین عملکرد بهتر دو دوز بالاتر است در حالی که دیده نشدن تفاوت معنی دار در ALT، AST و همچنین کراتینین و اوره نشان‌دهنده توانایی مکمل یاری HMB-FA در بهبود شاخص‌های غیر مستقیم آسیب عضلانی در آنزیم‌های کبدی و متابولیت‌های ادراری است.

### نتیجه‌گیری

هر سه دوز مورد استفاده در این پژوهش بدون مشاهده برتری توانستند به شکل موثری از افزایش شاخص‌های منتخب آسیب عضلانی و کبدی جلوگیری کنند. با این حال دوز ۱/۵ گرم در روز کمترین میزان اثر از نظر تعداد متغیرهای مورد ارزیابی (۴ از ۶) را به خود اختصاص داد. دوزهای ۳ و ۴ گرم در روز اثر گذاری یکسانی بر هر ۶ متغیر مورد ارزیابی نشان دادند که توانایی موثرتر این دو دوز نسبت به دوز پایین‌تر در جلوگیری از شاخص‌های آسیب عضلانی را نشان می‌دهد. بنابراین، دوز پایین‌تری (۳ گرم در روز) که موثر عمل کرده است به عنوان دوز بهینه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین مصرف دوز ۳ گرم در روز برای جلوگیری از بروز آسیب عضلانی و به تبع آن تداوم فعالیت ورزشی برای افراد غیر ورزشکار می‌تواند مفید باشد.

### تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

### تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

### منابع

1. Bongiovanni T, Genovesi F, Nemmer M, Carling C, Alberti G, Howatson G. Nutritional interventions for reducing the signs and symptoms of exercise-induced muscle damage and accelerate recovery in athletes: current knowledge, practical





25. Pettersson J, Hindorf U, Persson P, Bengtsson T, Malmqvist U, Werkström V, et al. Muscular exercise can cause highly pathological liver function tests in healthy men. *British journal of clinical pharmacology*. 2008;65(2):253-9.
26. Schwartz J, Landgraf K, Spielau U, Rockstroh D, Löffler D, Kratzsch J, et al. Adipocyte C1QTNF5 expression is BMI-dependently related to early adipose tissue dysfunction and systemic CTRP5 serum levels in obese children. *International Journal of Obesity*. 2017;41(6):955-63.
27. 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):734-9.
28. J Cruz-Jentoft A. Beta-hydroxy-beta-methyl butyrate (HMB): from experimental data to clinical evidence in sarcopenia. *Current Protein and Peptide Science*. 2018;19(7):668-72.
29. 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.
30. Woo J-H. The Effects of Exercise on Neurotrophins, Hepatocyte Growth Factor (HGF), and Oxidative Stress in Obese Children. *Journal of Life Science*. 2012;22(5):569-74.
31. Iiyoshi A, Komori A, Ejiri A, Emoto M, Funaba H, Goto M, et al. Overview of the large helical device project. *Nuclear Fusion*. 1999;39(9Y):1245.
32. Faramarzi M, Nuri R, Banitalebi E. the effect of short-term combination of hmb (beta-hydroxy-beta-methylbutyrate) and creatine supplementation on anaerobic performance and muscle injury markers in soccer players. *Brazilian Journal of Biomotricity*. 2009;3(4).
33. Suad KA, Al-Shamire J, Dhyaa A. Histological and biochemical evaluation of supplementing broiler diet with  $\beta$ -hydroxy-methyl butyrate calcium ( $\beta$ -HMB-Ca). *Iranian journal of veterinary research*. 2018;19(1):27.
34. Silva VR, Belozo FL, Micheletti TO, Conrado M, Stout JR, Pimentel GD, et al.  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate free acid supplementation may improve recovery and muscle adaptations after resistance training: A systematic review. *Nutrition research*. 2017;45:1-9.
15. Nissen SL, Sharp RL. Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*. 2003.
16. Van Someren KA, Edwards AJ, Howatson G. Supplementation with  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) and  $\alpha$ -ketoisocaproic acid (KIC) reduces signs and symptoms of exercise-induced muscle damage in man. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2005;15(4):413-24.
17. Hoffman JR, Cooper J, Wendell M, Im J, Kang J. Effects of beta-hydroxy beta-methylbutyrate on power performance and indices of muscle damage and stress during high-intensity training. *Journal of strength and conditioning research*. 2004;18(4):747-52.
18. Paddon-Jones D, Keech A, Jenkins D. Short-term  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate supplementation does not reduce symptoms of eccentric muscle damage. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2001;11(4):442-50.
19. Knitter A, Panton L, Rathmacher J, Petersen A, Sharp R. Effects of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on muscle damage after a prolonged run. *Journal of Applied Physiology*. 2000;89(4):1340-4.
20. Hsieh L, Chien S, Huang M, Tseng H, Chang C. Anti-inflammatory and anticatabolic effects of short-term beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation on chronic obstructive pulmonary disease patients in intensive care unit. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*. 2006;15(4):544.
21. Jówko E, Ostaszewski P, Jank M, Sacharuk J, Zieniewicz A, Wilczak J, 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.
22. Knechtle B, Knechtle P, Mrazek C, Senn O, Rosemann T, Imoberdorf R, et al. No effect of short-term amino acid supplementation on variables related to skeletal muscle damage in 100 km ultra-runners-a randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2011;8(1):6.
23. Kreider RB, Ferreira MP, Greenwood M, Wilson M, Grindstaff P, Plisk S, et al. Effects of calcium  $\beta$ -HMB supplementation during training on markers of catabolism, body composition, strength and sprint performance. 2000.
24. Cooke MB, Rybalka E, Stathis CG, Cribb PJ, Hayes A. Whey protein isolate attenuates strength decline after eccentricity-induced muscle damage in healthy individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2010;7(1):30.

