Medical Science Journal of Islamic Azad University Vol. 31, No. 2, Summer 2021 ORIGINAL ARTICLE

The effect of resistance training with HMB supplementation on lipid profile and some physical fitness indicators of beginner bodybuilders

Soleyman Ansari Kolachahi[1], Shahram Gholamrezaei[2], Mohammad Moradnia[3], Fahimeh AdibSaber[4]

[1] PhD in Exercise Physiology, Department of Physical Education, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Rasht Branch, Rasht, Iran

[2] Assistant Professor, Department of Physical Education, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Rasht Branch, Rasht, Iran (Corresponding Author)

[3] MA in in Exercise Physiology, Department of Physical Education, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Rasht Branch, Rasht, Iran

[4] Assistant Professor, Department of Physical Education, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Rasht Branch, Rasht, Iran

Abstract

Background: Beta-hydroxy beta-methyl butyrate (HMB) is one of the dietary supplements that has been used in recent years to modulate homeostasis and increase lipolysis and lean mass in athletes. The aim of this study was to investigate the effect of resistance training with HMB supplementation on lipid profile and some indicators of physical fitness of beginner bodybuilders.

Materials and methods: In the present study, 40 male bodybuilders aged 19-29 years with a mean age of 22.95±3.03 years voluntarily participated and were randomly divided into two groups: HMB and placebo. The HMB group and the placebo group took the HMB supplement and the polydextrose capsule for 14 days, respectively. The training program for both groups included resistance exercises with a dual pyramid pattern for 8 weeks and 3 sessions per week. Blood samples were measured in the pre- and post-test phase two days before and after the intervention.

Results: The results of analysis of covariance showed that there was a significant difference between the two groups of HMB and placebo in the triglyceride variable due to the intervention ($p < 0.05$). But for the other variables, including LDL, HDL, LDL / HDL, and cholesterol, this difference was not significant ($p > 0.05$). There was also a significant difference between HMB and placebo groups in the variables of chest and leg press due to intervention ($p < 0.05$).

Conclusion: The results of the present study showed that eight weeks of resistance training with a double pyramid pattern with HMB supplementation increased strength and decreased triglycerides in beginner bodybuilders.

Keywords: *Pyramid resistance exercise, Beta-hydroxy beta-methyl butyrate (HMB), Lipid profile, Maximum power.*

Cited as: Ansari Kolachahi S, Gholamrezaei Sh, Moradnia M, AdibSaber F. The effect of resistance training with HMB supplementation on lipid profile and some physical fitness indicators of beginner bodybuilders. Medical Science Journal of Islamic Azad University, Tehran Medical Branch 2021; 31(2): **164-172.**

Correspondence to: Shahram Gholamrezaei
Tel: *+98 9111818380*
E-mail: gholamrezaei@iaurasht.ac.ir
ORCID ID: 0000-0003-3105-6819
Received: 26 Jul 2020; **Accepted:** 18 Oct 2020

مجله علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی
دوره ۳۱، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، صفحات ۱۶۴ تا ۱۷۲

Original Article

اثر تمرین مقاومتی به همراه مکمل‌یاری HMB بر پروفایل لیپیدی و برخی شاخص‌های آمادگی جسمانی بدنسازان مبتدی

سلیمان انصاری کلاچاهی[۱]، شهرام غلامرضائی[۲]، محمد مرادنیا[۳]، فهیمه ادیب صابر[۴]

[۱] دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
[۲] استادیار، گروه تربیت بدنی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
[۳] کارشناس ارشد تربیت بدنی، گروه تربیت بدنی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
[۴] استادیار، گروه تربیت بدنی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

چکیده

سابقه و هدف: *بتا-هیدروکسی-بتامتیل بوتیرات (HMB) یکی از مکمل های غذایی است که در سالهای اخیر برای تعدیل هموستاز و افزایش لیپولیز و توده بدون چربی در ورزشکاران مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تمرین مقاومتی همراه با مکمل HMB بر پروفایل لیپیدی و برخی شاخص های آمادگی جسمانی بدنسازان مبتدی بود.*

روش بررسی: *در تحقیق حاضر، ۴۰ مرد بدنساز ۲۹-۱۹ ساله با میانگین سنی ۳/۰۳±۲۲/۹۵ سال به‌طور داوطلبانه شرکت کردند و به‌طور تصادفی در دو گروه HMB و دارونما تقسیم شدند. گروه HMB و گروه دارونما، به ترتیب مکمل HMB و کپسول پلی‌دکستروز را به مدت ۱۴ روز مصرف کردند. برنامه تمرینی برای هر دو گروه شامل تمرینات مقاومتی با الگوی هرمی دوگانه به مدت ۸ هفته و هفته‌ای ۳ جلسه بود. خون‌گیری در مرحله پیش و پس‌آزمون دو روز قبل و بعد از مداخله انجام شد.*

یافته‌ها: *نتایج آزمون تحلیل‌کوواریانس نشان داد که بین دو گروه HMB و دارونما در متغیر تری‌گلیسرید ناشی از اعمال مداخله تفاوت معنی‌داری دیده شد ($p<۰/۰۵$). اما درمورد سایر متغیرها مانند LDL، HDL، LDL/HDL و کلسترول این تفاوت معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). همچنین بین دو گروه HMB و دارونما در متغیرهای پرس سینه و پرس پا ناشی از اعمال مداخله تفاوت معنی‌داری دیده شد ($p<۰/۰۵$).*

نتیجه‌گیری: *نتایج مطالعه حاضر نشان داد که انجام هشت هفته تمرین مقاومتی با الگوی باردهی دوگانه به همراه مصرف مکمل HMB باعث افزایش قدرت و کاهش تری‌گلیسرید در مردان بدنساز مبتدی شده است.*

واژگان کلیدی: *تمرین مقاومتی هرمی، بتاهیدروکسی‌بتا متیل‌بوتیرات (HMB)، پروفایل لیپیدی، قدرت بیشینه.*

مقدمه

امروزه در کشورهای توسعه یافته، پیشرفت تکنولوژی و تغییر شیوهٔ زندگی، منجر به کاهش نسبی فعالیت جسمانی روزانه شده است. از طرفی نیز رژیم غذایی نامناسب و تمایل زیاد به مصرف غذاهای آماده، بروز برخی بیماری‌های مرتبط با افزایش وزن را حتی در میان افراد جوان افزایش داده است (۱). فعالیت‌های ورزشی یکی از روش‌های مطلوب و رایج در کنترل وزن و بهبود ترکیب بدنی و پروفایل لیپیدی است که معمولا در برنامه‌های کاهش وزن استفاده می‌شود (۲). همچنین برنامه‌های مقاومتی نیز می‌توانند به طور مؤثر در برنامه‌های کاهش وزن نقش داشته باشند. به طوری‌که ماستا و همکارانش (۲۰۰۷) نشان دادند که با انجام تمرینات مقاومتی، تودهٔ بدون چربی بدن افزایش یافته و تودهٔ چربی نیز کاهش می‌یابد که

آدرس نویسنده مسئول: رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده علوم انسانی، گروه تربیت بدنی، دکتر شهرام غلامرضائی (email: gholamrezaei@iaurasht.ac.ir)
ORCID ID: 0000-0003-3105-6819
تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۵/۵
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۷/۲۷

بدین ترتیب باعث بهبود ترکیب بدنی می‌شود و احتمالا علت آن، هزینه کالریکی زیاد تمرینات مقاومتی در اثر اکسیداسیون زیاد تودهٔ چربی بدن است (۳). اگرچه اکثر تحقیقات انجام گرفته، بر تأثیرات مفید تجربه شده توسط ورزشکاران استقامتی تمرکز می‌کنند، با این وجود تمرینات قدرتی و مقاومتی نیز مزایای حفاظتی دارند و انجام این‌گونه تمرینات می‌تواند به بهبود یا حفظ وضعیت لیپیدی خون کمک کند (۴).

در چند دهه قبل، تمرینات مقاومتی توسط افراد اندکی اجرا می‌شد، به عنوان مثال در ورزشکاران قدرتی و افرادی مانند بدن‌سازها که در جهت هایپرتروفی عضلات کوشش می‌کردند. اما امروزه این تمرینات شکل رایج فعالیتی است که توسط کالج آمریکایی طب ورزش، سازمان بهداشت ملی و انجمن قلب آمریکا به گروه‌های سنی مختلف و بیماران با ناراحتی قلبی، عروقی و عصبی- عضلانی توصیه می‌شود و نقش بالقوه این نوع از تمرینات در بهبود عوامل جسمانی نشان داده شده است (۵). تمرین مقاومتی باعث قرارگیری بدن در معرض اضافه بارهای مکانیکی می‌شود که می‌تواند باعث تحریک بافت برای سازگاری با اضافه بار بیشتر شود. اما افزایش بیش از حد بار تمرینی می‌تواند باعث ایجاد آسیب عضلانی و آسیب در بافت همبند شود. این موضوع هنگام تمرینات مقاومتی افزایش می‌یابد. در نتیجه، ورزشکاران به بازیافت بیشتری نیاز دارند تا بتوانند بار تمرینی را به منظور بهبود عملکرد خود افزایش دهند. ویژگی برنامه‌های تمرینی مقاومتی و ورزش‌های رقابتی این است که معمولاً اجازه یک بازیافت کامل بین جلسات تمرین یا مسابقه را به ورزشکار نمی‌دهند، بنابراین شرایط کاتابولیکی در بافت عضلانی افزایش می‌یابد (۶). در سال‌های اخیر، بهبود پاسخ‌های سازشی به تمرینات ورزشی از طریق مداخلات غذایی به ویژه مصرف مکمل‌های ورزشی مورد توجه قرار گرفته است (۷).

یکی از مکمل‌های غذایی که در طی ۳۵ سال اخیر توجه خاصی را در عرصه ورزش به خود جلب کرده است، بتاهیدروکسی‌بتامتیل‌بوتیرات (Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate) (HMB) است که متابولیت مشتق‌شده داخل سلولی، از آمینواسید شاخه‌دار لوسین است و این مسئله نقش مکمل‌های غذایی در ورزشکاران برای تعدیل وضعیت هموستاز بدن را نشان می‌دهد (۸). همچنین، مشاهده شده است که تحریک سنتز پروتئین پس از خوردن برخی غذاها تا حد زیادی تحت تاثیر محتوای اسید آمینه رژیم غذایی به ویژه اسید آمینه لوسین است (۹, ۱۰). لوسین، ایزولوسین و والین را اسیدهای آمینه شاخه‌دار (Branched Chain Amino Acids) (BCAA) می‌نامند. BCAAها تقریباً یک سوم پروتئین عضله را تشکیل می‌دهند که لوسین حدود ۵ تا ۱۰ درصد کل پروتئین بدن را شامل می‌شود. میزان اکسیداسیون لوسین حین فعالیت ورزشی به طور قابل‌توجهی بیشتر از ایزولوسین و والین است. به علاوه در میان BCAAها لوسین پس از فعالیت ورزشی، مسیرهای پیام‌رسانی کلیدی سنتز پروتئین از قبیل mTOR را فعال می‌سازد (۱۱). در بسیاری از مطالعات بر اهمیت لوسین به عنوان اسید آمینه اصلی مسئول سنتز پروتئین تاکید شده است (۹). استفاده از این مکمل علاوه بر کاهش نرخ آسیب عضلانی می‌تواند منجر به افزایش قدرت، افزایش توده خالص عضلانی، افزایش توان و بهبود عملکرد (۱۲, ۱۳) و همچنین باعث رخداد پدیده لیپولیز در افراد شود (۱۴).

نکته حائز اهمیت در ارتباط با مصرف HMB آن است که تاثیرگذاری و سازگاری آن در افرد تمرین‌کرده نسبت به تمرین‌نکرده با سرعت کمتری رخ می‌دهد؛ به همین دلیل سودمندترین بازه استفاده برای HMB در افراد تمرین‌کرده، بازه‌هایی با مدت بالا خواهد بود (۸). مصرف این ماده هیچ‌گونه عوارض جانبی و زیان‌آور ندارد و برای آن هیچ رکوردی ثبت نشده است. برای مثال مشاهدات مربوط به عملکرد کلیوی، کبدی و خونی، بعد از مصرف ۲ گرم از این ماده هیچ‌گونه رکورد منفی را از خود ثبت نکرد (۱۵). نتایج برخی از تحقیقات نشان داد که تمرینات مقاومتی به همراه مکمل‌یاری HMB باعث کاهش کلسترول تام (CT)، LDL (لیپوپروتیین با دانسیته پایین)، وتری‌گلیسرید (TG) و افزایش قابل‌توجه در سطح HDL (لیپوپروتیین با دانسیته بالا) و همچنین قدرت بیشینه شد (۱۶, ۱۷). اما برخی دیگر از مطالعات در تناقض با این نتایج، افزایش در سطح تری‌گلیسرید، اسیدچرب اشباع و غیر اشباع یگانه و چندگانه، همچنین امگا ۳، ۶ و ۹ و کاهش در متغیر قدرت را نشان دادند (۱۸, ۱۹) و در برخی دیگر از تحقیقات هیچ تغییر معنی‌داری در سطوح متغیرهای کلسترول تام، LDL، HDL وتری‌گلیسرید و متغیر قدرت و ترکیب بدن (توده چربی و بدون چربی) در اثر تمرین مقاومتی به همراه مکمل‌یاری HMB دیده نشد (۱۷, ۲۰, ۲۱). با توجه به تناقض موجود در نتایج این تحقیقات، هدف اصلی در مطالعه حاضر، پاسخ به این پرسش است که آیا مصرف مکمل HMB به همراه تمرینات مقاومتی هرمی دوگانه می‌تواند به بهبود سطوح شاخص‌های پروفایل لیپیدی، BMI و قدرت بیشینه کمک کند؟

مواد و روشها

در کارآزمایی میدانی حاضر، مردان بدنساز مبتدی ۱۹ تا ۲۹ سال (شهرستان لاهیجان) با هدف کلی بررسی مکمل HMB به همراه تمرینات منتخب مقاومتی بر شاخص‌های پروفایل لیپیدی و قدرت در ورزشکاران بدنساز مبتدی بررسی شدند. حجم نمونه ۴۰ نفر با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور با توان ۰/۸۰، اندازه اثر ۰/۴۰ (۰/۱۰=کوچک، ۰/۲۵=متوسط و ۰/۴۰= بزرگ) و میزان آلفای ۰/۰۵ تعیین شد (۲۲). معیارهای ورود به تحقیق شامل داشتن حداکثر ۳ ماه تمرین بدنسازی، عدم مصرف دخانیات، عدم سابقه بیماری قلبی‌عروقی، بیماری‌های خونی، کبدی، کلیوی، تنفسی و عدم استفاده از مکمل‌های آندروژنیک و نیروزا به مدت حداقل ۳ ماه قبل از شروع تحقیق بود. معیارهای خروج از تحقیق شامل داشتن غیبت بیش از دو جلسه در جلسات تمرینی، مصرف مکمل اضافی در جریان پژوهش و ابتلا به بیماری‌های ناتوان-کننده بود. از بین افراد واجد شرایط، ۴۰ نفر به‌طور داوطلبانه به عنوان نمونه آماری در دسترس انتخاب شدند و به‌طور تصادفی ساده (قرعه‌کشی) در دو گروه تمرین مقاومتی+ مکمل HMB (۲۰ نفر) و گروه تمرین مقاومتی+ دارونما (۲۰ نفر) تقسیم شدند. آزمودنی‌ها قبل از انجام تمرین با محل اجرای پژوهش آشنا شدند و پس از اخذ رضایت‌نامه، پرسشنامه وضعیت سلامت، سوابق پزشکی و اطلاعات فردی توسط آنها تکمیل شد؛ قد، وزن و سن هر آزمودنی ثبت گردید. سپس آزمون‌های قدرت عضلات بالا و پایین‌تنه (پرس سینه و پا) و آزمایش خون از آنها گرفته شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های آمادگی جسمانی

شاخص‌های آمادگی جسمانی اندازه‌گیری شده در این تحقیق، ترکیب بدن و قدرت بیشینه بود. برای اندازه‌گیری وزن و قد افراد از قدسنج سکا، ساخت آلمان استفاده شد. افراد برای وزن‌کشی، بدون کفش با حداقل لباس بودند و با دقت ۱ گرم وزن آنها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری قد بدون کفش به‌طوری‌که پاشنه‌ها، باسن و پشت سر به دیوار چسبیده بود، با قرار دادن قدسنج روی سر آنها با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ترکیب بدن، متغیر نمایه توده بدن (BMI)، از نسبت وزن بدن برحسب کیلوگرم به مجذور قد (برحسب متر) برآورد گردید.

قدرت بیشینه عضلات پایین‌تنه و بالاتنه با استفاده از آزمون یک تکرار بیشینه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو حرکت پرس سینه و پرس پا با توجه به فرمول برزیسکی اندازه‌گیری شد. برنامه گرم‌کردن قبل از اندازه‌گیری قدرت عضلانی شامل یک ست ۵ تکراری با ۴۰-۵۰ درصد حداکثر قدرت تخمینی بود. در حرکت پرس پا، آزمودنی‌ها بعد از قرار گرفتن در داخل دستگاه پرس پا، پشت و کمر را در تکیه‌گاه قرار دادند. فاصله بین پاها بر روی دستگاه پرس، با توجه به پهنای شانه متغیر بود. با قرار دادن پاها روی دستگاه، زانوها حدود ۸۰ درجه و ران ۹۰ درجه خم شدند. با فرمان آزمون‌گر، آزمودنی‌ها شروع به اعمال نیرو کرده و زانو را تا زاویه ۱۸۰ درجه باز کردند. همچنین، در حرکت پرس سینه، آزمودنی روی میز پرس دراز می‌کشید و با گرفتن هالتر عمل خم کردن آرنج را انجام می‌داد. حین پایین آوردن وزنه، زاویه مفصل آرنج باید تا ۹۰ درجه خم می‌شد و هالتر تماس بسیار اندکی با سینه می‌داشت. حداکثر مقدار وزنه‌ای که فرد می‌توانست تا ۸ تکرار جابجا کند، ثبت شد. سپس، مقدار وزنه و تعداد تکرارها در معادله برزیسکی (Brzycki) قرار داده شد و یک تکرار بیشینه فرد برای هر دو آزمون به‌دست آمد.

اندازه‌گیری آزمایشگاهی

به منظور بررسی اثر مداخله‌های تحقیق بر سطوح شاخص‌های بیوشیمیایی، در دو مرحله اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی به عمل آمد. خون‌گیری در مرحله پیش‌آزمون دو روز قبل از شروع تحقیق و در مرحله پس‌آزمون دو روز پس از پایان پژوهش در آزمایشگاه انجام شد. تمام اندازه‌گیری‌ها بین ساعات ۷/۳۰ تا ۹ صبح به صورت ۱۲ ساعت ناشتا به صورت نمونه خون وریدی بازویی با کمک سرنگ به میزان ۵ میلی‌لیتر، در وضعیت نشسته بر روی صندلی انجام شد. سپس سرم خون جمع‌آوری شده در اسرع وقت با استفاده از سانتریفیوژ در دور ۳۰۰۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه جداسازی و تمام سرم‌ها به منظور به حداقل رساندن ضریب تغییرات بین آزمایش تا روز انجام یک آزمایش واحد بر روی تمام نمونه‌ها، در فریزر در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. از کیت آزمایشگاهی بایوسیستم (ساخت اسپانیا) برای اندازه‌گیری شاخص‌های پروفایل لیپیدی (LDL، HDL، تری‌گلیسرید و کلسترول) بر اساس دستورات شرکت تولیدکننده و روش الایزا در یکی از آزمایشگاه‌های تشخیص طبی رشت اجرا شد.

مکمل‌یاری HMB

در این مطالعه از مکمل HMB (ساخت کشور آمریکا از کمپانی ON) برای گروه HMB و کپسول پلی‌دکستروز برای گروه دارونما استفاده شد. مقدار مصرف، ۳ گرم در روز به مدت ۱۴ روز بود. آزمودنی‌ها یک گرم را در صبح، یک گرم را در ظهر و سپس وعده آخر را در عصر مصرف می‌کردند. بسته مکمل برای هر آزمودنی به صورت هفتگی داده می‌شد و هر آزمودنی باید در هر جلسه تمرینی پاکت مربوطه را به محل تمرین می‌آورد تا محقق مطمئن گردد که دوز مصرفی رعایت می‌شود (۲۳).

برنامه تمرین مقاومتی با الگوی باردهی هرمی دوگانه

برنامه تمرینی آزمودنی‌ها در هر جلسه شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن (۵ دقیقه دویدن و ۵ دقیقه حرکات کششی و بالستیک) ۶۵ دقیقه تمرین مقاومتی و ۵ دقیقه سرد کردن (دویدن و حرکات کششی) بود. برنامه تمرینی برای هر دو گروه شامل تمرینات مقاومتی با الگوی هرمی دوگانه به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه بود. حرکات انتخاب شده برای تمرینات در هر دو گروه تمرینی به منظور درگیر کردن تمامی عضلات و قسمت‌های بدن در سه روز تمرینی به شکل زیر توزیع شدند.

روز اول: ۱) اسکات، ۲) پرس سینه با نیمکت، ۳) کشش سرشانه از جلو، ۴) جلوبازو با هالتر، ۵) پشت بازو با هالتر.

روز دوم: ۱) پرس پا، ۲) کشش یک ضرب، ۳) پرس سینه خوابیده، ۴) جهش لانگ، ۵) ساق ایستاده.

روز سوم: ۱) لیفت مرده، ۲) پرس نظامی، ۳) باز کردن ساق پا، ۴) خم کردن پا از پشت، ۵) کشش سرشانه از عقب.

پس از گرم کردن افراد هر حرکت را در ۸ ست تمرینی به ترتیب و به صورت (۴ تکرار × ۸۰٪)، (۳ تکرار × ۸۵٪)، (۲ تکرار × ۹۰٪)، (۱ تکرار × ۹۵٪)، (۱ تکرار × ۹۵٪)، (۲ تکرار × ۹۰٪)، (۳ تکرار × ۸۵٪) و (۴ تکرار × ۸۰٪) با فاصله استراحتی ۵ دقیقه در ۲ هفته اول، ۴ دقیقه در هفته‌های سوم و چهارم و ۳ دقیقه در ۴ هفته آخر انجام شد.

تحلیل آماری

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلک بررسی شد. برای بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون t همبسته استفاده شد. همچنین از آزمون تحلیل‌واریانس برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها، پس از برقراری پیش‌فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها، همگنی واریانس‌ها و عدم تفاوت گروه‌ها در سطح پایه در سطح معنی‌دار کمتر از ۰/۰۵ و نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله برگرفته از طرح مستقل مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت است که دارای کد اخلاق IR.IAU.RASHT.REC.1399.016 است و در مرکز کارآزمایی بالینی ایران نیز به شماره IRCT20180503039517N4 به ثبت رسیده است.

یافته‌ها

در ارزیابی از مطالعه حاضر، ابتدا به توصیف ویژگی‌های دموگرافیک و متغیرهای پژوهش (LDL، HDL، LDL/HDL، TG، CT، BMI، پرس سینه و پرس پا) پرداخته شد (جدول ۱) و سپس نتایج آزمون شاپیروویلک و آزمون لون نشان داد که داده‌های تحقیق دارای توزیع طبیعی ($p>0/05$) بوده و واریانس گروه‌های تحقیق همگن است ($p>0/05$). بنابراین با توجه به توزیع نرمال و تجانس واریانس داده‌ها، از آزمون تحلیل‌کوواریانس با مهار اثرات پیش‌آزمون جهت تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش در گروه‌های مورد مطالعه استفاده شد که نتایج این آزمون در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

نتایج آزمون تحلیل‌کوواریانس نشان داد که در متغیرهای BMI، LDL، HDL، LDL/HDL و CT بین گروه‌های مورد مطالعه، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p>0/05$). اما در متغیرهای TG، پرس سینه و پرس پا در بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($p<0/05$).

جدول ۱. ویژگی‌های دموگرافیک و متغیرهای پژوهش مردان بدنساز مبتدی در دو گروه تجربی و کنترل

متغیر	گروه HMB (بتاهیدروکسی‌بتامتیل‌بوتیرات)		گروه دارونما	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
سن (سال)	۲۲/۴۵±۲/۹۱	-	۲۳/۴۵±۳/۱۵	-
قد (m)	۱/۷۱±۰/۰۷۵	-	۱/۷۱±۰/۰۷۴	-
وزن (kg)	۷۳/۲۰±۹/۴۱	۷۲/۵۰±۹/۶۱	۷۴/۳۵±۷/۶۷	۷۴/۲۰±۶/۹۸
نمایه توده بدنی [BMI] (kg/m^2)	۲۴/۹۴±۱/۹۶	۲۴/۶۸±۱/۹۱	۲۵/۲۱±۱/۳۷	۲۵/۱۷±۱/۰۵
لیپوپروتیین با دانسیته پایین [LDL](mg/dl)	۷۰/۲±۱۳/۵۳	۷۴/۷۵±۱۳/۹۲	۶۲/۶۵±۱۱/۸۸	۶۵/۸۰۰±۱۲/۴۷
لیپوپروتیین با دانسیته بالا [HDL](mg/dl)	۴۱/۷۰±۸/۹۵	۳۷/۹۰±۸/۹۶	۳۹/۱۵±۹/۳۹	۳۳/۷۵±۸/۶۹
LDL/HDL (mg/dl)	۱/۷۴±۰/۴۱	۲/۰۷±۰/۵۹	۱/۶۹±۰/۵۵	۲/۰۷±۰/۶۷
تری‌گلیسرید [TG] (mg/dl)	۱۰۵/۶۵±۳۹/۴۱	۸۸/۳۰±۳۴/۷۵	۱۰۳/۲۵±۴۲/۲۷	۹۸/۳۰±۴۲/۳۶
کلسترول توتال [CT] (mg/dl)	۱۴۸/۹۵±۲۳/۸۳	۱۳۸/۷۵±۳۰/۰۴	۱۴۲/۵۵±۲۵/۶۱	۱۳۷/۰۰±۲۶/۲۱
پرس سینه (kg)	۵۳/۲۵±۵/۳۹	۶۱/۶۰±۵/۷۳	۵۱/۰۰±۵/۷۴	۵۵/۷۵±۵/۶۳
پرس پا (kg)	۱۵۸/۶۰±۶/۲۳	۱۷۳/۵۰±۹/۳۱	۱۵۸/۹۵±۷/۶۵	۱۶۳/۰۰±۷/۵۵

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل‌کوواریانس در متغیرهای مورد مطالعه

متغیرها	منابع تغییر	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	معناداری	مقدار اثر	توان آزمون
BMI (kg/m^2)	پیش‌آزمون	۶۳/۵۶	۱	۶۳/۵۶	۸۶/۳۰	۰/۰۰۱	۰/۷۰	۱/۰۰۰
	گروه	۰/۷۵	۱	۰/۷۵	۱/۰۲	۰/۳۱۸	۰/۰۲۷	۰/۱۶۷
	خطا	۲۷/۲۵	۳۷	۰/۷۳۷	–	–	–	–
LDL (mg/dl)	پیش‌آزمون	۵۰۳۰/۷۴	۱	۵۰۳۰/۷۴	۱۱۵/۷۴	۰/۰۰۱	۰/۷۵۸	۱/۰۰۰
	گروه	۴۱/۴۵	۱	۴۱/۴۵	۰/۹۵۴	۰/۳۳۵	۰/۰۲۵	۰/۱۵۸
	خطا	۱۶۰۸/۲۰	۳۷	۴۳/۴۶	–	–	–	–
HDL (mg/dl)	پیش‌آزمون	۲۴۷۷/۵۵	۱	۲۴۷۷/۵۵	۱۸۹/۴۰۰	۰/۰۰۱	۰/۸۳۷	۱/۰۰۰
	گروه	۳۵/۵۹	۱	۳۵/۵۹	۲/۷۲	۰/۱۰۷	۰/۰۶۹	۰/۳۶۲
	خطا	۴۸۳/۹۹	۳۷	۱۳/۰۸	–	–	–	–
LDL/HDL (mg/dl)	پیش‌آزمون	۱۰/۶۶	۱	۱۰/۶۶	۸۶/۲۵	۰/۰۰۱	۰/۷۰۰	۱/۰۰۰
	گروه	۰/۰۳۱	۱	۰/۰۳۱	۰/۲۴۹	۰/۶۲۱	۰/۰۰۷	۰/۰۷۷
	خطا	۴/۵۷۵	۳۷	۰/۱۲۴	–	–	–	–
TG (mg/dl)	پیش‌آزمون	۴۶۳۱۸/۳۸	۱	۴۶۳۱۸/۳۸	۱۵۹/۵۷	۰/۰۰۱	۰/۸۱۲	۱/۰۰۰
	گروه	۱۴۵۰/۷۷	۱	۱۴۵۰/۷۷	۴/۹۹	*۰/۰۳۱	۰/۱۱۹	۰/۵۸۶
	خطا	۱۰۷۴۰/۰۱	۳۷	۲۹۰/۲۷	–	–	–	–
CT (mg/dl)	پیش‌آزمون	۲۳۶۷۳/۴۲۲	۱	۲۳۶۷۳/۴۲۲	۱۳۳/۹۲	۰/۰۰۱	۱۳۳/۹۲	۱/۰۰۰
	گروه	۲۱۷/۶۹	۱	۲۱۷/۶۹	۱/۲۳	۰/۲۷۴	۰/۰۳۲	۰/۱۹۱
	خطا	۶۵۴۰/۳۲	۳۷	۱۷۶/۷۶	–	–	–	–
پرس سینه (kg)	پیش‌آزمون	۹۰۹/۹۸	۱	۹۰۹/۹۸	۱۰۵/۶۸	۰/۰۰۱	۰/۷۴	۱/۰۰۰
	گروه	۱۴۴/۰۳۲	۱	۱۴۴/۰۳۲	۱۶/۷۲۹	*۰/۰۰۱	۰/۳۱۱	۰/۹۷۸
	خطا	۳۱۸/۵۷	۳۷	۸/۶۱	–	–	–	–
پرس پا (kg)	پیش‌آزمون	۱۸۵۸/۲۵	۱	۱۸۵۸/۲۵	۷۸/۷۸	۰/۰۰۱	۰/۶۸	۱/۰۰۰
	گروه	۱۱۷۶/۵۸	۱	۱۱۷۶/۵۸	۴۹/۸۸	*۰/۰۰۱	۰/۵۷	۴۹/۸۸
	خطا	۸۷۲/۷۴	۳۷	۲۳/۵۸۸	–	–	–	–

*تفاوت معنی دار بین گروهی

از این رو جهت مشخص شدن نقطه تفاوت بین گروه‌های مورد مطالعه از آزمون تعقیبی بونفرونی و همچنین برای مشخص کردن محل تفاوت در درون هر گروه از آزمون t همبسته استفاده شد که در جدول شماره ۳ ارایه شده است.

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در متغیرهای BMI، LDL، HDL، LDL/HDL و CT بین گروه‌های HMB و دارونما تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p>۰/۰۵$)، اما در مورد سایر متغیرهای مورد بررسی (TG، پرس سینه و پرس پا) بین گروه‌های HMB و دارونما اختلاف معنی-داری مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

همچنین جهت بررسی تغییرات درون‌گروهی در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون t همبسته استفاده شد، که نتایج آن در جدول ۳ ارائه گردید. با توجه به میزان t و سطح معنی‌داری مشخص شده، بین نمرات پیش و پس-آزمون متغیرهای LDL، HDL، LDL/HDL، TG و CT در هر دو گروه HMB و دارونما تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p < ۰/۰۵$)، اما میزان این تفاوت در تمامی متغیرهای فوق‌الذکر، در گروه HMB از دارونما بیشتر بوده است. درمورد متغیر BMI مشخص شد که بین نمرات پیش و پس آزمون متغیر BMIدر هر دو گروه HMB و دارونما تفاوت معنی‌داری دیده نشد ($p>۰/۰۵$). همچنین با توجه به میزان t و سطح معنی‌داری مشخص شد که بین نمرات پیش و پس‌آزمون متغیرهای پرس سینه (قدرت بالاتنه) و پرس پا (قدرت پایین‌تنه) تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p<۰/۰۵$)، اما میزان این تفاوت در هر دو متغیر، در گروه HMB از دارونما بیشتر بوده است.

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد بین نمرات پس‌آزمون متغیر تری‌گلیسرید در دو گروه HMB و دارونما تفاوت معنی‌داری

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی بین‌گروهی و تی‌همبسته درون‌گروهی متغیرهای مورد مطالعه

متغیرها	گروه	نتایج بین‌گروهی (بونفرونی)			گروه	نتایج درون‌گروهی (تی همبسته)		
		اختلاف میانگین	خطای استاندارد	معنی‌داری		T	درجه آزادی	معنی‌داری
BMI(kg/m^2)	HMB - مکمل	۰/۲۷۶	۰/۲۷۲	۰/۳۱۸	HMB	۱/۳۸	۱۹	۰/۱۸۱
					دارونما	۰/۱۹	۱۹	۰/۸۵
LDL(mg/dl)	HMB - مکمل	۲/۱۲۸	۲/۱۷۹	۰/۳۳۵	HMB	-۲/۲۸	۱۹	*۰/۰۳۴
					دارونما	-۴/۹۰	۱۹	*۰/۰۰۱
HDL(mg/dl)	HMB - مکمل	۱/۹۰	۱/۱۵	۰/۱۰۷	HMB	۳/۸۷	۱۹	*۰/۰۰۱
					دارونما	۸/۲۰	۱۹	*۰/۰۰۱
LDL/HDL (mg/dl)	HMB - مکمل	-۰/۰۵۶	۰/۱۱۱	۰/۶۲۱	HMB	۳/۹۶	۱۹	*۰/۰۰۱
					دارونما	۱۱/۱۵	۱۹	*۰/۰۰۱
TG(mg/dl)	HMB - مکمل	-۱۲/۰۵	۵/۳۹	*۰/۰۳۱	HMB	۳/۱۳	۱۹	*۰/۰۰۵
					دارونما	۴/۴۳	۱۹	*۰/۰۰۱
CT (mg/dl)	HMB - مکمل	-۴/۷۰	۴/۲۴	۰/۲۷۴	HMB	۲/۴۹	۱۹	*۰/۰۲۲
					دارونما	۷/۴۸	۱۹	*۰/۰۰۱
پرس سینه (kg)	HMB - مکمل	۳/۸۷	۰/۹۴	*۰/۰۰۱	HMB	-۹/۱۲	۱۹	*۰/۰۰۱
					دارونما	-۲۱/۹۷	۱۹	*۰/۰۰۱
پرس پا (kg)	HMB - مکمل	۱۰/۸۵	۱/۵۳	*۰/۰۰۱	HMB	-۹/۸۹	۱۹	*۰/۰۰۱
					دارونما	-۲۳/۸۵	۱۹	*۰/۰۰۱

وجود دارد و هشت هفته تمرین مقاومتی و مکمل‌یاری HMB موجب کاهش معنی‌دار تری‌گلیسرید شده است؛ این نتیجه با یافته‌های تحقیق کوئلهو و کاروالهو که کاهش معنادار در سطح یکی از شاخص‌های پروفایل لیپیدی (LDL) را همراه با افزایش عملکرد در اثر مصرف مکمل در افراد دارای هیپرکلسترولمیا نشان داده بودند (۲۴)، همخوانی دارد. در مقابل، این یافته با نتیجه پژوهش همت‌فر و همکاران (۲۰) و اراضی و همکاران (۱۶) ناهمسو بود. نتایج تحقیق آنها نشان داد که کاهش معنی‌داری در مقادیر پروفایل لیپیدی در نتیجه تمرین+مکمل به‌وجود نیامد. علت این تناقض را می‌توان به متفاوت بودن نوع آزمودنی‌ها و طول مدت مکمل‌یاری اشاره کرد.

این نتیجه ممکن است با مکانیسم اثر احتمالی HMB بر شاخص‌های پروفایل لیپیدی با روند تکثیر، تمایز و تلفیق سلول‌های ماهواره‌ای در عضلات اسکلتی، احتمالا به افزایش تکامل میتوکندری و اکسیداسیون چربی نقش بسزایی دارد. این اثر، برایند مجموعه‌ای از واکنش‌های زنجیره‌ای رخداد می‌باشد که در آن بتاهیدروکسی‌بتامتیل‌گلوتارات‌کوآنزیم‌آ (HMG-CoA)، در میتوکندری تولید شده و بتاهیدروکسی‌بتا-متیل‌گلوتارات‌کوآنزیم‌آ رداکتاز، مهار می‌گردد؛ که نقش مهمی در افزایش کارآمدی متابولیک، افزایش چربی‌سوزی در بافت چربی و افزایش ظرفیت اکسیداسیون اسیدچرب در عضله اسکلتی می‌گردد (۲۴-۲۶) که همسو با نتایج حاصله از این پژوهش می‌باشد. از سوی دیگر، بین نمرات پس‌آزمون گروه‌ها در مورد متغیرهای کلسترول، HDL و LDL بین دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. ضمنا تفاوت پیش‌آزمون و پس‌آزمون همه متغیرها در هر دو گروه مکمل و دارونما از لحاظ آماری معنی‌دار بود. همسو با این نتیجه، نیسن، شارپ و پنتون (۲۰۰۰) با بررسی موارد ایمنی در زمینه استفاده از مکمل HMB در نه تحقیق که در آنها آزمودنی‌های مرد و زن، جوان و مسن، تمرین‌دیده و ندیده، در ۳ تا ۸ هفته، ۳ گرم مکمل را مصرف کرده بودند، به این نتیجه رسیدند که HMB در افرادی که دارای سطوح قابل قبول هنجاری کلسترول بودند (کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)، LDL را به طور معنی‌داری پایین نمی‌آورد. این نکته موید این مطلب است که HMB زمانی در پایین آوردن LDL موثر است که سطوح کلسترولی بالا باشد (۲۵).

یافته دیگر تحقیق حاکی از آن است که بین نمرات پس‌آزمون متغیر قدرت در دو گروه HMB و دارونما تفاوت معنی‌داری وجود دارد و هشت هفته تمرین مقاومتی و مکمل‌یاری HMB موجب افزایش معنی‌دار قدرت شده است؛ ضمنا تفاوت پیش-آزمون و پس‌آزمون هر دو متغیر قدرت بالاتنه و پایین‌تنه در

هر دو گروه مکمل و دارونما از لحاظ آماری معنی‌دار بود. این نتیجه با یافته‌های پژوهش پورتال و همکارانش (۲۰۱۱) (۲۷) موافق است. پورتال و همکارانش به بررسی آثار مکمل‌یاری HMB بر شاخص‌های آمادگی جسمانی در والیبالیست‌های نوجوان نخبه پرداختند و دریافتند که قدرت عضلانی در دو آزمون پرس سینه و پرس پا افزایش یافت. همسو با این نتیجه، ویلسون و همکارانش (۲۰۱۴) (۲۱) اثر مصرف دوازده هفته مکمل HMB با دوز ۳ گرم در روز را بر افزایش قدرت مردان بدنساز تمرین‌کرده به صورت افزایش معنی‌دار گزارش کردند. مطالعات گذشته نشان دادند که اثرات مفید مکمل HMB روی قدرت، ناشی از سازگاری‌های آنابولیک و کاهش اثرات کاتابولیک آن است (۲۷). مکانیسم احتمالی که از طریق آن، HMB موجب افزایش قدرت می‌شود بدین صورت است که از طریق کاهش تخریب پروتئین، سنتز پروتئین عضلات افزایش می‌یابد. کاهش تخریب پروتئین با کاهش سطح سرمی آنزیم CPK که شاخص آسیب غشای سول عضلانی است، همراه می‌باشد (۱۲). نکته حائز اهمیت در ارتباط با مصرف این مکمل آن است که تاثیرگذاری و سازگاری آن در افراد تمرین-کرده نسبت به تمرین‌نکرده با سرعت کمتری رخ می‌دهد؛ به همین دلیل سودمندترین بازه استفاده برای HMB در افراد تمرین‌کرده، بازه‌هایی با مدت بالا خواهد بود (۲۱).

در ادامه، نتایج تحقیق نشان داد که بین دو گروه HMB و دارونما در متغیر BMI ناشی از اعمال مداخله تفاوت معنی-داری مشاهده نشد ($p<۰/۴۷$). همسو با این یافته، پورتال و همکاران نتوانستند پس از هفت هفته مکمل‌دهی HMB تغییر معنی‌داری را در وزن و BMI والیبالیست‌های حرفه‌ای مشاهده کنند. البته با توجه به جدول ۱ می‌توان مشاهده کرد که وزن آزمودنی‌ها در تحقیق حاضر افزایش یافته است، اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است.

به طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که اجرای هشت هفته، هفته‌ای سه روز تمرین مقاومتی با الگوی باردهی دوگانه به همراه مصرف مکمل HMB باعث افزایش قدرت و کاهش تری‌گلیسرید در جوانان بدنساز مبتدی شده است. بنابراین، این روش ترکیبی می‌تواند به عنوان روشی موثر جهت کاهش علائم خطر و کمک به سلامتی و افزایش قدرت مورد استفاده قرار گیرد. از این رو انجام تمرینات مقاومتی و مکمل‌یاری HMB، جهت بهبود وضعیت لیپیدهای خون ورزشکاران و افزایش قدرت در آنها توصیه می‌شود.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از تمامی شرکت کنندگان در تحقیق که بـا اشـتیاق و رضایت در این پژوهش حضور یافتند، قدردانی به عمل می‌آید.

REFERENCES

1. Dridi S, Taouis M. Adiponectin and energy homeostasis: consensus and controversy. J Nutr Biochem 2009;20:831-39.

2. Hunter GR, Byrne NM, Gower BA, Sirikul B, Hills AP. Increased resting energy expenditure after 40 minutes of aerobic but not resistance exercise. Obesity 2006;14:2018-25.

3. Maesta N, Nahas EA, Nahas-Neto J, Orsatti FL, Fernandes CE, Traiman P, Burini RC. Effects of soy protein and resistance exercise on body composition and blood lipids in postmenopausal women. Maturitas 2007;56:350-8.

4. Johnson NA, Sachinwalla T, Walton DW, Smith K, Armstrong A, Thompson MW, George J. Aerobic exercise training reduces hepatic and visceral lipids in obese individuals without weight loss. Hepatology 2009;50:1105-12.

5. Fleck SJ, Kraemer W, Eds. Designing resistance training programs. 4th ed. New York: Human Kinetics; 2014.

6. Kirby TJ. Effects of leucine supplementation on indices of muscle damage and recovery following eccentric-based resistance exercise [MSc Thesis]. Boone, North Carolina: Appalachian State University; 2010.

7. Amirsasan R, Ravasi A, Mirza Hoseini O, Armanfar M, Ghodsmirheidari F. Effect of branched-chain amino acids supplementation with two different amounts on anabolic hormone response after heavy resistance activity in Paralympic weightlifters. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology 2018;5:62-68. [In Persian]

8. 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 1;12:31.

9. McLellan TM, Pasiakos SM, Lieberman HR. Effects of protein in combination with carbohydrate supplements on acute or repeat endurance exercise performance: a systematic review. Sports Med 2014;44:535-50.

10. Pasiakos SM, McClung HL, McClung JP, Margolis LM, Andersen NE, Cloutier GJ, et al. Leucine-enriched essential amino acid supplementation during moderate steady state exercise enhances postexercise muscle protein synthesis. Am J Clin Nutr 2011 1;94:809-18.

11. Burd NA, West DW, Moore DR, Atherton PJ, Staples AW, Prior T, et al. Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. J Nutr 2011;141:568-73.

12. Jówko E, Ostaszewski P, Jank M, Sacharuk J, Zieniewicz A, Wilczak J, et al. Creatine and β-hydroxy-β-methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program. Nutrition 2001;17:558-66.

13. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. Sports Med 2005;35:339-61.

14. Lowery RP, Joy JM, Rathmacher JA, Baier SM, Fuller JC, Shelley MC, 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 1;30:1843-54.

15. Albert FJ, Morente-Sánchez J, Ortega Porcel FB, Castillo Garzón MJ, Gutiérrez Á. Usefulness of β-hydroxy-β-methylbutyrate (HMB) supplementation in different sports: an update and practical implications. Nutr Hosp 2015;32:20-33.

16. Arazi H, Rohani H, Ghiasi A, Davaran M. The Effect of HMB Supplementation on Cardiovascular Risk Factors after Four Weeks of Resistance Training in Amateur Athletes. Int Cardio Res J 2017; 9:e11400.

17. Tinsley GM, Moore ML, Graybeal AJ, Paoli A, Kim Y, Gonzales JU, Harry JR, VanDusseldorp TA, Kennedy DN, Cruz MR. Time-restricted feeding plus resistance training in active females: a randomized trial. Am J Clin Nutr 2019;110:628-40.

18. Zanchi NE, Gerlinger-Romero F, Guimaraes-Ferreira L, de Siqueira Filho MA, Felitti V, Lira FS, Seelaender M, Lancha AH. HMB supplementation: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action. Amino Acids 2011;40:1015-25.

19. Standley RA, Distefano G, Pereira SL, Tian M, Kelly OJ, Coen PM, Deutz NE, Wolfe RR, Goodpaster BH. Effects of β-hydroxy-β-methylbutyrate on skeletal muscle mitochondrial content and dynamics, and lipids after 10 days of bed rest in older adults. J Appl Physiol 2017;123:1092-100.

20. HemmatFar A, Azadi M, Malek F. The effect of supplemental beta-hydroxy betamethyl butyrate acid (HMB) with selected resistance training on some of the biochemical factors in the blood of wrestlers. Res Q Exerc Sport 2010; 1: 60-69. [In Persian]

21. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Andersen JC, Wilson SM, Stout JR, 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;114:1217-27.

22. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang A-G. Behavior Research Methods. Statistical power analyses using G* Power. 2009; 3:1149-60.

23. 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;9:1316.

24. Coelho CW, Carvalho T. Effects of HMB supplementation on LDL-cholesterol, strength and body composition of patients with hypercholesterolemia. Med Sci Sports Exerc 2001; 33: S340.

25. Nissen S, Sharp RL, Panton L, Vukovich M, Trappe S, Fuller Jr JC. β-hydroxy-β-methylbutyrate (HMB) supplementation in humans is safe and may decrease cardiovascular risk factors. J Nutr 2000;130:1937-45.

26. Nissen S, Sharp R, Ray M, Rathmacher JA, Rice D, Fuller Jr JC, et al. Effect of leucine metabolite β-hydroxy-β-methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. J Appl Physiol 1996;81:2095-104.

27. Portal S, Zadik Z, Rabinowitz J, Pilz-Burstein R, Adler-Portal D, Meckel Y, 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;111:2261-9.