

Acute effect of free acid beta-hydroxy beta-methylbutyrate (HMB-FA) supplementation on testosterone, cortisol, and testosterone-to-cortisol ratio (T/C) responses in non-athlete men following a single session of resistance exercise

Zeinab Jahan^{*1} - Farhad Daryanoosh² - Maryam Koushkie Jahromi³

1.M.Sc., Department of Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran 2.Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran 3.Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shiraz University, Shiraz, Iran

(Received:2025/12/24; Accepted:2026/06/13)

Abstract

Supplementation with beta-hydroxy-beta-methylbutyrate in its free-acid form (HMB-FA) has strong potential to modulate hormonal responses due to its superior bioavailability. This study aimed to investigate the acute effect of HMB-FA supplementation on testosterone and cortisol responses, as well as the testosterone-to-cortisol (T/C) ratio, following a single session of resistance exercise in untrained men. In this double-blind, semi-experimental study, 20 untrained men were randomly assigned to either an experimental group (n = 10) or a placebo group (n = 10). Initially, fasting blood samples were collected to measure baseline levels. The experimental group then consumed 3 grams of HMB-FA, while the placebo group consumed an equivalent amount of stevia. After 30 minutes, a second blood sample was taken, followed by a resistance training protocol consisting of 7 exercises (at 70% of 1RM, in 3 sets of 8–10 repetitions). Final blood samples were collected immediately post-exercise. Data were analyzed using mixed ANOVA and t-tests. The results indicated no significant differences between the two groups in testosterone and cortisol concentrations or the T/C ratio at any stage—before or after supplementation/placebo intake and post-exercise ($p > 0.05$). However, analysis of the acute trends showed a 24.5% increase in testosterone and a 24.5% decrease in cortisol in the supplementation group compared to the placebo group, although these changes were not statistically significant. In conclusion, based on the findings of the present study, although acute HMB-FA supplementation prior to exercise numerically improves the anabolic status and reduces catabolic levels, this dosage is insufficient to induce statistically significant changes in the hormonal responses of untrained men following a single session of exercise.

Keywords

Anabolic-Catabolic Balance, Cortisol, HMB-FA Supplementation, Resistance Training, Testosterone.

* Corresponding Author: Email: Z.JAHAN422@gmail.com

تأثیر حاد مصرف مکمل بتا هیدروکسی بتا متیل بوتیرات - اسید آزاد (HMB-FA) بر پاسخ تستوسترون، کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول (T/C) مردان غیر ورزشکار متعاقب یک جلسه تمرین مقاومتی

زینب جهان^{۱*} - فرهاد دریانوش^۲ - مریم کوشکی جهرمی^۳

۱. کارشناس ارشد، بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران ۲. استاد، بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران ۳. استاد، بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۴، تاریخ تصویب: ۱۴۰۵/۰۳/۲۲)

چکیده

مکمل‌یاری با بتا-هیدروکسی-بتا-متیل بوتیرات در فرم اسید آزاد (HMB-FA) به دلیل زیست‌فراهمی بالا، پتانسیل بالایی در تعدیل پاسخ‌های هورمونی دارد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر حاد مصرف مکمل HMB-FA بر پاسخ تستوسترون، کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول (T/C) متعاقب یک جلسه تمرین مقاومتی در مردان غیرورزشکار انجام شد. در این پژوهش نیمه‌تجربی و دوسوکور، ۲۰ مرد غیر ورزشکار به‌طور تصادفی در دو گروه تجربی (۱۰ نفر) و دارونما (۱۰ نفر) قرار گرفتند. ابتدا نمونه خون ناشتا جهت سنجش سطوح پایه اخذ گردید. سپس گروه تجربی ۳ گرم مکمل HMB-FA و گروه دارونما همان مقدار استویا مصرف کردند. پس از ۳۰ دقیقه، نمونه خون دوم گرفته شد و آزمودنی‌ها یک جلسه تمرین مقاومتی شامل ۷ حرکت (با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه در ۳ ست ۸-۱۰ تکراری) را اجرا کردند. نمونه خون پایانی بلافاصله پس از تمرین جمع‌آوری گردید. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های Mixed ANOVA و T-test تحلیل شدند. نتایج نشان داد که بین دو گروه در هیچ‌یک از مراحل (قبل و بعد از مصرف مکمل و پس از تمرین) تفاوت معنی‌داری در غلظت تستوسترون، کورتیزول و نسبت T/C وجود نداشت ($P > 0.05$). با این حال، تحلیل روند تغییرات حاد نشان‌دهنده افزایش مقادیر تستوسترون (۲۴،۵ درصد) و کاهش مقادیر کورتیزول (۲۴،۵ درصد) در گروه مکمل در مقایسه با گروه دارونما بود، هرچند این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبود. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، اگرچه مصرف حاد مکمل HMB-FA پیش از فعالیت ورزشی به لحاظ عددی باعث بهبود وضعیت آنابولیک و کاهش سطح کاتابولیک می‌شود، اما این مقدار مکمل برای ایجاد تغییرات معنی‌دار آماری در پاسخ‌های هورمونی مردان غیرورزشکار پس از یک جلسه تمرین کافی نیست.

واژه‌های کلیدی:

فعالیت ورزشی مقاومتی، تعادل آنابولیک-کاتابولیک، تستوسترون، کورتیزول، مکمل HMB-FA.

مقدمه

فیزیولوژیک و نیاز به بسیج انرژی، با افزایش تجزیه‌ی پروتئین و تغییرات متابولیکی مرتبط، می‌تواند به سمت شرایط کاتابولیک متمایل شود (۴،۵،۶). بنابراین، بررسی هم‌زمان این دو هورمون، و نیز شاخص‌هایی مانند نسبت تستوسترون به کورتیزول (T/C)، می‌تواند تصویری روشن‌تر از وضعیت تعادل آنابولیک - کاتابولیک، میزان استرس تمرینی، و کیفیت ریکاوری ارائه دهد (۷،۸). گزارش شده است که کاهش تستوسترون همراه با افزایش کورتیزول ممکن است با کاهش سنتز پروتئین و افت تعادل آنابولیک - کاتابولیک همراه باشد و از این جهت، نسبت T/C به‌عنوان یکی از شاخص‌های مکمل در پایش وضعیت تمرینی و احتمالاً خستگی تجمعی مورد توجه قرار گرفته است (۷،۸).

با وجود اهمیت شاخص‌های هورمونی، باید توجه داشت که پاسخ‌های آن‌ها به تمرین تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد؛ از جمله شدت، حجم و نوع تمرین، وضعیت تمرینی آزمودنی‌ها، زمان نمونه‌گیری، شرایط خواب و استرس روانی، و همچنین وضعیت تغذیه‌ای (۲،۳). در تمرینات مقاومتی، شدت‌های بالاتر یا حجم‌های بیشتر می‌توانند محرک قوی‌تری برای ایجاد تغییرات حاد هورمونی فراهم کنند، اما این پاسخ‌ها همیشه خطی و یکسان نیستند و بسته به زمینه‌ی فیزیولوژیک فرد، ممکن است متفاوت ظاهر شوند (۲،۳). علاوه بر این، تفاوت میان افراد ورزشکار و غیرورزشکار می‌تواند بر ماهیت پاسخ‌های حاد اثر بگذارد؛ زیرا سطح سازگاری قبلی، ظرفیت تحمل تمرین، و تجربه‌ی مواجهه با استرس تمرینی در این دو

سازگاری‌های ناشی از تمرین ورزشی، به‌ویژه تمرینات مقاومتی، حاصل تعامل پیچیده‌ای میان محرک‌های مکانیکی، پاسخ‌های متابولیکی، و پیام‌رسانی‌های عصبی - هورمونی است. در این میان، سیستم درون‌ریز از طریق تنظیم محیط آنابولیک - کاتابولیک، نقش تعیین‌کننده‌ای در جهت‌دهی به فرایندهای بازسازی بافتی، تعادل پروتئینی، و نهایتاً رشد و افزایش عملکرد عضلانی ایفا می‌کند (۱). تغییرات هورمونی ناشی از تمرین می‌تواند به‌صورت پاسخ‌های حاد (در دقایق و ساعات پس از فعالیت) و نیز سازگاری‌های مزمن (در اثر هفته‌ها و ماه‌ها تمرین) بروز کند و هر یک از این دو سطح پاسخ‌دهی، پیامدهای متفاوتی برای عملکرد، ریکاوری و پیشرفت تمرین دارد (۲،۳). از این‌رو، مطالعه‌ی پاسخ‌های هورمونی به تمرین مقاومتی - به‌خصوص در شرایطی که هدف ارتقای رشد عضلانی، بهبود توانایی تولید نیرو و افزایش ظرفیت تمرینی است - هم از منظر نظری و هم از منظر کاربردی اهمیت ویژه‌ای دارد (۲،۳).

در میان هورمون‌های مختلف، تستوسترون و کورتیزول به‌دلیل ارتباط نزدیک با تعادل آنابولیسم و کاتابولیسم، به‌عنوان دو شاخص کلیدی در ادبیات تمرین مقاومتی شناخته می‌شوند (۴،۵،۶). تستوسترون با اثرگذاری بر مسیرهای آنابولیک، از جمله حمایت از سنتز پروتئین و تسهیل فرایندهای ترمیمی، می‌تواند زمینه را برای سازگاری‌های مطلوب عضلانی فراهم کند؛ در حالی که کورتیزول - به‌عنوان هورمون اصلی پاسخ به استرس - در شرایط فشار

گروه یکسان نیست (۲،۳). در افراد غیرورزشکار، یک جلسه تمرین مقاومتی می‌تواند به صورت برجسته‌تر به عنوان استرس فیزیولوژیک تجربه شود و در نتیجه، تغییرات کورتیزول و شاخص‌های مرتبط با استرس تمرینی ممکن است آشکارتر باشد (۷،۸). از این منظر، بررسی پاسخ‌های حاد هورمونی در افراد غیرورزشکار می‌تواند برای طراحی برنامه‌های تمرینی ایمن‌تر، مدیریت ریکاوری، و نیز انتخاب راهبردهای تغذیه‌ای مناسب اهمیت داشته باشد (۲،۳،۸).

در کنار عوامل تمرینی، مداخلات تغذیه‌ای و مکمل‌ها نیز قادرند پاسخ‌های هورمونی و متابولیکی پس از تمرین را تعدیل کنند. برخی مکمل‌ها با اثرگذاری بر مسیرهای سنتز پروتئین، التهاب، آسیب عضلانی یا فراهمی انرژی، می‌توانند محیط داخلی را برای سازگاری‌های مطلوب‌تر آماده سازند (۸،۹). در سال‌های اخیر، توجه به مکمل‌هایی که به طور بالقوه می‌توانند هم‌زمان ریکاوری را بهبود دهند و استرس عضلانی ناشی از تمرین را کاهش دهند افزایش یافته است؛ به ویژه مکمل‌هایی که نقش آن‌ها در تعادل پروتئین عضله یا محدود کردن مسیرهای کاتابولیک مطرح شده است (۸،۹).

یکی از مکمل‌های مهم در این حوزه، بتا-هیدروکسی-بتا-متیل بوتیرات (HMB) است که به عنوان متابولیت اسید آمینه شاخه‌دار لوسین شناخته می‌شود (۱۰). لوسین پس از تبدیل به α -کتوایزوکاپروئیک (KIC)، از طریق مسیرهای آنزیمی وارد فرایندهایی می‌شود که در نهایت مقدار محدودی از آن (حدود ۵٪) به HMB تبدیل می‌گردد؛ بنابراین

تولید درون‌زاد HMB محدود است و مصرف مکمل می‌تواند غلظت آن را در پلاسما افزایش دهد (۱۱). بر اساس شواهد موجود، HMB می‌تواند از دو مسیر کلی بر تعادل پروتئین عضله اثر بگذارد: از یک سو با تقویت مسیرهای آنابولیک، از جمله فعال‌سازی مسیر mTOR، به افزایش سنتز پروتئین کمک کند؛ و از سوی دیگر با مهار مسیرهای کاتابولیک مانند یوبیکوئیتین - پروتئازوم، تجزیه‌ی پروتئین را کاهش دهد (۱۲). این ویژگی دوگانه سبب شده است که HMB به عنوان مکملی با پتانسیل اثرگذاری بر رشد عضلانی، حفظ توده‌ی بدون چربی، و بهبود ریکاوری در شرایط تمرینی و حتی بالینی مورد توجه قرار گیرد (۱۲،۱۸،۱۹).

از منظر شکل دارویی و زیست‌فراهمی، HMB در فرم‌های مختلف ارائه شده است و یکی از فرم‌های مورد توجه، HMB اسید آزاد (HMB-FA) است که در برخی گزارش‌ها نسبت به فرم‌های دیگر (مانند نمک کلسیمی) جذب سریع‌تر و زیست‌فراهمی بالاتری نشان داده است (۱۳). این موضوع از نظر فیزیولوژیک اهمیت دارد؛ زیرا اگر یک مکمل با سرعت بیشتری به اوج غلظت پلاسما برسد، ممکن است برای مداخلات «حاد» (مثلاً مصرف نزدیک به زمان تمرین) مناسب‌تر باشد و بتواند پاسخ‌های پس از تمرین را در بازه زمانی کوتاه‌تری تحت تأثیر قرار دهد (۱۳). با این حال، این فرضیه نیازمند بررسی تجربی دقیق است، زیرا سرعت جذب و غلظت پلاسما لزوماً به معنای اثرگذاری قطعی بر شاخص‌های هورمونی یا پیامدهای عملکردی نیست و ممکن است اثر نهایی وابسته به نوع تمرین، وضعیت

ریزساختاری در فیبرهای عضلانی و افزایش نشانگرهای آسیب و التهاب منجر شود که پیامد آن می‌تواند درد عضلانی تأخیری و کاهش توانایی تولید نیرو در روزهای بعد باشد (۱۸،۱۹). برخی مرورهای نظام‌مند و بیانیه‌های تخصصی اشاره کرده‌اند که HMB ممکن است از طریق کاهش تجزیه پروتئین، تعدیل پاسخ‌های التهابی، و تسهیل فرایندهای ترمیمی، به بهبود ریکاوری کمک کند (۱۸،۱۹،۲۲). با این حال، حتی در حوزه‌ی ریکاوری و عملکرد نیز گزارش‌ها یکدست نیستند و برخی پژوهش‌ها اثر معنی‌دار را مشاهده نکرده‌اند (۲۰،۲۱). در نتیجه، همچنان یکی از پرسش‌های اساسی آن است که آیا اثرات بالقوه-HMB-FA می‌تواند در سطح شاخص‌های هورمونی (به‌عنوان بخشی از مکانیسم‌های فیزیولوژیک مرتبط با ریکاوری و سازگاری) قابل مشاهده باشد یا خیر (۱۳،۱۸،۱۹).

با توجه به آنچه گفته شد، بررسی پاسخ‌های تستوسترون و کورتیزول و نسبت T/C پس از تمرین مقاومتی، از دو جهت مهم است: نخست، این شاخص‌ها می‌توانند وضعیت آنابولیک-کاتابولیک را در بازه‌ی زمانی حاد پس از تمرین منعکس کنند و دوم، می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مکمل برای تحلیل فشار تمرینی و کیفیت ریکاوری مورد استفاده قرار گیرند (۷،۸). از سوی دیگر، اگر HMB-FA بتواند به‌صورت حاد محیط داخلی را به سمت شرایط آنابولیک‌تر سوق دهد یا شدت پاسخ کاتابولیک را کاهش دهد، این مسئله می‌تواند برای طراحی مداخلات تغذیه‌ای در افراد غیرورزشکار - که معمولاً نسبت به تمرین مقاومتی حساس‌تر هستند - اهمیت ویژه‌ای داشته

تمرینی آزمودنی‌ها و پروتکل مصرف باشد (۱۳،۱۸،۱۹).

از سوی دیگر، یافته‌های پژوهشی درباره اثر HMB و به‌طور مشخص (HMB-FA) بر شاخص‌های هورمونی، به‌ویژه تستوسترون و کورتیزول، یکدست و همسو گزارش نشده‌اند. برخی مطالعات تغییر معنی‌داری در هورمون‌های آنابولیک یا کاتابولیک پس از مصرف HMB و انجام تمرین گزارش نکرده‌اند (۱۴،۲۰،۲۱)، در حالی که در برخی دیگر، بهبود برخی شاخص‌ها یا تغییرات مطلوب در محیط هورمونی مطرح شده است (۱۵،۱۷). این ناهمگونی می‌تواند ناشی از تفاوت‌های روش‌شناختی باشد؛ از جمله اختلاف در نوع و حجم تمرین، تفاوت در زمان‌بندی نمونه‌گیری (قبل از تمرین، بلافاصله بعد از تمرین، یا ساعات پس از تمرین)، تفاوت در دوز و مدت مصرف مکمل، و همچنین تفاوت در ویژگی‌های آزمودنی‌ها (سن، سطح آمادگی، وضعیت تغذیه‌ای و تجربه تمرینی) (۱۸،۱۹،۲۲). بنابراین، برای نتیجه‌گیری دقیق‌تر درباره اثر HMB-FA بر پاسخ‌های هورمونی، لازم است پژوهش‌ها در شرایط کنترل‌شده و با تمرکز بر طراحی‌های مشخص (مانند بررسی اثر مصرف حاد پیش از یک جلسه تمرین مقاومتی) انجام شود (۱۳،۱۸،۱۹،۲۲).

در کنار بحث هورمون‌ها، باید توجه داشت که HMB در برخی منابع به‌عنوان مکملی با نقش بالقوه در کاهش آسیب عضلانی و بهبود شاخص‌های ریکاوری نیز مطرح شده است. تمرین مقاومتی، به‌خصوص در افراد کم‌تجربه، می‌تواند به‌صورت آسیب‌های

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی، دوسوکور و با طرح اندازه‌گیری مکرر بود. جامعه آماری شامل مردان غیرورزشکار شهر شیراز بود که در شش ماه گذشته فعالیت ورزشی منظم نداشتند. پس از بررسی شرایط ورود به مطالعه و تکمیل رضایت‌نامه آگاهانه و پرسشنامه سلامت، ۲۰ نفر به‌صورت داوطلبانه وارد پژوهش شدند و به‌طور تصادفی در دو گروه مکمل و دارونما قرار گرفتند.

یک هفته پیش از اجرای آزمون اصلی، اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک و آزمون یک تکرار بیشینه انجام شد. قد آزمودنی‌ها با استفاده از قدسنج دیواری Seca مدل ۲۰۶ ساخت آلمان با دقت ۱/۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای این منظور، آزمودنی‌ها بدون کفش، با بدن کاملاً کشیده، پاشنه‌ها، باسن و شانه‌ها نزدیک به دیوار و نگاه مستقیم رو به جلو قرار گرفتند و قد بر حسب سانتی‌متر ثبت شد. وزن بدن با استفاده از ترازوی دیجیتال Beurer مدل PS06 ساخت آلمان، در حالی که آزمودنی‌ها لباس سبک پوشیده و بدون کفش بودند، بر حسب کیلوگرم ثبت شد. شاخص توده بدنی از تقسیم وزن بدن به کیلوگرم بر مجذور قد به متر محاسبه شد. درصد توده چربی بدن نیز در همان جلسه ارزیابی اولیه ثبت شد و در جدول ویژگی‌های آزمودنی‌ها به‌صورت درصد گزارش گردید.

در روز آزمون اصلی، آزمودنی‌ها در حالت ناشتا در محل پژوهش حاضر شدند. ابتدا نمونه خون پایه برای سنجش مقادیر سرمی تستوسترون و کورتیزول گرفته شد. سپس صبحانه‌ای استاندارد و یکسان با انرژی

باشد (۲،۳،۱۳). با این حال، همان‌گونه که شواهد موجود نشان می‌دهد، هنوز اجماع روشنی درباره اثر HMB/HMB-FA بر پاسخ‌های هورمونی وجود ندارد و این موضوع نیازمند پژوهش‌های هدفمند با طراحی‌های دقیق‌تر است (۱۴،۱۵،۱۷،۲۰،۲۱،۲۲).

به‌طور خاص، در ادبیات پژوهش، یک شکاف قابل توجه در حوزه‌ی مصرف حاد HMB-FA و بررسی اثر آن بر پاسخ‌های هورمونی پس از یک جلسه تمرین مقاومتی - بویژه در مردان غیرورزشکار - به چشم می‌خورد. بسیاری از مطالعات یا بر مصرف مزمن تمرکز داشته‌اند یا گروه‌های ورزشکار و پروتکل‌های تمرینی متفاوتی را بررسی کرده‌اند، و همین مسئله مقایسه‌پذیری یافته‌ها و نتیجه‌گیری قطعی را دشوار می‌سازد (۱۳،۱۸،۱۹،۲۲). بنابراین، تمرکز بر یک پروتکل مشخص (مصرف حاد پیش از تمرین) و یک جمعیت مشخص (افراد غیرورزشکار) می‌تواند به شفاف‌تر شدن اثرات احتمالی HMB-FA کمک کند و به ادبیات موجود، داده‌های دقیق‌تری درباره ارتباط این مکمل با شاخص‌های هورمونی ارائه دهد (۱۳،۱۴،۲۰،۲۱). بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی اثر مصرف حاد HMB-FA بر پاسخ‌های تستوسترون، کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول (T/C) متعاقب یک جلسه تمرین مقاومتی در مردان غیرورزشکار است. پرسش اصلی این است که آیا مصرف HMB-FA پیش از تمرین می‌تواند تغییرات معنی‌داری در این شاخص‌های هورمونی ایجاد کند و در نتیجه، احتمالاً محیط آنابولیک-کاتابولیک پس از تمرین را به نفع شرایط مطلوب‌تر تعدیل نماید یا خیر؟

تقریبی ۳۲۰ کیلوکالری در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت. پس از آن، گروه مکمل ۳ گرم مکمل-FA HMB را به صورت خوراکی مصرف کرد و گروه دارونما مقدار هم وزن استویا را دریافت نمود. دارونما در کپسول‌های هم‌رنگ، هم‌شکل و هم‌وزن با کپسول مکمل آماده شد تا کورسازی حفظ شود. سی دقیقه پس از مصرف مکمل یا دارونما، نمونه خون دوم گرفته شد (۱،۱۰،۱۲).

پس از نمونه‌گیری دوم، آزمودنی‌ها یک جلسه تمرین مقاومتی شامل هفت حرکت پرس پا، جلو ران با ماشین، پشت ران با ماشین، پرس سینه، پرس سرشانه از پشت، سیم‌کش پشت گردن و جلو بازو را اجرا کردند. هر حرکت در ۳ ست ۸ تا ۱۰ تکراری با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه انجام شد. فاصله استراحت بین ست‌ها ۱ دقیقه و بین حرکات ۲ دقیقه بود. پیش از شروع تمرین، آزمودنی‌ها ۱۰ دقیقه گرم کردن شامل دوییدن آرام و حرکات کششی را انجام دادند. تمام مراحل تمرین در شرایط زمانی و مکانی مشابه و زیر نظر مربیان اجرا شد.

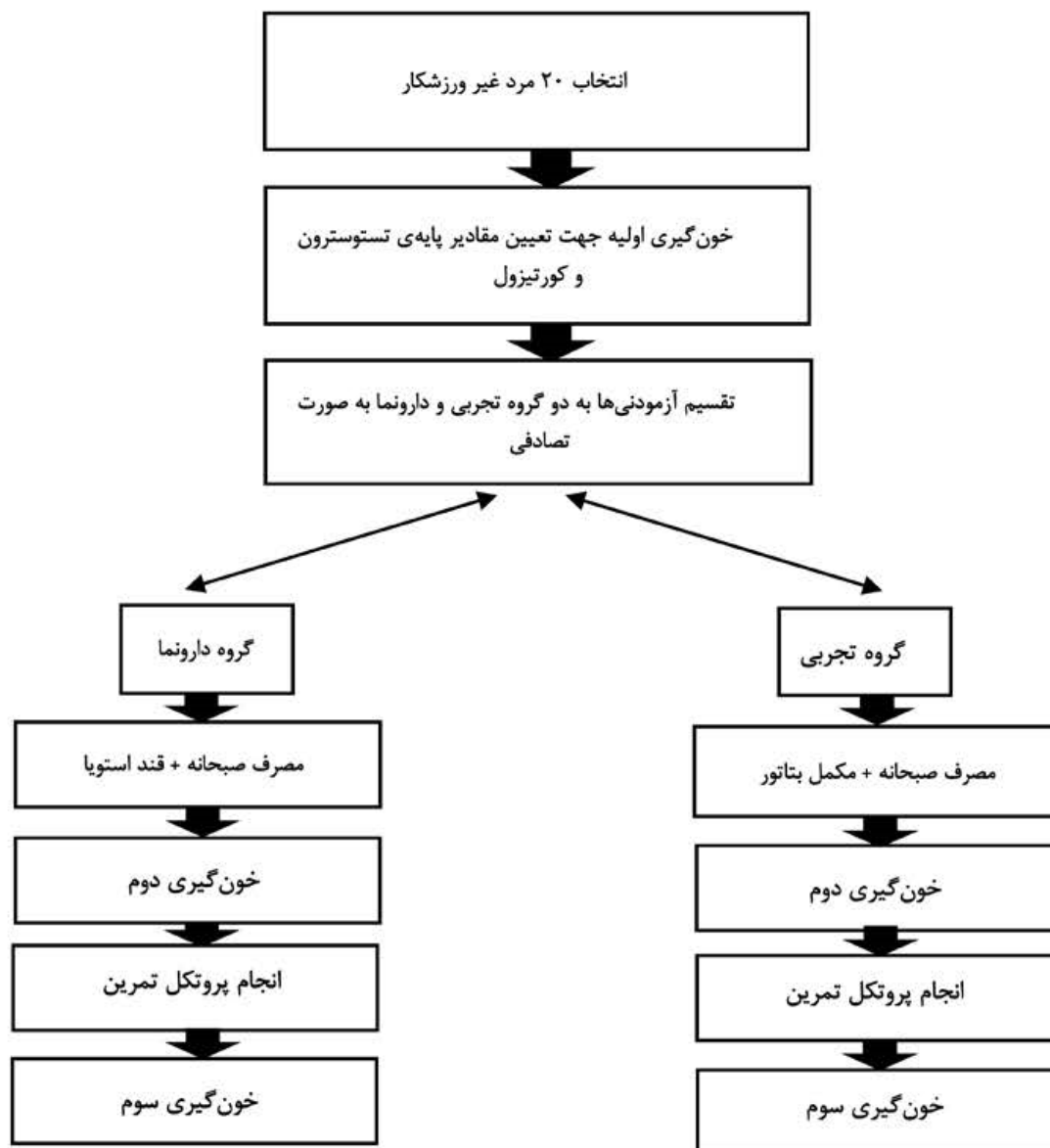
نمونه‌گیری خون در سه مرحله انجام شد: در حالت ناشتا، ۳۰ دقیقه پس از مصرف مکمل یا دارونما، و بلافاصله پس از پایان تمرین مقاومتی. در هر مرحله، حدود ۵ میلی‌لیتر خون وریدی توسط متخصص آزمایشگاه از سیاهرگ ساعد آزمودنی گرفته و در لوله‌های استریل ریخته شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سرم جدا شده به میکروتیوب منتقل گردید و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری

شد.

غلظت سرمی تستوسترون با استفاده از کیت تجاری Monobind ساخت آمریکا و به روش الایزا اندازه‌گیری شد و نتایج آن بر حسب ng/mL گزارش گردید. در این روش، ۱۰ میکرولیتر از کالیبراتورها و نمونه‌ها به چاهک‌ها افزوده شد؛ سپس ۵۰ میکرولیتر محلول کونژوگه و ۵۰ میکرولیتر معرف بیوتین اضافه گردید. پس از تکان دادن آرام پلیت، نمونه‌ها به مدت ۶۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه شدند. سپس چاهک‌ها سه مرتبه با محلول شست‌وشوی رقیق شده شسته شدند، ۱۰۰ میکرولیتر محلول سوبسترا افزوده شد و پلیت به مدت ۱۵ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفت. در پایان، ۵۰ میکرولیتر محلول توقف اضافه شد و جذب نوری در طول موج ۴۵۰ نانومتر قرائت گردید. غلظت سرمی کورتیزول نیز با استفاده از کیت تجاری Monobind ساخت آمریکا و به روش الایزا اندازه‌گیری شد و نتایج آن بر حسب µg/dL گزارش گردید. برای سنجش کورتیزول، ۲۵ میکرولیتر از کالیبراتورها و نمونه‌ها به چاهک‌ها افزوده شد و مراحل بعدی شامل افزودن محلول کونژوگه، معرف بیوتین، انکوباسیون ۶۰ دقیقه‌ای، شست‌وشوی چاهک‌ها، افزودن محلول سوبسترا، افزودن محلول توقف و قرائت جذب نوری در طول موج ۴۵۰ نانومتر مطابق دستورالعمل کیت انجام شد. نسبت تستوسترون به کورتیزول نیز از تقسیم مقدار تستوسترون بر مقدار کورتیزول محاسبه شد.

برای تحلیل داده‌ها ابتدا طبیعی بودن توزیع متغیرها با آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. با توجه به طبیعی بودن توزیع داده‌ها، از آزمون Mixed

ANOVA برای بررسی اثر زمان، گروه و اثر متقابل زمان × گروه استفاده شد. همچنین برای مقایسه‌های تکمیلی از آزمون t استفاده گردید. سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد و تمام تحلیل‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد.



شکل ۱. روش اجرای پژوهش

یافته‌ها

در جدول شماره ۱ میانگین و انحراف استاندارد سن، قد، وزن، شاخص توده‌ی بدنی و توده‌ی چربی شرکت‌کنندگان دو گروه گزارش شده است.

جدول ۱. آمار توصیفی آزمودنی‌های دو گروه مکمل و دارونما

گروه مکمل (n=۱۰)	گروه دارونما (n=۱۰)
M±SD	M±SD
۲۶/۷۰±۳/۴۹	۲۵/۵۵±۴/۸۵
سن (سال)	
۱۷۷/۰۰±۴/۱۶	۱۷۷/۸۸±۴/۸۳
قد (cm)	
۷۱/۷۰±۹/۰۴	۷۴/۲۲±۹/۰۹
وزن (kg)	
۲۲/۸۱±۲/۲۱	۲۳/۴۹±۳/۱۲
BMI (kg/m ²)	
۱۷/۳۲±۳/۰۲	۱۷/۷۸±۴/۵۵
توده‌ی چربی (%)	

همچنین در جدول شماره ۲ میانگین و انحراف استاندارد کلیه‌ی متغیرهای پژوهش در دو گروه مورد مطالعه در وضعیت ناشتا، بعد از مصرف دارو و دارونما و همچنین بعد از ورزش گزارش شده است.

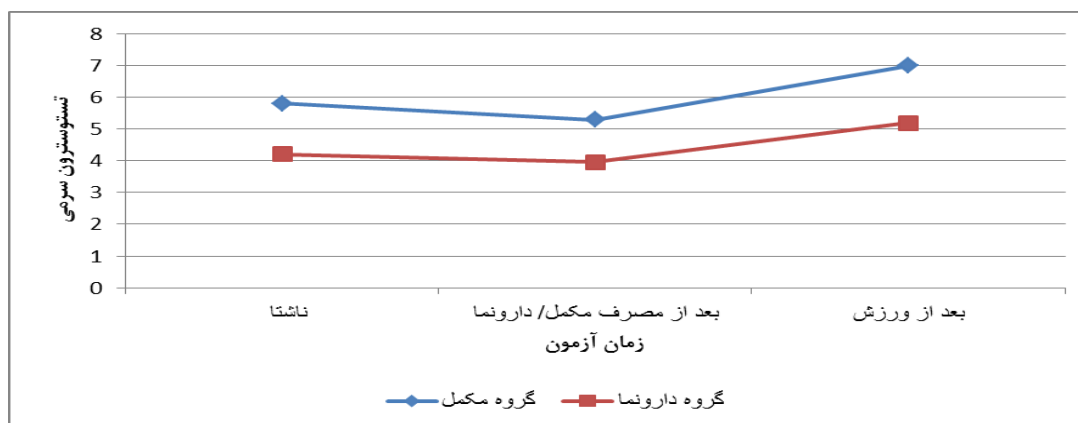
جدول ۲. شاخص‌های توصیفی مربوط به متغیرها در دو گروه مورد مطالعه

متغیر	تجربی (n=۱۰)	کنترل (n=۱۰)
M±SD	M±SD	M±SD
قبل از مصرف	بعد از مصرف	قبل از مصرف
تستوسترون (ng/ml)	۵/۸۰±۳/۱۴	۵/۲۸±۲/۷۸
کورتیزول (µg/dl)	۲۷/۲۳±۷/۹۹	۲۱/۵۷±۵/۰۳
تستوسترون به کورتیزول (بدون واحد)	۰/۲۰±۰/۰۶	۰/۲۳±۰/۰۹
بعد از ورزش	بعد از مصرف	قبل از مصرف
تستوسترون (ng/ml)	۶/۹۸±۴/۰۳	۴/۲۰±۱/۲۶
کورتیزول (µg/dl)	۱۶/۳۲±۳/۸۵	۲۲/۲۰±۶/۶۵
تستوسترون به کورتیزول (بدون واحد)	۰/۴۲±۰/۲۵	۰/۱۹±۰/۰۲
بعد از ورزش	بعد از مصرف	قبل از مصرف
تستوسترون (ng/ml)	۵/۱۸±۱/۶۶	۳/۹۵±۱/۱۹
کورتیزول (µg/dl)	۱۷/۶۷±۲/۱۶	۱۶/۱۸±۴/۹۷
تستوسترون به کورتیزول (بدون واحد)	۰/۲۸±۰/۱۱	۰/۲۴±۰/۱۲

در بررسی متغیر مقادیر تستوسترون سرمی، نتایج نشان داد بین دو گروه، در حالت قبل و بعد از مصرف مکمل (گروه تجربی) / دارونما (گروه کنترل) و بعد از فعالیت ورزشی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵). اما مقایسه‌ی درون‌گروهی متغیرهای اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵) (جدول ۳). نمودار ۱ مقایسه‌ی تغییرات میزان تستوسترون سرمی در گروه دارونما و مکمل را نشان می‌دهد.

جدول ۳. خلاصه نتایج آزمون Mixed ANOVA برای هورمون تستوسترون

Sig.	F	Wilks' Lambda	Sig.	F	Df	Mean Square	تفسیر
۰/۰۶۰	۳/۳۶۳	۰/۷۰۴	۰/۰۱۴	۴/۸۲۸	۲	۱۰/۹۶۱	اثر اصلی آزمون
۰/۹۰۹	۰/۰۹۶	۰/۹۸۸	۰/۸۹۰	۰/۱۱۷	۲	۰/۲۶۵	تعامل اثر آزمون در گروه
					۳۴	۲/۲۷۰	خطا (آزمون)
			۰/۱۵۸		۱	۳۵/۱۴۰	اثر اصلی گروه
					۱۷	۱۶/۱۳۳	خطا (گروه)

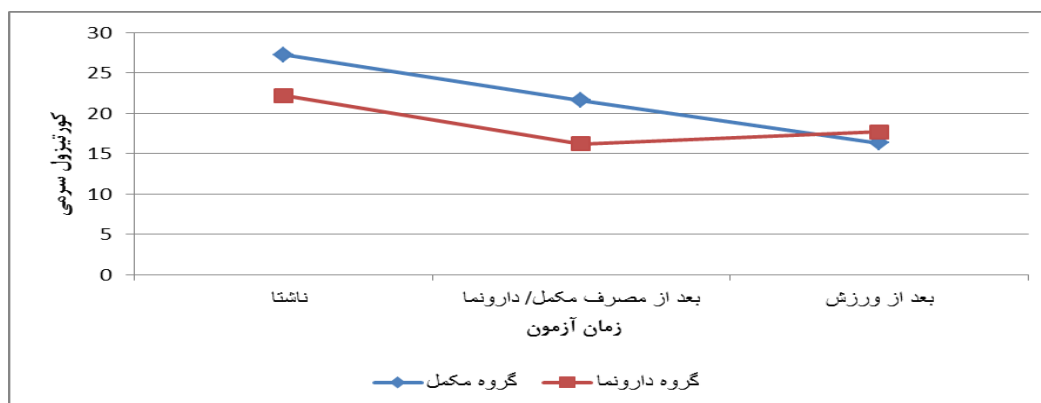


نمودار ۱. مقایسه تغییرات میزان تستوسترون سرمی (ng/ml) در گروه دارونما و مکمل

در بررسی متغیر مقادیر کورتیزول سرمی نتایج نشان داد بین دو گروه، در حالت قبل و بعد از مصرف مکمل (گروه تجربی) / دارونما (گروه کنترل) و بعد از فعالیت ورزشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). اما همان طور که در جدول ۴-۴ نشان داده شده است تغییر ایجاد شده در کورتیزول پس از مصرف مکمل، بسیار نزدیک به سطح معنی‌داری است ($P = 0.058$). مقایسه‌ی درون‌گروهی متغیرهای اندازه‌گیری شده، تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$) (جدول ۴). نمودار ۲ مقایسه‌ی تغییرات میزان کورتیزول سرمی در گروه دارونما و مکمل را نشان می‌دهد.

جدول ۴. خلاصه نتایج آزمون Mixed ANOVA برای هورمون کورتیزول

Sig.	F	Wilks' Lambda	Sig.	F	Df	Mean Square		
0.001	10.064	0.443	0.0001	13.952	2	306.882	اثر اصلی آزمون	کورتیزول سرمی (µg/dl)
0.073	3.096	0.721	0.058	3.096	2	68.100	تفاعل اثر آزمون در گروه	
					34	21.996	خطا (آزمون)	
			0.111	2.827	1	129.402	اثر اصلی گروه	
					17	45.780	خطا (گروه)	



نمودار ۲. مقایسه تغییرات میزان کورتیزول سرمی (µg/dl) در گروه دارونما و مکمل

در بررسی متغیر نسبت تستوسترون به کورتیزول نتایج نشان داد بین دو گروه، در حالت قبل و بعد از مصرف مکمل (گروه تجربی) / دارونما (گروه کنترل) و بعد از فعالیت ورزشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد، که مصرف مکمل HMB-FA بر مقادیر سرمی تستوسترون و کورتیزول و همچنین نسبت تستوسترون به کورتیزول تأثیر معنی‌داری ندارد. در پژوهش حاضر در مقایسه‌ی حالت ناشتا و حالت مصرف مکمل/دارونما، باید گفت هنگام مصرف دارونما، تستوسترون ۶ درصد و کورتیزول ۲۷ درصد کاهش یافت؛ اما هنگام مصرف مکمل HMB-FA، ۹ درصد تستوسترون و ۲۱ درصد کاهش مشاهده گردید. در مقایسه‌ی حالت مصرف مکمل/دارونما با حالت پس از تمرین ورزشی، باید گفت هنگام مصرف دارونما، تستوسترون ۲۳/۷۵ درصد و کورتیزول ۹ درصد افزایش یافت؛ اما هنگام مصرف مکمل، ۲۴/۵ درصد افزایش تستوسترون و ۲۴/۵ درصد کاهش کورتیزول مشاهده گردید. در تحقیقی اسد و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل HMB بر تغییرات تستوسترون مردان غیر ورزشکار پرداختند (۱۷). نتایج نشان داد مصرف مکمل HMB تأثیر معنی‌داری بر تغییرات هورمون تستوسترون ندارد. همچنین در تحقیقی دیگر پورتال و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تأثیر مکمل HMB بر ترکیب بدن، تناسب اندام و واسطه‌های

هورمونی و التهابی در بازیکنان نخبه‌ی والیبال نوجوانان پرداختند (۲۱). نتایج نشان داد مکمل HMB تأثیر معنی‌داری بر هورمون کورتیزول ندارد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق‌های اسد و همکاران و پورتال و همکاران هم‌راستا می‌باشد؛ زیرا در هر سه تحقیق ما شاهد تغییر معنی‌داری در سطوح هورمون تستوسترون و کورتیزول نبودیم. در تحقیق دیگر اسد و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تأثیر مکمل HMB-FA بر قدرت، توان و سازگاری‌های هورمونی به دنبال تمرین مقاومتی پرداختند. پروتکل تمرین مقاومتی شامل یک برنامه‌ی ۶ هفته‌ای (۱۲ جلسه‌ای) بود (۲۰). در این پژوهش نتیجه گرفته شد ۶ هفته مکمل‌دهی HMB-FA، موجب افزایش معنی‌داری در هورمون تستوسترون و کاهش هورمون کورتیزول می‌شود. این نتیجه با آنچه در پژوهش حاضر رخ داد، ناهمسو است؛ زیرا در تحقیق حاضر تغییر معنی‌داری در سطوح هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول مشاهده نشد و این در حالی است که در تحقیق اسدی و همکاران شاهد افزایش هورمون تستوسترون و کاهش هورمون کورتیزول بودیم. ناهمسو بودن نتایج تحقیق اسدی و همکاران با نتایج تحقیق حاضر می‌تواند به علت طولانی بودن مدت زمان مصرف مکمل و تمرین مقاومتی (به مدت ۶ هفته) باشد. به نظر می‌رسد شرایط اولیه‌ی آزمودنی‌ها (سالم، بیمار، ورزشکار، غیر ورزشکار و...)، تعداد آزمودنی‌ها در هر گروه، شدت برنامه‌ی تمرینی و غیره از جمله عواملی بوده است، که باعث شده تغییرات تستوسترون معنی‌دار نباشد؛ اما هم چنان که گفته شد، همین تغییرات ناچیز نیز می‌تواند در ایجاد سازگاری‌های ناشی از تمرینات مقاومتی به فرد کمک

کند. مطالعه شکیبایی و همکاران که تاثیرات مثبت این مکمل را بر سازگاری های هورمونی در ورزشکاران نشان داد (۲۱). که همراستا با مطالعه ما نبود. از اصلی ترین دلیل این اختلاف میتواند به ریشه در اندازه گیری فاکتورهای خونی داشته باشد. زیرا در این تحقیق ما پاسخ های حاد (پس از تمرین) مورد بررسی قرار دادیم اما شکیبایی و همکاران مقادیر استراحتی (مزمین) را اندازه گیری کردند. بیدشکی و همکاران نیز در مطالعه خود نشان دادند که مصرف HMB تاثیر بر GH، IGF-1 و کورتیزول ندارد و فقط بهبود تستسترون در آن دیده شده است (۲۲). یکی از اصلی ترین دلایل این تفاوت میتواند تاثیر گذاری بیشتر این مکمل بر افراد سالمند باشد. از آنجا که این افراد پاسخ های بهتری را به برخی مکمل ها سبت به جوانان میدهند، جای تعجب نیست که این مطالعه حاضر با یافته های این تحقیق بطور کامل همخوانی نداشته باشد. درباره ی سازوکارهایی که هنگام فعالیت ورزشی باعث افزایش غلظت های پلاسمایی هورمون های جنسی می شوند، اطلاعات اندکی موجود است. برخی توجیه ها مانند افزایش غلظت خونی ناشی از فعالیت ورزشی، میزان تجزیه ی هورمون های جنسی، ترشح هورمون های جنسی از بخش قشری غدد فوق کلیوی و ترشح هورمون های جنسی از غدد جنسی در پاسخ به تحریک کاتکولامین ها برای افزایش هورمون های جنسی پلاسمایی وابسته به فعالیت ورزشی پیشنهاد شده اند (۱۵). فعالیت های کورتیزول عمدتاً ضد تستوسترون است (۱۶). کورتیزول یک گلوکوکورتیکوئید شناخته شده برای عملکرد کاتابولیک و ضد التهابی است و افزایش مزمن این هورمون ممکن است برای عملکرد

ورزش زیان آور باشد (۷). تغییرات غلظت کورتیزول یکی از بیومارکرهای شناخته شده و معتبر تعیین استرس فیزیولوژیک در پاسخ به فعالیت های بدنی می باشد (۱۷). چون کورتیزول محلول در چربی است به آسانی از غشای سلولی انتشار می یابد. در داخل سلول به گیرنده ی پروتئینی خود در سیتوپلاسم می چسبد سپس مجموعه هورمون-گیرنده با یک توالی ویژه تنظیم کننده ی DNA موسوم به عناصر پاسخ گلوکوکورتیکوئید وارد واکنش می شود و موجب القا یا تضعیف نسخه برداری از ژن می شود. پروتئین های دیگری در سلول موسوم به عامل های نسخه برداری برای این عمل ضروری هستند. قسمت اعظم آثار متابولیک کورتیزول فوری نیستند بلکه به ۴۵ تا ۶۰ دقیقه زمان نیاز دارند تا پروتئین ها سنتز شوند و تا چندین ساعت یا روز نیاز دارند تا آثار آنها به طور کامل بروز کند (۱۸). یکی از علل معنی دار نشدن نتایج مربوط به پارامتر های هورمونی، ممکن است تعداد کم نمونه ها باشد که به دلیل مواردی مانند مصرف مکمل و خون گیری در ۳ نوبت، افزایش تعداد آزمودنی ها دشوار بود. دیگر عامل مهم در بدست آمدن این نتیجه میتواند مدت زمان مصرف باشد زیرا بر اساس مطالعه انجام شده توسط انجمن بین المللی تغذیه ورزشی، همچنین با توجه به افزایش نسبت تستوسترون به کورتیزول در هر دو گروه به نظر می رسد فعالیت ورزشی تک جلسه ای نیز در این پژوهش تأثیر گذار بوده است، اما همان طور که گفته شد این افزایش در گروه مکمل بیشتر بوده است. باید یک نکته را در نظر گرفت که در علم فیزیولوژی، تغییرات حتی ناچیز هورمون ها، در وضعیت متابولیکی و فیزیولوژیکی اثر گذار است.

در نهایت، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مصرف حاد مکمل HMB-FA پیش از تمرین مقاومتی، هرچند منجر به بهبود عددی در روند پاسخ‌های آنابولیک و کاتابولیک شد، اما تغییرات آماری معنی‌داری در مقادیر تستوسترون، کورتیزول و نسبت تعادلی آن‌ها در مردان غیرورزشکار ایجاد نکرد. با توجه به تناقض‌های موجود در ادبیات تحقیق، به نظر می‌رسد سازوکار دقیق اثرگذاری این مکمل در بازه‌های زمانی حاد همچنان نیازمند بررسی‌های دقیق‌تر است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، تأثیر این مکمل بر غلظت گیرنده‌های هورمونی، مسیرهای سیگنال‌دهی سلولی مرتبط با سنتز و تجزیه پروتئین و سایر عوامل میانه‌جی در تعادل آنابولیک-کاتابولیک مورد ارزیابی قرار گیرد تا درک جامع‌تری از پتانسیل‌های کاربردی این مکمل حاصل شود.

References

1. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med.* 2005;35(4):339–361.
2. Hackney AC. Stress and the neuroendocrine system: the role of exercise in physiological adaptation. *BioMed Res Int.* 2020;2020:1–12.
3. Crewther BT, Cook CJ, Cardinale M, Weatherby RP, Lowe T. The short-term effects of testosterone and cortisol on the neuromuscular system. *Sports Med.* 2011;41(2):103–123.
4. Vingren JL, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson JM, Volek JS. Testosterone physiology in resistance exercise and training. *Sports Med.* 2010;40(12):1037–1053.
5. Felig P, Baxter JD, Frohman LA. *Endocrinology and metabolism.* McGraw-Hill; 2017.
6. Sapolsky RM. Stress and the brain: individual variability and the inverted-U. *Nat Neurosci.* 2015;18(10):1344–1356.
7. Adlercreutz H, Härkönen M, Kuoppasalmi K, et al. Effect of training on hormone concentrations in blood. *Scand J Clin Lab Invest.* 1987;47(1):21–27.
8. Crewther BT, Heke TL, Keogh JW. The effects of training volume and intensity on hormonal and strength responses in men. *J Strength Cond Res.* 2012;26(5):1349–1356.
9. Jeukendrup A, Gleeson M. *Sport nutrition: an introduction to energy production and performance.* Human Kinetics; 2018.
10. Nissen SL, Sharp RL. Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(5):769–780.
11. Van Koeveering MT, Nissen SL. Oxidation of leucine and α -ketoisocaproate to β -hydroxy- β -methylbutyrate in vivo. *Am J Physiol.* 1992;262:E27–E31.
12. Wilson JM, Fitschen PJ, Campbell B, et al. ISSN Position Stand: β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB). *J Int Soc Sports Nutr.* 2013;10:6.

- 13.Fuller JC, Sharp RL, Angus HF, Khoo PY, Rathmacher JA. Free acid gel form of HMB improves clearance kinetics. JPEN. 2015;39(3):378–386.
- 14.Arazi H, et al. The effect of HMB supplementation on anabolic and catabolic hormones following resistance exercise. J Sports Med Phys Fitness. 2015;55(3):235–242.
- 15.Asadi A, et al. Acute hormonal responses to HMB-FA supplementation and resistance exercise. Appl Physiol Nutr Metab. 2017;42(7):750–756.
- 16.Arazi H, Rohani H, Ghiasi A, Keikanloo NA. Resistance training & beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation on hormones. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2015 Oct;21(5):386-9.
- 17.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 Dec;9(12):1316.
- 18.Rathmacher, J. A., Pitchford, L. M., Stout, J. R., Townsend, J. R., Jäger, R., Kreider, R. B., ... & Antonio, J. . International society of sports nutrition position stand: β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB). *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2025, 22(1), 2434734.
- 19.Shakibae, A., Gholizadeh, M., Shirvani, H., & Samadi, M. Effects of HMB supplementation on hormonal adaptations following resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Sport Sciences for Health*, 2023, 19(4), 1083-1092.
- 20.Portal S, Zadik Z, Rabinowitz J, Pilz-Burstein R, Adler-Portal D, Meckel Y, Cooper DM, Eliakim A, Nemet D. 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. *European journal of applied physiology*. 2011 Sep;111(9):2261-9.
- 21.Assad MR, Zoghi R, Fashi M. The Effect of 8 Weeks Resistance Training with HMB Supplementary Product on Changes in Growth Hormone and Testosterone Over Un athlete Males. *Alborz University Medical Journal*. 2016;5(3):187-93.
- 22.Bideshki, M. V., Sadeghi, B., Behzadi, M., Jozi, H., Eskandari Damaneh, H., & Rashidinejad, A. β -Hydroxy- β -methyl butyrate (HMB) supplementation elevates testosterone levels without significant changes to cortisol, IGF-1, or growth hormone in adults: a GRADE-assessed systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Frontiers in Nutrition*, 2025, 12, 1582135.