

علوم زیستی ورزشی - بهار ۱۳۹۹  
دوره ۱۲، شماره ۱، ص: ۵۱ - ۳۱  
تاریخ دریافت: ۱۴ / ۰۷ / ۹۶  
تاریخ پذیرش: ۱۳ / ۰۸ / ۹۷

## مقایسه تأثیرات هشت هفته تمرینات ترکیبی و مکمل گیری HMB بر سطوح IL-15، کورتیزول و برخی متغیرهای فیزیولوژیکی و عملکردی بسکتبالیست‌های مرد

نادر حامد چمن<sup>۱</sup> - اصغر توفیقی<sup>۲</sup> - جواد طلوعی آذر<sup>۳\*</sup>

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران ۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران ۳. استادیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

### چکیده

بتا هیدروکسی بتا متیل بوتیریک اسید (HMB) قادر به تنظیم مثبت عوامل آنابولیک و تنظیم منفی عوامل کاتابولیکی است و می‌تواند بر مزایای ناشی از فعالیت ورزشی تأثیرگذار باشد. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۸ هفته تمرینات ترکیبی و مکمل HMB بر IL-15، کورتیزول، پروفایل لیپیدی، ترکیب بدن و عملکرد بسکتبالیست‌های مرد بود. به این منظور ۴۰ نفر از بازیکنان بسکتبال باشگاهی به‌طور تصادفی در چهار گروه ۱۰ نفری، شامل ۱. گروه کنترل، ۲. گروه مکمل (HMB)، ۳. گروه تمرین ترکیبی و ۴. گروه تمرین + مکمل (HMB) قرار گرفتند. برنامه تمرینی به مدت ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۱/۵ ساعت با شدت ۶۰ تا ۸۰٪ IRM انجام گرفت. مقادیر سرمی IL-15، کورتیزول، پروفایل لیپیدی یک روز قبل و ۴۸ ساعت بعد از اجرای پروتکل تمرینی در حالت ناشتا از ورید آرنجی گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون T همبسته و تحلیل واریانس دوطرفه استفاده شد ( $P < 0/05$ ). با توجه به نتایج تحلیل واریانس دوره‌ها، اثر اصلی تمرین، در تمام متغیرها به‌جز کورتیزول معنادار بود. اثر اصلی مکمل HMB نیز تنها در دو متغیر پرتاب توپ مدیسن ( $F=11/08, p=0/02$ ) و پرش عمودی ( $F=62/22, p=0/001$ ) معنادار بود. تمرینات ترکیبی به‌همراه مصرف مکمل HMB بیشترین اثر را بر افزایش پاسخ آنابولیکی (افزایش IL-15)، کاهش پاسخ کاتابولیکی (کورتیزول) و شاخص لیپیدی دارد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد استفاده از این مکمل با مدالیته تمرین ترکیبی در بهبود شرایط فیزیولوژیک و تقویت قدرت انفجاری و توان ورزشکاران رشته‌های سرعتی مانند بسکتبال مؤثر است.

### واژه‌های کلیدی

IL-15، تمرینات ترکیبی، کورتیزول، مکمل HMB.

#### مقدمه

ورزش بسکتبال فعالیت جسمانی با شدت بالاست که به سطوح بالایی از آمادگی هوازی و بی‌هوازی نیاز دارد (۱، ۲). بازیکنان نخبه بسکتبال برای رسیدن به بالاترین سطح توانایی خود در مسابقات، علاوه بر بهبود مهارت و تکنیک، نیازمند تقویت ویژگی‌های فیزیولوژیکی مانند بهبود وضعیت آنابولیک و تقلیل واکنش‌های کاتابولیکی بدن، افزایش توده خالص عضلانی و قدرت بیشینه‌اند (۳). با افزایش شدت فعالیت (در ورزش‌هایی مانند بسکتبال) میزان انقباض عضلانی افزایش می‌یابد و اگر این فعالیت ورزشی به مدت طولانی ادامه داشته باشد، سبب تخریب هومئوستاز و در نتیجه افزایش ترشح مایوکاین‌ها و سایتوکاین‌ها می‌شود که در سازگاری ورزشی نقش دارند (۴). از این‌رو، بررسی پروفایل هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک ورزشکاران، دو عامل عمده جهت اندازه‌گیری شدت و میزان تأثیر تمرینات است، در نتیجه انتخاب و نوع برنامه تمرینی و به‌کارگیری فاکتورهای آمادگی جسمانی ورزشکاران در پروتکل تمرین باید با دقت صورت گیرد.

موفقیت در بسیاری از رشته‌های ورزشی، همبستگی بالایی با قدرت انفجاری پایین‌تنه و قدرت عضلانی ورزشکاران دارد (۵). در ورزش بسکتبال نیز توانایی رسیدن به بالاترین سطوح قدرت در کمترین بازه از زمان (توان)، امری ضروری برای رسیدن به سطوح عملکردی بهینه در این ورزش است (۶). برای رسیدن به بالاترین سطح آمادگی جسمانی و حرکتی و ایجاد سازگاری‌های مؤثر، برنامه تمرینی باید سیستم‌های مختلف بدن را تحت فشار قرار دهد (۷). از دیرباز، انتخاب برنامه تمرینی و مکمل غذایی مناسب در جهت آماده‌سازی ورزشکاران به‌منظور کسب نتایج بهتر و اجرای مهارت‌های ورزشی در حد مطلوب، مورد توجه مربیان و ورزشکاران بوده است (۷). برای دستیابی به این اهداف، اخیراً مربیان از روش تمرینات ترکیبی<sup>۱</sup> در برنامه‌های تمرینی خود استفاده می‌کنند (۸). این تمرینات شامل انجام تمرینات مقاومتی (بار زیاد) و پلیومتریک (متناسب و مرتبط) به‌صورت متناوب و پیاپی در طول یک جلسه تمرینی است که سبب می‌شود ورزشکار از انجام تمرینات در روزهای متوالی معاف شده و از تمرینات متنوعی در یک جلسه تمرینی برخوردار شود (۹). تحقیقات نشان داده‌اند، ترکیب این دو تمرین موجب تقویت قدرت انفجاری در بازیکنان بسکتبال (۱۰) و اکتساب بیشترین نتایج عملکردی به‌ویژه در بخش پایین‌تنه (۱۰)، بالاتنه (۱۱) و ساختار بدنی می‌شوند (۸). همچنین، انجام این نوع تمرین موجب بهبود تولید نیرو و افزایش

#### 1. Complex Training

قدرت عضلانی، سرعت انجام حرکت و تقویت عملکرد می‌شود (۱۳، ۱۲). در حقیقت اصول تمرینی بر این اساس پایه‌ریزی شده‌اند که بتوانند حداکثر افزایش در هورمون‌های آنابولیک را داشته باشند. بیان شده است که در ورزش‌های رقابتی، افزایش پاسخ‌هایی چون ترشح هورمون‌های آنابولیک و افزایش غلظت آن در بافت و خون ورزشکاران و کاهش شاخص‌های کاتابولیک، مسئله‌ای مهم است.

محور هیپوتالاموس - هیپوفیز - آدرنال (HPA)، از طریق ترشح گلوکوکورتیکوئیدها، نقش اصلی خود را در پاسخ‌های فیزیولوژیکی به فشارهای حاد ناشی از فعالیت نشان می‌دهد (۱۴). افزایش ترشح کورتیزول، در پاسخ به تحریک ناشی از فعالیت ورزشی، به آزاد شدن انرژی‌های ذخیره‌شده منجر می‌شود که این امر خود سبب افزایش ظرفیت‌های شخص برای تداوم بیشتر فعالیت ورزشی می‌شود (۱۴). فعالیت ورزشی، ترشح کورتیزول را که عامل خطرزایی در بسیاری از بیماری‌هاست، تعدیل می‌کند (۱۴). کورتیزول و IL-15 از شاخص‌های هورمونی کاتابولیک و آنابولیک هستند که میزان تغییرات کمی مرتبط با مدت و شدت بار تمرینی را نمایان می‌کنند. از این‌رو این فاکتورها نمایانگر متابولیسم سوبستراهای سوخت‌وسازی هستند.

اینترلوکین - ۱۵ (IL-15) به دلیل تأثیر بر بافت عضلانی، به تازگی توجهات زیادی را به خود جلب کرده است (۱۵). این سایتوکاین به دلیل آزاد شدن از عضله اسکلتی در پاسخ به انقباض عضلانی در فعالیت ورزشی، به عنوان یک مایوکاین شناخته شده است و نقش تعدیل سوخت و ساز در بدن را ایفا می‌کند (۱۵). این مایوکاین به عنوان فاکتور آنابولیک مسیر هایپرتروفی عضلانی در سلول‌های عضلانی را پیام‌رسانی می‌کند (۱۶). مطالعات نشان داده‌اند که هنگام هایپرتروفی عضلانی، IL-15 mRNA را عضلات اسکلتی بیان می‌کند و پروتئین IL-15 در این عضلات تولید و ترشح می‌شود که متعاقب آن سبب هایپرتروفی عضله می‌گردد (۱۶). این سایتوکاین طی فرایند آنابولیکی، با تحریک میوسیت‌ها و تارهای عضلانی تمایز یافته، به تجمع مقدار بیشتری از پروتئین‌های انقباضی زنجیره سنگین می‌پردازد. به علاوه IL-15 از طریق میوسیت‌ها و تارهای عضلانی تمایز یافته، به تحریک تجمع زنجیره‌های سنگین میوزین بافت عضلانی در بافت کشت سلولی عضله انسانی منجر می‌شود (۱۷). این یافته‌ها نشان می‌دهد که ممکن است IL-15 یک میانجی (تنظیم‌کننده) مهم برای رشد تار عضلانی و هایپرتروفی باشد (۱۷). بنابراین، می‌تواند تحت تأثیر مکمل‌های غذایی مانند HMB قرار گیرد.

## 1. Hypophysis Pituitary Axis

بتا هیدروکسی بتا متیل بوتیریک اسید (HMB) متابولیت مشتق شده داخل سلولی، از اسید آمینه شاخه‌دار لوسین است که در سال‌های اخیر توجهات خاصی را در عرصه ورزش به خود جلب کرده است (۱۸). این ماده به صورت طبیعی در بدن انسان و حیوانات تولید می‌شود (۱۸). تنها ۵ درصد از اسید آمینه شاخه‌دار لوسین در بدن، به HMB تبدیل می‌شود (۱۸). از اصلی‌ترین مزایای استفاده از این مکمل، خاصیت آنابولیک و ضد کاتابولیک آن است (۱۹). این مکمل بر سنتز پروتئین از طریق مسیر mTOR مؤثر است و در بسیاری از شرایط ضد کاتابولیک مانند کاهش توده کل بدن، کاهش توده عضلانی، سرطان کاشکسیا، سارکوپنیا، اثر آنابولیکی خود را نشان می‌دهد (۱۹). شواهد اندک و متناقضی در مورد تأثیرگذاری مزمن این مکمل بر روی ایجاد تغییرات در ترکیب بدن، سازگاری آنابولیکی و شاخص‌های کاتابولیک (با ترشح گلوکوکورتیکوئید) در بین ورزشکاران دیده می‌شود (۵۳). کرامر و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که ۱۲ هفته مصرف مکمل HMB به همراه تمرینات مقاومتی بر روی ۷ مرد سالم فعال به طور معناداری مقادیر هورمون رشد را افزایش و کورتیزول را کاهش می‌دهد (۲۰). در مقابل، پورتال و همکاران (۲۰۱۱) با توجه به تأثیرات ارگوژنیک مکمل HMB در ورزش‌های رقابتی نشان دادند که ۷ هفته مکمل HMB به طور غیرمعناداری مقادیر کورتیزول ۲۹ مرد و زن والیبالیست نخبه را کاهش می‌دهد. به بیان دیگر تغییرات هورمون‌های کاتابولیکی ناشی از HMB در این پژوهش محسوس نبود. این در حالی است که تأثیرات آنابولیکی این مکمل در بافت عضلانی تأیید شد. همچنین، این محققان نشان دادند که این مکمل بر توان بی‌هوازی تأثیر معناداری دارد. بنابراین، در انتخاب نمونه پژوهش خود از بازیکنان والیبالیست استفاده کردند (۲۱).

با توجه به اثر فعالیت ورزشی بر وضعیت هومئوستاز هورمونی در بدن، ارزیابی نسبت دو هورمون IL-15 و کورتیزول در عرصه ورزش، نماینده سلامت، آمادگی جسمانی، عملکرد و سازگاری در ورزشکاران است. آقاعلی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۰) اثر حاد (یک جلسه) تمرین مقاومتی را بر شاخص‌های IL-15 و کورتیزول بازیکنان نخبه هندبال (نمونه یک ورزش رقابتی با توان بی‌هوازی بالا) بررسی کردند. این محققان تغییرات متغیرهای پژوهش خود را با تغییرات متغیرهای ایمونولوژیک ارزیابی کردند. نتایج این محققان نشان داد که مقادیر IL-15 (به عنوان شاخص آنابولیک) افزایش و کورتیزول (به عنوان شاخص کاتابولیک) نیز کاهش یافت، که این تغییرات معنادار بود (۲۲). همچنین در مورد اثرگذاری بلندمدت این شاخص، یئو و همکاران

(۲۰۱۲) نشان دادند ۸ هفته تمرینات مقاومتی با شدت متوسط به طور معناداری مقادیر IL-15 را افزایش می‌دهد (۲۳). مکمل HMB بر توان بی‌هوازی تأثیرات شایان توجهی دارد (۳۸). ورزش بسکتبال نیز یک ورزش رقابتی است که میزان توان بی‌هوازی این ورزش بالاست. با توجه به اینکه در مورد تأثیر طولانی مدت (مزمین)، مکمل HMB و تمرینات ترکیبی بر توان، ترکیب بدن، شاخص‌های آنابولیک (IL-15)، کاتابولیک (کورتیزول) و پروفایل لیپیدی ورزشکاران بسکتبال پژوهشی یافت نشد، از این رو هدف اصلی پژوهش حاضر مقایسه تأثیر ۸ هفته تمرینات ترکیبی و مکمل گیری HMB بر سطوح IL-15، کورتیزول و برخی متغیرهای فیزیولوژیکی و عملکردی بسکتبالیست‌های مرد بود.

### روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی، با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود و جامعه آماری پژوهش را بسکتبالیست‌های باشگاهی شهرستان تبریز تشکیل دادند. معیارهای ورود به مطالعه شامل:

- دارا بودن سابقه شرکت در تمرینات منظم بسکتبال در تیم باشگاهی خود؛
- عدم مصرف دخانیات؛
- نداشتن سابقه بیماری قلبی - عروقی، بیماری‌های خونی، کبدی، کلیوی و تنفسی؛
- استفاده نکردن از مکمل‌های نیروزا به مدت حداقل ۳ ماه.

در ابتدای پژوهش پرسشنامه سلامتی، فرم رضایت‌نامه و مشخصات فردی توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد. آزمودنی‌ها براساس ویژگی‌های فردی از جمله قد، سن، وزن و درصد چربی بدن همگن شدند و سپس با توجه به اهداف پژوهش، پس از انجام هماهنگی‌های لازم و جلب همکاری داوطلبان آزمودنی‌ها و تهیه ابزار لازم، جمع‌آوری داده‌ها به شکل آزمایشگاهی انجام گرفت.

معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل:

- غیبت آزمودنی‌ها و
- شرکت نامنظم در برنامه‌های تمرینی بود.

روش پژوهش از نوع میدانی و آزمایشگاهی بود. پس از دریافت رضایت‌نامه فردی، آزمودنی‌ها (جدول ۲) به صورت تصادفی به چهار گروه ۱۰ نفری، شامل ۱. گروه کنترل، ۲. گروه تمرین - دارونما، ۳. گروه مکمل (HMB) و ۴. گروه تمرین - مکمل (HMB) تقسیم شدند.

هر چهار گروه در تمرین‌های تیمی بسکتبال خود به صورت ۳ روز در هفته (در روزهای زوج)، به طور منظم شرکت کردند.

گروه‌های تمرین - مکمل و تمرین - دارونما هر هفته به مدت ۳ روز (روزهای فرد) هر روز به مدت ۱/۵ ساعت، در مجموع به مدت ۸ هفته به تمرین ترکیبی (جدول ۱) پرداختند و گروه‌های تمرین - مکمل و مکمل هر روز به مقدار ۳ گرم مکمل HMB (مارک PNC، ساخت ایران)، به صورت ۳ وعده ۱ گرمی به صورت خوراکی به مدت ۸ هفته مصرف کردند. در طی این دوره، گروه تمرین - دارونما نیز به همان مدت و با همان تکرار و مقدار دکستروز را به عنوان دارونما (که از لحاظ رنگ، طعم و ظاهر شبیه HMB بود، ولی بدون خواص آن) مصرف کردند.

متغیرهای پژوهش حاضر شامل آزمون پرش عمودی (سانتی متر / با استفاده از آزمون پرش سارجنت)، آزمون پرتاب توپ مدیسن بال در حالت نشسته (متر)، اندازه‌گیری توده خالص عضلانی<sup>۱</sup> (کیلوگرم / با استفاده از دستگاه بادی کامپوزیشن آنالایزور<sup>۲</sup>، اندازه‌گیری شاخص‌های IL-15، کورتیزول و پروفایل لیپیدی (به منظور سنجش وضعیت آنابولیک و کاتابولیک، بررسی تغییرات عملکرد، ترکیب بدن و قدرت) بودند، که قبل و بعد از مداخله تمرینی بررسی شدند.

#### اندازه‌گیری شاخص‌های خونی

آزمودنی‌ها قبل از اجرای پروتکل تمرینی پس از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه، رأس ساعت ۹ صبح به منظور بررسی مقادیر پایه سطوح هورمونی، پروفایل لیپیدی، IL-15، کورتیزول در محل آزمایشگاه تخصصی حضور یافتند. قبل از مرحله خون‌گیری، آزمودنی‌ها از شرکت در فعالیت‌های ورزشی و مصرف هرگونه دارو و مکمل ضدالتهابی مانند ایبوپروفن منع شدند. در مجموع اندازه‌گیری متغیرهای وابسته، یک روز قبل از تمرینات ترکیبی و مکمل یاری و ۴۸ ساعت پس از اتمام آخرین جلسه تمرینی صورت گرفت. ۲۴ ساعت پس از جمع‌آوری داده‌های اولیه، برنامه تمرین به مدت ۸ هفته در محل سالن ورزشی انجام گرفت. بعد از اتمام دوره تمرین، در طول ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین مجدداً متغیرهای پژوهش اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های خون اولیه به مقدار ۵ سی‌سی از ورید قدامی بازویی توسط متخصصان آزمایشگاه از آنها گرفته شد. نمونه‌های خونی، حداکثر سه دقیقه پس از خون‌گیری، به مدت ده دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند تا

1 . Lean Body Mass

2 . Body Composition Analyzer

سرم آنها جدا شود؛ سپس سرم جدا شده برای آنالیز در دمای ۸۰- درجه نگهداری شد. پروفایل لیپیدی با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون (ساخت ایران)، IL-15 براساس نانوگرم در میلی‌لیتر به روش الیزا با استفاده از کیت East Biopharm (Cat.No : CK-E91025) ساخت چین با میزان حساسیت 0.007-0.056 ng/ml<sup>-1</sup> و کورتیزول سرمی نیز توسط کیت الیزا ( Canine Cortisol-α ELISA Kit, MyBioSource) با حساسیت 2.0 pg/Ml اندازه‌گیری شد.

### پروتکل تمرینی

پروتکل تمرینی شامل اجرای تمرینات پلیومتریک در پی تمرینات مقاومتی بود (جدول ۱). بازه‌های زمانی ۶۰ ثانیه‌ای، به‌منظور استراحت بین ست‌های تمرین مقاومتی و ۳ دقیقه‌ای به‌منظور استراحت بین تمرینات مقاومتی و پلیومتریک و در نهایت ۹۰ ثانیه نیز جهت استراحت بین ست‌های تمرین پلیومتریک لحاظ شد (جدول ۱).

جدول ۱. پروتکل تمرینات ترکیبی (مقاومتی - پلیومتریک)

تمرین ترکیبی	نوع فعالیت	تکرار	استراحت/ست
ترکیب ۱	اسکوات	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	پرش عمودی	۳×۱۰	۹۰ ثانیه
ترکیب ۲	پرس سینه	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	پرتاب توپ مدیسن بال از سینه	۳×۱۰	۹۰ ثانیه
ترکیب ۳	لانچ هالتر	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	پرش پله	۳×۱۰	۹۰ ثانیه
ترکیب ۴	لت سیم‌کش از جلو	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	پرتاب توپ مدیسن بال از بالای سر	۳×۱۰	۹۰ ثانیه
ترکیب ۵	کرنچ شکم	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	پرتاب توپ مدیسن بال با دراز و نشست	۳×۱۰	۹۰ ثانیه
ترکیب ۶	زیر سینه هالتر	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	دریبل زیگ زاگ	۳×۱۰	۹۰ ثانیه

### روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

در پژوهش حاضر از آزمون آماری شاپیرو - ویلک برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها، آزمون لون به‌منظور برابری واریانس‌ها، از آزمون T همبسته برای بررسی تغییرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون، از آزمون

آنالیز واریانس دوره برای تعیین تفاوت بین گروهی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری اس. پی. اس. اس نسخه ۲۲ انجام گرفت. سطح معناداری معادل ( $P < 0.05$ ) در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

در جدول ۲، مشخصات آنتروپومتریک آزمودنی‌ها آورده شده است. در مقایسه بین گروهی نیز اختلاف معناداری در مشخصه‌های آنتروپومتریک بین گروه‌ها مشاهده نشد.

جدول ۲. مشخصات بازیکنان بسکتبال در گروه‌های مختلف پژوهش

گروه‌ها	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
کنترل	۲۴/۷ ± ۱/۷	۱۷۰ ± ۵/۲۹	۶۲/۱۱ ± ۲۰/۴۴	۲۱/۵ ± ۱
مکمل HMB	۲۳/۷ ± ۴/۵	۱۷۵/۷ ± ۶/۵۸	۷۹/۹ ± ۶۳/۷۷	۲۲/۱ ± ۱/۶
تمرین ترکیبی	۲۲/۲ ± ۷/۵	۱۷۸/۲ ± ۸/۹	۶۶/۹ ± ۹۷/۰۳	۲۳/۸ ± ۱/۱
مکمل HMB - تمرین ترکیبی	۲۲/۸ ± ۳/۱	۱۷۷ ± ۴/۶۴	۸۲/۱۳ ± ۴۷/۳	۲۱/۸ ± ۰/۹

## بررسی درون گروهی

نتایج آزمون آماری t همبسته نشان داد که مصرف ۸ هفته مکمل HMB و تمرین ترکیبی، به طور معناداری مقادیر IL-15، آزمون‌های عملکردی، توده خالص عضلانی و HDL را افزایش داد (جدول ۳). در مقابل شاخص‌های LDL، تری‌گلیسیرید و کورتیزول را به طور معناداری کاهش داد (جدول ۳). در گروه کنترل نیز در هیچ‌یک از متغیرهای پژوهش تغییرات معناداری نسبت به شرایط پایه مشاهده نشد ( $P \geq 0.05$ ).



جدول ۳. نتایج آزمون آماری t همبسته در گروه‌های مختلف پژوهش (میانگین ± انحراف استاندارد)

متغیر گروه	IL-15 (ng/ml)	کورتیزول (pg/ml)	LDL (mg/dl)	HDL (mg/dl)	تری گلیسیرید (mg/dl)	پرتاب توپ بال (m)	پرش عمودی (cm)	توده خالص عضلانی (kg)
کنترل	ق	۹/۹۸±۲/۱۲	۸۷/۶±۱۶/۰۷	۵۱/۲±۸/۰۵	۹۲/۱±۱۷/۰۶	۵/۷±۰/۷۴	۳۹/۷±۱/۶	۵۹/۴±۶/۴
	ب	۳۵۲/۶±۵۶	۷/۷۶±۱/۷۹	۹۰/۲±۱۴/۶۶	۵۰±۸/۰۴	۱۰۶/۵±۲۱/۱۵	۵/۷۹±۰/۷۲	۴۰/۹±۱/۶
	س	۰/۰۷۵	۰/۰۹۱	۰/۲۴۱	۰/۵۵	۰/۰۸۵	۰/۹۵۷	۰/۱۶۷
مکمل HMB	ق	۸/۳۴±۲/۸۸	۸۹/۱±۲۱/۷۳	۴۵/۷±۹/۶۳	۹۵/۴±۴۸/۱۲	۶/۰۳±۰/۷۵	۴۲±۱/۷	۵۷/۱±۱
	ب	۳۷۷/۳±۷۲	۷/۹۳±۲/۷۵	۸۳/۲±۲۴/۶۲	۴۶/۷±۹/۲۹	۹۴±۱۷/۶۱	۶/۸۳±۱/۰۱	۴۵/۳±۱/۸
	س	۰/۷۲۰	۰/۰۷۴	۰/۳۰۱	۰/۴۲۰	۰/۹۱۵	۰/۱۲۵	۰/۶۷۷
تمرین ترکیبی	ق	۹/۲۳±۲/۵۵	۸۴/۳±۱۶/۲۶	۵۴±۵/۰۹	۸۲/۲±۲۲/۱۷	۵/۶۵±۰/۶۲	۴۴/۷±۱/۱	۵۶/۳±۸/۶
	ب	۸/۱۲±۲/۷۱	۷۱/۹±۱۵/۵۲	۵۸±۴/۱	۷۲/۷±۱۷/۲۹	۶/۵۵±۰/۷۱	۵/۱۹±۰/۶۴	۶۰/۱±۹/۴
	س	* ۰/۰۴۳	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۰	* ۰/۰۳۵	* ۰/۰۰۸	* ۰/۰۲۱	* ۰/۰۰۰
تمرین ترکیبی - مکمل HMB	ق	۳۷۴/۴±۷۷/۲	۱۰/۶۱±۱/۴۵	۷۸/۹±۲۵/۲۵	۴۷/۸±۷/۳۴	۸۹/۴±۲۴/۹۵	۳۶/۷±۱/۱	۵۷/۴±۷/۷
	ب	۴۵۶/۱±۷۷/۶	۸/۱۸±۲/۱۴	۵۹/۱±۱۲/۹	۵۵/۸±۴/۹۱	۶۷/۸±۱۹/۹۴	۷/۲۲±۰/۵۶	۶۶/۷±۲/۴
	س	* ۰/۰۲۵	* ۰/۰۰۰	* ۰/۰۰۳	* ۰/۰۰۹	* ۰/۰۰۱	* ۰/۰۰۰	* ۰/۰۳۴

ق) مقادیر پیش‌آزمون (ب) مقادیر پس‌آزمون (س) سطح معناداری ( $P < ۰/۰۵$ ) \* معناداری نسبت به مقادیر پیش‌آزمون ( $P \leq ۰/۰۵$ )

### بررسی بین‌گروهی

آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه در مقایسه نمرات پیش‌آزمون متغیر IL-15 نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود ندارد ( $F=۰/۲۴۰$ ,  $p=۰/۸۶۸$ ). در بررسی اثر ۸ هفته مصرف مکمل HMB و تمرین بر متغیر IL-15 در پس‌آزمون، نتایج تحلیل واریانس دوره‌ها نشان داد که اثر اصلی مصرف مکمل HMB ( $F=۲/۷۱$ ,  $p=۰/۱۰۸$ ) ( $F=2.71$ ,  $P=0.108$ ) غیرمعنادار، اثر اصلی تمرین ( $F=۷/۰۳$ ,  $p=۰/۰۱۲$ ) معنادار و اثر تعاملی مصرف مکمل \* تمرین ( $F=۰/۳۸۵$ ,  $p=۰/۵۳۹$ ) غیرمعنادار بوده است (شکل A1).

آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه در مقایسه نمرات پیش‌آزمون متغیر کورتیزول نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود ندارد ( $F=۱/۴۴$ ,  $p=۰/۲۴۷$ ). در بررسی اثر ۸ هفته مصرف مکمل HMB و تمرین بر متغیر کورتیزول در پس‌آزمون، نتایج تحلیل واریانس دوره‌ها نشان داد که اثر اصلی مصرف مکمل HMB ( $F=۰/۲۵۴$ ,  $p=۰/۶۱۸$ )، اثر اصلی تمرین ( $F=۰/۷۰$ ,  $p=۰/۷۹۵$ ) و اثر تعاملی مصرف مکمل \* تمرین ( $F=۰/۳۵۱$ ,  $p=۰/۵۵۷$ ) غیرمعنادار بوده است (شکل B1، جدول ۴).

آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه در مقایسه نمرات پیش‌آزمون متغیر LDL نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود ندارد ( $F=۰/۶۸۵$ ,  $p=۰/۵۰$ ). در بررسی اثر ۸ هفته مصرف مکمل HMB و

تمرین بر متغیر LDL در پس‌آزمون، نتایج تحلیل واریانس دوره‌ها نشان داد که اثر اصلی مصرف مکمل HMB ( $F=3/19$ ,  $p=0/083$ ) غیرمعنادار، اثر اصلی تمرین ( $F=14/63$ ,  $p=0/001$ ) معنادار و اثر تعاملی مصرف مکمل \* تمرین ( $F=0/27$ ,  $p=0/604$ ) غیرمعنادار بوده است (شکل C۱، جدول ۴).

آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه در مقایسه نمرات پیش‌آزمون متغیر HDL نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود ندارد ( $F=2/28$ ,  $p=0/096$ ). در بررسی اثر ۸ هفته مصرف مکمل HMB و تمرین بر متغیر HDL در پس‌آزمون، نتایج تحلیل واریانس دوره‌ها نشان داد که اثر اصلی مصرف مکمل HMB ( $F=1/57$ ,  $p=0/218$ ) غیرمعنادار، اثر اصلی تمرین ( $F=15/22$ ,  $p=0/001$ ) معنادار و اثر تعاملی مصرف مکمل \* تمرین ( $F=0/63$ ,  $p=0/803$ ) غیرمعنادار بوده است (شکل D۱، جدول ۴).

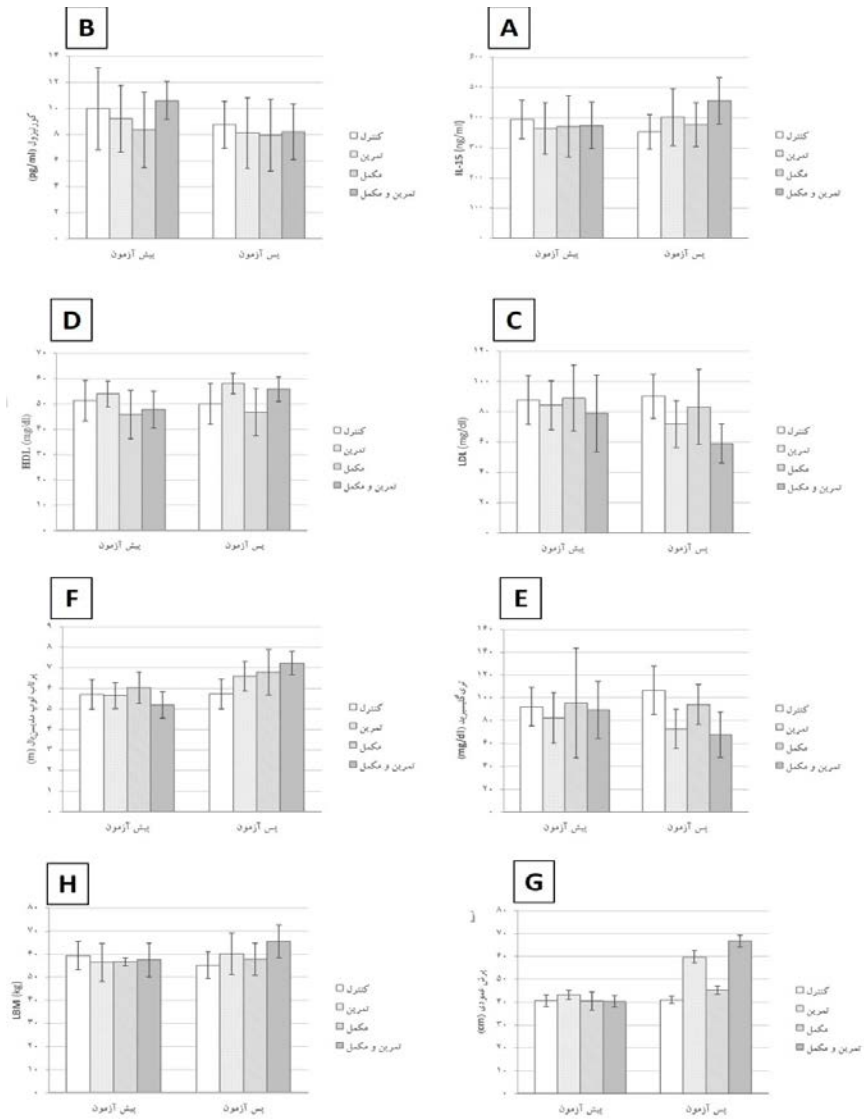
آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه در مقایسه نمرات پیش‌آزمون متغیر تری‌گلیسرید نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود ندارد ( $F=0/34$ ,  $p=0/797$ ). در بررسی اثر ۸ هفته مصرف مکمل HMB و تمرین بر متغیر تری‌گلیسرید در پس‌آزمون، نتایج تحلیل واریانس دوره‌ها نشان داد که اثر اصلی مصرف مکمل HMB ( $F=2/08$ ,  $p=0/158$ ) غیرمعنادار، اثر اصلی تمرین ( $F=24/74$ ,  $p=0/001$ ) معنادار و اثر تعاملی مصرف مکمل \* تمرین ( $F=0/397$ ,  $p=0/533$ ) غیرمعنادار بوده است (شکل E۱، جدول ۴).

آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه در مقایسه نمرات پیش‌آزمون متغیر پرتاب توپ مدیسن‌بال نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود ندارد ( $F=2/54$ ,  $p=0/072$ ). در بررسی اثر ۸ هفته مصرف مکمل HMB و تمرین بر متغیر پرتاب توپ مدیسن‌بال در پس‌آزمون، نتایج تحلیل واریانس دو راهه نشان داد که اثر اصلی مصرف مکمل HMB ( $F=11/08$ ,  $p=0/002$ ) و اثر اصلی تمرین ( $F=6/50$ ,  $p=0/015$ ) معنادار و اما اثر تعاملی مصرف مکمل \* تمرین ( $F=0/712$ ,  $p=0/404$ ) غیر معنادار بوده است (شکل F۱، جدول ۴).

آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه در مقایسه نمرات پیش‌آزمون متغیر پرش عمودی نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود ندارد ( $F=2/12$ ,  $p=0/115$ ). در بررسی اثر ۸ هفته مصرف مکمل HMB و تمرین بر متغیر پرش عمودی در پس‌آزمون، نتایج تحلیل واریانس دوره‌ها نشان داد که اثر اصلی مصرف مکمل HMB ( $F=62/22$ ,  $p=0/001$ ) و اثر اصلی تمرین ( $F=791/38$ ,  $p=0/001$ ) معنادار و اما اثر تعاملی مصرف مکمل \* تمرین ( $F=3/05$ ,  $p=0/089$ ) غیرمعنادار بوده است (شکل G۱، جدول ۴).

آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه در مقایسه نمرات پیش‌آزمون متغیر توده خالص عضلانی نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود ندارد ( $F=0/46$ ,  $p=0/729$ ). در بررسی اثر ۸ هفته مصرف مکمل HMB و تمرین بر متغیر توده خالص عضلانی در پس‌آزمون، نتایج تحلیل واریانس دوره‌ها نشان داد که

اثر اصلی مصرف مکمل HMB ( $F=2/99, p=0/092$ ) غیر معنادار، اثر اصلی تمرین ( $F=7/46, p=0/010$ ) معنادار و اثر تعاملی مصرف مکمل \* تمرین ( $F=0/39, p=0/536$ ) غیر معنادار بوده است (شکل H، جدول ۴).



شکل ۱. مقایسه میزان IL-15 (A)، کورتیزول (B)، LDL (C)، HDL (D)، تری گلیسرید (E)، پرتاب توپ مدیسن بال (F)، پرش عمودی (G) و توده خالص عضلانی (H) در آزمودنی‌های گروه‌های مختلف

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل واریانس دوره‌ها برای بررسی اثر مکمل و تمرین بر متغیرهای وابسته

متغیر	عامل	SS	df	F	Sig	مجذور جزئی اتا
IL-15 (ng/ml)	مکمل	۱۵۷۴۱/۴۵	۱	۲/۷۱	۰/۱۰۸	۰/۰۷۰
	تمرین	۴۰۸۲۵/۰۷	۱	۷/۰۳	* ۰/۰۱۲	۰/۱۶۳
	مکمل * تمرین	۲۲۳۶/۶۷	۱	۰/۳۸۵	۰/۵۳۹	۰/۰۱۱
کورتیزول (pg/ml)	مکمل	۱/۴۵	۱	۰/۲۵۴	۰/۶۱۸	۰/۰۰۷
	تمرین	۰/۳۹	۱	۰/۰۶۸	۰/۷۹۵	۰/۰۰۲
	مکمل * تمرین	۲/۰۰	۱	۰/۳۵۱	۰/۵۵۷	۰/۰۱۰
LDL (mg/dl)	مکمل	۹۸۰/۱۰	۱	۳/۱۹	۰/۰۸۳	۰/۰۸۱
	تمرین	۴۴۹۴/۴۰	۱	۱۴/۶۳	* ۰/۰۰۱	۰/۲۸۹
	مکمل * تمرین	۸۴/۱۰	۱	۰/۲۷۴	۰/۶۰۴	۰/۰۰۸
HDL (mg/dl)	مکمل	۷۵/۶۳	۱	۱/۵۷	۰/۲۱۸	۰/۰۴۲
	تمرین	۷۳۱/۰۳	۱	۱۵/۲۲	* ۰/۰۰۱	۰/۲۹۷
	مکمل * تمرین	۳/۰۳	۱	۰/۰۶۳	۰/۸۰۳	۰/۰۰۲
تری‌گلیسرید (mg/dl)	مکمل	۷۵۶/۹۰	۱	۲/۰۸	۰/۱۵۸	۰/۰۵۵
	تمرین	۹۰۰۰/۰۰	۱	۲۴/۷۴	* ۰/۰۰۱	۰/۴۰۷
	مکمل * تمرین	۱۴۴/۴۰	۱	۰/۳۹۷	۰/۵۳۳	۰/۰۱۱
پرتاب توپ مدیسن‌بال (m)	مکمل	۷/۲۳	۱	۱۱/۰۸	* ۰/۰۰۲	۰/۲۳۵
	تمرین	۴/۲۵	۱	۶/۵۰	* ۰/۰۱۵	۰/۱۵۳
	مکمل * تمرین	۰/۴۶	۱	۰/۷۱۲	۰/۴۰۴	۰/۰۱۹
پرش عمودی (cm)	مکمل	۳۱۹/۲۳	۱	۶۲/۲۲	* ۰/۰۰۱	۰/۶۳۳
	تمرین	۴۰۶۰/۲۳	۱	۷۹۱/۳۸	* ۰/۰۰۱	۰/۹۵۶
	مکمل * تمرین	۱۵/۶۳	۱	۳/۰۵	۰/۰۸۹	۰/۰۷۸
LBM (kg)	مکمل	۱۶۲/۶۱	۱	۲/۹۹	۰/۰۹۲	۰/۰۷۷
	تمرین	۴۰۶/۰۹	۱	۷/۴۶	* ۰/۰۱۰	۰/۱۷۲
	مکمل * تمرین	۲۱/۲۴	۱	۰/۳۹	۰/۵۳۶	۰/۰۱۱

\* معناداری ( $P \leq 0.05$ )

### بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر تمرینات ترکیبی (مقاومتی + پلیومتریک)، مکمل HMB و اثر هم‌افزایی این دو بر برخی از شاخص‌های آنابولیکی و کاتابولیکی، قدرت، توان، ترکیب بدن و عملکرد بازیکنان بسکتبال، طی پروتکل طولانی مدت ۸ هفته‌ای (مزمین) بود. یافته‌های اصلی این پژوهش افزایش معناداری را در سطوح سرمی IL-15 و توده خالص عضلانی پس از ۸ هفته در گروه تمرین ترکیبی نشان داد (بین‌گروهی). همچنین در بررسی درون‌گروهی مشخص شده که گروه تمرین ترکیبی و تمرین ترکیبی - HMB پس از ۸ هفته افزایش معناداری در این فاکتور (IL-15) ایجاد کردند. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج پژوهش بازگیر و همکاران (۲۰۱۴) همخوانی دارد (۲۴). بیان شده است که افزایش IL- mRNA (IL-15) بعد از تمرین ورزشی می‌تواند به پاسخ سیستم ایمنی بدن برای دفع مواد زائد و التهاب ناشی از تمرین برگردد. پروتکل تمرینی پژوهش حاضر از نوع ترکیبی یعنی مقاومتی و پلیومتریک بود. انجام تمرینات مقاومتی و پلیومتریک قادر به تخریب بیشتر زیرساخت‌های سلولی عضلانی است و میزان التهاب برای سازگاری بیشتر را بالا می‌برد. به همین دلیل، آسیب‌های عضلانی ناشی از تمرین در ۲۴ ساعت اول پس از تمرین بالاست، سیستم ایمنی سعی در حذف مواد زائد و التهاب‌آور دارد، IL-15 به‌منظور تغییرات در سیستم ایمنی برای از بین بردن عوامل التهاب‌آور افزایش می‌یابد (۲۵). همسو با نتایج این تحقیقات، در پژوهش حاضر مشخص شد تمرینات ترکیبی به مدت ۸ هفته سبب افزایش IL-15 می‌شود (جدول‌های ۲ و ۳). با توجه به شدت و حجم بالای مدالیته تمرین ترکیبی (مقاومتی + پلیومتریک) تغییرات افزایشی IL-15 دور از انتظار نیست، که از جمله مکانیسم‌های احتمالی این افزایش به تنظیمات سیستم ایمنی ناشی از تمرین برمی‌گردد (۲۵)، هرچند در پژوهش حاضر فاکتورهای مرتبط با سیستم ایمنی بررسی نشد. همچنین پژوهشگران افزایش IL-15 را به ویژگی آنابولیکی این متغیر نسبت داده‌اند، زیرا این مایوکاین به‌عنوان فاکتور آنابولیک مسیر هایپرتروفی عضلانی در سلول‌های عضلانی شناسایی می‌شود و در پیام‌رسانی هایپرتروفی دخالت می‌کند (۲۴). در پژوهش حاضر نیز در کنار افزایش معنادار IL-15، افزایش معنادار توده خالص عضلانی گروه تمرین ترکیبی HMB می‌تواند مؤید این مطلب باشد. مطالعات نشان داده‌اند که هنگام هایپرتروفی عضلانی، IL-15 mRNA را عضلات اسکلتی بیان می‌کند و پروتئین IL-15 در این عضلات تولید و ترشح می‌شود که متعاقب آن از طریق سازوکارهای زیر سبب هایپرتروفی و بهبود توان عضله می‌شود: ۱. تجمع و چسبندگی سرهای سنگین فیلامان‌های میوزین (MHC)، ۲. تحریک سنتز و مهار تخریب پروتئین، ۳. انتقال گلوکز به داخل تارهای عضلانی با افزایش فعالیت

انتقال‌دهنده‌های گلوکز (Glut-4) در غشای این سلول‌ها که به افزایش ذخایر گلیکوژن عضلانی کمک می‌کند، ۴. جلوگیری از فرایند آپوپتوزیس تارهای عضلانی (۲۲). ابتدا بیان شد که این سایتوکاین به‌عنوان یک فاکتور ضدتومور سبب کاهش مرگ برنامه‌ریزی‌شده تارهای عضلانی با اثر بر پیام‌رسانی فاکتور نکروز تومور آلفا می‌شود (۲۶). پس، به تجمع مقدار بیشتری از پروتئین‌های انقباضی زنجیره سنگین می‌پردازد. به‌علاوه IL-15 از طریق میوسیت‌ها و تارهای عضلانی تمایز یافته، به تحریک تجمع زنجیره‌های سنگین میوزین بافت عضلانی منجر می‌شود (۱۷). این یافته‌ها نشان می‌دهد که ممکن است IL-15 یک میانجی (تنظیم‌کننده) مهم برای رشد تار عضلانی و هایپرتروفی باشد (۱۷) که تأثیرات آنابولیکی قوی IL-15 را تأیید می‌کند. از طرفی با توجه به تأثیرات ضددیابتی تمرینات ورزشی نیز تغییرات IL-15 با ۸ هفته تمرین ترکیبی را می‌توان به بهبود مقاومت به انسولین در سلول‌های عضلانی نسبت داد، زیرا در نمونه‌های حیوانی نشان داده شده که گیرنده IL-15 برای حفظ حساسیت انسولینی ضروری بوده و در تحقیقات اخیر نشان داده شده است میزان IL-15 و گیرنده آن با تمرینات مقاومتی می‌تواند افزایش یابد که همسو با نتایج پژوهش حاضر است، اما در پژوهش حاضر میزان گیرنده IL-15 در سطح سلول به‌ویژه سلول عضلانی برای تشخیص حساسیت به انسولین بررسی نشد. با توجه به پروتکل تمرینی پژوهش حاضر (تمرینات مقاومتی حجم بالا + تمرینات پلیومتریک)، افزایش معنادار این عامل هایپرتروفی (IL-15) پس از ۸ هفته اجرای پروتکل تقریباً قابل پیش‌بینی بود که می‌تواند شرایط فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها را بهبود بخشد.

در مقادیر سرمی IL-15 در گروه تمرین ترکیبی - مکمل HMB نیز پس از ۸ هفته اختلاف معناداری مشاهده شد. یکی از مکانیسم‌های اصلی افزایش IL-15 در پژوهش حاضر را می‌توان به خواص مکمل HMB در کنار تمرین ورزشی نسبت داد. به‌نظر می‌رسد این مکمل با دارا بودن خواص ارگوژنیک متعدد، به ایجاد اثرات آنابولیکی منجر می‌شود و می‌تواند در افزایش IL-15 مؤثر باشد (۲۷) که اثر آنابولیکی ناشی از تمرین را دوچندان می‌کند. سازوکارهای اثر متعددی برای مسیرهای اثرگذاری آنابولیکی HMB با تمرین ورزشی ارائه شده‌اند که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: ۱. افزایش تولید پروتئین از طریق مسیر<sup>۱</sup> mTOR: تحریک مسیر پیام‌رسانی mTOR - موجب افزایش بیوشیمیایی سازوکارهای لازم در جهت تولید پروتئین می‌شود که به افزایش قدرت و توده خالص عضلانی منجر می‌گردد؛ ۲. افزایش تکثیر، تمایز و تلفیق سلول‌های ماهواره‌ای عضلات اسکلتی از مسیر پروتئین کیناز فعال شده به‌وسیله میتوزن /

## 1. mammalian target of rapamycin

سیگنال تعدیل شده خارج سلولی (MAPK/ERK) و فسفو اینوزیتید ۳ کیناز/ پروتئین سرین ترئونین کیناز: این سازوکار اثر، باعث تحریک و فعال سازی مسیر پروتئین سازی mTOR می شود، تمامی این عوامل با افزایش IL-15 همسوست.

مقادیر سرمی هورمون کورتیزول کاهش معناداری را پس از ۸ هفته پروتکل مزمن در دو گروه مداخله (تمرین ترکیبی و تمرین ترکیبی - مکمل HMB) نسبت به پیش آزمون نشان داد. تمرین ورزشی به سازگاری و کاهش پاسخ کاتابولیکی منجر می شود. بیان شده است که در افراد تمرین کرده، پاسخ کاتکولامین ها و محور HPA به شدت ورزش مطلق (اما نه شدت نسبی و بیشینه)، به صورت نزولی به همراه ریکآوری سریع تر رخ می دهد، که بیانگر سازگاری به تحریکات ناشی از فعالیت ورزشی است (۱۴). نشان داده شده است تمریناتی که شامل چندین گروه از عضلات اند یا گروه های عضلانی بزرگ را درگیر می سازند، بیشترین پاسخ حاد متابولیکی و کاهش پاسخ کاتابولیکی را در پی خواهند داشت (۲۸). در تمرینات مقاومتی معمولاً گروه های عضلانی بزرگ درگیر می شوند و تمرینات پلیومتریک نیز حجم بیشتری از عضلات را درگیر می کند، بنابراین، با توجه به نوع پروتکل پژوهش حاضر تغییرات کاهنده کورتیزول در گروه های تمرین ترکیبی نسبت به مقادیر پیش آزمون توجیه پذیر است. مقدار افزایش عوامل آسیب اغلب به شاخص های تمرین مقاومتی وابسته است. افزایش این عوامل بلافاصله پس از یک جلسه تمرین مقاومتی که شامل بارهای سنگین است، به ثبت رسیده است، علاوه بر این در تمرینات سنگین که تناوب های استراحتی کوتاهی وجود دارد و توسط گروه های عضلانی بزرگ صورت می پذیرد، افزایش چشمگیر این فاکتورهای آسیب را شاهدیم (۲۹). اما افزایش مدت زمان تمرینات و مزمن شدن تمرین بر هموستاز بدن تأثیرگذار است و آسیب های ناشی از تمرین را به علت سازگاری، به حداقل می رساند که در کاهش کورتیزول می تواند مؤثر باشد. از سازوکارهای دیگر کاهش کورتیزول در پژوهش حاضر می توان به اثر آنتی کاتابولیکی HMB در کنار تمرین ورزشی اشاره کرد. در مورد تأثیر گذاری مکمل HMB بر فعالیت ورزشی، فرانسیسکو و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که HMB سازگاری تمرینی ناشی از ورزش های شدید را بهبود می بخشد. در واقع HMB می تواند بر شرایط کاتابولیک مؤثر واقع شود و بیومارکرهای کاتابولیکی را کاهش دهد (۳۰)، که با نتایج پژوهش حاضر همسوست. مکمل HMB در بسیاری از شرایط ضد کاتابولیک از قبیل کاهش توده کل بدن، کاهش توده عضلانی، سرطان کاشکسیا، سارکوپنیا، اثر ضد کاتابولیکی خود را نشان داده است (۳۰). پورتال و همکاران (۲۰۱۱) اثر ۷ هفته مکمل HMB را با پیشنهاد دوز ۳ گرم در روز با کاهش غیرمعناداری در مقادیر سرمی کورتیزول بازیکنان نخبه والیبال (ورزشی با توان بی هوازی بالا) ارائه

کردند. در پژوهش حاضر نیز گروه بسکتبالیست مکمل HMB کاهش غیرمعناداری نسبت به پس‌آزمون را نشان دادند. به نظر می‌رسد از جمله دلایل کاهش غیرمعنادار کورتیزول گروه مکمل HMB این تحقیق و پژوهش پورتال و همکاران به تغییرات این هورمون کاتابولیکی نسبت به سن برگردد، زیرا بازیکنان جوان‌تر پاسخ متابولیکی بهتر و تغییرات کاتابولیکی کمتری دارند (۲۱). در پژوهش حاضر تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی مکمل HMB به‌تنهایی معنادار نبود، اما مصرف این مکمل با تمرین ورزشی معنادار بود که نشان‌دهنده این مهم است که مصرف این مکمل با چالش تمرین ورزشی تغییرات معناداری ایجاد می‌کند. همسو با این نتایج، ریان و همکاران (۲۰۱۴) اثر ۱۲ هفته مکمل‌یاری HMB و تمرینات مقاومتی در ۳ پروتکل متفاوت را بر شاخص کورتیزول، به طور کاهش معناداری ارائه کردند (۳۱) که با نتایج گروه تمرین ترکیبی - HMB پژوهش حاضر همسوست. سازوکار احتمالی مسیر آنتی کاتابولیکی HMB در کنار تمرین ترکیبی را می‌توان به هم‌افزایی سازوکارهای افزایش یکپارچگی سارکولما از طریق افزایش سطوح کلاسترول سیتوزولی و تلفیق سیستم اتوفاژی - لیزوزومی نسبت داد؛ به‌طوری‌که سیستم یوبیکوتین - پروتئوزوم را که در مسیر آتروفی عضله اسکلتی و تلفیق سیستم اتوفاژی - لیزوزومی دخیل است، مهار می‌کند. این اقدامات تأثیرات مثبت مکمل HMB با فعالیت ورزشی را در میزان بهبود آسیب، بازسازی عملکرد عضله، تعدیل و کاهش تحلیل‌فتگی توده خالص عضلانی و بهبود انقباض ناشی از تارهای عضلانی نشان می‌دهد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که LDL و تری‌گلیسرید، تحت ۸ هفته تمرین ترکیبی و مکمل HMB به‌طور معناداری کاهش و HDL به‌طور معناداری افزایش یافت (جدول ۲). با افزایش مدت زمان تمرینی میزان مصرف چربی افزایش می‌یابد و در نتیجه بر متغیرهای چربی خونی نیز تأثیرگذار است. از جمله سازوکارهای مهم ناشی از تمرین ورزشی بر مصرف چربی می‌توان به افزایش و تنظیم مثبت ژن‌های تنظیم‌کننده میتوکندری در بافت عضلانی اشاره کرد که در مصرف بیشتر چربی نقش مؤثری دارد. این در حالی است که با افزایش تمرین مقدار چربی مفید HDL نیز بالا می‌رود. ساززینسکی و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند انجام فعالیت ورزشی به‌صورت منظم و به مدت طولانی‌تری می‌تواند در افزایش HDL مؤثر باشد که با نتایج پژوهش حاضر همسوست (۳۲). از طرفی این نتیجه ممکن است با سازوکار اثر احتمالی HMB بر شاخص‌های پروفایل لیپیدی با روند تکثیر، تمایز و تلفیق سلول‌های ماهواره‌ای در عضلات اسکلتی در کنار تمرین ورزشی مرتبط باشد، که این امر در افزایش تکامل میتوکندری و اکسیداسیون چربی نقش بسزایی دارد. نکته حائز اهمیت پژوهش حاضر در خصوص نتایج لیپولیتیکی ارائه‌شده، این است که مایوکاین IL-15 با داشتن عملکردی مشابه غده درون‌ریز، به‌عنوان تعدیل‌کننده بافت چربی تحت



اثر سازوکار نامشخصی بین بافت چربی - عضله مسیر لیپولیزی را پیام‌رسانی می‌کند و نوعی ارتباط منفی بین این مایوکاین و بافت چربی وجود دارد، به طوری که پدرسن و همکاران (۲۰۱۱) افزایش IL-15 را در پلاسما انسان با کاهش بافت چربی در تنه (نه اندام‌ها) گزارش کردند (۳۳). در تأیید این گزارش، نیلسن و همکاران (۲۰۰۷) کاهش توده چربی احشایی را در پاسخ به بیان IL-15 در عضلات موش‌ها گزارش کردند و این فاکتور به عنوان تنظیم‌کننده توده چربی معرفی شد. این محققان از جمله تأثیرات IL-15 بر بافت چربی را به تأثیرات این پروتئین بر متابولیسم گلوکز نسبت دادند، زیرا ک متابولیسم گلوکز بر متابولیسم چربی نیز تأثیرگذار است (۳۴). نتایج پژوهش حاضر نیز همسو با نتایج پژوهش آلوارز و همکاران (۲۰۱۲) است (۳۵). به نظر می‌رسد از دلایل احتمالی کاهش مقادیر شاخص‌های پروفایل لیپیدی در گروه‌های تمرینی در این پژوهش، افزایش مقادیر سرمی IL-15 باشد.

با توجه به مهارت‌های حرکتی، تغییرات بارزی پس از اجرای پروتکل تمرینی ۸ هفته‌ای به همراه مصرف مکمل HMB در رکورد پرتاب توپ مدیسن بال، پرش سارجنت ایجاد شد. تأثیر تمرینات ترکیبی بر روی عملکرد فیزیولوژیکی در دهه اخیر موضوع تحقیقی متداولی بوده است (۸). فایده (۲۰۱۵) این تمرینات را در پروتکل بلندمدت برای شاخص‌های عملکردی (توان و قدرت)، به صورت معنادار مؤثر گزارش کرد (۳۶). آنها بیان کردند که تمرینات ترکیبی باعث تحریک سیستم عصبی - عضلانی می‌شود و تارهای کندانقباض در این شرایط ویژگی تندانقباض پیدا می‌کند. از طرفی نوروون حرکتی نیز افزایش می‌یابد که این عوامل در افزایش شاخص‌های عملکردی پژوهش حاضر نیز توجیه‌پذیر است. با وجود گزارش‌های معناداری در پروتکل حاد این تمرینات (< ۶ هفته)، در شیوه بلندمدت، نتایج اثرگذاری مطلوب‌تری ثبت شده‌اند (۳۶). مقادیر شاخص‌های پرتاب توپ مدیسن بال و پرش سارجنت در پژوهش حاضر نشان داد این مقادیر در گروه مکمل HMB و گروه تمرین ترکیبی به طور معناداری نسبت به سایر گروه‌ها بالاتر بود. همچنین، نسبت به مقادیر پیش‌آزمون این متغیرها در گروه‌های تمرین ترکیبی و تمرین ترکیبی - مکمل HMB معنادار بود. در کنار تأثیرات مثبت مکمل HMB بر هایپرتروفی و در پی آن بالا رفتن قدرت و توان، تمرین پلیومتریک نیز قادر به بهبود توان انفجاری و سرعت واکنش است که به بهبود واکنش‌پذیری سیستم عصبی مرکزی مربوط می‌شود. علاوه بر ویژگی‌های انقباضی و الاستیکی عضله، بهبود گیرنده‌های داخلی عضله و تحمل برای کشش، سازگاری عملکردهای عصبی - عضلانی و سوخت‌وسازی در پی تمرین پلیومتریک به وجود می‌آید. روش تمرینی پلیومتریک، مهار بازتابی عضله را کاهش و حساسیت اندام‌های گلژی تاندون را افزایش می‌دهد. همچنین حساسیت دوک‌های عضله را بهبود می‌بخشد و تنش عضله را

افزایش می‌دهد (۳۷)، که تمامی این عوامل در بهبود فاکتورهای عملکردی عضلانی می‌تواند مؤثر باشد. از دیگر دلایل اصلی افزایش این شاخص‌ها می‌توان به خواص مکمل HMB اشاره کرد که به دلیل خواص آنابولیکی ذکر شده می‌تواند بر عملکرد ورزشی تأثیرگذار باشد.

از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر کاهش تعداد شرکت‌کنندگان (اگرچه تعداد آنها برای آزمون آماری مورد قبول بود)، عدم اندازه‌گیری متابولیت‌های خونی ناشی از HMB و کنترل عادت غذایی آزمودنی‌ها چند روز قبل از جلسه آزمون بود که ممکن است با نتایج آزمون تداخل ایجاد کند.

در مجموع، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرین ترکیبی به همراه مصرف مکمل HMB بیشترین اثر را بر افزایش پاسخ‌های آنابولیکی (افزایش IL-15)، کاهش پاسخ‌های کاتابولیکی (کورتیزول) و پروفایل لیپیدی دارد. چنانکه این تغییرات موجب بهبود عملکرد بازیکنان نخبه بسکتبال می‌شود. از این رو، پیشنهاد می‌شود بازیکنان بسکتبال برای بهبود عملکرد خود از برنامه تمرین ترکیبی و مکمل HMB بهره گیرند.

### منابع و مأخذ

1. Inovero JG, Pagaduan JC. Effects of a Six-Week Strength Training and Upper Body Plyometrics in Male College Basketball Physical Education Students. *Sport Scientific & Practical Aspects*. 2015;12(1):11-6.
2. Spiteri T, Nimphius S, Hart NH, Specos C, Sheppard JM, Newton RU. Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(9):2415-23.
3. Schelling X, Calleja-González J, Torres-Ronda L, Terrados N. Using testosterone and cortisol as biomarker for training individualization in elite basketball: a 4-year follow-up study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(2):368-78.
4. Hoffmann C, Weigert C. Skeletal muscle as an endocrine organ: the role of myokines in exercise adaptations. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*. 2017;7(11):1-22.
5. Tsoukas A, Veligeas P, Brown LE, Terzis G, Bogdanis GC. Delayed Effects of a Low-Volume, Power-Type Resistance Exercise Session on Explosive Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2018;32(3):643-650.
6. Aksović N, Berić D. Differences in explosive power between basketball players of different age. *Fizička kultura*. 2017;71(1):36-42.
7. Rushall BS, Pyke FS. *Training for sports and fitness*: Macmillan Education; 1990;1-8.
8. Libby J. *The Comparison of Complex Versus Compound Training Programs on Volleyball Players*: ProQuest; 2006; 1-10.

9. Alonso J, Dias Johnson G. The effects of six weeks of in-season specific training on young Swedish division 2 basketball players. 2011;1-30.
10. Adams K, O'Shea JP, O'Shea KL, Climstein M. The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *Journal of applied sport science research*. 1992;6(1):36-41.
11. Turgut E, Cinar-Medeni O, Colakoglu FF, Baltaci G. " Ballistic Six" Upper-Extremity Plyometric Training for the Pediatric Volleyball Players. *Journal of strength and conditioning research*. 2017;1-23.
12. Jensen RL, Ebben WP. Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2003;17(2):345-9.
13. Santos EJ, Janeira MA. Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008;22(3):903-909.
14. Inder WJ, Wittert GA. Exercise and the Hypothalamic-Pituitary- Adrenal Axis. *The Endocrine System in Sports and Exercise*. 2005:217-231.
15. Pérez-López A, McKendry J, Martin-Rincon M, Morales- Alamo D, Pérez- Köhler B, Valadés D, et al. Skeletal muscle IL-15 $\alpha$  and myofibrillar protein synthesis after resistance exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2018;28(1):116-25.
16. Quinn LS, Anderson BG, Drivdahl RH, Alvarez B, Argilés JM. Overexpression of interleukin-15 induces skeletal muscle hypertrophy in vitro: implications for treatment of muscle wasting disorders. *Experimental cell research*. 2002;280(1):55-63.
17. Tamura Y, Watanabe K, Kantani T, Hayashi J, Ishida N, Kaneki M. Upregulation of circulating IL-15 by treadmill running in healthy individuals: is IL-15 an endocrine mediator of the beneficial effects of endurance exercise? *Endocrine journal*. 2011;58(3):211-215.
18. Redd MJ, Hoffman JR, Gepner Y, Stout JR, Hoffman MW, Ben-Dov D, et al. The effect of HMB ingestion on the IGF-I and IGF binding protein response to high intensity military training. *Growth Hormone & IGF Research*. 2017;32:55-59.
19. Gallagher PM, Carrithers JA, Godard MP, Schulze KE, Trappe SW.  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate ingestion, part I: Effects on strength and fat free mass. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2000;32(12):2109-15.
20. Kraemer WJ, Hatfield DL, Comstock BA, Fragala MS, Davitt PM, Cortis C, et al. Influence of HMB supplementation and resistance training on cytokine responses to resistance exercise. *Journal of the American College of Nutrition*. 2014;33(4):247-255.
21. 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. *European journal of applied physiology*. 2011;111(9):2261-2269.
22. Agha Alinejad H, Nazarali P, Rezaee Z, Delfan M, Molanori Shamsi M, Habibi F. The Effect of Gender Differences on the Response of IL-6, IL-5, Cortisol to Single Session of

- Circuit Resistance Exercise in Elite Handball Players. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2011;13(4):412-417.
23. Yeo N, Woo J, Shin K, Park J, Kang S. The effects of different exercise intensity on myokine and angiogenesis factors. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2012;52(4):448-454.
  24. Bazgir B, Salehi M, Koushki M, Amirghofran Z. Effects of eccentric and concentric emphasized resistance exercise on IL-15 serum levels and its relation to inflammatory markers in athletes and non-athletes. *Asian journal of sports medicine*. 2015;6(3).e27980.
  25. Nielsen AR, Pedersen BK. The biological roles of exercise-induced cytokines: IL-6, IL-8, and IL-15. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2007;32(5):833-839.
  26. Marzetti E, Carter CS, Wohlgemuth SE, Lees HA, Giovannini S, Anderson B, et al. Changes in IL-15 expression and death-receptor apoptotic signaling in rat gastrocnemius muscle with aging and life-long calorie restriction. *Mechanisms of ageing and development*. 2009;130(4):272-280.
  27. Argiles JM, Lopez-Soriano FJ, Busquets S. Counteracting inflammation: a promising therapy in cachexia. *Critical Reviews™ in Oncogenesis*. 2012;17(3):253-262.
  28. Hill E, Zack E, Battaglini C, Viru M, Viru A, Hackney A. Exercise and circulating cortisol levels: the intensity threshold effect. *Journal of endocrinological investigation*. 2008;31(7):587-591.
  29. Hackney AC. Stress and the neuroendocrine system: the role of exercise as a stressor and modifier of stress. *Expert review of endocrinology & metabolism*. 2006;1(6):783-792.
  30. 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.
  31. Ryan L. Interaction of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid (HMB-FA) and adenosine triphosphate (ATP) on muscle mass, strength, and power in resistance trained individuals. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014; 30(7):1843-1854.
  32. Sarzynski MA, Ruiz-Ramie JJ, Barber JL, Slentz CA, Apolzan JW, McGarrah RW, et al. Effects of Increasing Exercise Intensity and Dose on Multiple Measures of HDL (High-Density Lipoprotein) Function. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. 2018; 38 (4): 943-952.
  33. Pedersen BK. Muscles and their myokines. *Journal of Experimental Biology*. 2011;214(2):337-46.
  34. Nielsen AR, Hojman P, Erikstrup C, Fischer CP, Plomgaard P, Mounier R, et al. Association between interleukin-15 and obesity: interleukin-15 as a potential regulator of fat mass. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2008;93(11):4486-4493.
  35. Álvarez-Rodríguez L, López-Hoyos M, Muñoz-Cacho P, Martínez-Taboada VM. Aging is associated with circulating cytokine dysregulation. *Cellular immunology*. 2012;273(2):124-132.

- 
36. Fayed H. The effect of complex training on antioxidant, certain physical education and record level of 50M crawl swimming for young swimmer. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*. 2015;15(2):379-385.
  37. Lehnert M, Lamrová I, Elfmark M. Changes in speed and strength in female volleyball players during and after a plyometric training program. *Acta Gymnica*. 2009;39(1):59-66.

---

---

## Comparison of the effects of 8 weeks of Complex Training and HMB supplements on IL-15 levels, cortisol, and some physiological and functional variables of male basketball players

Nader Hamed Chaman<sup>1</sup> - Asghar Tofighi<sup>2</sup> - Javad Tolouei Azar\*<sup>3</sup>

1.M.Sc. of exercise physiology, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran 2. Associate professor of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran 3. Assistant Professor of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Urmia University, Urmia, Iran  
(Received:2017/10/06;Accepted:2018/11/04)

### Abstract

Beta-hydroxy beta-methyl butyric acid (HMB) was able to upregulated anabolic agents and downregulated catabolic agents, and it can affect the benefits of physical activities. Therefore, the purpose of this study was to examine the effect of 8 weeks of Complex Training (Resistance+ polymeric) and HMB supplements on IL-15, Cortisol, lipid profile, body composition and performance of Basketball Players. 40 basketball club players were randomly divided into four groups of 10, including: 1. Control group, 2. Supplementary group (HMB), 3. Complex training group, and 4. Training group + Supplement (HMB). The training program was performed for 8 weeks, 3 sessions per week and each session for 1.5 hours with intensity 60-80% 1RM. Serum levels of interleukin 15, cortisol, lipid profiles were taken one day before and 48 hours after the exercise protocol was performed in fasting blood. Data were analyzed by dependent sample T-test and two-way ANOVA ( $P < 0.05$ ). Regarding the results of two-way ANOVA, the main effect of exercise in all variables except cortisol was significant. In addition, the main effect of HMB supplementation was significant only in two variable of medicine ball throwing ( $F = 11.08$ ,  $p = 0.002$ ) and vertical jump ( $F = 62.22$ ,  $p = 0.001$ ). Complex training with HMB supplementation has the greatest effect on increasing anabolic responses (increased IL-15) and reducing catabolic responses (Cortisol) and lipid profile indexes. Therefore, it seems that use of this supplement with the complex training modality is effective in improving physiological conditions and enhancing explosive power athletes such as basketball.

### Keywords

IL-15, Complex Training, Cortisol, HMB Supplementation.

---

\* Corresponding Author: Email: j.toloueiazar@urmia.ac.ir; Tel: +989143410949