

اثر مصرف تکمیلی بتاهیدروکسی بتامتیل بوتیرات اسید (HMB) به همراه تمرینات منتخب مقاومتی بر برخی از عوامل بیوشیمیایی خون کشتی‌گیران

دکتر احمد همت فر

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد

مه‌ری آزادی

کارشناس ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی

فتانه ملک

دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

بتاهیدروکسی بتا متیل بوتیرات (HMB)، به‌طور گسترده‌ای، به‌خصوص در میان بدنسازان و ورزشکاران توانی یا قدرتی، به عنوان یک کمک ارگوژنیک مصرف می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که مکمل‌سازی HMB در ترکیب با تمرین مقاومتی، به افزایش قدرت عضلانی و توده بدون چربی، و کاهش توده چربی و نشانگرهای آسیب عضلانی منجر می‌شود. در حالی که تحقیقات بسیاری از کارایی مکمل HMB حمایت می‌کنند، نتایج ضد و نقیض بسیاری نیز در این زمینه وجود دارد. بنابراین، با هدف مطالعه اثرات مصرف مکمل HMB بر برخی از عوامل بیوشیمیایی، ۱۶ کشتی‌گیر داوطلب انتخاب شده و به دو گروه همگن مصرف مکمل و دارونما تقسیم شدند که همراه با تمرینات مقاومتی، کپسول‌های تعیین شده (۳ گرم در روز) را مصرف نمایند. قبل و بعد از دوره تمرینی، LDL، HDL، LDH، Ca، CPK، BUN، کلسترول تام، و تری‌گلیسرید ارزیابی شده و با هم و با گروه دارونما مقایسه شد. در هر دو گروه مصرف مکمل و دارونما، کاهش معناداری در مقدار LDH (به ترتیب $p = 0/005$ و $p = 0/029$) و افزایش معناداری در مقدار کلسیم (به ترتیب $p = 0/004$ و $p = 0/049$) مشاهده شد، اگرچه تغییرات در گروه مکمل به‌طور معناداری بزرگتر بود.

واژگان کلیدی: مکمل‌سازی HMB، LDH، CPK، Ca، آسیب عضلانی.

مقدمه

اسیدهای آمینه زنجیر شاخه‌دار (BCAAs)^۱ لوسین، ایزولوسین، و والین، بیش از یک سوم عضله را تشکیل می‌دهند (۱۰). از این بین، بیشترین اسید آمینه مورد مطالعه، لوسین است که به دلیل اثرات گسترده‌اش منجمله نقش مهم در متابولیسم پروتئین (۸ و ۳۵)، هموستاز گلوکز (۱۶)، عمل انسولین (۲۴)، و بازیافت از تمرین (۱۷)، توجه محققان متعددی را به خود جلب نموده است. پس از ۳۵ سال، اینک معلوم شده است که لوسین خواص آنتی کاتابولیک دارد (۱۲). ساز و کاری که توسط آن خواص آنتی کاتابولیک لوسین رخ می‌دهد تاکنون مشخص نشده است؛ اما اعتقاد بر این است که متابولیت لوسین به نام آلفا کتوایزوکاپروات (KIC)^۲ در این عمل سهیم است. لوسین، پس از خورده شدن، به KIC ترانس آمینه می‌گردد (۳۰) که به نظر می‌رسد تجزیه و تخریب عضلانی را کاهش می‌دهد (۹-۱۱). با وجود این، نتایج ضد و نقیضی وجود دارد که نشان می‌دهند چنین اثراتی تنها تحت فشارهای شدید مثل فحطی زدگی (۳) یا قربانیان سوانح سوختگی (۱) رخ می‌دهد. همچنین به نظر می‌رسد که مقدار مصرف مکمل‌های BCAA، منافع آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عنوان مثال، نشان داده شده است که مصرف تکمیلی ۱۶ گرم BCAA، منافع ارگوژنیک خاصی را موجب می‌شود (۱۱) در حالی که مصرف تکمیلی ۳ گرمی این ماده در تحقیق مشابهی چنین خواصی نداشته است (۳۳). تنها قسمتی از لوسین به متابولیت‌های خاصی مثل KIC تبدیل می‌شود و این نکته نشان می‌دهد که قسمتی از پاسخ وابسته به مقدار مصرف این ماده به فراهمی سوبسترا برای تولید متابولیت‌های لازمه جهت بهینه‌سازی اثرات ارگوژنیک لوسین وابسته است. شواهد بیشتر مبین این نکته‌اند که از اثرات لوسین در تخریب و تجزیه عضلانی، در زمان مهار ترانس آمیناسیون، جلوگیری می‌شود (۱۸).

پس از متابولیزه شدن لوسین به KIC، این ماده یا در میتوکندری توسط آنزیم آلفا کتواسید دهیدروژناز^۳ به ایزووالریل کوآ^۴ تبدیل می‌شود و یا در سیتوزول توسط آنزیم آلفا کتوایزوکاپروات داکسیژناز^۵ به بتاهدیدروکسی بتامتیل بوتیرات (HMB)^۶ متابولیزه می‌گردد (۳۰). بیشتر KIC به ایزووالریل کوآ تبدیل می‌شود و در شرایط طبیعی، تقریباً تنها ۵ درصد لوسین به HMB متابولیزه می‌شود (۳۰). برای اینکه فردی ۳ گرم از این ماده را که دوز مصرفی اکثر تحقیقات است بدست آورد، لازم است که ۶۰ گرم لوسین مصرف نماید.

- 1- Branched Chain Amino Acids
- 2- a-ketoisocarpoate
- 3- a-ketoacid dehydrogenase
- 4- Isovaleryl-CoA
- 5- a-ketoisocaproate d ioxxygenase
- 6- Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate

تعدادی از تحقیقات نشان داده‌اند که مکمل‌سازی HMB می‌تواند منافع ارگوژنیک متعددی منجمله اثرات آنتی‌کاتابولیک (۱۵)، آنابولیک (۱۴)، و لیپولیتیک (۷) و غیره (۲۳) داشته باشد. از این روی، پیشنهاد شده است که این ماده می‌تواند مسئول قسمتی از اثرات مکمل‌سازی با لوسین باشد. معلوم بودن این نکته که HMB متابولیت لوسین است و می‌تواند به صورت طبیعی از طریق غذاهای گیاهی و حیوانی مصرف شود، این ماده را در زمره مواد مکمل غذایی قرار داده است (۲۱-۲۳).

HMB به‌طور گسترده‌ای به عنوان یک ماده ارگوژنیک به‌خصوص توسط بدنسازان و ورزشکاران قدرتی توانی، که آن را برای پیشبرد عملکرد تمرینی و هارتروفی عضلانی مصرف می‌کنند، به کار برده می‌شود (۲۶). در حالی که تحقیقات متعدد از کارایی این ماده در شرایط تمرینی و بالینی حمایت می‌کنند (۲۷-۲۵)، نتایج ضد و نقیضی نیز در این میان وجود دارد. برای بررسی اثرات مکمل‌سازی HMB، متغیرهای وابسته متعددی منجمله قدرت دینامیک (۲۳)، ایزومتریک و ایزوکینتیک (۷)، تمرین عملی در افراد مسن (۳۴)، پرسشنامه DOMS (۳۱)، نشانگرهای سلامتی متعددی مثل فشار خون، کلسترول و عملکرد سلول ایمنی (۲۰) مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه HMB یک ماده آنتی‌کاتابولیک در نظر گرفته می‌شود، نشانگرهای آسیب عضلانی نیز به‌طور معمول مورد بررسی قرار می‌گیرند. تثبیت ظرفیت ساخت غشاء توسط سارکوپلاسم (تئوری ساخت کلسترول^۱)، و کاهش تجزیه پروتئین در فعالیت شدید و شرایط خاص مثل سوختگی و گرسنگی، از ساز و کارهای عمل این ماده قلمداد شده‌اند. زمانی که کلسترول کافی به عنوان سوپسترای ساخت غشا به مقدار کافی در سلول موجود نباشد، آسیب سلول عضلانی ناگزیر بوده و در پی پارگی تار عضلانی، موادی مثل کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز و ۳ متیل‌هیستیدین، در داخل پلاسما افزایش می‌یابد. عنوان شده است که استفاده از مکمل بتاهدروکسی‌بتامتیل‌بوتیرات‌اسید می‌تواند باعث کاهش نشانگرهای آسیب عضلانی باشد. به عنوان مثال، نیترو پنتن (۲۰۰۰)^۲، پس از یک دوی طولانی ۲۰ کیلومتر، کاهش سطح کراتین فسفوکیناز و لاکتات دهیدروژناز را در گروه مکمل HMB نسبت به پلاسیبو گزارش نموده‌اند (۱۵). یووکو و همکاران (۲۰۰۱) نیز تأثیر مصرف مکمل در افزایش قدرت و کاستن از افزایش کراتین فسفوکیناز سرمی ناشی از تمرین را نشان داده‌اند (۲۱).

نشان داده شده است که مصرف مکمل HMB به همراه تمرینات مقاومتی به افزایش قدرت و توده بدون چربی انجامیده، تمایل به کاهش توده چربی داشته، و نشانگرهای آسیب عضلانی را کاهش داده است (۱۴). در مقابل هم برخی از تحقیقات نشان داده‌اند که مصرف مکمل HMB تأثیر معناداری بر قدرت و توده بدون چربی نداشته و نشانگرهای بیوشیمیایی ساخت و سوز پروتئین و آسیب عضلانی را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد (۲۸). با توجه به نتایج متناقض موجود، و افزایش استفاده از این مکمل در بین

1- Cholesterol synthesis hypothesis
2- Knitter & Pantan

ورزشکاران، به خصوص ورزشکاران رشته‌های قدرتی، تحقیق حاضر به بررسی تأثیر مصرف ۲ هفته‌ای مکمل HMB به همراه تمرینات منتخب با وزنه بر LDL، CPK، BUN، HDL، LDH، کلسیم، کلسترول کل، و تری‌گلیسرید کشتی‌گیران پرداخته است.

روش شناسی تحقیق

۱۶ نفر از کشتی‌گیران ۱۵ تا ۱۸ سال شهر خرم‌آباد انتخاب شده و با توجه به وزن توده بدون چربی (تخمین زده شده توسط اندازه‌گیری ضخامت چپین پوستی ۷ ناحیه از بدن)، به دو گروه همگن مصرف مکمل (۹ نفر) و دارو نما (۷ نفر) تقسیم شدند تا در یک طرح دو سو کور دو هفته‌ای همراه با تمرینات مقاومتی (۵ روز در هفته با استفاده از روش دلورم و واتکینز در سه ست شش تکراره با ۵۰، ۷۵، و ۱۰۰ درصد وزنه شش تکرار بیشینه برای عضلات بزرگ و عمده بدن) به مصرف کپسول‌های مکمل HMB و دارونما (۳ گرم در روز) بپردازند. مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای خونی شامل LDL، CPK، BUN، HDL، LDH، کلسیم، کل کلسترول، تری‌گلیسرید، قبل و بعد از دوره دو هفته‌ای اندازه‌گیری شده و میانگین‌های دو گروه با هم توسط آزمون t گروه‌های مستقل و میانگین‌های هر گروه توسط آزمون t همبسته مقایسه گردیدند. توزیع طبیعی گروهها توسط آزمون کولموگراف اسمیرنوف، و تجانس واریانس‌ها توسط آزمون لوین بررسی شد. سطح ۰/۰۵ برای آزمون فرضیات در نظر گرفته شد و در هر مورد کوچکترین سطح معناداری محاسبه و گزارش گردید.

یافته‌ها

از پیش‌آزمون به پس‌آزمون در مقادیر HDL، LDL، BUN، CPK، تری‌گلیسرید و کلسترول تام دو گروه تغییر معناداری رخ نداده بود. در هر دو گروه تجربه‌ی و کنترل، LDH در پایان دوره تمرینی کاهش معنادار (به ترتیب $p=0/005$ و $p=0/029$) و کلسیم افزایش معنادار (به ترتیب $p=0/004$ و $p=0/049$) یافته بود و میزان تغییرات هر دو متغیر به‌طور معناداری برای گروه مکمل بیشتر بود.

جدول شماره ۱: تغییرات معنادار متغیرهای دو گروه

متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	سطح معناداری
LDH	تجربی	۵۵۳ ± ۱۳۴/۲۸	۳۸۴/۲۲ ± ۵۲/۲۸	۰/۰۰۵
	کنترل	۴۷۸ ± ۱۳۲/۸۱	۳۷۴/۴۳ ± ۷۷/۴۵	۰/۰۲۹
CPK	تجربی	۳۵۷/۷۸ ± ۲۰۹/۹	۳۰۳/۴۴ ± ۱۱۸/۹۹	۰/۵۳
	کنترل	۴۶۳/۴۳ ± ۲۷۲/۹	۳۴۳/۴۳ ± ۱۹۶/۸۳	۰/۳۵۹
BUN	تجربی	۳۶/۱۱ ± ۷/۵۲	۳۲/۲۲ ± ۴/۲۶	۰/۱۷۱
	کنترل	۳۰/۵۷ ± ۸/۲۲	۲۷/۴۳ ± ۷/۹۸	۰/۱۵۷
کلسیم	تجربی	۸/۹۸ ± ۰/۲۹۹	۹/۵۱ ± ۰/۲۰۳	۰/۰۰۴
	کنترل	۸/۸۹ ± ۰/۱۳۵	۹/۱۴ ± ۰/۲۱۵	۰/۰۴۹
HDL	تجربی	۵۲ ± ۹/۲۸	۴۴/۴۴ ± ۵/۷۰۳	۰/۰۷۶
	کنترل	۴۵/۷۱ ± ۷/۶۹	۴۰/۲۹ ± ۹/۴۴	۰/۴۰۲
LDL	تجربی	۷۰/۵۶ ± ۱۹/۸۹	۶۷/۸۹ ± ۱۳/۸۰۱	۰/۷۵۹
	کنترل	۷۷/۴۳ ± ۲۴/۲۹	۵۹/۵۷ ± ۸/۷۳	۰/۱۴۰
تری گلیسرید	تجربی	۹۱ ± ۲۶/۴۴	۱۰۵/۱۱ ± ۴۵/۷۸	۰/۳۹۷
	کنترل	۱۰۸/۸۶ ± ۱۰۹/۹	۱۲۵ ± ۱۰۵/۵	۰/۲۱۱
کلسترول تام	تجربی	۱۳۶/۸۹ ± ۲۷/۴۵	۱۰۵/۱۱ ± ۴۵/۷۸	۰/۰۹۵
	کنترل	۱۳۰ ± ۱۵/۸۱۱	۱۲۰ ± ۸/۱۲۴	۰/۱

نتیجه گیری

نیسن و شارپ (۲۰۰۳)، در رابطه با مکمل‌های غذایی که در افزایش توده بدون چربی و کسب قدرت در طی تمرینات مقاومتی مؤثر دانسته شده‌اند، مطالعه فراتحلیلی (متا آنالیز) را بر روی تحقیقات انجام شده در فاصله سال‌های ۱۹۶۷ و ۲۰۰۱ انجام داده و نتیجه گرفتند که از ۲۵۰ مکنل مورد مطالعه، تنها کراتین (۱۸ تحقیق) و HMB (۹ تحقیق با آزمودنی‌های تمرین دیده و ندیده) از حمایت تحقیقی کافی در زمینه افزایش توده بدون چربی و شاخص‌های عملکردی برخوردارند (۱۹). افزایش توده بدنی، کاهش مقدار چربی بدن، و افزایش قدرت بیشینه در اثر مصرف مکمل HMB، در بسیاری از تحقیقات گزارش شده است. در این تحقیق که بر روی کشتی‌گیران تمرین دیده انجام شده است، اگر چه مقدار تغییرات این متغیرها در مقایسه با مقادیر گزارش شده در تحقیقات، اندک است اما هم‌خوان با آنها و در مقایسه با گروه دارونما، تغییرات مثبت معنادار بیشتری در این سه متغیر رخ داده بود. در زمینه لیپوپروتئین‌ها، تغییرات معناداری در دو گروه مشاهده نشد. این نتیجه با نتیجه تحقیق کونلهو و کاروالهو (۵) که کاهش معنادار سطوح LDL-c را همراه با افزایش عملکرد در اثر مصرف مکمل در افراد دارای هایپرکلسترولمیا نشان داده بودند هم‌خوانی ندارد. باید توجه داشت که تحقیقات بررسی کننده لیپوپروتئین‌ها عموماً بر روی نمونه‌های دارای مقادیر بالای لیپوپروتئین‌ها انجام شده است و در آنها نقش و تأثیر انحراف زیاد و نامطلوب مقادیر از میانگین طبیعی بر نتایج تحقیق (هر چقدر متغیر مورد نظر از دامنه طبیعی انحراف بیشتر داشته باشد، تأثیر متغیر مستقل بیشتر قابل مشاهده خواهد بود) را نمی‌توان نادیده گرفت. از آنجائی که مقادیر LDL-c و HDL-c کشتی‌گیزان تحقیق در دامنه طبیعی قرار داشت، عدم تغییر آنها در اثر مصرف مکمل به همراه تمرینات را می‌توان احتمالاً به همین امر نسبت داد. در همین زمینه، نیسن، شارپ و پنتون (۲۰)، با بررسی موارد ایمنی در زمینه استفاده از مکمل HMB در نه تحقیق که در آنها آزمودنی‌های مرد و زن، جوان و مسن، تمرین دیده و ندیده، در ۳ تا ۸ هفته، ۳ گرم مکمل را مصرف نموده بودند، به این نتیجه رسیدند که HMB، در آزمودنی‌هایی که دارای سطوح قابل قبول هنجاری کلسترول بودند (کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر دسی لیتر)، LDL-c را به‌طور معناداری پائین نمی‌آورد. این نکته موید این مطلب است که HMB زمانی در پائین آوردن LDL-c مؤثر است که سطوح کلسترولی بالا باشد.

تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات شدید تکراری، به‌خصوص تمریناتی که شامل انقباضات اکسنتریک هستند، با آسیب بافت همبند و یا بافت انقباضی عضله اسکلتی همراه هستند. از آنجایی که یکی از مشخصه‌های آسیب عضله اسکلتی، اختلال عملکردی آن است، سعی متخصصین بر آن بوده است تا ساز و کارهایی را بیابند که تخریب پروتئین‌های عضله را کاهش داده و سنتز پروتئینی را افزایش دهد. آرمسترانگ (۱۹۸۰) گزارش نموده است که هیچگونه شواهد مستقیمی دال بر وجود درمان دارویی یا

پزشکی که بتواند همزمان از آسیب عضلانی جلوگیری نموده و ریکاوری عضله آسیب دیده را پس از تمرین تسهیل نماید، وجود ندارد. با این وجود، نیسن و همکاران (۲۱) اخیراً نشان داده‌اند که مصرف مکمل HMB به مقدار ۱/۵ تا ۳ گرم در روز می‌تواند آسیب عضلانی ناشی از تمرین و پروتئولیز متعاقب تمرینات شدید مقاومتی را کاهش دهد. یکی از یافته‌های مهم تحقیق حاضر این بود که لاکتات دهیدروژناز، به عنوان یکی از نشانگرهای آسیب عضلانی، در گروه مکمل در مقایسه با گروه دارونما، افزایش کمتری داشت. از آنجایی که تمرینات دو گروه از نظر شدت و حجم مشابه بود، بیشتر بودن افزایش آنزیم در گروه دارونما را می‌توان به متحمل شدن آسیب عضلانی بیشتر در این گروه نسبت داد. کوپیرز (۱۹۹۴) عنوان نموده است که فعالیت آنزیم کراتین فسفوکیناز ضرورتاً نمی‌تواند معرف میزان آسیب ساختاری وارده به عضله باشد. از آنجایی که پاسخ‌های این آنزیم پس از انجام تمرینات مشابه در افراد متفاوت بوده است، برخی از محققین نتیجه گرفته‌اند که آسیب وارده به تار عضلانی، ضرورتاً با افزایش CPK در فعالیت متناسب نیست (۱۰). در این تحقیق نیز میزان این آنزیم در اثر تمرین تغییر معناداری در گروه دارونما و تجربی نداشته است. با این وجود، نیتر و همکاران (۲۰۰۰)، افزایش هر دو آنزیم LDH و CPK را در طی یک دوی ۲۰ کیلومتر نشان داده و نتیجه گرفته‌اند که مصرف مکمل HMB باعث شده است افزایش دو آنزیم کمتر باشد که خود می‌تواند حاکی از نقش مکمل در جلوگیری از آسیب و حمایت از نظریه ساخت کلاسترول باشد.

نتایج ضد و نقیض تحقیقات می‌تواند دلایل متفاوتی داشته باشد که از جمله آنها می‌توان به اثر متفاوت بودن آزمودنی‌ها اشاره کرد که نخستین بار توسط کلارک‌هال (۱۹۴۰)، مطرح شده است. هال عنوان نموده است که عملکرد توسط عوامل مختلفی منجمله انگیزش، که ماهیتی متفاوت در میان افراد دارد، تعیین می‌گردد. پس از هال، محققین متعددی تأیید نموده‌اند که نتایج عملکردی انسان تنها تحت تأثیر وضعیت فیزیولوژیکی، که هدف اولیه مصرف مکمل HMB است، قرار نمی‌گیرد بلکه عوامل مختلفی منجمله محیط اجتماعی افراد، انگیزش‌های درونی و بیرونی، اعتماد به نفس، و وضعیت روحی بر آن مؤثرند. آزمودنی‌های این تحقیق نیز از بسیاری جهات با آزمودنی‌های تحقیقات دیگر متفاوت بوده‌اند و همین مطلب می‌تواند باعث کسب نتایج متفاوت، به‌خصوص در مورد آنزیم کراتین فسفوکیناز، بوده باشد. بر طبق نظر اشمیت و لی (۲۷)، مؤثرترین راه برای کاهش اثر متغیرهای رفتاری در این زمینه، انتخاب حجم کافی و زیاد نمونه است که متأسفانه کاری سخت برای محققین علوم تجربی است. در تحقیقات انجام شده در زمینه بررسی تأثیرات HMB، همچون تحقیق حاضر، اغلب مشاهده می‌شود که ۸ آزمودنی یا کمتر مورد بررسی قرار می‌گیرد که حجم کافی برای به حداقل رساندن تأثیرات تفاوت‌های فردی نیست. نمونه‌گیری در دستری و داوطلبی نیز از مواردی به حساب آمده‌اند که می‌توانند بر نتایج تحقیقی اثر گذاشته و باعث اختلاف در نتایج تحقیقی باشند.

منابع

1. Aussel C, Cynober L, Lioret N, Coudray-Lucas C, Vaubourdolle M, Saizy R, Giboudeau J: Plasma branched-chain keto acids in burn patients. *Am J Clin Nutr*, (1986), 44(6), PP: 825-831.
2. Baxter, Jeffrey H 1, Mukerji, Pradip 1, Voss, Anne C 1, Tisdale, Michael J 2, Wheeler, Keith B: Attenuating Protein Degradation and Enhancing Protein Synthesis in Skeletal Muscle in Stressed Animal Model Systems. *Medicine & Science in Sports*.
3. *Exercise*, (2006), 38(5 Supplement), PP: 550-551.
4. Cersosimo E, Miller BM, Lacy WW, Abumrad NN: Alpha-ketoisocaproate, not leucine, is responsible for nitrogen sparing during progressive fasting in normal male volunteers. *Surg Forum*, (1983), 34, PP: 96-99.
5. Chua BD, Siehl L, Morgan HE: Effect of leucine and metabolites of branched chain amino acids on protein turnover in heart. *J Biol Chem*, (1979), 254, PP: 8358-8362.
6. Coelho C, Carvalho : Effects of hmb supplementation on ldl cholesterol, strength and body composition of patients with hypercholesterolemia. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, (2001), 33(5), PP: M 340.
7. Eliason BC, Kruger J, Mark D, Rasmann DN: Dietary supplement users: Demographics, product use, and medical system interaction. *J Am Board Fam Pract*, (1997), 10, PP: 265-271.
8. Gallagher PM, Carrithers JA, Godard MP, Schulze KE, Trappe S: β - hydroxy- β -methylbutyrate ingestion, part I: Effects on strength and fat free mass. *Med Sci Sports Exerc*, (2000), 32, PP: 2109-2115.
9. Garlick PJ: The role of leucine in the regulation of protein metabolism. *J Nutr*, (2005), 135(6 Suppl), 1553S-6S.
10. Groff JL, Gropper SS, Hunt SM: *Advanced Nutrition and Human Metabolism* 2nd edition. St. Paul, MN: West Publishing Company; 1995. 23. Kreider RB: Dietary supplements and the promotion of muscle growth with resistance exercise. *Sports Med*, (1999), 27, PP: 97-110.
11. Harper AE, Miller RH, Block KP: Branched-chain amino acid metabolism. *Annu Rev Nutr*, (1984), PP:409-454.
12. Hefler SK, Wideman L, Gaesser GA, Weltman A: Branched-chain amino acid (BCAA) supplementation improves endurance performance in competitive cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, (1995), 27, PP: S149.
13. Hider RC, Fern EB, London DR: Relationship between intracellular amino acids and protein synthesis in the extensor digitorum longus muscle of rats. *Biochem J*, (1960), 114(2), PP: 171-178.
14. Hong SOC, Layman DK: Effects of leucine on in vitro protein synthesis and degradation in rat skeletal muscles. *J Nutr*, (1984), 114, PP: 1204-1212.
15. Jowko E, Ostaszewski P, Jank M, Sacharuk J, Zieniewicz A, Wilczak J, Nissen S: Creatine and β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program. *Nutr*, (2001), 17, PP: 558-566.
16. Knitter AE, Panton L, Rathmacher JA, Petersen A, Sharp R: Effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate on muscle damage after a prolonged run. *J Appl Physiol*, (2000), 89, PP: 1340-1344.
17. Layman DK: The role of leucine in weight loss diets and glucose homeostasis. *J Nutr*, (2003), 133(1), 261S-267S.
18. Mero A: Leucine supplementation and intensive training. *Sports Med*, (1999), 27(6), PP: 347-58.

19. Mitch WE, Clark AS: Specificity of the effects of leucine and its metabolites on protein degradation in skeletal muscle. *Biochem J*, (1984), 222, PP: 579-86
20. Nissen S, Sharp RL: Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *J Appl Physiol*, (2003), 94, PP: 651-659.
21. Nissen S, Sharp RL, Panton L, Vukovich M, Trappe S, Fuller JC Jr: β - Hydroxy- β -Methylbutyrate (HMB) Supplementation in Humans Is Safe and May Decrease Cardiovascular Risk Factors. *Journal of Nutrition*, (2000), 130, PP: 1937-1945.
22. Nissen SL and Abumrad NN. Nutritional role of the leucine metabolite b-hydroxy-b-methylbutyrate (HMB). *J Nutr Biochem*, (1997), 8, PP: 300-311.
23. Nissen SL, Panton L, Wilhelm R, Fuller JC: Effect of β -hydroxy- β - methylbutyrate (HMB) supplementation on strength and body composition of trained and untrained males undergoing intense resistance training. *FASEB J*, (1996), 10, PP: 287.
24. O'Connor DM, Crowe MJ: Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate and creatine monohydrate supplementation on the aerobic and anaerobic capacity of highly trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, (2003), 43, PP: 64-68.
25. Patti ME, Brambilla E, Luzi L, Landaker EJ, Kahn CR: Bidirectional Modulation of Insulin Action by Amino Acids. *J Clin Invest*, (1998), 1;101(7), PP: 1519-29.
26. Payne ET, Yasuda N, Bourgeois JM, Devries MC, Rodriguez MC, Yousuf J, Tarnopolsky MA: Nutritional therapy improves function and complements corticosteroid intervention in mdx mice. *Muscle Nerve*, (2006), 33(1), PP: 66-77.
27. Pittler Max H, Ernst Edzard: Dietary supplements for bodyweight reduction: a systematic review. *Am J Clin Nutr*, (2004), 79(4), PP: 529-536.
28. Schmidt RA, Lee TL: Motor control and learning, 3rd edition. Champaign: Human Kinetics, (1999).
29. Slater G, Jenkins D, Logan P, Lee H, Vukovich M, Rathmacher JA, Hahn AG. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation does not affect changes in strength or body composition during resistance training in trained men, *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, (2001), Sep;11(3), PP: 384-96.
30. Smith HJ, Wyke SM, Tisdale MJ: Mechanism of the attenuation of proteolysis-inducing factor stimulated protein degradation in muscle by β -hydroxy- β -methylbutyrate. *Cancer Res*, (2004), 64, PP: 8731-5.
31. Van Kovering M, Nissen SL: Oxidation of leucine and alphaketoisocaproate to b-hydroxy-b-methylbutyrate in vivo. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, (1992), 262, PP: 27.
32. Van Koevering MT, Dolezal HG, Grill DR, Owens FN, Strasia CA, Buchanan DS, Lake R, Nissen S: Effects of β -hydroxy β -methylbutyrate on performance and carcass quality of feedlot steers. *J Anim Sci*, (1994), PP:1927-1935.
33. Van Koevering MT, Gill DR, Smith RA, Owens FN, Nissen S, Ball RL: Effect of β -hydroxy- β -methyl butyrate on the health and performance of shipping-stressed calves. *Oklahoma State Univ Res Rep*, (1993), PP: 312-31.
34. Vukovich MD, Sharp RL, Kesl LD, Schaulis DL, King DS: Effects of an amino acid supplement on adaptations to combined aerobic and anaerobic cycling training. *Int J Sport Nutr*, (1997), 7, PP: 298-309.

35. Vukovich MD, Stubbs Nancy B, Bohlken Ruth M: Body Composition in 70-Year-Old Adults Responds to Dietary β -Hydroxy- β -Methylbutyrate Similarly to That of Young Adults. *J Nutr*, (2001), 131, PP: 2049-2052.
36. Wilson J, Wilson G: Contemporary issues in protein requirements and consumption for resistance trained athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, (2006), 3(1), PP: 7-27.