

اثرات مکمل یاری گلوتامین بر بیان نسبی ژن های Pax3 و Pax7 در بافت عضلانی

کند انقباض رت های نر پس از یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید

شهلا مرادی^۱، طاهره باقری پور^۲، نعمت الله نعمتی^۳

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.

۲- استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران. نویسنده مسئول bagherpoor_ta@yahoo.com

۳- دانشیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۶

چکیده

زمینه و هدف: گلوتامین به عنوان یکی از اسیدهای آمینه آزاد فراوان در عضله اسکلتی، نقش مهمی در بازسازی و ترمیم عضلات دارد. مطالعات نشان داده اند که مکمل یاری گلوتامین می تواند آسیب های عضلانی ناشی از تمرینات مقاومتی شدید را کاهش داده و روند ریکاوری را تسریع کند. تمرینات شدید منجر به فعال سازی سلول های ماهواره ای و افزایش بیان ژن های مایوژنیک مانند *PAX3* و *PAX7* می شود که نشانگر آسیب عضلانی هستند. با توجه به نبود مطالعات کافی بر تارهای عضلانی کندانقباض، این پژوهش با هدف بررسی اثر مصرف گلوتامین بر بیان این ژن ها در عضله نعلی رت های نر پس از یک جلسه تمرین مقاومتی شدید انجام شد.

مواد و روش ها: در این پژوهش تعداد ۳۰ سر رت نر بالغ هشت هفته ای نژاد ویستار تهیه و پس از دو هفته نگهداری در شرایط کنترل شده و پس از مطابقت وزنی و به طور تصادفی در سه گروه مساوی جایگزین شدند. مکمل گلوتامین بصورت گاوآژ یک بار در روز بود. پس از انجام واکنش PCR روی بافت عضله نعلی، نسبت بیان ژن های هدف و مرجع با یکدیگر مقایسه شد.

نتایج: در هر دو متغیر، مقدار میانگین ها در گروهی که تحت تمرین مقاومتی شدید یک جلسه ای بودند نسبت به گروهی که علاوه بر تمرین مقاومتی شدید یک جلسه ای، مکمل گلوتامین مصرف کردند، متفاوت و بیشتر بود. بین اثر یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید با و بدون مکمل یاری گلوتامین بر بیان نسبی ژن *PAX3* در تارهای عضلانی کندانقباض رت های نر تفاوتی نبود؛ اما میانگین بیان نسبی ژن *PAX7* در گروه تمرین مقاومتی شدید یک جلسه ای از گروه تمرین مقاومتی شدید یک جلسه ای همراه با مصرف مکمل گلوتامین بیشتر بود.

نتیجه گیری: یک جلسه تمرین مقاومتی شدید باعث افزایش بیان ژن های مایوژنیک در عضلات کندانقباض می شود. مصرف گلوتامین می تواند این افزایش را مهار کرده و نقش محافظتی در برابر آسیب عضلانی ایفا کند.

کلمات کلیدی: مکمل گلوتامین، تمرین مقاومتی، سلول های ماهواره ای، ژن های مایوژنیک، آسیب عضلانی، رت نر.

مقدمه

آسیب عضلانی، به کاهش توانایی انجام وظایف روزانه و فعالیت های ورزشی منجر می شود و دارای اثرات منفی بر اجرا یا الگوی برنامه های تمرینی است (۱). آسیب های عضلانی ناشی از ورزش در افراد ورزشکار، به طور معمول به هنگام اجرای فعالیت های ورزشی شدید و سنگین یا طولانی مدت اتفاق می افتد (۲). از این رو، تعیین شیوه های تمرینی موثر یا مداخله های تغذیه ای جهت پیشگیری یا کاهش آسیب عضلانی با افزایش سرعت ریکاوری و عملکرد عضلانی بعد از تمرینات ورزشی شدید و سنگین اهمیت دارد (۳-۵). مشخص شده است که مکمل سازی اسیدهای آمینه و پروتئین ها احتمالاً با کاهش آسیب های عضلانی و کوفتگی تاخیری ناشی از ورزش همراه است (۶). مکمل سازی اسیدهای آمینه قبل و بعد از ورزش دارای اثرات سودمندی در افزایش سنتز پروتئین های عضلانی ناشی از آسیب های عضلانی می باشد (۷). بر پایه این شواهد، نقش احتمالی اسیدهای آمینه به عنوان مکمل مفید جهت ریکاوری عضلات آسیب دیده متعاقب فعالیت های مقاومتی شدید همواره مطرح است (۳).

اگرچه برخی مطالعات تاکید نموده اند که تمرینات ورزشی منظم به کاهش تولید رادیکال های آزاد و تقویت سیستم آنتی اکسیدانی بدن بواسطه رهایی و میزان فعالیت بیشتر آنزیم های اکسایشی یا ظرفیت تام آنتی اکسیدانی منجر می شوند (۸)، برخی مطالعات دیگر نیز مصرف مواد تغذیه ای یا مکمل های پروتئینی آنتی اکسیدانی را جهت بهبود و تقویت سیستم آنتی اکسیدانی بدن مطالعه و پیشنهاد نموده اند (۹؛ ۴؛ ۶؛ ۱۰). در این زمینه، اثر بخشی مکمل هایی نظیر گلوتامین در بهبود عملکرد و به حداقل رساندن آسیب های عضلانی و فشارهای اکسایشی ناشی از تمرین بیان شده است. مشخص شده است که کاهش ذخایر گلوتامین به هنگام اجرای ورزشی شدید با کاهش عملکرد محافظتی گلوتامین در برابر شرایط

استرس اکسیداتیو و فشارهای ناشی از رادیکال های آزاد همراه است (۴؛ ۵؛ ۷؛ ۱۱؛ ۶؛ ۱۲؛ ۱۰).

سلول های ماهواره ای نقش محدودی در هایپرتروفی عضلانی کوتاه مدت ایفا می کنند، اما برای رشد عضلانی بعد از تولد و بازسازی عضله پس از آسیب دیدگی و سلامت عضلانی در دوران سالمندی ضروری هستند. در نتیجه، پس از آسیب های کوچک ناشی از تمرینات برون گرا و بعد از آسیب عضلانی در فعالیت های ورزشی مقاومتی، سلول های ماهواره ای نقش کلیدی در بازسازی تارهای عضله اسکلتی دارند (۱۳). سلول های ماهواره ای غیرفعال یا خاموش، به طور کلی، سطوح پایینی از پروتئین های فاکتورهای تنظیمی مایوژنیک را بیان می کنند. برای شناسایی سلول های ماهواره ای، فاکتور رونویسی جعبه زوج PAX7 نقش کلیدی ایفا می کند. موش هایی که یک جهش حذفی PAX7 دارند، عملاً هیچ سلول ماهواره ای ندارند. این موضوع نشان دهنده نقش کلیدی PAX7 در تعیین خصوصیات سلول های ماهواره ای است (۱۳). با این توصیف، متوجه می شویم که در سلول های ماهواره ای، PAX7 و فاکتورهای تنظیمی مایوژنیک، به محرک های اضافه بار یا آسیب پاسخ می دهند. سلول های ماهواره ای در پاسخ به آسیب فعال می شوند؛ سپس تکثیر شده، خود را احیاء کرده و متمایز می شوند. در عضلات اسکلتی، PAX7 و PAX3 با عملکردهای همپوشانی وجود دارند. اگرچه PAX3 نقش مهمی در رشد سلول های عضلانی دارد، ولی، جالب توجه است که PAX7 می تواند جایگزین PAX3 برای تشکیل عضله شود؛ با این حال، PAX3 نمی تواند جایگزین PAX7 شود (۱۴، ۱۵).

فاکتورهای ایمنی و رشدی مختلفی به عنوان تنظیم کننده های بالقوه سرنوشت سلول های ماهواره ای و ژن های فرودست آن ها شناسایی شده اند، اما پس از آسیب یا در هایپرتروفی عضلانی، پیام های فعال کننده سلول های ماهواره ای هنوز به خوبی شناسایی و توصیف نشده اند. به علاوه،

حیوانی در قالب یک طرح پژوهشی چند گروهی با گروه کنترل اجرا شد. تعداد ۳۰ سر رت نر بالغ هشت هفته ای نژاد ویستار تهیه و پس از دو هفته نگهداری در شرایط کنترل شده با هدف آشنایی و سازگاری با محیط زندگی، شرایط تغذیه ای و تمرینی؛ پس از مطابقت وزنی و به طور تصادفی در سه گروه مساوی (کنترل، مکمل گلوتامین و فعالیت مقاومتی شدید) جایگزین شدند. رت های گروه کنترل؛ در برنامه مصرف مکمل گلوتامین و اجرای یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید مشارکت نداشته و جهت تعیین مقادیر پایه متغیرهای پژوهش از آن ها نمونه گیری شد. رت های گروه مکمل گلوتامین؛ میزان و چگونگی تغییرات بیان نسبی ژن های PAX3 و PAX7 در تارهای عضلانی کند انقباض (عضله نعلی) را پس از مصرف پنج روزه مکمل گلوتامین و یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید نشان دادند. رت های گروه فعالیت مقاومتی شدید؛ میزان و چگونگی تغییرات بیان نسبی ژن های PAX3 و PAX7 در تارهای عضلانی کند انقباض (عضله نعلی) را پس از یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید نشان دادند. متغیر مستقل پژوهش حاضر، شامل مصرف پنج روزه مکمل گلوتامین با دوز ۰/۵ گرم به ازاء هر کیلوگرم از وزن بدن در هر روز بود. اجرای یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید نیز به عنوان متغیر زمینه ای منظور شد. متغیرهای وابسته نیز شامل میزان بیان نسبی ژن های PAX3 و PAX7 در تارهای عضلانی کند انقباض (عضله نعلی) رت های نر بود. پودر ۱۰۰ گرمی ال گلوتامین ویوا پاور تحت لیسانس ویتافارمد، دارنده پروانه شرکت فاریاب دارو توسط شرکت داروسازی کارن (ایران) تحت لیسانس کشور سوئیس در بسته بندی قوطی های پلاستیکی حاوی پودر خالص و ۱۰۰ درصد مکمل ال گلوتامین، تولید می شود. طبق دستورالعمل شرکت سازنده روزانه یک الی دو بار، هر بار یک پیمانه سر گرد (۵ گرم) همراه ۱۰۰ سی سی آب یا آب میوه (قبل، حین و یا بعد ورزش) میل می شود. در روزهای بدون تمرین بدنی، روزانه یک پیمانه سر گرد (۵ گرم) صبح

تاکنون اثرات مصرف مکمل گلوتامین بر بیان ژن های PAX3 و PAX7 در تارهای عضلانی کند انقباض (عضله نعلی) مورد مطالعه قرار نگرفته است. بنابراین، به نظر می رسد که مصرف این مکمل شیوه مناسبی برای جلوگیری از آسیب های ناشی از استرس اکسایشی در عضله باشد؛ اما تا به حال، هیچ مطالعه ای که ارتباط بین مکمل سازی گلوتامین، تمرین مقاومتی و بیان ژن های PAX3 و PAX7 در تارهای عضلانی کند انقباض (عضله نعلی) را دنبال نماید به چشم نمی خورد. تمرینات ورزشی موجب آسیب های ریز عضلانی می شود که با فعال سازی سلول های ماهواره ای و در نتیجه افزایش بیان ژن های PAX3 و PAX7 در تارهای عضلانی همراه است. اما پاسخ ژن های PAX3 و PAX7 به فعالیت های بدنی متناقض است و عمده تحقیقات انجام گرفته در مورد این ژن کمتر به نوع کند انقباض و تند انقباض عضله و نوع آزمودنی ها (حیوانی و انسانی) توجه داشته است؛ ضمن این که پروتکل های این تحقیقات، یا استقامتی بوده یا زمان های اندازه گیری آن بعد از فعالیت بدنی، مناسب نبوده است. با این توصیف به نظر می رسد که اجرای پژوهش حاضر با هدف تعیین و مقایسه اثرات مصرف مکمل گلوتامین بر بیان نسبی ژن های PAX3 و PAX7 در تارهای عضلانی کند انقباض (عضله نعلی) رت های نر پس از یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید لازم و ضروری بوده و از نقطه نظر تعیین اثر فعالیت بدنی شدید حاد بر بیان این ژن های معرف آسیب عضلانی و هم چنین تعیین و مقایسه اثرات مصرف مکمل گلوتامین بر این ژن ها به ویژه در تارهای عضلانی کند انقباض، بدیع و دارای اهمیت باشد.

مواد و روش ها

پژوهش تجربی حاضر با هدف تعیین و مقایسه اثر مصرف مکمل گلوتامین بر بیان نسبی ژن های PAX3 و PAX7 در تارهای عضلانی کند انقباض (عضله نعلی) رت های نر پس از یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید با استفاده از یک مدل

ناشتا میل می گردد. مکمل گلوتامین مورد استفاده در این پژوهش به صورت گاوژ یک بار در روز پودر حل شده در ۱۰۰ سی سی آب مقطر با دوز ۰/۵ گرم به ازاء هر کیلوگرم از وزن بدن در هر روز و به مدت ۵ روز بود (۱۵). دوره آشنایی رت های گروه تجربی با برنامه فعالیت مقاومتی، دو هفته (شش جلسه) به طول انجامید. در هفته اول، رت ها از یک سطح شیبدار به ارتفاع یک و نیم متر و شیب ۴۵ درجه بالا رفتند؛ در حالی که یک کمربند پارچه ای حاوی کیسه شن به میزان ۲۰ درصد وزن بدن رت ها به دور تنه آن ها متصل شده بود. این فعالیت، سه نوبت در یک جلسه اجرا شد. در جلسات دوم و سوم نیز همین برنامه تمرینی اجرا شد. در هفته دوم و پس از توزین مجدد، رت ها از همان سطح شیبدار ولی با زاویه ۸۵ درجه بالا رفتند. این فعالیت نیز ۳ نوبت در یک جلسه اجرا

شد. در جلسات دوم و سوم نیز همین برنامه تمرینی اجرا شد. برنامه گرم کردن و سرد کردن نیز به مدت ۵ دقیقه قبل و بعد از فعالیت مقاومتی به صورت راه رفتن روی سطح صاف و بدون بار اضافی اجرا شد. پس از ۵ روز مصرف مکمل و توزین مجدد، هر سه گروه رت های تجربی در یک جلسه فعالیت مقاومتی (صعود از سطح شیبدار صاف به ارتفاع یک و نیم متر و شیب ۸۵ درجه) با چهار ست، پنج تکرار، ۳۰ ثانیه استراحت بین تکرارها و دو دقیقه استراحت بین ست ها شرکت کردند. بار اولیه، معادل ۵۰ درصد وزن بدن رت ها در نظر گرفته شد. سپس در ابتدای اجرای هر ست، ۱۰ درصد وزن بدن رت ها به بار اولیه اضافه شد، به گونه ای که هر رت در پایان ست چهارم، ۸۰ درصد وزن بدن خود را حمل می کرد (۱۵). فرایند اجرای پژوهش طبق پروتکل زیر بوده است.

جدول ۱. پروتکل اجرای پژوهش

گروه		هفته اول و دوم						هفته سوم (روز)	
								۶	
								فعالیت	ساعت ۸ - ۶+
								۵	۴
								۳	۲
								۱	
کنترل	نگهداری در شرایط کنترل شده (سازگاری با محیط زندگی، شرایط تغذیه و تمرین).	-----						-----	
	مصرف مکمل گلوتامین و فعالیت مقاومتی شدید	دریافت مکمل گلوتامین						اجرای یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید	
	فعالیت مقاومتی شدید	-----							

همه موش ها شش تا هشت ساعت پس از جلسه تمرین مقاومتی شدید طبق برنامه از پیش تعیین شده و با استفاده از شیوه مناسب در دستگاه دسیکاتور بیهوش، کشته و جراحی شدند. در این تحقیق سعی بر آن بود تا موش ها مورد مطالعه در کمترین زمان ممکن و با حداقل درد و آزار کشته شوند. بنابراین، ابتدا موش ها توسط تزریق درون صفاقی کتامین (۹۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم) و زایلازین (۱۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم) بی هوش شدند. بعد از بی هوشی کامل (به

طوری که رت به تحریک اعمال شده پاسخ ندهد)، موش ها بلافاصله توسط متخصصین کارآزموده کشته و جراحی شدند. با توجه به هدف مطالعه ی حاضر، بافت عضله نعلی در شرایط استریل برداشته شده و درون میکروتیوب های ۱/۵ یا ۲ میکرولیتری حاوی RNA Later در دمای ۷۰- درجه قرار داده شد. واکنش PCR با استفاده از کیت Real Q Plus 2X Master Mix Green شرکت ویراژن انجام شد. پرایمرها به صورت ویال لیوفیلیزه دریافت شده و سپس با بافر TE شرکت

میکرولیتزر پرایمر ریورس (R) ریخته شد. توالی، طول و نوع پرایمر طراحی شده برای ژن ها به صورت زیر است.

Primer sequences used for real-time PCR

Gene	Forward Primer
PAX7	5_GCCACAGCTTCTCCAGCTACTC3_
PAX3	5_GCCACAGCTTCTCCAGCTACTC3_

سینا ژن و به نسبتی که روی ویال ذکر شده بود، رقیق شد. پس از آن در داخل لوله های کد گذاری شده به مقدار ۱۸۰ میکرولیتزر بافر TE و ۱۰ میکرولیتزر پرایمر فوروارد (F) و ۱۰

Reverse Primer

5_TGACCGGGTTCATGTGGTT3_
5_TGACCGGGTTCATGTGGTT3_

متفاوت و بیشتر بود ($P = ۰/۰۰۴$)، در حالی که در گروه تمرین مقاومتی شدید یک جلسه ای همراه با مصرف مکمل گلوتامین، بین مقدار میانگین نمونه ($۱/۲۵$) با مقدار ثابت ۱ (میانگین گروه کنترل) تفاوت معناداری دیده نشد ($۰/۰۶ = P$). نتایج آزمون آماری t مستقل (آزمون مقایسه میانگین های دو گروه) نشان داد که در سطح خطای ۵ درصد تفاوت معناداری بین میانگین های این دو گروه وجود ندارد ($۰/۲۴ = P$) و به عبارت دیگر بین اثر یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید با و بدون مکمل یاری گلوتامین بر بیان نسبی ژن PAX3 در تارهای عضلانی کند انقباض (عضله نعلی) رت های نر تفاوت معنی داری وجود ندارد (جدول ۴).

نتایج آزمون آماری t تک نمونه ای در جدول ۳ (آزمون مقایسه میانگین یک جامعه) نشان داد که میانگین بیان نسبی ژن PAX7 با مقدار ثابت ۱ (میانگین گروه کنترل) در هر دو گروه تمرین مقاومتی شدید یک جلسه ای با میانگین $۳/۲۸$ ($P = ۰/۰۰۱$) و تمرین مقاومتی شدید یک جلسه ای همراه با مصرف مکمل گلوتامین با میانگین $۲/۵۱$ ($P = ۰/۰۰۱$) به طور معناداری متفاوت و بیشتر بود. نتایج آزمون آماری t مستقل (آزمون مقایسه میانگین های دو گروه) نشان داد که در سطح خطای ۵ درصد تفاوت معناداری بین میانگین های این دو گروه وجود دارد ($P = ۰/۰۰۱$) و به عبارت دیگر بین اثر یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید با و بدون مکمل یاری گلوتامین بر بیان نسبی ژن PAX7 در تارهای عضلانی کند انقباض (عضله نعلی) رت های نر تفاوت وجود دارد، به گونه ای که

پس از انجام واکنش PCR، سیکل های آستانه به دست آمده از نمونه های گروه ها در یک صفحه نرم افزار اکسل جمع آوری و با قرار دادن آن ها در فرمول های $\Delta\Delta Ct$ و $\Delta\Delta Ct-2$ نسبت میزان بیان ژن های هدف و مرجع با یکدیگر مقایسه شد. برای آزمون طبیعی بودن توزیع متغیرها از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف و برای آزمون تجانس واریانس متغیرها از آزمون لوین استفاده شد. میانگین متغیرهای پژوهش در بین گروه ها (بجز گروه کنترل) با هدف تعیین تفاوت های بین گروهی، با استفاده از آزمون دو دامنه t مستقل مقایسه شد. میانگین متغیرهای پژوهش در بین هر گروه با گروه کنترل با هدف تعیین تفاوت های درون گروهی، با استفاده از آزمون آماری t تک نمونه مقایسه شد. سطح معنی داری در کلیه آزمون ها $p \leq ۰/۰۵$ بود.

۹۸۲۳۳۵۲۲۵۰۵۸ کمیته اخلاق زیست پزشکی دانشگاه

آزاد اسلامی واحد دامغان

نتایج

در هر دو متغیر، مقدار میانگین متغیرها در گروهی که تحت تمرین مقاومتی شدید یک جلسه ای بودند نسبت به گروهی که علاوه بر تمرین مقاومتی شدید یک جلسه ای، مکمل گلوتامین مصرف کردند، متفاوت و بیشتر بود (جدول ۲). نتایج آزمون آماری t تک نمونه ای در جدول ۳ (آزمون مقایسه میانگین یک جامعه) نشان داد که میانگین بیان نسبی ژن PAX3 ($۱/۴۵$) با مقدار ثابت ۱ (میانگین گروه کنترل) در گروه تمرین مقاومتی شدید یک جلسه ای به طور معناداری

مقدار میانگین بیان نسبی ژن PAX7 در گروه تمرین شدید یک جلسه ای همراه با مصرف مکمل گلوتامین (۲/۵۱) مقاومتی شدید یک جلسه ای (۳/۲۸) از گروه تمرین مقاومتی بیشتر است (جدول ۴).

جدول ۲. شاخص های توصیفی متغیرها

متغیر	گروه	تعداد	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف استاندارد	ضرب چولگی	ضرب کشیدگی
PAX3	فعالیت مقاومتی شدید یک جلسه ای	۱۰	۱	۲	۱.۴۵	۰.۳۸	۰.۱۹	-۱.۶
	فعالیت مقاومتی شدید با گلوتامین	۱۰	۰.۹	۲	۱.۲۵	۰.۳۷	۱.۱۲	۰.۳۷
PAX7	فعالیت مقاومتی شدید یک جلسه ای	۱۰	۲.۸۰	۳.۸۰	۳.۲۸	۰.۳۲	۰.۳۳	-۰.۷۷
	فعالیت مقاومتی شدید با گلوتامین	۱۰	۲	۳	۲.۵۱	۰.۳۴	-۰.۰۸	-۱.۲۱

همانطور که ملاحظه میشود در هر دو متغیر، مقدار میانگین متغیرها در گروهی که تحت تمرین مقاومتی شدید بوده اند نسبت به گروهی که علاوه بر تمرین مقاومتی شدید مکمل گلوتامین نیز مصرف کرده اند بیشتر بوده است. همچنین ضرایب چولگی و کشیدگی در تمام حالات در بازه ۲-۲ قرار دارند که نشان دهنده متقارن بودن منحنی توزیع نمونه های تحت مطالعه میباشد.

جدول ۳. نتایج آزمون t تک نمونه

متغیر	گروه	میانگین نمونه	انحراف معیار نمونه	t	Sig
PAX3	فعالیت مقاومتی شدید یک جلسه ای	۱.۴۵	۰.۳۸	۳.۷۶	۰.۰۰۴
	فعالیت مقاومتی شدید با گلوتامین	۱.۲۵	۰.۳۷	۲.۱۴	۰.۰۶
PAX7	فعالیت مقاومتی شدید یک جلسه ای	۳.۲۸	۰.۳۲	۲۲.۶	۰.۰۰۱
	فعالیت مقاومتی شدید با گلوتامین	۲.۵۱	۰.۳۴	۱۳.۹	۰.۰۰۱

با توجه به مقادیر جدول فوق به خصوص Sig می توان نتیجه گرفت در متغیر PAX3: در گروه فعالیت مقاومتی شدید مقدار میانگین نمونه (۱.۴۵) به طور معنا داری با مقدار (۱) گروه کنترل بیشتر بوده است ($p < 0.005$)

و در گروه فعالیت مقاومتی شدید همراه با گلوتامین مقدار میانگین نمونه (۱.۲۵) تفاوت معنا داری با مقدار (۱) گروه کنترل ندارد ($p > 0.005$).

و در متغیر PAX7: در گروه فعالیت مقاومتی شدید میانگین نمونه (۳.۲۸) به طور معنا داری از مقدار (۱) میانگین گروه کنترل بیشتر است ($p < 0.005$)

و در گروه فعالیت مقاومتی شدید همراه با مکمل گلوتامین مقدار میانگین نمونه (۲.۵۱) به طور معنا داری از مقدار (۱) گروه کنترل بیشتر بوده ($p > 0.005$).

جدول ۴. نتایج آزمون t مستقل در مقایسه میانگین دو گروه

متغیر	گروه	میانگین	اختلاف میانگین ها	t	Sig
PAX3	فعالیت مقاومتی شدید یک جلسه ای	۱.۴۵	۰.۲۰	۱.۱۹	۰.۲۴
	فعالیت مقاومتی شدید با گلوتامین	۱.۲۵			
PAX7	فعالیت مقاومتی شدید یک جلسه ای	۳.۲۸	۰.۷۷	۵.۲۱	۰.۰۰۱
	فعالیت مقاومتی شدید با گلوتامین	۲.۵۱			

با توجه به نتایج آزمون T برای مقایسه میانگین متغیرهای PAX3 و PAX7 در گروه های مورد آزمایش می توان نتیجه گرفت: در سطح خطای ۵ درصد تفاوت معنا داری بین میانگین دو گروه PAX3 وجود ندارد یعنی بین اثر یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید با و بدون مکمل یاری گلوتامین بر بیان نسبی ژن PAX3 در تارهای عضلانی کند انقباض عضله نعلی رت های نر تفاوت معنا داری وجود ندارد. همچنین در گروه PAX7 نیز بین اثر یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید با و بدون مکمل یاری گلوتامین بر بیان نسبی ژن PAX7 در تارهای عضلانی کند انقباض عضله نعلی رت های نر تفاوت معنا داری وجود دارد.

بحث

نتایج پژوهش نشان داد که اجرای یک جلسه فعالیت مقاومتی شدید باعث ایجاد آسیب های سلولی در بافت ماهیچه های کند انقباض شده که با افزایش میزان بیان نسبی ژن های PAX3 و PAX7 نسبت به گروه کنترل همراه است. مصرف مکمل گلوتامین پیش از اجرای فعالیت مقاومتی شدید یک جلسه ای، باعث تعدیل اثرات آسیب زای فعالیت مقاومتی شدید شده و با ایجاد اثرات محافظتی، از افزایش میزان نسبی بیان ژن های PAX3 و PAX7 در بافت های ماهیچه های کند انقباض جلوگیری کرده است.

فاکتورهای ایمنی و رشدی مختلفی به عنوان تنظیم کننده های بالقوه سرنوشت سلول های ماهواره ای شناسایی شده اند، اما پس از آسیب یا در هایپرتروفی عضلانی، پیام های فعال کننده سلول های ماهواره ای هنوز به خوبی شناسایی و توصیف نشده اند. حذف بیش از نود درصد سلول های ماهواره ای عضلات اسکلتی بالغ در موش های ترانسژنیک، اثر معنی داری بر پاسخ هایپرتروفیک عضلات به هنگام حذف عضلات کمکی نداشت. با این حال، پس از هشت هفته، کاهش قابل توجهی در هایپرتروفی مشاهده شد. در نتیجه می توان گفت که سلول های ماهواره ای برای پاسخ هایپرتروفیک اولیه مورد نیاز نمی باشند، اما برای تداوم هایپرتروفی در طولانی مدت ضروری هستند. اگرچه سلول های ماهواره ای نقش محدودی در هایپرتروفی عضلانی کوتاه مدت ایفا می کنند، اما برای رشد عضلانی بعد از تولد و بازسازی عضله پس از آسیب دیدگی و سلامت عضلانی در سالمندی ضروری هستند. در نتیجه، پس از آسیب های کوچک ناشی از تمرینات برون گرا و بعد از آسیب عضلانی در فعالیت های ورزشی مقاومتی، سلول های ماهواره ای نقش کلیدی در بازسازی تارهای عضله اسکلتی دارند (۱۳).

ارتباط فاکتورهای تنظیمی مایوژنیک با سلول های ماهواره ای به این شکل است که آن ها برای تبدیل سلول های ماهواره ای موجود به تار عضلانی کمک می کنند. سلول های ماهواره ای غیرفعال یا خاموش، به طور کلی، سطوح پایینی از پروتئین فاکتورهای تنظیمی مایوژنیک را بیان می کنند. برای شناسایی سلول های ماهواره ای، فاکتور رونویسی جعبه زوج PAX7 نقش کلیدی ایفا می کند. موش هایی که یک جهش حذفی PAX7 دارند، عملاً هیچ سلول ماهواره ای ندارند. این موضوع نشان دهنده نقش کلیدی PAX7 در تعیین خصوصیات سلول های ماهواره ای است. امروزه، PAX7 یک نشانگر مهم برای تشخیص سلول های ماهواره ای به روش ایمونوهیستوشیمی است (۱۶؛ ۱۷). با این توصیف، متوجه می شویم که در سلول های ماهواره ای، PAX7 و فاکتورهای تنظیمی مایوژنیک، به محرک های اضافه بار یا آسیب پاسخ می دهند. سلول های ماهواره ای در پاسخ به آسیب فعال می شوند؛ سپس تکثیر شده، خود را احیاء کرده و متمایز می شوند. بیشتر سلول های ماهواره ای موجود در یک عضله بالغ تحریک نشده، خاموش هستند که PAX7 را بیان می کنند ولی MyoD را بیان نمی کنند. سپس سلول های ماهواره ای فعال شده^۱ که به آن ها مایوبلاست های مشتق شده از سلول های ماهواره ای نیز می گویند، در پاسخ به محرک های اضافه بار یا آسیب، سلول های ماهواره ای فعال می شوند و از طریق شکستن غشاء پایه به درون تارهای عضلانی حرکت می کنند. سلول های ماهواره ای فعال شده، به شکل خوشه ای تکثیر شده و مشخصه بارز فعال شدن سلول های ماهواره ای، بیان MyoD است. البته این سلول های ماهواره ای فعال شده همچنان به بیان PAX7 ادامه می دهند. در ادامه، تمایز سلول های ماهواره ای اتفاق می افتد و سلول های ماهواره ای فعال شده در خصوص سرنوشت سلول تصمیم می گیرند. در این مرحله، یا سلول ماهواره ای

دچار خود احیایی شده و به حالت خاموش باز می گردد؛ یا به یکی از دو تار عضلانی در حال هایپرتروفی یا تار جدید در حال بازسازی پس از آسیب متمایز می شود. خروج سلول های ماهواره ای متمایز شده از چرخه سلولی و بیان مایوژنین، باعث شروع فرایند ذوب می شود. سلول های ماهواره ای خود احیاء گر^۱ نیز از چرخه سلولی خارج شده و دیگر MyoD را بیان نمی کنند. مسیر کلیدی کنترل کننده رفتار سلول های ماهواره ای، مسیر ناچ^۲ است و نشان داده است که فعالیت زیاد این مسیر برای سلول های ماهواره ای خاموش، مهم است (۱۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۱).

بر خلاف مایواستاتین^۳ که فعال سازی و تکثیر سلول های ماهواره ای را مهار می کند (۲۱؛ ۲۲)، برخی عوامل دیگر، محرک تکثیر بدون تمایز سلول های ماهواره ای فعال شده هستند که می توانند در گسترش سلول های ماهواره ای پس از تحریک و پیش از تمایز یا خود احیایی مهم باشند (۱۳؛ ۲۴؛ ۱۴). مطالعات قبلی گزارش کرده اند که PAX7 می تواند سلول های ماهواره ای را بدون هیچ گونه مشارکتی در بازسازی سلول های ماهواره ای، حفظ کند. در عضلات اسکلتی، PAX3 و PAX7 با عملکردهای همپوشانی وجود دارند. اگرچه PAX3 نقش مهمی در رشد دارد، ولی، جالب توجه است که PAX7 می تواند جایگزین PAX3 برای تشکیل عضله شود؛ با این حال، PAX3 نمی تواند جایگزین PAX7 شود (۱۵؛ ۱۴).

گلوتامین فراوان ترین اسید آمینه موجود در پلاسما و عضلات اسکلتی (بیش از ۶۰ درصد ذخایر اسید آمینه درون عضلانی) است. مکمل سازی گلوتامین توسط ورزشکاران به هنگام ورزش های طولانی مدت و وامانده ساز مرسوم است، اما اثر آن روی تمرینات قدرتی یا آسیب های عضلانی ناشی از انقباض های شدید کمتر مطالعه شده است. ذخایر گلوتامین عضله متعاقب برخی فعالیت های متابولیکی به طور معنی

داری کاهش می یابد. به لحاظ تنوری، گلوتامین دارای اثرات نیروافزا در ورزش های مختلف است. این اسید آمینه به عنوان سوخت مهم در برخی از سلول های سیستم ایمنی نظیر لنفوسیت ها و ماکروفاژها است که در ورزش های شدید طولانی مدت نظیر ورزش های مرتبط با بیش تمرینی کاهش می یابد (۱۰). یافته ها در خصوص نقش گلوتامین در ورزش چند پهلوهستند، بطوری که برخی مطالعات کاهش سرعت شیوع عفونت را بین ورزشکارانی که نوشیدنی های حاوی گلوتامین را پس از تمرینات ورزشی شدید مکمل نموده اند گزارش نموده اند (۴). در حالی که مطالعات بیان نموده اند که مکمل سازی گلوتامین به حفظ سطوح پلاسمایی آن پس از ورزش شدید کمک می کند، اما پاسخ های سیستم ایمنی به آزمون های ورزشی را متاثر نمی کند (۸). بازیابی های اخیر نشان داده است که مطالعات اندکی مصرف گلوتامین را به جهت افزایش عملکرد سیستم ایمنی حمایت نموده اند (۵). همچنین مشخص شده است که هر دو مکمل سازی کوتاه و طولانی مدت گلوتامین دارای اثرات نیروافزایی روی توده عضلانی یا عملکرد عضلانی نیستند (۷؛ ۱۱؛ ۶). این مطالعات نشان داده اند که مکمل سازی گلوتامین یک ساعت قبل از آزمون ورزشی تاثیری روی عملکرد مقاومتی تا رسیدن به خستگی نسبت به گروه دارونما ندارد (۲۲). همچنین، شش هفته مکمل سازی گلوتامین در طول تمرینات استقامتی به تغییری در افزایش توده عضلانی یا قدرت عضلانی نسبت به گروه دارونما منجر نمی شود (۴).

در انسان ها، گلوتامین در پاسخ به میتوزن ها، تکثیر لنفوسیت ها را در صورتی که سطوح پلاسمایی بالاتر از ۶۰۰ میلی مول در لیتر حفظ شود در سطح بهینه متاثر می کند. در واقع حفظ سطوح گلوتامین جهت حفظ هر دو ذخایر انرژی و سنتز نوکلئوتیدها در سلول های ایمنی مورد نیاز است که به این فرضیه منجر شد که کاهش سطوح گلوتامین زیر ۶۰۰

سازی گلوتامین بر آسیب عضلانی به هنگام تمرینات هوازی یا وامانده ساز را گزارش کرده اند (۸). برخی از این مطالعات اثرات مثبت گلوتامین روی عملکرد هوازی (۸)، عملکرد سیستم ایمنی (۴) و پیشگیری از آسیب عضلانی (۵) را گزارش نموده اند. اثرات سودمند مکمل سازی گلوتامین در کاهش آسیب عضلانی را می توان به این عامل که تمرینات هوازی وامانده ساز به افزایش استرس اکسیداتیوها بواسطه سنتز گونه های غیرفعال اکسیژن یا رادیکال های آزاد اکسیژن و گونه های غیرفعال نیتروژن و همچنین افزایش آسیب عضلانی نسبت داد (۴). تحت این شرایط، سیستم ها آنتی اکسیدانی نظیر گلوکاتیون جهت کاهش واکنش های گونه های غیرفعال اکسیژن و گونه های غیرفعال نیتروژن با سلول های عضلانی مورد نیاز هستند، که باعث کاهش استرس اکسیداتیوها و آسیب های عضلانی ناشی از ورزش وامانده ساز می شوند.

گلوکاتیون مهمترین آنتی اکسیدان سلولی غیرآنزیماتیک در بدن است که وظیفه اش مقاومت در برابر آسیب یا آنتی اکسیدان ها در شرایط استرس اکسیداتیو است. گلوکاتیون به عنوان پیش ساز سنتز آمینواسیدها، پروتئین ها، نوکلئوتیدها و برخی دیگر از مولکول های بیولوژیکی اهمیت دارد. از طرفی، این مکمل پروتئینی به عنوان ذخیره کننده گلوکاتیون نیز معرفی شده است و در شرایط مورد نیاز بواسطه تبدیل به گلوکاتامات زمینه ساز تولید گلوکاتیون می شود. سنتز گلوکاتیون به سطوح اسیدهای آمینه سیستمین، گلیسین و بویژه گلوکاتامات وابسته است. از طرفی، سطوح گلوکاتامات به موجودیت و انتقال گلوکاتامین به سلول وابسته است. در محیط بین سلولی، گلوکاتامین توانایی هیدرولیز شدن داشته و موجودیت گلوکاتامات را افزایش می دهد که باعث تسهیل در سنتز گلوکاتیون و کمک در پیشگیری از فرآیند آسیب عضلانی می شود. از این رو، می توان عنوان نمود که رژیم های غذایی حاوی گلوکاتامین کافی یا افزایش ذخایر گلوکاتامین پلاسما و

میلی مول در لیتر دارای اثرات تخریبی بر عملکرد ایمنی است. به این نکته نیز اشاره می شود که ناتوانی عضلات در فراهم نمودن گلوکاتامین کافی به کاهش سرعت تکثیر لنفوسیت ها در پاسخ به آنتی ژن ها منجر می شود و عملکرد دفاعی سیستم ایمنی در برابر عفونت های ویروسی را کاهش می دهد (۱۵؛ ۱۰). فعالیت ورزشی شدید سرعت رهایی گلوکاتامین از عضلات اسکلتی را کاهش و سرعت جذب گلوکاتامین توسط دیگر بافت ها یا ارگان های مصرف کننده گلوکاتامین نظیر کبد و کلیه ها را افزایش می دهد که پیامد آن کاهش یا محدود شدن موجودیت گلوکاتامین جهت استفاده سلول های سیستم ایمنی است. مکمل سازی گلوکاتامین به کاهش تعداد لکوسیت ها در ۲۴ ساعت پس از تمرین مقاومتی منجر می شود. اگرچه توصیف این نتیجه مشکل است، اما ارتباط بین گلوکاتامین و سیستم ایمنی توسط برخی مطالعات پیشین گزارش شده است (۱۵).

مشخص شده است که فعالیت ورزشی سنگین که با انقباض های شدید همراه با اضافه بارهای سنگین همراه است موجودیت گلوکاتامین را کاهش می دهد (۲۲). مکمل سازی گلوکاتامین با هدف افزایش ذخایر آن در پلاسما انجام می گیرد. برخی محققان نیز مکمل سازی گلوکاتامین را به جهت کاهش آسیب های عضلانی ناشی از انقباض های شدید عضلانی توصیه نموده اند (۱۱؛ ۶؛ ۱۵). اما یافته های یک مطالعه در این زمینه نشان داد که اگرچه تمرینات مقاومتی مداوم و ادامه دار در کاهش ایجاد آسیب های عضلانی موثر واقع می شوند اما مکمل سازی گلوکاتامین اندازه آسیب عضلانی را تغییر نمی دهد (۷).

نوعی تناقض در خصوص مطالعاتی که اثرات مکمل سازی گلوکاتامین را در هنگام تمرینات مقاومتی دنبال نموده اند، مشاهده می شود. چندین مطالعه عدم تاثیر مکمل سازی گلوکاتامین را روی آسیب عضلانی ناشی از تمرینات مقاومتی گزارش کرده اند (۱۲). مطالعات دیگری نیز اثرات مکمل

عضلانی بواسطه تولید و سنتز گلوتاتیون با افزایش ظرفیت سیستم آنتی اکسیدانی بویژه در شرایط استرس اکسیداتیو همراه است (۱۰؛ ۱۲). برای مثال، نتایج یک پژوهش نشان داد مصرف گلوتامین با دوز روزانه یک گرم در هر کیلوگرم از وزن بدن به مدت دوازده هفته به کاهش استرس اکسیداتیو در موش های مبتلا به کبد چرب غیر الکلی منجر شد (۲۳). همچنین در نتایج پژوهش دیگر مصرف هفت روزه گلوتامین به افزایش شاخص های عملکردی سیستم آنتی اکسیدانی نظیر ظرفیت تام آنتی اکسیدان و گلوتاتیون پراکسیداز در موش های مبتلا به ایسکمی منجر شد (۱۲). اگرچه در مطالعه دیگر نیز سه روز مکمل سازی گلیسین و گلوتامین در دوز ۱/۵ گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن به افزایش سطوح گلوتاتیون در موش هایی که دچار آسیب میوکارد و کاهش عملکرد قلبی-عروقی بوده اند منجر شد (۴). احتمالاً، اثر محافظتی گلوتامین در آسیب های عضلانی ناشی از تمرین هوازی وامانده ساز به نقش آن در سنتز آنتی اکسیدان ها و کاهش تولید آن ها که دارای اهمیت بیشتری در تمرینات هوازی وامانده ساز نسبت به تمرینات مقاومتی هستند محدود می شود.

مطالعات اخیر نشان دادند که تمرینات مقاومتی، کاتابولیسم پروتئین های عضله را کاهش می دهند (۱۴)؛ اما، پاسخ های آنابولیکی یا رشد عضلانی نیازمند جذب اسیدهای آمینه ضروری (پروتئین های تغذیه ای) در دوره های ریکاوری پس از تمرین است (۳؛ ۹). این فرایند باعث جذب اسیدهای آمینه به درون عضله و افزایش سرعت سنتز پروتئین های بافت بدون تاثیر بر سرعت تجزیه عضله می شود. در صورتی که پروتئین مصرف شده حاوی هشت اسید آمینه ضروری باشد، مکمل سازی اسیدهای آمینه غیر ضروری احتمالاً با ویژگی های سودمند یا افزایش نیروزایی یا فواید بیشتری همراه نیست (۱۵). شواهدی وجود دارد که مکمل سازی گلوتامین به افزایش سنتز گلیکوژن در چند ساعت اولیه

ریکاوری پس از تمرین منجر می شود (۷). یک مطالعه نشان داد که ترکیب هشت گرم گلوتامین با ۶۱ گرم پلی مر گلوکز بعد از یک ورزش که با تخلیه گلیکوژن همراه بود، به افزایش ۲۵ درصدی کل ذخایر گلوکز بدن در دو ساعت ریکاوری نسبت به گروهی که تنها با پلی مر گلوکز مکمل شده بودند منجر شد (۷). گلوتامین سنتز گلیکوژن عضلانی را سرعت می بخشد و به افزایش بالقوه قدرت عضلانی منجر می شود. برخی محققان این فرضیه را مطرح کردند که آن دسته از ورزشکارانی که درگیر بیش تمرینی یا ورزش های سنگین بوده و با کاهش سطوح گلیکوژن پلاسما همراه هستند، احتمالاً با آسیب عملکرد سیستم ایمنی و مستعد نمودن ورزشکار به انواع بیماری ها همراه می باشند. این بیماری ها نیز با آسیب ورزشی و کاهش عملکرد همراه خواهند بود (۲). در یک مطالعه مشخص شد که مصرف ۶۰ گرم کربوهیدرات جهت بازسازی ذخایر گلوکز در دوره ریکاوری پس از ورزش کافی نیست. این مطالعه گزارش کرد که مصرف کربوهیدرات با مقادیر بالای ۱۰۰ گرم جهت دستیابی به حداکثر سرعت سنتز گلیکوژن عضله در فاصله دو ساعت ریکاوری پس از ورزش کفایت می کند (۱۲). از طرفی، به نظر می رسد که یک وعده غذای حاوی ۱۰۰ گرم کربوهیدرات به همراه ۲۰ گرم از برخی پروتئین ها، از جمله بهترین استراتژی ها جهت افزایش سنتز گلیکوژن و پروتئین عضله در شرایط پس از ورزش است (۵). یافته های یک مطالعه نشان داد که غلظت پلاسمایی هورمون رشد که از محرک های سنتز پروتئین است حدوداً ۹۰ دقیقه پس از مصرف دو گرم گلوتامین به میزان چهار برابر افزایش می یابد (۹). نتایج حاصل از یک مطالعه، اثر مکمل سازی (چهار گرم لوسین ایزول، اسید آمینه شاخه دار حاوی ۴ گرم لوسین، یک گرم ایزولوسین، یک گرم والین و چهار گرم گلوتامین) را هنگام یک جلسه تمرین مقاومتی بر جذب این اسید آمینه ها مطالعه نمود و نتایج، کاهش معنی داری را در سطوح لوسین و اسید آمینه شاخه دار پس از

همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، دوز و مدت مصرف مکمل، نوع تمرین (استقامتی یا ترکیبی)، سایر مکمل‌ها، ژن‌ها و شاخص‌های زیستی مرتبط بررسی شوند و مطالعات بر روی آزمودنی‌های انسانی نیز صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری می‌باشد از کلیه عواملی که در اجرای این پژوهش همکاری داشته تشکر و قدردانی دانی می‌گردد.

منابع مالی

این تحقیق بدون حمایت مالی سازمان یا موسسه ای انجام شده است.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله، تعارض در منافع ندارند.

فهرست منابع

1. Plotkin D, Roberts M, Haun C, Schoenfeld B, Muscle Fiber Type Transitions with Exercise Training: Shifting Perspectives, 2021, 9, 127.
2. Peterson, M. D., Rhea, M. R., Sen, A., & Gordon, P. M. (2010). Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 9(3), 226-237.
3. Etheridge T, Philp A, Watt PW. 2008. A single protein meal increases the recovery of muscle function following an acute eccentric exercise bout. *Appl Physiol Nutr Metab*. 33:1-6.
4. Cruzat VF, Rogero MM, Tirapegui J. Effects of supplementation with free glutamine and the dipeptide alanyl-glutamine on parameters of muscle damage and

تمرین مقاومتی در مقایسه با سطوح پایه نشان داد. در مطالعه مذکور، مکمل سازی گلوتامین به افزایش ۱۴ درصدی گلوتامین در حال استراحت و افزایش ۲۶ درصدی آن بعد از ورزش منجر شد (۳). با استناد به این یافته ها شاید بتوان این گونه نتیجه گیری کرد که این اسیدهای آمینه اکسید شده و به عنوان منابع انرژی جهت تحریک سنتز پروتئین و کاهش فرآیندهای کاتابولیکی استفاده می‌شوند و سطوح پلاسمایی گلوتامین نیز الگوی مشابهی را به هنگام استراحت و پس از ورزش از خود نشان می‌دهد (۱۵).

نتیجه گیری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مصرف مکمل گلوتامین پیش از یک جلسه تمرین مقاومتی شدید باعث کاهش بیان ژن‌های مرتبط با آسیب عضلانی شده و نقش محافظتی دارد. بنابراین، توصیه می‌شود همراه با تمرینات شدید از مکمل‌هایی مانند گلوتامین استفاده شود تا شدت آسیب عضلانی کاهش یابد.

inflammation in rats submitted to prolonged exercise. *Cell biochemistry and function*. 2010; 28(1):24-30.

5. Street B, Byrne C, Eston R. 2011. Glutamine Supplementation in Recovery from Eccentric Exercise Attenuates Strength Loss and Muscle Soreness. *J ExercSci Fit*. 9(2):116-122.

6. Nokhostin B, Zardost N, the effect of taking a week glutamine supplementation on activity- induced muscle damage, *journal of applied exercise physiology*, 2015, 11, 21(21), 65-7.

7. Spillane, M., Schwarz, N., Leddy, S., Correa, T., Minter, M., Longoria, V., & Willoughby, D. S. Effects of 28 days of resistance exercise while consuming commercially available pre- and post-workout supplements, NO-Shotgun(R) and

NO-Synthesize(R) on body composition, muscle strength and mass, markers of protein synthesis, and clinical safety markers in males. *Nutrition & Metabolism*, (2011) 8(1), 78.

8. Hazar S, Hazar M, Korkmaz S, Bayil S, Gürkan A. The effect of graded maximal aerobic exercise on some metabolic hormones, muscle damage and some metabolic end products in sportsmen. *Sci Res Essays* 2011; 6:1337-1343.

9. Buckley JD, Thomson RL, Coates AM, Howe PRC, DeNichilo MO, Rowney MK. 2010. Supplementation with a whey protein hydrolysate enhances recovery of muscle force-generating capacity following eccentric exercise. *J Sci Med Sport*. 13:178–81.

10. Zhou Y, Eid T, Hassel B, Danbolt C. Novel aspects of glutamine synthetase in ammonia homeostasis. *Neurochemistry International* 140 (2020) 104809.

11. Najarzadeh A, Atarod H, Mozaffari-Khosravi H, Dehghani A, Asjodi F. The Effect of Single Portion Glutamine Supplement Consumption on Injury Indices of Muscle after Eccentric Resistance Exercise. *Arak Medical University Journal (AMUJ)*. 2015; 18(97):9-17.

12. Stern RA, Dasarathy S, Mozdziak PE. Ammonia elicits a different myogenic response in avian and murine myotubes. *Vitr Cell Dev Biol - Anim* 53: 99–110, 2017.

13. Damas F, Phillips S, Vechin FC, Ugrinowitsch C. A review of resistance training induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to hypertrophy. *Sports Medicine*. 2015; 45(6):701-8.

14. Afsharnezhad Roudsari T, Amani A. The effects of resistance training on muscle strength, hypertrophy and myogenin protein level of gastrocnemius in elderly rats *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, vol. 7, no. 14, Fall & Winter 2019/ 2020.

15. Mottahedy M, Bagherpour T, Zafari A, Nemati N. Effect of a Single Session of Intense Resistance Exercise with Glutamine Supplementation on the Relative Expression of Alpha and IIX Isoforms of Fast-Twitch Myosin Heavy Chain Gene in Male Rats. *J Gorgan Univ Med Sci* 2024; 26 (2): 12-21..

16. Klatt M, Mack K, et al. Solving an MHC allele-specific bias in the reported immune peptidome, *JCI Insight*. 2020; 5(19): e141264.

17. Kuznetsov A, Voronina A, Govorun V, Arapidi G. Critical Review of Existing MHCI Immuno-peptidome Isolation Methods, *Molecules* 2020, 25, 5409.

18. Macpherson PC, Wang X, Goldman D. Myogenin regulates denervation-dependent muscle atrophy in mouse soleus muscle. *J Cell Biochem*. 2011; 112 (8):2149-59.

19. Millay D. P., Sutherland, L. B., Bassel-Duby, R., & Olson, E. N. Myomaker is essential for muscle regeneration. *Genes & Development*, (2014) 28(15), 1641-1646.

20. Moresi V, Marroncelli N, Coletti D, Adamo S. Regulation of muscle development and homeostasis by gene imprinting, histone acetylation and microRNA. *Biochim Biophys Acta*. 2015; 1849(3):309-16.

21. Lee SJ, McPherron AC. Regulation of myostatin activity and muscle growth. *Proc Natl Acad Sci USA* 98: 9306–9311, 2001.

22. Penna F, Bonetto A, Baccino FM, Costelli P. Glutamine and myostatin expression in muscle wasting. In: Glutamine in Clinical Nutrition. New York: Springer, 2015, p. 513–526.

23. Thapaliya S, Runkana A, McMullen MR, Nagy LE, McDonald C, Naga Prasad SV, Dasarathy S. Alcohol-induced autophagy contributes to loss in skeletal muscle mass. *Autophagy* 10: 677–690, 2014.



Effects of glutamine supplementation on the relative expression of Pax3 and Pax7 genes in slow-twitch muscle tissue of male rats after a session of intense resistance exercise

Shahla morady¹, Tahereh Bagharpour², Nematul Lae Nemat³

1- PhD student in exercise physiology, Department of Physical Education and Sports Sciences, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran. Corresponding author: bagherpour_ta@yahoo.com

3- Associate Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.

Received:2025.02.26

Accepted: 2025.04.26

Abstract

Background & Aim: Glutamine is one of the most abundant free amino acids in skeletal muscle and plays a key role in muscle regeneration and repair. It has been shown to reduce muscle damage from intense resistance training and support recovery. Intense exercise activates satellite cells and increases the expression of myogenic genes such as *PAX3* and *PAX7*, markers of muscle stress. However, limited research has focused on slow-twitch muscle fibers. This study aimed to evaluate the effects of glutamine supplementation on the expression of these genes in the soleus muscle of male rats after a single session of intense resistance training.

Materials & Methods: Thirty 8-week-old male Wistar rats were maintained under controlled conditions and randomly divided into three equal groups after weight matching. Glutamine was administered orally once daily. The soleus muscle tissue was analyzed using PCR, and relative gene expression was assessed by comparing target and reference genes.

Results: The expression levels of *PAX3* and *PAX7* were higher in the intense training group compared to the group that also received glutamine. There was no significant difference in *PAX3* expression between the two training groups. However, *PAX7* expression was significantly lower in the glutamine-supplemented group than in the non-supplemented one.

Conclusion: A single session of intense resistance training increases the expression of myogenic genes in slow-twitch muscle fibers. Glutamine supplementation appears to moderate this response, potentially offering a protective effect against muscle damage.

Keywords: glutamine supplement, resistance training, satellite cells, myogenic genes, muscle damage, male rats.