مقاله تحقیقی

اثر سه روز مصرف مکمل گلوتامین بر شاخص‌های آسیب عضلانی پس از فعالیت برونگرای پرس پا

فواد عسجدی[1]، نگین کردی[2]، ارد ایروانی[1]، محمد صمدی[3]، مجید حسن قمی[4*]، سارا صالح‌پور[5]

[1] بورد تغذیه ایفمارک (مرکز ارزیابی های پزشکی و بازتوانی فوتبال ایران)، تهران، ایران.

[2] دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

[3] مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزشی، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران.

[4] وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، معاونت درمان، دفتر ارزیابی فنآوری تدوین استاندارد و تعرفه

[5] گروه سم‌شناسی، دانشکده داروسازی، واحد شهرضا، شهرضا، ایران.

* نشانی نویسنده مسئول:

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، معاونت درمان، دفتر ارزیابی فنآوری تدوین استاندارد و تعرفه

Email: majid0082000@yahoo.com

چکیده

زمینه: کوفتگی عضلانی تأخیری پس از اجرای فعالیت‌های مقاومتی یا تمرینات دارای جزء برونگرا احتمالاً در اثر آسیب و تخریب ساختار عضلانی بوجود می‌آید و تغذیه با ایفای نقش حیاتی در هر دو فرایند سنتز و کاتابولیسم پروتئین می‌تواند بر میزان آسیب عضلانی موثر باشد. هدف از این تحقیق بررسی اثر سه روز مکمل یاری گلوتامین بر شاخص‌های آسیب عضلانی پس از یک جلسه فعالیت حاد برونگرا بود.

روش‌کار: ۲۰ مرد داوطلب غیرورزشکار به صورت تصادفی و دوسوکور به دو گروه مکمل (gr/۰/۱ Kg/day گلوتامین) (n=۱۰) و دارونما (۰/۱ gr/Kg/day مالتودکسترین) (n=۱۰) تقسیم شدند. کراتین کیناز سرم از طریق روش فتومتریک و درد عضلانی با استفاده از مقیاس استاندارد PAS در زمان‌های پیش، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از آزمون مقاومتی که شامل حرکت پرس پا بود، اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: مصرف سه روز متوالی مکمل اسید آمینه گلوتامین تفاوت معنی‌داری در کاهش شاخص‌های تخریب عضلانی پس از فعالیت برونگرای پرس پا نداشت.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد که این میزان مکمل‌یاری در تعداد روزها و دوز روزانه جهت نشان دادن اثرات مثبت این اسید آمینه کافی نبوده و باید به میزان و یا روزهای بیشتری مصرف گردد. لذا برای روشن شدن اثرات مکمل گلوتامین نیاز به مطالعات بیشتر با اندازه گیری سایر شاخص‌های آسیب عضلانی و دفعات بیشتر جمع‌آوری داده‌ها می‌باشد.

واژگان کلیدی: فعالیت مقاومتی برونگرا، مکمل گلوتامین، کوفتگی عضلانی تأخیری.

مقدمه

همـه کسـانی که بـرای اولین بـار در یک فعالیت بدنی شـدید شـرکت کرده‌انـد، احسـاس درد و کوفتگـی یـا حساسـیت موضعـی نسـبت بـه فشـار یـا لمـس را تجربـه کرده‌انـد. چـه بسـا افـرادی کـه بـه خاطـر همیـن درد و کوفتگـی عضلانـی از انجـام فعالیـت بدنـی در نوبت‌هـای بعـدی بازمانده‌انـد و یـا انجـام آن فعالیـت را برای همیشـه کنار گذاشـته‌اند. البته درد و کوفتگـی عضلانی دروزرشـکاران حرفه‌ای زمانـی که فعالیت بـرای آنهـا ناشـناخته باشـد رخ می‌دهد(۱).

کوفتگی عضلانی تأخیری (DOMS: Delayed onset muscle sore-ness) پس ازگذشت ۲۴ ساعت از یک فعالیت شدید آغاز می‌شود و بسته به شدت آن تا یک هفته ادامه خواهد داشت. درجه و میزان آسیب وابسته به شدت، مدت و مهم‌تر از همه نوع فعالیت انجام شده می‌باشد (۲)، به طوریکه انقباض عضلانی برونگرا نسبت به انقباض‌های درونگرا و ایستا آسیب عضلانی بیشتری را پس از فعالیت به وجود می‌آورد (۳). به عبارت دیگر آسیب‌های عضلانی که توسط فعالیت‌های برونگرا ایجاد می‌شود با احساس درد عضلانی، کاهش دامنه حرکتی به دنبال التهاب ایجاد شده بواسطه اختلال در تارچه‌ها و افزایش سطوح سرمی پروتئین‌های عضلانی مانند کراتین کیناز (CK: Creatine Kinase) همراه می‌باشد (۶-۴).

یکی از این مکمل‌هایی که مورد استفاده ورزشکاران قرار می‌گیرد، اسید آمینه گلوتامین می‌باشد که در عضلات اسکلتی برای حفظ سطوح پروتئین، عملکرد سیستم ایمنی و متابولیسم گلوکز-گلیکوژن بسیار مهم می‌باشد. مشخص شده است که تخلیه درون عضلانی گلوتامین با افزایش کاتابولیسم پروتئین همراه می‌باشد، بنابراین ضروری می‌باشد که این ذخایر حفظ شوند(۸, ۷). Antonio و Street پیشنهاد کردند که مزایای ارگوژنیک (Ergogenic) گلوتامین در گروه خاصی از ورزشکاران و نه در تمام آن‌ها احتمالاً منجر به یک نقش محافظتی در برابر تجزیه پروتئین و افزایش بالقوه در بازتوانی به دنبال جلسات تمرین مقاومتی خواهد شد. از آنجایی که تمرینات مقاومتی و استقامتی منجر به تخلیه گلیکوژن و افزایش تغییر و تبدیل پروتئین می‌شود، پیشنهاد شده است که مکمل گلوتامین می‌تواند برای ورزشکاران مفید باشد (۷). مکمل گلوتامین به عنوان منبع سوخت برای سیستم ایمنی می‌تواند شدت پاسخ‌های التهابی را کاهش داده و شاخص‌های آسیب عضلانی مانند CK پلاسما را کاهش دهد (۹).

در پژوهشی Waddell و همکاران اثر مکمل گلوتامین را بر قدرت انقباضی موش‌ها مورد مطالعه قرار دادند و با افزایش قدرت انقباضی عضلات اسکلتی مواجه شدند. با افزایش قدرت انقباضی به این نتیجه رسیدند که موش‌هایی که مکمل گلوتامین مصرف کرده‌اند، رشد عضلانی بیشتری داشته‌اند و عضلات بزرگتر نیروی انقباضی بیشتری ایجاد کرده که به دلیل افزایش در تعداد تارچه‌های در دسترس برای تولید انقباض عضلانی می‌باشد(۱۰). در طی وضعیت‌های پر فشار، مصرف گلوتامین بافت‌ها و سلول‌های ایمنی افزایش می‌یابند. این افزایش در مصرف با استفاده دیگر بافت‌ها همراه می‌شود، در نتیجه درخواست برای گلوتامین از مقادیر موجود در ذخایر بدن پیشی می‌گیرد (۱۱). Raizel و همکاران در سال ۲۰۱۶ در پژوهشی که بر روی موش‌ها انجام دادند بیان کردند که مصرف دی‌پپتید ال – آلانین – ال- گلوتامین باعث کاهش پیشرونده شاخص‌های آسیب عضلانی و التهاب می‌شود(۱۲).

هـدف از ایـن مطالعـه، مقایسـه تأثیـر مصـرف مکمـل اسـید آمینـه گلوتامین بر شـاخص‌های آسـیب عضلانـی و درک درد آزمودنی‌هـای مـردان جـوان غیر ورزشـکار پس از یک جلسـه فعالیـت ورزشـی مقاومتی برونگـرا بود.

روش کار

آزمودنی‌ها: نمونه آماری شامل ۲۰ مرد جوان تمرین نکرده داوطلب بودند که به صورت تصادفی و دوسوکور به دو گروه مکمل (n=۱۰) و دارونما (n=۱۰) تقسیم شدند. علت انتخاب آزمودنی-های تمرین نکرده در این پژوهش، افزایش بارز شاخص‌های تخریب عضله و افزایش امکان تشخیص اثر مکمل بود (۱۳).

روش جمـع‌آوری داده‌هـا: پیـش از شـروع آزمـون ابتـدا اهـداف، جزئیـات و همچنین خطـرات احتمالی اجـرای فعالیت بـرای آزمودنی‌هـا تشـریح شـد و سـپس از آنهـا رضایت‌نامـه کتبـی دریافت شـد. در همین جلسـه انـدازه قـد آزمودنی‌ها به سـانتی‌متر و با دقت ۰/۱ توسـط قد سـنج ساخت کشـور ایران ثبـت و جهـت اندازه‌گیـری وزن آزمودنی‌هـا نیز از یـک ترازوی دقیـق (Camry) مدل EB ۹۰۰۳ با دقت ۰/۱کیلوگرم اسـتفاده شـد. در ایـن جلسـه رکـورد حرکت پـرس پـای آزمودنیها ثبت گردیـد و یـک تکـرار بیشـینه 1RM(1Repetition Maximum) از طریـق فرمـول زیر بدسـت آمـد(۱۴):

$$1RM = \frac{W}{1.0278 - (R \times 0.0278)}$$

W = Weight Lifted (Kg) R = Repetitions Completed

درصـد چربـی بدن آزمودنی‌هـا از طریـق اندازه‌گیری ضخامت لایـه چربی زیرپوسـتی هفت ناحیه اسـتاندارد و با اسـتفاده از کالیپـر (لافایـت Laffayette سـاخت آمریـکا) اندازه‌گیری، و با جایگزینـی در معـادلات مخصـوص بـرآورد درصـد چربی بدن

برآورد شد (۱۵).

Body Density =1.112 - 0.00043499 (Δsf) +0.0000055 (Δsf^2) - 0.00028826 (age)

• Δsf = ∑Chest, Midaxillary, Triceps, Subscapular, Abdomen, Suprailiac, Thigh

• Age: Years

تمامی آزمودنی های این پژوهش از دانشجوها بودند و غذای خوابگاه را استفاده میکردند، توصیه شد تا در یک هفته قبل و بعد از اجرای پروتکل آزمون از هر گونه فعالیت سنگین عضلانی و مصرف مکمل‌ها و داروها بخصوص مسکن‌ها و کافئین بپرهیزند و رژیم غذایی متداول و هر روزه خود را دچار تغییر نکنند و شب قبل از جلسه آزمون خوابی راحت و بدون فشار برای مدت ۸ ساعت داشته باشند.

جلسه اجرای آزمون به جهت کاهش دخالت اثر کوفتگی جلسه رکوردگیری، ۷ روز با آزمون اولیه فاصله داشت. قبل از انجام پروتکل تمرینی به صورت ناشتا از آزمودنی‌ها جهت اندازه‌گیری آنزیم کراتین کیناز مقدار ۵ cc خون وریدی از ناحیه آرنج در حالت نشسته دریافت شد. همچنین شاخص درک درد عضلانی بوسیله مقیاس استاندارد ۶ امتیازی PAS که از ترکیب مقیاسهای شماره‌ای وگرافیکی بود تکمیل گردید (۱۷, ۱۶). پایایی مقیاس PAS از طریق تعیین ضریب همبستگی با مقیاس استاندارد (VAS) ۰/۸۲ (در سطح معنی‌داری ۰/۰۱) گزارش گردید (۱۶). تمامی آزمودنی‌های در مرحله پیش آزمون، دارای میزان طبیعی از شاخص خونی و همچنین بدون احساس درد عضلانی بودند.

سه روز متوالی (۷۲ ساعت) پیش از انجام فعالیت برونگرا و برای هر روز گروه مکمل به ازای هر کیلوگرم وزن بدن مقدار ۰/۱ گرم مکمل گلوتامین و گروه دارونما نیز به میزان ۰/۱ گرم مالتودکسترین به ازای هر کیلوگرم وزن استفاده کردند (۱۸). گلوتامین و مالتودکسترین مورد استفاده در این پژوهش ساخت شرکت داروسازی و مکمل های غذایی-حیاتی کارن ایران بود. جهت سنجش وزن مکمل و دارونما از ترازوی دیجیتالی (سارتوریوس Sartorius مدل Bp221s ساخت کشور آلمان با دقت یک هزارم گرم) استفاده شد.

پروتکل ایجاد آسیب عضلانی: DOMS و تخریب عضلانی در عضلات پائین تنه با استفاده از دستگاه پرس پا با وزنه‌ای معادل ۷۵% 1RM مشابه پژوهش Stock و همکاران ایجاد گردید (۱۹). پس از توضیح کامل نحوه‌ی کار، آزمودنیها شروع به انجام ۶ نوبت حرکت پرس پا با ۷۵% 1RM تا مرز خستگی و ناتوانی ارادی کردند، قسمت مثبت حرکت را آزمونگر تا زاویه صفر درجه مفصل زانو بالا میآورد و قسمت منفی حرکت (انقباض برونگرا) توسط آزمودنی اجرا میشد؛ استراحت بین نوبت ها ۳ دقیقه در نظر گرفته شد. ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از انجام تمرین، کراتین کیناز (CK)، بعلاوه درک درد عضلانی با استفاده از مقیاس استاندارد ۶ امتیازی PAS مجدداً اندازهگیری شدند.

اندازه‌گیری متغیرها: متغیر آزمایشگاهی این تحقیق فعالیت آنزیم CK سرمی بود. جهت تهیه نمونه‌های سرم cc ۵ خون ناشتا در وضعیت نشسته از ورید دست چپ گرفته شد. سپس، نمونه‌ها جهت لخته شدن به مدت ۲۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه انکوبه و بلافاصله به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. کراتین کیناز سرم به روش رنگ سنجی شیمیایی بر اساس واکنش ژافه با حساسیت U/L ۱ و ضریب ۱/۶ درصد تعیین شد (کیت رنگ سنجی CK، شرکت پارس آزمون تهران، ایران).

روش آماری: همگنی متغیرها در گروه‌های تحقیق با استفاده از آزمون لیون و نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف اسمیرنوف، تعیین شد. برای مقایسه مقدار متغیرهای مورد اندازه‌گیری در هر دو گروه (کراتین کیناز و شاخص درک درد)، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (آزمون تعقیبی بونفرونی) استفاده شد. همچنین پس از اطمینان از همسانی واریانس گروه‌های مستقل در پیش آزمون با استفاده از آزمون لیون (Levene) به منظور مقایسه میزان تغییرات هر فاکتور در فاصله بین قبل از پیش آزمون تا ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از آزمون و همچنین میزان تغییرات هر فاکتور در فاصله ۲۴ تا ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از آزمون (اختلاف داده‌ها)، از آزمون t مستقل استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد و سطح معنی داری در تمام مراحل$p\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

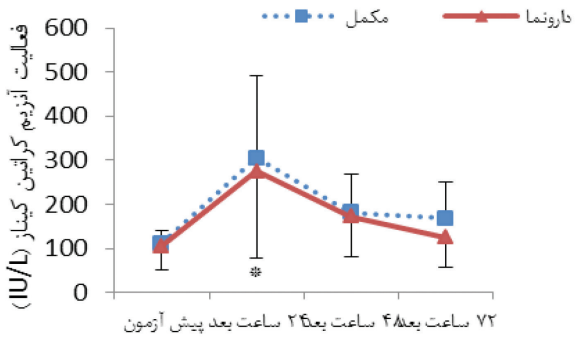
ویژگی‌های آزمودنی‌های تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است. در شکل۱ میانگین و انحراف معیار CK در پیش آزمون و مراحل اندازه‌گیری شده پس از آزمون و همچنین در شکل۲ میانگین و انحراف معیار درک درد عضلانی در پیش آزمون و مراحل اندازه‌گیری شده پس از آزمون ارائه شده است.

با مقایسهٔ تغییرات کراتین کیناز سرم در بین دو گروه مشخص شد که در هیچ کدام از فواصل زمانی مورد آزمون تفاوت معنی‌داری در بین دو گروه وجود ندارد. همچنین با

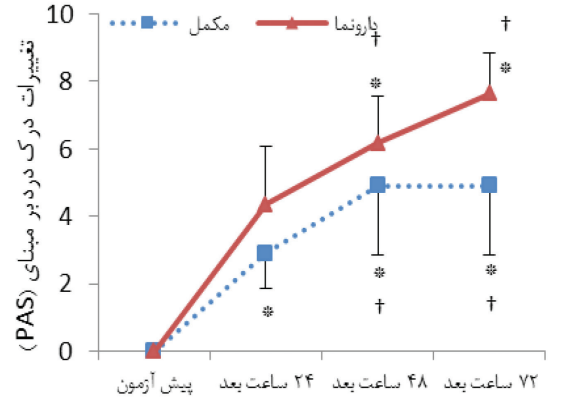
مقایسهٔ تغییرات درک درد عضلانی در بین دو گروه نیز تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نگردید.

جدول ۱ – میانگین و انحراف معیار شاخصهای تن سنجی و فیزیولوژیک افراد مورد مطالعه.

گروه	مکمل (میانگین± انحراف معیار)	دارونما (میانگین± انحراف معیار)
سن (سال)	۲۲/۸۳ ± ۲/۳۹	۲۱/۴۵ ± ۲/۳
قد (سانتی متر)	۱۷۸/۸۲ ± ۲/۴۶	۱۷۸ ± ۶/۳۵
وزن (کیلوگرم)	۷۶/۵۶ ± ۸	۷۷/۶۱ ± ۹/۲۴
چربی بدن (درصد)	۱۵/۵۳ ± ۳/۷۱	۱۴/۲۳ ± ۴/۸۵
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۴/۱۶ ± ۲/۲۶	۲۳/۸۳ ± ۰/۹۳
1RMپرس پا (کیلوگرم)	۱۴۲/۱ ± ۲۹/۵۲	۱۳۸/۲۴ ± ۱۸/۳



شکل ۱ – مقایسه مقدار کراتین کیناز سرم در مراحل مختلف پس از فعالیت مقاومتی مکمل و دارونما.
*: نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به پیش آزمون (P <۰/۰۵).



شکل ۲– مقایسه درک درد عضلانی در مراحل مختلف پس از فعالیت مقاومتی مکمل و دارونما.
*: نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به پیش آزمون (P <۰/۰۵).
†: نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به ۲۴ ساعت پس از آزمون (P <۰/۰۵).

بحث

سطح سرمی کراتین کیناز بواسطه آسیب به بافت عضلانی در اثر فعالیت‌های شدید ورزشی افزایش می‌یابد. این افزایش می‌تواند هم دلیل مکانیکی و هم دلیل متابولیکی داشته باشد. در واقع، انقباض‌های عضلانی برونگرا درجات متنوعی از آسیب عضلانی را با فرایندهای مکانیکی آغاز می‌کنند که به موجب آن سارکومر و خطوط Z دچار آسیب شده و منجربه افزایش سطوح کراتین کیناز در سرم می‌شود، به خصوص در میان تارهای نوع ۲ که دراز و باریک و دارای باند Z ضعیفی می‌باشند (۲۲-۶,۲۰).

بین مقادیر کورتیزول خون و افزایش کراتین کیناز در ۲۴ ساعت پس از فعالیت ارتباط وجود دارد و همبستگی ۰/۸۴ بین مقادیر کورتیزول خون در ۵ دقیقه پس از فعالیت مقاومتی و اوج کراتین کیناز در ۲۴ ساعت پس از فعالیت ورزشی نشان داده شده است (۲۳). کورتیزول یک هورمون کاتابولیک قوی بوده و تخریب عضلانی و مقادیر زیاد کراتین کیناز خون در ۲۴ ساعت پس از فعالیت ورزشی می‌تواند ناشی از اثر کاتابولیک کورتیزول باشد. Debnath و همکاران در پژوهش خود با هدف بررسی نقش گلوتامین در کنترل شاخص‌های قندی خون اعلام کردند که احتمالا با افزایش سطح کورتیزول، غلظت گلوتامین کاهش می‌یابد (۲۴). بعلاوه، یکی از نقش‌های مورد توجه اسید آمینه گلوتامین برای ورزشکاران، افزایش هورمون رشد و کاهش فرآیند پروتئولیز در فعالیت‌های ورزشی شدید می‌باشد و نیز انتقال گلوتامین به درون سلول فرایندی را فعال می‌کند که وابسته به سدیم است و به طور همزمان از طریق سلول باعث جذب آب می‌شود و پتاسیم را از سلول آزاد می‌کند که این حالت پر آبی در سلول منجربه افزایش مقاومت سلول به آسیب و کاهش انتشار آنزیم‌های درون سلولی مانند کراتین کیناز می‌شود. این عوامل منجربه افزایش نسبت هورمون‌های آنابولیک به کاتابولیک شده و آثار آنابولیکی پروتئین را در برخواهد داشت (۲۶, ۲۵, ۱۲, ۷).

همچنین مشخص شده است که مکمل یاری گلوتامین تولید گلوکز را توسط گلوتامین افزایش می‌دهد (۲۷). گلوتامین تولید گلوکز را پس از فعالیت ورزشی با وجود بالا بودن سطوح انسولین خون در دوره ریکاوری افزایش داده و همچنین عملکرد انسولین را برای بهره برداری از گلوکز کل بدن افزایش می‌دهد (۲۹, ۲۸, ۷). تحقیقات نشان داده‌اند که انسولین، هم از طریق افزایش میزان سنتز پروتئین و هم با کاهش میزان تجزیه پروتئین موجب کاهش تخریب عضلانی پس از فعالیت‌های مقاومتی می‌شود. بنابراین، انسولین از طریق کاهش مقدار تجزیه پروتئین و محدود کردن تخریب عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی مقاومتی

احتمالاً انتشار پروتئین‌های درون عضلانی (کراتین کیناز) به خارج را کاهش می‌دهد(۳۰).

به دنبال یک فعالیت حاد برون‌گرای عضلانی، آراشیدونیک اسید از غشای سلول آزاد شده و باعث تولید پروستاگلاندین‌ها می‌گردد که به وسیلهٔ مسیر سیکلواکسیژناز نفوذپذیری غشای عروق و درد ادراک شده را در عضلات به شیوهٔ حساس‌تر کردن تارهای عصبی آوران نسبت به هر دوی محرک‌های شیمیایی و مکانیکی افزایش می‌دهند. اگرچه التهاب یک فرآیند التیام دهنده در بدن است، اما تأثیرات کوتاه مدت آن ممکن است باعث افزایش درد شود و از ریکاوری کوتاه مدت عضله جلوگیری به عمل آورد.

نتایج پژوهش ما با مطالعه بی نیاز و همکاران که اثر مکمل گلوتامین را بر شاخص‌های آسیب عضلانی و درد بر روی بیماران دیابتی در فعالیت مقاومتی کوتاه شونده مدت، مورد بررسی قرار دادند در تضاد بود و پژوهشگران اعلام کردند که گلوتامین در پیشگیری و درمان کوفتگی عضلانی تاخیری موثر نمی‌باشد (۳۱). این احتمال وجود دارد که علت وجود این تناقض ناشی از سطح سلامت بین نمونه‌ها و همچنین دوز مورد استفاده در تحقیق ما باشد. از سوی دیگر، نحوهٔ ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری نیز در این دو تحقیق متفاوت بود. عدم اندازه‌گیری پروستاگلاندین‌ها در پژوهش حاضر و همچنین عدم برنامه‌ریزی طولانی مدت مشابه تحقیق Cruzat و همکاران (۹) می‌تواند از دلایل کسب نتایج متفاوت در این تحقیق باشد.

به نظر میرسد که این میزان مکمل گیری در تعداد روزها و دوز روزانه جهت نشان دادن اثرات مثبت این اسید آمینه کافی نبوده و باید به میزان و یا روزهای بیشتری مصرف گردد. لذا برای روشن شدن اثرات مکمل گلوتامین نیاز به مطالعات بیشتر با کنترل دقیق‌تر و دفعات بیشتر جمع‌آوری داده‌ها می‌باشد.

مراجع

1. Asjodi F, Khotbesara RD, Gargari BP, Izadi A. Impacts of combined or single supplementation of branched-chain amino acids on delayed onset muscle soreness and muscle damage following resistance exercise. Progress in Nutrition. 2018 Mar 5;20(2):263-72.

2. Contro VA, Mancuso E, Proia PA. Delayed onset muscle soreness (DOMS) management: present state of the art. TRENDS IN SPORT SCIENCE. 2016 Oct 14;3.

3. Rohani H, Asjodi F, Safarimosavi S, Bahmanzadeh M. The Role of Resistance Training and Whey Protein Intake on Delayed Onset Muscle Soreness Indices after Eccentric Resistance Exercise in Untrained Men. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2017 Apr 15;12(1):11-20.

4. Clarkson PM, Kearns AK, Rouzier P, Rubin R, Thompson PD. Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage. Med Sci Sports Exerc. 2006;38(4):623-7.

5. Clarkson PM, Sayers SP. Etiology of exercise-induced muscle damage. Can J Appl Physiol. 1999;24(3):234-48.

6. Howatson G, van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. Sports Med. 2008;38(6):483-503.

7. Antonio J, Street C. Glutamine: a potentially useful supplement for athletes. Can J Appl Physiol. 1999;24(1):1-14.

8. Coqueiro AY, Raizel R, Bonvini A, Hypólito T, Godois ADM, Pereira JRR, et al. Effects of Glutamine and Alanine Supplementation on Central Fatigue Markers in Rats Submitted to Resistance Training. Nutrients. 2018;10(2).

9. Cruzat VF, Rogero MM, Tirapegui J. Effects of supplementation with free glutamine and the dipeptide alanyl-glutamine on parameters of muscle damage and inflammation in rats submitted to prolonged exercise. Cell Biochem Funct. 2010;28(1):24-30.

10. Waddell D, Fredricks K. Effects of glutamine supplement on the skeletal muscle contractile force of mice. Am J Undergr Res. 2005;4(2):11-8.

11. Newsholme P. Why is L-glutamine metabolism important to cells of the immune system in health, postinjury, surgery or infection? J Nutr. 2001;131(9 Suppl):2515S-22S; discussion 2523S-4S.

12. Raizel R, Leite JS, Hypólito TM, Coqueiro AY, Newsholme P, Cruzat VF, et al. Determination of the anti-inflammatory and cytoprotective effects of l-glutamine and l-alanine, or dipeptide, supplementation in rats submitted to resistance exercise. Br J Nutr. 2016;116(3):470-9.

13. Asjodi F, Mohebi H, Mirzajani E, Izadi A. The Effects of Adding Whey Protein and Branched-chain Amino Acid to Carbohydrate Beverages on Indices of Muscle Damage after Eccentric Resistance Exercise in Untrained Young Males. Majallah-i dānishgāh-i ʻulūm-i pizishkī-i Arāk. 2017;20(4):29-39.

14. Nascimento MA, Cyrino ES, Nakamura FY, Romanzini M, Pianca HJ, Queiróga MR. Validation of the Brzycki equation for the estimation of 1-RM in the bench press. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2007;13(1):47-50.

15. Cowan C. Comparison of anthropometry to DXA in men: a validation study (Doctoral dissertation, University of Missouri--Columbia), 2013.

16. Jaywant SS, Pai AV. A comparative study of pain measurement scales in acute burn patients. Indian J Occup Ther. 2003;35(3):13-7.

17. Mattacola CG, Perrin DH, Gansneder BM, Allen JD, Mickey CA. A comparison of visual analog and graphic rating scales for assessing pain following delayed onset muscle soreness. Journal of Sport Rehabilitation. 1997 May;6(1):38-46.

18. Krieger JW, Crowe M, Blank SE. Chronic glutamine supplementation increases nasal but not salivary IgA during 9 days of

interval training. J Appl Physiol (1985). 2004;97(2):585-91.

19. Stock MS, Young JC, Golding LA, Kruskall LJ, Tandy RD, Conway-Klaassen JM, et al. The effects of adding leucine to pre and postexercise carbohydrate beverages on acute muscle recovery from resistance training. J Strength Cond Res. 2010;24(8):2211-9.

20. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. Am J Phys Med Rehabil. 2002;81(11 Suppl):S52-69.

21. Peake JM, Neubauer O, Della Gatta PA, Nosaka K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. J Appl Physiol (1985). 2017;122(3):559-570.

22. Simmons G, Cooper S, Muse D. Enhancing methods for the delayed onset muscle soreness (DOMS) pain model. The Journal of Pain. 2018 Mar 1;19(3):S81.

23. Baty JJ, Hwang H, Ding Z, Bernard JR, Wang B, Kwon B, et al. The effect of a carbohydrate and protein supplement on resistance exercise performance, hormonal response, and muscle damage. J Strength Cond Res. 2007;21(2):321-9.

24. Debnath M, Chatterjee S, Sarkar S, Dey SK. Effect of training on muscle cell damage indices and cortisol level in female players of different sports discipline. International Journal of Applied Exercise Physiology. 2019;8(1):24-34.

25. Legault Z, Bagnall N, Kimmerly DS. The Influence of Oral L-Glutamine Supplementation on Muscle Strength Recovery and Soreness Following Unilateral Knee Extension Eccentric Exercise. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2015;25(5):417-26.

26. Asjodi F, Arazi H, Samarin SF. Comparing the effects of dietary supplementation with carbohydrate and whey protein at two ratios on muscle damage indices after eccentric resistance exercise. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2013;7(4):83-92.

27. Girven M, Dugdale HF, Owens DJ, Hughes DC, Stewart CE, Sharples AP. l-glutamine Improves Skeletal Muscle Cell Differentiation and Prevents Myotube Atrophy After Cytokine (TNF-α) Stress Via Reduced p38 MAPK Signal Transduction. J Cell Physiol. 2016;231(12):2720-32.

28. Curi R, Lagranha CJ, Doi SQ, Sellitti DF, Procopio J, Pithon-Curi TC, et al. Molecular mechanisms of glutamine action. J Cell Physiol. 2005;204(2):392-401.

29. Pereira RT, Rosa PV, Gatlin III DM. Glutamine and arginine in diets for Nile tilapia: Effects on growth, innate immune responses, plasma amino acid profiles and whole-body composition. Aquaculture. 2017;473:135-44.

30. Amirsasan R, Nikookheslat S, SARI SV, batoorak K, Letafatkar A. the effect of two dosage of bcaa supplementation on wrestlers'serum indexes on cellular injury. zahedan journal of research in medical sciences (tabib-e-shargh). 2012; 13(8); 22-8.

31. Biniaz SA, Nikbakht H, Natanzi HA. The Effect of Glutamine Supplementation on Delayed Onset Muscle Soreness and Skin Temperature in Untrained Elderly Male People with Type 2 Diabetes. Iranian Journal of Diabetes & Obesity (IJDO). 2018;10(3).