مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفتم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱، صفحات ۹۲-۸۳

مقایسه‌ی اثر دو نسبت مکمل‌یاری کربوهیدرات - پروتئین whey بر شاخص‌های آسیب عضله پس از فعالیت مقاومتی برون‌گرا

فواد عسجدی[۱]، حمید اراضی[۲]، سحر فرازی ثمرین[۳]

۱- کارشناس ارشد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان
۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان. پست الکترونیکی: hamidarazi@yahoo.com
۳- کارشناس گروه پرستاری دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گیلان

تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۴ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۴

چکیده

سابقه و هدف: کوفتگی عضلانی تأخیری پس از اجرای فعالیت‌های مقاومتی یا تمرینات دارای جزء برون‌گرا احتمالاً در اثر آسیب و تخریب ساختار عضلانی به وجود می‌آید و تغذیه با ایفای نقش حیاتی در هر دو فرایند سنتز و کاتابولیسم پروتئین در فعالیت بدنی می‌تواند بر میزان آسیب عضلانی موثر باشد. هدف از این تحقیق، بررسی اثر مکمل‌یاری کربوهیدرات- پروتئین با نسبت‌های متفاوت بر شاخص‌های آسیب پس از یک جلسه فعالیت مقاومتی برون‌گرا (eccentric resistance exercise) بود.

مواد و روش‌ها: ۲۴ مرد داوطلب غیرورزشکار (سن۲/۴±۲۱/۵ سال، قد ۴/۷±۱۷۶ سانتی‌متر، وزن ۵/۴± ۷۳/۶ کیلوگرم، شاخص توده‌ی بدنی ۱/۹±۲۴/۳ کیلوگرم بر مترمربع، چربی بدن ۲/۵±۱۶/۱ درصد) به صورت تصادفی و دوسوکور به سه گروه ۸ نفره‌ی مکمل ۱ (کربوهیدرات به پروتئین whey) (۱به۳)، مکمل۲ (۱به۴) و دارونما (آسپارتام) تقسیم شدند. کراتین‌کیناز و لاکتات‌دهیدروژناز سرم به روش فتومتری و درد عضلانی با استفاده از مقیاس استاندارد PAS در زمان‌های قبل، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از آزمون مقاومتی که شامل حرکت خم شدن زانو بود، اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: هر دو نسبت مکمل باعث کاهش معنی‌دار میزان CK، LDH و درد عضلانی نسبت به گروه دارونما شدند (P<۰/۰۵) اما بین دو مکمل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: مکمل‌های کربوهیدرات- پروتئین whey با نسبت‌های مذکور می‌توانند سبب کاهش میزان شاخص‌های آسیب عضلانی شوند. اما نسبت مناسب دو درشت‌مغذی جهت کاهش حداکثری این شاخص‌ها، برای استفاده در نوشیدنی‌های ورزشی و تجویز برای افرادی که شروع به ورزش می‌کنند، به پژوهش‌های بیشتری نیاز دارد.

واژگان کلیدی: فعالیت مقاومتی برون‌گرا، مکمل کربوهیدرات – پروتئین whey ، کوفتگی عضلانی تأخیری

• مقدمه

از سال‌ها پیش، ورزشکاران به منظور ارتقای عملکرد خود، راهبردهای تغذیه‌ای فراوانی را در پیش گرفته‌اند (۱). تلاش برای کسب موفقیت و برتری با جستجو برای یافتن یک روش تغذیه‌ای مناسب همراه بوده است. همواره مداخله‌های رژیمی، استفاده از مکمل‌های مختلف ورزشی و عوامل نیروافزا، توسط ورزشکاران آزمایش شده‌اند (۲).

اصطلاح آسیب عضلانی (muscle damage) به آسیب ماتریکس برون سلولی و سلول‌های عضلانیِ ناشی از فعالیت ورزشی اشاره دارد که در نهایت می‌تواند به کاهش معمول عملکرد منجر شود. تخریب عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی اولین بار توسط *Hough* در سال ۱۹۰۲ توصیف شد که با کوفتگی عضلانی تأخیری DOMS (Delayed Onset Muscle Soreness)، خطوط Z شناور (Z-line streaming)، به هم‌ریختگی عمومی تارچه‌ها (general myofilamant disorganization)، تضعیف تولید نیروی بیشینه و ظهور پروتئین‌های عضلانی در درون خون مشخص می‌شد (۱).

بیشتر افرادی که در یک دوره‌ی فعالیت مقاومتی با شدت متوسط تا سنگین شرکت کرده‌اند، آثار تخریب

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-29]

عضلانی را حس کرده‌اند. DOMS، ناشی از فعالیت‌های مقاومتی یا تمریناتی است که جزء برون‌گرای آن‌ها غالب است، مانند دویدن در سر پایینی (۳). این پدیده احتمالاً در اثر آسیب و تخریب ساختار عضلانی به وجود می‌آید. تخریب عضلانی هنگام یک جلسه تمرین مقاومتی و هم‌چنین در فاصله‌ی زمانی پس از تمرین رخ می‌دهد (۴). تنش وارد شده بر عضله هنگام فعالیت به پارگی جزئی در تارهای عضلانی منجر خواهد شد. پروتئین‌هایی مانند اکتین، میوزین، تیتین (Titin) و دیسماین (Desmine) برخی از پروتئین‌های تارچه‌ای هستند که هنگام تمرینات مقاومتی آسیب می‌بینند. تخریب تارهای عضلانی موجب تحریک فرایندهای التهابی و به دنبال آن فعال شدن پروتئازها می‌شود که در نهایت به آسیب بیشتر به تار عضلانی منتهی می‌شود (۵).

راهبردهای گوناگونی در جهت کمک به کاهش میزان تخریب و کوفتگی عضلانی بررسی شده‌اند که از بین آن‌ها می‌توان به کشش، ماساژ، سرمادرمانی، اولتراسوند، هومیوپاتی و مصرف داروهای ضدالتهابی مانند آسپیرین، ایبوپروفن و استامینوفن (۶) و هم‌چنین مصرف مکمل‌های غذایی مانند ویتامین‌های C, E و ال‌کارنیتین اشاره کرد (۲).

مصرف ۱/۲۵ گرم به ازای کیلوگرم وزن بدن مکمل کربوهیدرات-پروتئین به صورت محلول بلافاصله و ۲ ساعت پس از یک جلسه تمرین مقاومتی برون‌گرا، تأثیر معنی‌داری بر قدرت عضلانی و گلیکوژن ندارد، ولی آثار سودمندی در کاهش تخریب عضله و تجزیه‌ی پروتئین و التهاب متعاقب تمرین برون‌گرا داشته است (۷). در مطالعه‌ی دیگری، مصرف مکمل کربوهیدرات-پروتئین (به صورت محلول ۶/۲٪ کربوهیدرات و ۱/۵٪پروتئین) قبل، هنگام و بلافاصله پس از یک جلسه تمرین مقاومتی موجب کاهش میزان درک کوفتگی و شاخص‌های تخریب عضلانی، کراتین کیناز (CK) و میوگلوبین (Mb) شده است (۸). مصرف اسیدهای آمینه‌ی ضروری (EAA) باعث تغییر میزان سنتز پروتئین عضله اسکلتی می‌شود و بر فعال شدن سلول‌های ماهواره‌ای (satellite) تأثیر فروانی دارند (۹). مصرف یک نوشیدنی حاوی پروتئین و کربوهیدرات در طول و بعد از تمرین‌های مقاومتی سبب کاهش شاخص‌های خونی آسیب عضلانی می‌شود (۱۰). مصرف نوشیدنی‌های حاوی کربوهیدرات و پروتئین توسط دوچرخه‌سواران تمرین کرده باعث کاهش سطح CK خون آن‌های نسبت به نوشیدنی‌های حاوی کربوهیدرات به تنهایی شد (۱۲، ۱۱). نشان داده شده است که سطوح لاکتات دهیدروژناز (LDH) و CK پس از تمرینات با مصرف پروتئین در مقایسه با دارونما کاهش پیدا می‌کند (۱۳). بر خلاف تحقیقاتی که تأثیرات مثبت مصرف مکمل اسیدهای آمینه را نشان می‌دهد، در پژوهشی تفاوت معنی‌داری را در قدرت ایزومتریک عضله چهار سر ران، سطوح CK خون یا درد عضلانی پس از دویدن روی تردمیل با شیب رو به پایین (به سبب ایجاد انقباض‌های برون‌گرا) بین ۳ گروه نوشیدنی (فقط کربوهیدرات ، کربوهیدرات- پروتئین و دارونما) مشاهده نکردند (۳). هم‌چنین، در تحقیقی بین ۲ گروه که نوشیدنی‌های ایزوکالری، کربوهیدرات و پروتئین - کربوهیدرات در حین فعالیت قدرتی نوشیده بودند، تفاوت معنی‌داری بین سطح CK خون ۲ گروه یافت نشد، اما میزان درک درد عضلانی در گروه پروتئین - کربوهیدرات کاهش یافته بود (۱۴).

پیشنهاد شده است که مصرف هم‌زمان کربوهیدرات و پروتئین می‌تواند از راه تغییر متابولیسم پروتئین به کاهش تخریب عضلانی ناشی از تمرین منجر شود. مصرف پروتئین، در دسترس بودن اسیدهای آمینه را افزایش خواهد داد و مصرف کربوهیدرات، از طریق افزایش انسولین خون، محیط هورمونی مناسبی برای افزایش جذب اسیدهای آمینه فراهم می‌کند. ترکیب این دو عامل موجب افزایش سنتز پروتئین خواهد شد (۱۵). به علاوه، ترکیب این دو عامل از طریق کاهش رها شدن کورتیزول، از افزایش تجزیه پروتئین جلوگیری خواهد کرد (۱۶).

مطالعات انجام شده هنوز قادر به تعیین نسبت مناسب کربوهیدرات-پروتئین برای کسب نتیجه‌ی مطلوب نیستند. هدف این مطالعه، مقایسه‌ی تأثیر مصرف مکمل کربوهیدرات - پروتئین در دو نسبت مختلف ۱به۴ و ۱به۳ قبل و بلافاصله پس از یک جلسه فعالیت ورزشی مقاومتی برون‌گرا بر آزمودنی‌های مرد جوان غیر ورزشکار بر شاخص‌های آسیب عضلانی و درک درد بود که در سال ۱۳۹۱ و در دانشگاه گیلان انجام شد.

• مواد و روش‌ها

پژوهش به روش نیمه‌تجربی در ۳ گروه اجرا شد.

آزمودنی‌ها: جامعه‌ی آماری این پژوهش ۲۴ مرد جوان غیرورزشکار بودند که به صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند و به طور تصادفی به ۳ گروه مکمل۱ به ۳ (n=۸)، مکمل ۱ به ۴ (n=۸) و گروه کنترل یا دارونما (n=۸) تقسیم شدند. علت انتخاب آزمودنی‌های غیر ورزشکار در این

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-29]

تحقیق، افزایش بارز شاخص‌های تخریب عضله و افزایش امکان تشخیص اثر مکمل بود (۹) از پروتکل ایجاد آسیب عضلانی ویژه‌ی افراد غیرورزشکار استفاده شد (۱۷). در حالت طبیعی نسبت دریافت انرژی روزانه از طریق پروتئین‌ها (۱۵٪) به کربوهیدرات‌ها (۵۵٪) معادل ۱ به ۳/۶ است. چون پیشینه مشخصی درباره‌ی بررسی نسبت دقیق پروتئین به کربوهیدرات در نوشیدنی‌های ورزشی یافت نشد، بنابراین با توجه به سهم تولید انرژی این دو درشت‌مغذی در بدن، نسبت‌های۱ به ۳ و ۱ به ۴ مورد آزمون قرار گرفت.

روش گردآوری داده‌ها: قبل از شروع آزمون ابتدا اهداف، جزئیات و خطرات احتمالی اجرای تمرینات برای آزمودنی‌ها تشریح شد و سپس از آن‌ها رضایت‌نامه‌ی کتبی گرفته شد. اندازه‌ی قد آزمودنی‌ها با دقت ۰/۱cm توسط قدسنج مدل ۴۴۴۴۰ ساخت ایران ثبت شد. وزن آزمودنی‌ها با یک ترازوی دقیق Camry (مدل EB ۹۰۰۳ ساخت چین) با دقت ۰/۱ کیلوگرم اندازه‌گیری شد. در همین جلسه، رکورد حرکت خم شدن مفصل زانو از آزمودنی‌ها ثبت شد و یک تکرار بیشینه 1RM (1Repetition Maximum) از طریق فرمول زیر به دست آمد (۹):

$$\text{یک تکرار بیشینه} = \frac{\text{وزنه‌ی جا به جا شده (کیلو گرم)}}{(\text{۱/۰۲۷۸} - \text{تعداد تکرار تا خستگی} \times \text{۰/ ۰۲۷۸})}$$

درصد چربی بدن آزمودنی‌ها از طریق اندازه‌گیری ضخامت لایه‌ی چربی زیرپوستی ناحیه سینه‌ای، شکمی و رانی با استفاده از کالیپر Laffayette (مدل ۰۱۱۲۸ ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شد. سپس با قرار دادن اعداد به دست آمده در معادلات مخصوص برآورد درصد چربی بدن که توسط *Jackson* و *Pollock* ارائه شده، برآورد شد (۱۸).

تمامی آزمودنی‌های این پژوهش از دانشجویان دانشگاه گیلان بودند و غذای خوابگاه را مصرف می‌کردند، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا در یک هفته‌ی قبل و بعد از اجرای پروتکل آزمون از هر گونه فعالیت سنگین عضلانی و مصرف مکمل‌ها و داروها به ویژه مسکن‌ها و کافئین بپرهیزند و رژیم غذایی متداول و هر روزه‌ی خود را تغییر ندهند و شب قبل از جلسه‌ی آزمون خوابی راحت و بدون فشار به مدت ۸ ساعت داشته باشند.

در جلسه‌ی اجرای آزمون که به دلیل کاهش دخالت اثر کوفتگی جلسه‌ی رکوردگیری ۷ روز با آزمون اولیه فاصله داشت، قبل از انجام پروتکل تمرینی به صورت ناشتا از آزمودنی‌ها جهت اندازه‌گیری شاخص‌های مورد نظر (آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز) مقدار ۵cc خون وریدی از ناحیه‌ی آرنج در حالت نشسته گرفته شد شاخص درک درد عضلانی به وسیله‌ی مقیاس استاندارد ۶ امتیازی PAS که از ترکیب مقیاس‌های شماره‌ای و گرافیکی بود، تکمیل شد (۲۰، ۱۹). پایایی مقیاس PAS طبق گزارش *Shailaja* و همکاران (۲۰۰۳) از طریق تعیین ضریب همبستگی با مقیاس استاندارد (VAS) ۰/۸۲ (در سطح معنی‌داری۰/۰۱) گزارش شد (۱۹). شاخص‌های خونی در تمامی آزمودنی‌ها در مرحله‌ی پیش آزمون دارای مقادیر نرمال بود و آن‌ها بدون احساس درد عضلانی بودند.

در دو نوبت ۳۰ دقیقه قبل و بلافاصله بعد از انجام فعالیت عضلانی مورد نظر به هر گروه ۵۰۰cc نوشیدنی مخصوص در گروه داده شد (۹). جهت تهیه مکمل از گلوکز به عنوان کربوهیدرات استفاده شد و پروتئین مورد استفاده، پروتئین whey با خلوص ۹۲٪ ساخت *شرکت داروسازی و مکمل های غذایی- حیاتی کارن، ایران* بود. برای تهیه‌ی محلول ۹٪ کربوهیدرات-پروتئین با نسبت‌های ۱به۴ و ۱به۳ به شیوه‌ی زیر عمل شد. محلول با غلظت ۹٪ وزنی- حجمی و مطابق فرمول زیر تهیه شد (۲۱):

$$\text{درصد وزنی حجمی} = \frac{\text{وزن ماده حل شده (گرم)}}{\text{حجم محلول (میلی‌لیتر)}} \times \text{۱۰۰}$$

به منظور تهیه‌ی محلول هر گروه، ابتدا ۹۰ گرم کربوهیدرات و پروتئین با نسبت‌های یاد شده در بشر ریخته شد. سپس اندکی آب به آن اضافه شد تا حجم آن به یک لیتر رسید. برای نسبت ۱ به ۳ از ۲۲/۵ گرم پروتئین whey و ۶۷/۵ گرم کربوهیدرات و جهت تهیه‌ی نسبت ۱ به ۴ از ۱۸ گرم پروتئین و ۷۲ گرم کربوهیدرات استفاده شد. افراد گروه دارونما از شیرین کننده‌ی مصنوعی آسپارتام به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر به ازای هرکیلوگرم وزن بدن مصرف کردند (۲۲). جهت سنجش وزن مکمل و دارونما از ترازوی دیجیتالی Sartorius (مدل Bp221s ، ساخت آلمان) با دقت یک هزارم گرم استفاده شد.

پروتکل ایجاد تخریب عضلانی: DOMS و تخریب عضلانی در عضلات پایین تنه با استفاده از دستگاه خم‌کننده‌ی مفصل زانو (مدل نیرو، ساخت ایران) با وزنه‌ای معادل ۷۰ درصد 1RM مشابه طرح *LarocheDain* در سال ۲۰۰۵ ایجاد شد (۱۷). پس از توضیح کامل نحوه‌ی کار، آزمودنی‌ها با انجام دو نوبت هشت‌تایی با تکرارهای زیر بیشینه و با پای برتر شروع به گرم کردن خود کردند. سپس

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-29]

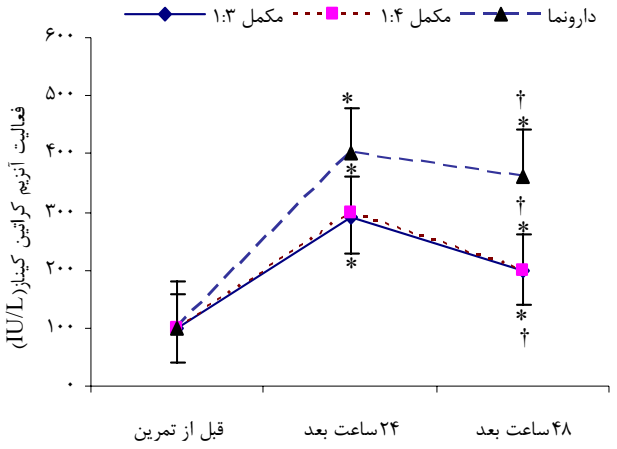
در ۳ نوبت ۱۵ تایی با شدت ۷۰٪ 1RM و با استفاده از دستگاه خم‌کننده‌ی مفصل زانو پروتکل تمرینی را اجرا کردند. به این ترتیب قسمت مثبت حرکت با کمک آزمون‌گر تا زاویه ۹۰ درجه‌ی مفصل زانو انجام گرفت و قسمت منفی حرکت (انقباض برون‌گرا) در زمان ۲ ثانیه و توسط آزمودنی اجرا شد. ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از انجام تمرین، شاخص‌های خونی مورد نظر (CK,LDH) به علاوه‌ی درک درد عضلانی با استفاده از مقیاس PAS دوباره اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق: متغیرهای آزمایشگاهی این تحقیق فعالیت آنزیم‌های CK و LDH سرمی بودند. جهت تهیه‌ی نمونه‌های سرم ۵cc خون تام ناشتا در وضعیت نشسته از ورید انته‌کوبیتال 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. CK سرم به روش رنگ‌سنجی شیمیایی بر اساس واکنش ژافه با حساسیت ۱ U/L و ضریب ۱/۶ درصد تعیین شد (کیت رنگ سنجی CK، *شرکت پارس آزمون تهران، ایران*). واحد اندازه‌گیری آن، واحد در لیتر بود. فعالیت LDH به روش رنگ‌سنجی آنزیمی با حساسیت ۵U/L و ضریب تغییر ۱/۲ درصد تعیین شد (کیت رنگ سنجی *LDH، شرکت پارس آزمون تهران، ایران*). واحد اندازه‌گیری آن، واحد در لیتر بود.

روش آماری: همگنی متغیرها در گروه‌های تحقیق با استفاده از آزمون Leven و نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف اسمیرنوف تعیین شد. فرضیه‌های تحقیق با استفاده از روش تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) با اندازه‌گیری مکرر و در صورت معنی‌دار شدن از آزمون تعقیبی بونفرونی آزمون شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار $SPSS_{16}$ انجام شد وسطح معنی‌داری در تمام مراحل $p\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

• یافته‌ها

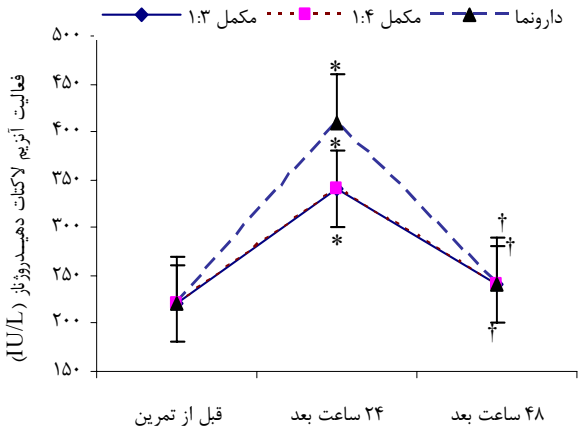
ویژگی‌های آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. مقایسه‌ی مقدار CK سرم ۳ گروه در مراحل مختلف در نمودار ۱، میانگین و انحراف معیار LDH ۳ گروه در مراحل مختلف در نمودار ۲ و میانگین و انحراف معیار درک از درد در ۳ گروه آزمودنی در نمودار ۳ ارائه شده است.



نمودار ۱. مقایسه‌ی مقدار کراتین کیناز سرم در مراحل مختلف پیش و پس از فعالیت مقاومتی

*: نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به پیش آزمون (P<۰/۰۵).

†: نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به ۲۴ساعت پس از آزمون (P<۰/۰۵).



نمودار ۲. مقایسه‌ی مقدار لاکتات دهیدروژناز سرم در مراحل مختلف پیش و پس از فعالیت مقاومتی

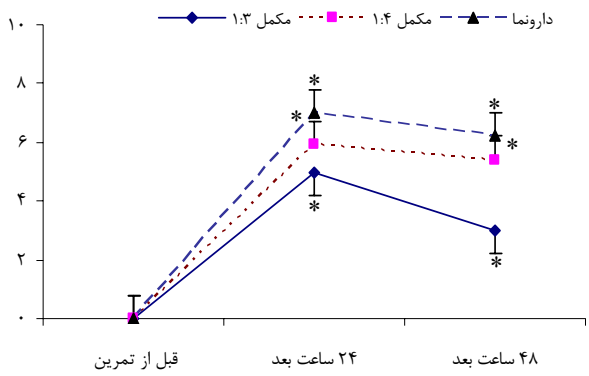
*:نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به پیش آزمون (P<۰/۰۵).

†: نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به ۲۴ ساعت پس از آزمون (P<۰/۰۵).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-29]

جدول۱ . میانگین و انحراف معیار شاخص‌های تن‌سنجی و فیزیولوژیک افراد مورد مطالعه

گروه	سن (سال)	وزن بدن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	چربی (درصد)
مکمل ۱به۳	۲۱/۲ ± ۲/۶	۷۳/۷ ± ۵/۷	۱۷۴/۸ ± ۶/۲	۲۴/۳ ± ۲/۶	۱۵/۴ ± ۳/۵
مکمل۱به۴	۲۰/۶ ± ۳/۲	۷۴/۳ ± ۳/۶	۱۷۵/۲ ± ۴/۵	۲۴/۶ ± ۱/۷	۱۶/۸ ± ۲/۹
دارونما	۲۲/۷ ± ۱/۵	۷۲/۹ ± ۶/۸	۱۷۷/۹ ± ۳/۳	۲۴ ± ۱/۵	۱۶/۱ ± ۱/۳



نمودار ۳. مقایسه‌ی مقدار درک درد عضلانی در مراحل مختلف پیش و پس از فعالیت مقاومتی

*: نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به پیش آزمون (P<۰/۰۵).

برای مقایسه‌ی اثر دو نسبت متفاوت مکمل با دارونما در مورد مقدار تغییرات CK، LDH سرم و میزان درک درد عضلانی بین زمان قبل از آغاز تمرین تا ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از فعالیت ورزشی برون‌گرا و تغییرات در ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد از تمرین، از روش ANOVA با اندازه‌گیری مکرر و در صورت معنی‌دار شدن از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نتایج آزمون در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ آمده است.

با مقایسه‌ی تغییرات CK سرم در بین ۳ گروه (جدول۲) مشخص شد که تفاوت معنی‌داری در تمامی زمان‌ها بین گروه‌ها وجود دارد. آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که تمامی این تفاوت‌ها بین ۲ گروه مکمل۱ به ۳ و ۱ به ۴ با دارونما است و بین گروه‌های مکمل با یکدیگر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با مقایسه‌ی تغییرات LDH سرم در بین ۳ گروه (جدول۳) مشخص شد که تفاوت معنی‌داری در زمان پیش آزمون تا ۲۴ ساعت بعد و ۲۴ ساعت تا ۴۸ ساعت بعد در بین گروه‌ها وجود دارد و این تفاوت‌ها بین دو گروه مکمل ۱ به ۳ و ۱ به ۴ با دارونما است. این بار هم بین گروه‌های مکمل با یکدیگر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. درک درد عضلانی بین ۳ گروه دارای تفاوت معنی‌داری در زمان پیش آزمون تا ۴۸ ساعت بعد بین گروه‌ها بود و در ادامه، آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که این تفاوت‌ها بین دو گروه مکمل ۱ به ۳ و ۱ به ۴ با دارونما است و بین گروه‌های مکمل با یکدیگر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۴).

جدول ۲. نتایج مربوط به مقایسه‌ی اختلاف مقدار کراتین کیناز بین پیش و پس آزمون سه گروه

مقایسه‌ی میزان تغییرات کراتین کیناز سرم، در فاصله‌ی بین	F	Sig	گروه‌های مورد مقایسه	Sig بونفرونی
پیش آزمون تا ۲۴ ساعت پس از آزمون	۵/۱۸	* ۰/۰۱۵	مکمل ۱به۳ با مکمل ۱به۴	۰/۹۹۹
			مکمل ۱به۳ با دارونما	* ۰/۰۴۸
			مکمل ۱به۴ با دارونما	* ۰/۰۱۹
پیش آزمون تا ۴۸ ساعت پس از آزمون	۱۷/۶۶	* ۰/۰۰۱	مکمل ۱به۳ با مکمل ۱به۴	۰/۹۹۹
			مکمل ۱به۳ با دارونما	* ۰/۰۰۱
			مکمل ۱به۴ با دارونما	* ۰/۰۰۱
۲۴ ساعت تا ۴۸ ساعت پس از آزمون	۵/۹۷	* ۰/۰۰۹	مکمل ۱به۳ با مکمل ۱به۴	۰/۹۹۹
			مکمل ۱به۳ با دارونما	* ۰/۰۱۱
			مکمل ۱به۴ با دارونما	* ۰/۰۴

*: نمایانگر تفاوت معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-29]

جدول ۳. نتایج مربوط به مقایسه اختلاف مقدار لاکتات دهیدروژناز بین پیش و پس آزمون سه گروه

مقایسه‌ی میزان تغییرات کراتین کیناز سرم، در فاصله‌ی بین	F	Sig	گروه‌های مورد مقایسه	Sig بونفرونی
			مکمل ۱به۳ با مکمل ۱به۴	۰/۹۹۹
پیش آزمون تا ۲۴ ساعت پس از آزمون	۱۰/۹۶	۰/۰۰۱ *	مکمل ۱به۳ با دارونما	۰/۰۰۵ *
			مکمل ۱به۴ با دارونما	۰/۰۰۱ *
			-	-
پیش آزمون تا ۴۸ ساعت پس از آزمون	۰/۴	۰/۶۷۱	-	-
			-	-
			مکمل ۱به۳ با مکمل ۱به۴	۰/۹۹۹
۲۴ ساعت تا ۴۸ ساعت پس از آزمون	۶/۸۹	۰/۰۰۵ *	مکمل ۱به۳ با دارونما	۰/۰۱۷ *
			مکمل ۱به۴ با دارونما	۰/۰۰۹ *

*: نمایانگر تفاوت معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

جدول ۴. نتایج مربوط به مقایسه اختلاف مقدار درک درد عضلانی بین پیش و پس آزمون سه گروه

مقایسه میزان درک درد عضلانی، سه گروه در فاصله بین	F	Sig	گروه‌های مورد مقایسه	Sig بونفرونی
			-	-
پیش آزمون تا ۲۴ ساعت پس از آزمون	۳/۱۱	۰/۰۶۵	-	-
			-	-
			مکمل ۱به۳ با مکمل ۱به۴	۰/۰۵۱
پیش آزمون تا ۴۸ ساعت پس از آزمون	۱۰/۷۴	۰/۰۰۱ *	مکمل ۱به۳ با دارونما	۰/۰۴ *
			مکمل ۱به۴ با دارونما	۰/۰۰۱ *
			-	-
۲۴ ساعت تا ۴۸ ساعت پس از آزمون	۱/۶۲	۰/۲۲۱	-	-
			-	-

*: نمایانگر تفاوت معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

• بحث

طبق نظریه‌ی آسیب عضلانی، پارگی سارکوپلاسم باعث شناور شدن آزادانه‌ی محتویات سلول بین تارهای عضلانی می‌شود. افزایش سطوح CK در سرم به آسیب سارکومر و خطوط Z در اثر فعالیت ورزشی شدید بستگی دارد (۵). با توجه به اینکه مصرف مکمل کربوهیدرات و کربوهیدرات به همراه اسید آمینه هنگام فعالیت ورزشی موجب کاهش مقادیر کورتیزول خون در مقایسه با گروه دارونما می‌شود (۱۶، ۸) و با توجه به نتایج *Kraemer* و همکاران در مورد تأثیر کورتیزول بر تخریب عضلانی، بخشی از اختلاف مشاهده شده بین گروه‌های تجربی و کنترل در مقادیر CK را می‌توان به تأثیر مکمل کربوهیدرات و پروتئین بر کورتیزول سرم نسبت داد (۲۳).

نشان داده شد که مصرف مکمل کربوهیدرات و کربوهیدرات به همراه پروتئین موجب افزایش انسولین خون هنگام فعالیت و حتی تا ۶ ساعت پس از فعالیت ورزشی در مقایسه با گروه دارونما شده است (۱۶، ۱۵، ۸). تحقیقات نشان داده‌اند انسولین از طریق افزایش میزان سنتز پروتئین و کاهش میزان تجزیه‌ی پروتئین باعث 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

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-29]

احتمالاً انتشار پروتئین‌های درون عضلانی (CK) به خارج را کاهش می‌دهد (۲۴، ۸). به علاوه، انسولین با افزایش سنتز پروتئین احتمالاً موجب افزایش سرعت ترمیم بافت عضلانی می‌شود و آن نیز به نوبه خود انتشار CK به خارج از سلول را محدود می‌کند (۸). علاوه بر این، نشان داده شده که سنتز پروتئین عضلانی را می‌توان مستقل از انسولین پلاسما افزایش داد. مطالعات مختلف افزایش سنتز پروتئین را پس از تمرینات مقاومتی با مصرف مکمل اسید آمینه نشان داده‌اند (۸). با وجود این، بیشترین مقدار افزایش سنتز پروتئین را با افزایش هم‌زمان اسیدهای آمینه و انسولین پلاسما گزارش کرده‌اند (۲۵). در واقع، بیشترین مقدار سنتز پروتئین در گروه کربوهیدرات- اسیدآمینه‌ی ضروری در مقایسه با گروه کربوهیدرات و اسیدآمینه‌ی ضروری به تنهایی مشاهده شده است. به نظر می‌رسد که مصرف مکمل کربوهیدرات-پروتئین از طریق افزایش انسولین خون و در دسترس قرار دادن اسیدهای آمینه موجب افزایش سنتز پروتئین و کاهش میزان تجزیه‌ی پروتئین می‌شود و این نیز موضوع به نوبه خود موجب تسریع فرایندهای ترمیم و در نهایت باعث کاهش انتشار CK به خارج از سلول می‌شود. بر اساس یافته-های این پژوهش تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مکمل مشاهده نشد.

Coombes و *McNaughton* (۲۰۰۰) گزارش کردند که غلظت‌های LDH در گروه مکمل پروتئین در مقایسه با گروه دارونما تا ۵ روز پس از فعالیت ورزشی کاهش داشت (۱۳). از آن جا که LDH شاخص آسیب عضلانی حساسیت کمتری نسبت به CK دارد، احتمال دارد که فعالیت ورزشی با شدت بالاتر یا به مدت طولانی‌تری نیاز باشد تا بتواند میزان آن را به شکل محسوسی افزایش دهد یا دفعات نمونه‌گیری بین زمان‌های بلافاصله تا ۲۴ ساعت بعد فعالیت بیشتر شود. نتایج نشان داد که در دو گروه مکمل با نسبت‌های متفاوت LDH زودتر می‌تواند به میزان پایه خود پس از تمرینات مقاومتی برون‌گرا بازگردد.

DOMS به دلیل حساسیت گیرنده‌های دردزا توسط مواد درون سلولی مضر آزاد شده به خارج سلول در اثر آسیب وارده به تار عضله به وجود می‌آید (۲۶). به دنبال آسیب مکانیکی اولیه، افزایش کلسیم درون سلولی موجب مهار تنفس سلولی و فعال شدن مسیرهای دژنراتیو درون سلولی و تخریب خطوط Z، تروپونین و تروپومیوزین می‌شود. مهار تنفس سلولی موجب تحریک پاسخ التهابی (افزایش نوتروفیل‌ها) می‌شود و انباشت مواد ناشی از تخریب ساختارهای سلولی در طول ۱۲ ساعت بعد موجب هجوم منوسیت‌ها به محل آسیب دیده می‌شود که به نوبه خود تبدیل به ماکروفاژها می‌شوند و با ادم و تورم بعدی مشاهده می‌شوند (۲۷، ۵). از سوی دیگر، ماکروفاژها پروستاگلاندین (PGE2) را تولید می‌کنند. پایانه‌های عصبی نوع III و IV حساس به محرک‌های مکانیکی، شیمیایی و دما را تحریک می‌کند. انباشت هیستامین‌ها، پتاسیم و کینین‌ها بر اثر فاگوسیتوز و نکروز سلولی در کنار افزایش فشار ناشی از ادم بافتی موجب افزایش دمای موضع می‌شود که موجب تحریک گیرنده‌های درد در تارهای عضلانی و در صفحه‌ی عصبی عضلانی می‌شود (۲۸، ۲۷). همگی این رخدادها می‌توانند مسئول افزایش درک درد و کوفتگی عضلانی باشند. میزان کاهش درد در اثر مصرف مکمل مشخص نیست، اما آنچه در یافته‌های پژوهش حاضر مشهود است، کاهش معنی‌دار آن در هر دو گروه است.

بر اساس مجموع یافته‌های این پژوهش می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که مکمل کربوهیدرات-پروتئین می‌تواند به طور مشخصی شاخص‌های تخریب عضله را به دنبال یک فعالیت ورزشی حاد آسیب‌زا کاهش دهد، اما این‌که چه نسبتی از پروتئین و کربوهیدرات و چه نوع پروتئینی با ترکیبات خاص اسیدهای آمینه‌ی ضروری برای کاهش اثرات آسیب‌زایی تمرین برون‌گرا مطلوب است، هنوز روشن نشده است و انجام پژوهش‌های بیشتر در این زمینه پیشنهاد می‌شود.

پیشنهاد کاربردی: افراد غیرورزشکاری که شروع به انجام فعالیت‌های ورزشی می‌کنند، جهت پیشگیری و درمان DOMS می‌توانند از هر ۲ نسبت کربوهیدرات و پروتئین whey استفاده کنند.

سپاسگزاری

به این وسیله از جناب آقای *دکتر مزیدی* مدیر عامل محترم *شرکت داروسازی و مکمل های غذایی- حیاتی کارن* که در انجام این تحقیق مساعدت کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-29]

References

1. Greer BK. The effects of branched-Chain amino acid supplementation on indirect indicators of muscle damage and performance. J Appl Physiol 2006; 37:452-9.
2. Bloomer RJ. The role of nutritional supplements in the prevention and treatment of resistance exercise-induced skeletal muscle injury. J Sports Medicine 2007; 37: 519-32.
3. Green MS, Corona BT. Doyle JA, Ingalls, CP. Carbohydrate-protein drinks do not enhance recovery from exercise-induced muscle injury, J Sports Str 2008; 18:1-18.
4. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induces muscle damage in humans, Am J Phys med Rehab 2002; 81: 52-69.
5. White JP, Wilson JM, Austin KG, Greer BK, John NS, Panton LB. Effect of carbohydrate-protein supplement timing on acute exercise-induced muscle damage, Int Soc Sports Nutr 2008; 31: 315-26.
6. Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. J Sports Medicine 2003; 33: 145-64.
7. Wojcik JR. Effect of carbohydrate-protein beverage on glycogen resynthesis and muscle damage induced by eccentric resistance exercise. J IntSoc Sports Nutr 2001; 31: 228-33.
8. Jacob JB, Hyonson H, Zhenping D, Jeffery RB, Wang BK, John LI. The effect of a carbohydrate and protein supplement on resistance exercise performance, hormonal response, and muscle damage. J Strength Con Res 2007; 21: 321-9.
9. Stock MS, Young JC, Lawrence A. The effects of adding leucine to pre and postexercise carbohydrate beverages on acute muscle recovery from resistance training. Journal of Strength and Conditioning Research 2010; 24: 2211-19.
10. 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: 321-29.
11. Romano-Ely BC, Todd MK, Saunders MJ, Laurent TS. Effects of an isoclaroic carbohydrate-protein-antioxidant drink on cycling performance. Med Sci Sports Exerc 2006; 38: 1608-16.
12. Saunders MJ, Kane MD, Todd MK. Effects of a carbohydrate– protein beverage on cycling endurance and muscle damage. Med Sci Sports Exerc 2004; 36: 1233-8.
13. Coombes JS, McNaughton LR. Effects of branched-chain amino acid supplementation on serum Creatine Kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise. J Sports Med Phys Fitness 2000; 40: 240-6.
14. Millard S, Warren M, Thomas GL, Doyle, LM. Recovery from run training: efficacy of a carbohydrate–protein beverage? Int J Sport Nutr Exerc Metab 2005; 15: 610–24.
15. Cockburn E, Philip N, Duncan NF, Emma S, Gibson ASt. Acute milk-based protein-cho supplementation attenuates exercise-induced muscle damage. J Appl Physiol Nutr Metab 2008; 33: 775-83.
16. Stephen PB, Kyle MT, Frank EM. Independent and combined effects of liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion on hormonal and muscular adaptations following resistance training in untrained men. European Journal of Applied Physiology 2006; 97: 225-38.
17. LaRoche D. Response to eccentric exercise following four weeks of flexibility training. The AM J Sport Med 2005; 34: 610-27
18. Brzycki M. Strength testing-predicting a one-rep max from a reps-to-fatigue. J Phys Health Edu Recreat Dance 1993; 64: 88-90.
19. Shailaja S, Anuradha VP. A comparative study of pain measurement scalesin acute burn patients. Indian J Occup Ther 2003; 45: 11-3.
20. 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. J Sport Rehabil 1997; 6: 38-46.
21. Skoog DA, West DM. Fundamentals of analytical chemistry. Translated by Khalili H, Tehran: Tehran University Press; 1990 [in Persian].
22. Petchonka A, Campbell BI, Bunn JA. Reducing muscle soreness and muscle damage: a role for branched-chain amino acids. J Sports Med Doping Stud 2012; 2: 1000-125.
23. Kraemer WJ, Volek JS, Bush JA, Putukian M, Sebastianelli WJ. Hormonal responses to consecutive days of heavy-resistance exercise with or without nutritional supplementation. J Apple Physiol1998; 85: 1544-55.
24. Roy BD, Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Fowles J, Yarasheske KE. Effect of glucose supplement timing on protein metabolism after resistance training. J Appl Physiol 1997; 82: 1882-8
25. Miller SL, Tipton KD, Chinkes DL, Wolf SE, Wolf RR. Independent and combined effects of amino

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-29]

acids and glucose after resistance. J Med Sci Sports Exerc 2003; 35: 449-55.

26. Nottle C, Nosaka K. The magnitude of muscle damage induced by downhill backward walking. U Sci med Sport 2005; 8: 264-73.

27. Howatson G, Ken AV. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage: review article. J Sports Med 2008; 38: 483-503.

28. Clarkson PM, Sayers SP. Etiology of exercise-induced muscle damage. J Appl Physiol 1999; 24: 234-48.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-29]

Comparing the effects of dietary supplementation with carbohydrate and whey protein at two ratios on muscle damage indices after eccentric resistance exercise

Asjodi F[1], Arazi H[2], Farazi Samarin S[3]*

1- M.Sc, Dept. of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

*2- *Corresponding author: Assistant Prof, Dept. of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. Email: hamidarazi@yahoo.com*

3- B.Sc, Dept. of Nursery, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran.

Received 24 Jun, 2012 **Accepted 25 Oct, 2012**

Background and Objective: Delayed muscle soreness occurs after resistance activity or training involving an eccentric component, and nutrition can affect theextent of muscle injury by playing a role in both protein synthesis and catabolism. The objective of this study was to to compare the effects of dietary supplementation with carbohydrate and protein at different proportions on injury indices of muscle after a session of eccentric resistance exercise.

Materials and Methods: In this double-blind placebo-controlled study 24 non-athlete males (age21.5 ± 2.4 years, height 176 ± 4.7 cm, weight 73.6 ± 5.4 kg, BMI 24.3± 1.9 kg/m^2, body fat 16.1±2.5%) were divided randomly into 3 groups of 8, receiving a supplement of carbohydrate-plus-whey protein at a ratio of 1: 3 or 1: 4, or a placebo (aspartame). Serum creatine kinase(CK) andlactate dehydrogenase(LDH) were determined photometrically, and muscle pain was measured using a standard scale of PAS before, 24 and 48 hours after, an eccentric resistance exercise involving knee flexion.

Results: Both carbohydrate-plus-whey protein supplements caused statistically significant reductions in CK and LDH levels and muscle soreness compared with the placebo ($p<0.05$), although no significant differences were observed between the two supplements ($p>0.05$).

Conclusion: It is concluded that dietary supplementation with carbohydrate and whey protein at a ratio of 1:3 or 1:4 can bring about a reduction in muscle damage indices after eccentric resistance exercise. The optimum ratio, however, to be used in sports drinks and for recommendation to individuals starting exercise warrants further research.

Keywords: Eccentric resistance exercise, Carbohydrate-plus -Whey supplementation, Delayed muscle soreness

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-29]