بررسی تاثیر مصرف مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی بر کراتین‌کیناز و میوگلوبین سرمی پس از پروتکل تمرینی فایت‌گان‌بد (FGB)

خشایار معروفی[1,*]

۱.کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی محض دانکشده تربیت بدنی دانشگاه تهران، تهران، ایران (Khashayar.maroufi@ut.ac.ir)

چکیده

تخریب عضلات از پیامدهای اجرای فعالیت ورزشی به شمار می‌رود و مختصصان ورزشی همواره سعی بر آن دارند که با استفاده از روش‌های جدید تخریب عضلات هنگام فعالیت ورزشی را به کم‌ترین میزان خود را برسانند. تخریب عضلات در فعالیت‌های ورزشی با شدت زیاد مثل کراس‌فیت می‌تواند زمینه‌ساز بروز مشکلاتی از قبیل افت عملکرد در جلسات تمرینی بعدی و عدم بازیافت صحیح شود. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر استفاده از مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی بر مقادیر کراتین‌کیناز و میوگلوبین خون پس از اجرای پروتکل تمرینی فایت‌گان‌بد بود. تعداد ۸ نفر ورزشکار مرد کراس‌فیت با سابقه دست کم شش ماه فعالیت با میانگین سنی ۳/۰۲±۲۵/۶۲ سال، وزن ۴/۷۶±۷۶/۱۱ کیلوگرم و قد۷/۱۶±۱۷۸/۸۱ سانتی‌متر به صورت داوطلب به عنوان نمونه انتخاب و با استفاده از دوره پاکسازی یک هفته‌ای و در سه نوبت در گروه‌های مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی با نسبت‌های ۱:۳، ۲:۲ و دارونما و پروتکل تمرینی فایت‌گان‌بد تقسیم‌بندی شدند. مخلوط‌ها یا دارونما یک ساعت و بلافاصله قبل از اجرای آزمون توسط ورزشکاران مصرف شد. داده‌ها با استفاده از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و نرم‌افزار SPSS۲۴ در سطح معناداری p≤۰/۰۵ بررسی شد. نتایج نشان می‌دهند که سطوح کراتین‌کیناز ۲۴ ساعت پس از آزمون در گروه مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی با نسبت ۱:۳ نسبت به گروه ۲:۲ و دارونما کاهش پیدا کرد. همچنین، در بررسی میوگلوبین نیز مشخص شد که مقادیر این پروتئین در گروه مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی با نسبت‌های ۱:۳ و ۲:۲ نسبت به گروه دارونما در زمان‌های یک و ۲۴ ساعت پس از آزمون در حد معناداری کم‌تر بود. می‌توان چنین نتیجه گرفت که مصرف مخلوط کربوهیدرتی-پروتئینی می‌تواند موجب کاهش شاخص‌های تخریب عضله نظیر کراتین‌کیناز و میوگلوبین پس از اجرای فعالیت ورزشی کراس‌فیت در پروتکل فایت‌گان‌بد شود.

واژه‌های کلیدی: کراس‌فیت، تخریب عضلانی، مکمل، کربوهیدرات-پروتئین

مقدمه

در سال‌های اخیر شاهد پیشرفت‌های چشمگیری در علوم مرتبط با انسان بوده‌ایم که در این میان علوم ورزشی از پیشگامان این مسیر محسوب می‌شوند. متخصصان علوم ورزشی با بکارگیری از روش‌های تمرینی و تغذیه‌ای جدید سعی بر افزایش بازدهی و عملکرد کوتاه و بلند مدت ورزشکاران دارند. سیستم‌های تمرینی نوپا مثل کراس‌فیت توانسته‌اند بسیاری از توجهات را به خود جلب کنند. افزایش عملکرد در کوتاه‌ترین زمان ممکن یکی از نتایج شگفت‌انگیز این فعالیت ورزشی به شمار می‌رود و همین امر مقدمات استفاده ورزشکاران رشته‌های ورزشی گوناگون از آن را فراهم می‌کند (Maroufi et al., 2020). کراس‌فیت به گروهی از تمرین‌های خیلی شدید تناوبی گفته می‌شود که ترکیبی از تمرین‌های هوازی و قدرتی با تمرکز بر افزایش عملکرد ورزشی است (Fernández et al., 2015) و به طور دقیق‌تر می‌توان گفت در آن از حرکات رشته‌های گوناگون ورزشی مثل وزنه برداری، تمرین‌های قدرتی، ژیمناستیک و ورزش‌های هوازی مانند دویدن و قایق‌رانی با توجه به مدت زمان انجام آن‌ها و یا تعداد تکرارها در زمان مشخصی با کمترین میزان استراحت استفاده می‌شود (Fernández et al., Moran et al., 2017). به غیر از بخش دو و میدانی تمرین‌های کراس‌فیت، اساس آن انجام فعالیت ورزشی مقاومتی با کمترین میزان استراحت است (Kliszczewicz, Snarr, Esco, & Performance, 2014; Tibana et al., 2018). برخی از این پروتکل‌ها دارای نام‌هایی به خصوص هستند که یکی از آن‌ها فایت‌گان‌بد[1] (FGB) است. این فعالیت ورزشی که در دسته فعالیت‌های مقاومتی با استراحت کم جای می‌گیرد، تنها در ۱۷ دقیقه اجرا می‌شود که به نسبت به سایر پروتکل‌های تمرینی از زمان کوتاه‌تری برخوردار است. به طور کلی، فعالیت ورزشی مقاومتی با میزان استراحت بسیار کم می‌تواند به افزایش استرس اکسایشی منجر شود و آسیب اجزای سلولی از جمله پروتئین‌ها، چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکئیک را به دنبال داشته باشد (Michnik et al., 2017). پژوهش‌های گوناگونی درباره کاهش آسیب های وارده و تسریع روند بازیابی پس از فعالیت ورزشی مقاومتی با استفاده از تغذیه و مکمل‌های ورزشی انجام شده است (Durkalec-Michalski et al., 2018; Heavens et al., 2014; Outlaw et al., 2014; Samadi et al., 2012). بر اساس مطالعه‌ای که در مجله رسمی کراس‌فیت در سال ۲۰۰۵ منتشر شد، تمرین‌های خیلی شدید کراس‌فیت می‌تواند به افزایش میوگلوبین(Mb)[2] و کراتین کیناز(CK)[3] و در موارد شدیدتر به رابدومیولیز[4] منجر شود (Glassman, 2005; Heavens et al., 2014; Shugart, 2008). پژوهشگران در مطالعه‌ای طبق بررسی فراتحلیل تعریف رابدومیولیز، نشان داده‌اند که میزان معنادار کراتین کیناز پس از فعالیت ورزشی در حالت رابدومیولیز بیشتر از ۱۰۰۰ واحد در لیتر بیان می‌شود (Stahl, Rastelli, & Schoser, 2019). این دسته از فعالیت های ورزشی به علت سرعت زیاد، دامنه حرکتی کامل حرکات و تعداد تکرارهای زیاد می‌تواند به بروز کوفتگی تاخیری عضلانی منجر شود (Da Silva, 2015; Shugart, 2008; Webster, 2008) گرچه باید اشاره کرد شاخص‌های تخریب عضلانی می‌توانند پس

[1] Fight Gone Bad
[2] Myoglobin
[3] Creatine kinase
[4] Rhabdomyolysis

از هر سه نوع تمرین‌های برون‌گرا، درون‌گرا و هم‌طول در خون ظاهر شوند (Clarkson et al., 1986). همچنین، نشان داده شده است فاکتورهای تخریب عضلانی مثل کراتین کیناز و میوگلوبین پس از یک جلسه فعالیت ورزشی مقاومتی با دوره استراحتی خیلی کم در خون آزمودنی‌ها افزایش پیدا کرده است که تخریب عضلانی هنگام فعالیت ورزشی را نشان می‌دهد. آنزیم‌های درون سلولی در اثر آسیب شدید بافتی یا رشد سلولی کنترل نشده، وارد خون شده و موجب افزایش مقدار آنریم‌های سرمی می‌شوند. بنابراین سنجش مقادیر سرمی هریک از این آنزیم‌ها در خون راهکاری ساده برای بررسی هرچه دقیق‌تر آن‌ها به شمار می‌رود (Karmen, Wróblewski, & LaDue, 1955). پژوهشی پروتکل FGB را بررسی کرد و نشان داد اجرای این پروتکل ۱۷ دقیقه‌ای موجب افزایش معنادار کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز شده و درگیری عمده عضلات بدن می‌شود (Durkalec-michalski et al., 2018).

فعالیت ورزشی مقاومتی موجب تغییراتی سریع در فرآیند سوخت و ساز عضله می‌شود که می‌تواند موجب افزایش سنتز و تخریب پروتئین در عضله شود؛ که در نتیجه این تغییرات هرگونه برهم‌خوردگی در تعادل سنتز و تخریب، تغییرات مقدار پروتئین درون بافتی را به دنبال خواهد داشت (Roy et al., 2000). در سال‌های اخیر، موضوع آسیب‌های عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. از این‌رو، راهبردهای گوناگونی مانند کشش، ماساژ، سرمادرمانی، اولتراسوند، طب سوزنی، هومئوپاتی و مصرف داروهایی نظیر ایبوپروفن، آسپرین و استامینوفن و استفاده از مکمل‌های غذایی، در جهت کاهش هرچه بیشتر این علائم پس از تمرین‌های مقاومتی ارائه شده است (Bloomer, 2007; Samadi et al., 2012). برای کاهش شاخص‌هایی که پیش تر به آن اشاره شد، پژوهش‌ها نشان می‌دهند استفاده از مکمل‌های غذایی به ویژه مخلوط‌های کربوهیدراتی-پروتئینی می‌تواند شاخص‌های آسیب عضلانی پس از یک جلسه فعالیت ورزشی خیلی شدید را در حد معناداری کاهش دهد (Baty et al., 2007).

به بیانی دیگر، فعالیت‌های ورزشی مقاومتی باعث تغییرات سریع در آنابولیسم و کاتابولیسم پروتئین در عضلات اسکلتی می‌شوند که این آثار پس از گذشت زمان و به مرور به حالت اولیه خود بازخواهند گشت. پژوهشگران علت این تغییرات سریع را برهم خوردن تعادل بین ساخت و تجزیه پروتئین بر اثر این دسته از فعالیت‌ها می‌دانند (Green et al., 2008; White et al., 2008). بهره‌گیری از مواد غذایی و مکمل‌های ورزشی می‌تواند آثار مثبتی در کاهش تجزیه پروتئین ناشی از فعالیت ورزشی مقاومتی ایجاد کند. دو درشت مغذی کربوهیدرات و پروتئین آثار گوناگونی را در جلوگیری از تخریب و در نتیجه بازسازی سریع‌تر پروتئین‌های عضله اسکلتی، پاسخ‌های هورمونی آنابولیکی و در مجموع کاهش شرایط کاتابولیکی بدن پس از فعالیت‌های ورزشی نشان داده‌اند (Bloomer, 2007). خوردن کربوهیدرات موجب سرکوب هورمون کورتیزول و افزایش انسولین در خون می‌شود و می‌تواند افزایش سنتز پروتئین را به همراه داشته باشند. پروتئین نیز با افزایش اسیدهای آمینه در خون، خود عاملی برای افزایش سنتز و کاهش تجزیه پروتئین در عضلات اسکلتی به شمار می‌رود. برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند استفاده از پروتئین به همراه کربوهیدرات، می‌تواند آثار آنابولیکی آن را با افزایش هم‌زمان اسیدهای آمینه و انسولین خون افزایش دهد و شرایط آنابولیکی بهتری را پس از

تمرین و در جهت بازیابی هرچه سریع‌تر ورزشکار ایجاد کند (Bird et al., 2006; Borsheim et al., 2002). در نتیجه، به نظر می‌رسد استفاده از مخلوط‌های کربوهیدراتی و پروتئینی می‌تواند آثار مهاری تجزیه پروتئین را افزایش دهد و موجب برقراری تعادل آن پس از فعالیت ورزشی شود. در کراس‌فیت نیز مطالعاتی هر چند محدود درباره تاثیر مکمل‌های غذایی بر عملکرد ورزشکاران انجام شده است (Maroufi et al., 2020)، اما تاثیر استفاده از نسبت‌های گوناگون مخلوط‌های کربوهیدراتی-پروتئینی بر شاخص های التهاب عضلانی پس از یک جلسه فعالیت ورزشی کراس‌فیت به وضوح بررسی نشده است و عمده‌ی مطالعات، تاثیر تغذیه و مکمل‌سازی را بر عملکرد ورزشکار در کوتاه مدت و بلند مدت سنجیده‌اند (Durkalec-Michalski et al., 2018; Escobar, Morales, & Vandusseldorp, 2016; Kramer et al., 2016; Michnik et al., 2017; Outlaw et al., 2014). به همین دلیل، هدف از انجام این مطالعه مقایسه تاثیر استفاده از مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی در دو نسبت مختلف ۱:۳ و ۲:۲ یک ساعت قبل و بلافاصله قبل از شروع فعالیت ورزشی کراس‌فیت در پروتکل تمرینی FGB بر شاخص‌های تخریب عضلانی در یک و ۲۴ پس از آن است.

روش کار

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی است که جامعه آماری این پژوهش را همه ورزشکاران مرد کراس‌فیت تشکیل می‌دهند. در این پژوهش تعداد ۸ نفر ورزشکار کراس‌فیت که دست‌کم ۶ ماه سابقه شرکت در فعالیت ورزشی کراس‌فیت را داشتند و به طور کامل با پروتکل آزمون آشنا بودند (Kramer et al., 2016)، به صورت داوطلب به عنوان نمونه انتخاب شده و با استفاده از دوره پاکسازی[1] یک هفته‌ای و در سه نوبت در گروه‌های مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی با نسبت‌های ۱:۳، ۲:۲ و دارونما و پروتکل تمرینی فایت‌گان‌بد تقسیم بندی شدند: ۱:۳ و فایت‌گان‌بد، ۲:۲ و فایت‌گان‌بد و دارونما و فایت‌گان‌بد. همه اندازه‌گیری‌ها اعم قد، وزن، ترکیب بدنی و VO_{2max} یک هفته پیش از شروع فرآیند آزمون انجام شد (جدول۱). همچنین، تواتر قلبی آزمودنی‌ها در حالت استراحت و هر سه مرحله آزمون توسط ساعت Suunto AMBIT2R جهت بررسی شدت آزمون ثبت شد (جدول ۲).

متغییر / آماره	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتیمتر)	سن (سال)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مجذور قد)	درصد چربی (٪)	توده خالص (کیلوگرم)	حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/کیلوگرم× دقیقه)

[1] Washout

میانگین و انحراف معیار	۷۶/۱۱ ± ۴/۷۶	۱۷۸/۸۱ ± ۷/۱۶	۲۵/۶۲ ± ۳/۰۲	۲۳/۸۵ ± ۱/۵۳	۱۳/۹۰ ± ۱/۸۰	۶۵/۵۷ ± ۳/۷۲	۴۵/۸۱ ± ۱/۱۴

جدول۱- ویژگی بدنی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها (N =۸)

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار تواتر قلبی (ضربه در دقیقه) آزمودنی‌ها در سه گروه

تواتر قلبی (ضربه در دقیقه)	پایه	هنگام آزمون
(۱:۳) فایت‌گان‌بد	۶۰/۲۵±۴/۸۳	۱۶۳/۳۷±۱۸/۴۴
(۲:۲) فایت‌گان‌بد	۶۰/۳۷±۳/۹۶	۱۶۷/۵۰±۱۸/۷۳
(دارونما) فایت‌گان‌بد	۶۱/۰۰±۳/۶۲	۱۶۷/۷۵±۱۶/۶۸

در ابتدا کد اخلاق در پژوهش از کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران اخذ شد. همه ورزشکاران پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه، سوابق پزشکی و با آگاهی کامل از نحوه اجرای کار جهت انجام پژوهش، در آزمون شرکت کردند. آزمون در سه هفته متوالی و در روزهای شنبه ساعت ۲۰,۳۰ انجام شد. ساعت اجرای آزمون، همان زمان انجام فعالیت ورزشی ورزشکاران به صورت عادی بود و تغییری در زمان فعالیت ورزشی آن‌ها به دلیل جلوگیری از تغییر شرایط انجام نشد. ورزشکاران مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی با غلظت ۹ درصد (با نسبت ۱:۳ یا ۲:۲) یا دارونما را به همراه ۵۰۰ میلی‌لیتر آب در دو مرحله یک ساعت قبل (Tomas, Brotherhood, & Brand 1991) و دیگری بلافاصله پیش از شروع آزمون مصرف کردند. در مرحله بعد ورزشکاران از یک برنامه گرم کردن به مدت ۱۰ دقیقه پیروی کردند که شامل ۵ دقیقه دویدن نرم ویژه افزایش تواتر قلبی و جریان خون و ۵ دقیقه گرم کردن مفاصل و عضلات بود و سپس پروتکل تمرینی FGB را اجرا کردند. بلافاصله پس از اجرای پروتکل آزمون، آزمودنی‌ها یک برنامه سرد کردن به مدت ۵ دقیقه انجام دادند. تمام فرآیند آزمون در پروتکل فایت‌گان‌بد در زمان ۳۲ دقیقه انجام شد.

پروتکل تمرینی فایت‌گان‌بد: انجام ۳ دور از حرکات زیر به صورت بیشترین تکرار قابل انجام[1]، اسکات از جلو با توپ نه کیلوگرمی و سپس پرتاب آن[2] به ارتفاع ۳,۰۵ در زمان یک دقیقه، اجرای حرکت ددلیفت سومو و سپس بالا کشیدن وزنه[3] ۳۴ کیلوگرمی در زمان یک دقیقه، پرش روی جعبه[4] ۵۰,۸ سانتی متری در زمان یک دقیقه، پرس سرشانه[5] در حالت ایستاده با وزنه ۳۴ کیلوگرمی در زمان یک دقیقه، بیشترین میزان مصرف کالری در دستگاه پاروزنی[6] در زمان یک دقیقه، یک دقیقه استراحت (Tibana et al., 2018) مجموع تعداد تکرارهای انجام شده آزمودنی‌ها در هر ایستگاه در پروتکل فایت‌گان‌بد پس از مصرف مخلوط ۱:۳، ۲:۲ و دارونما در مدت زمان ۱۷ دقیقه ثبت شد.

مخلوط مورد نظر هر آزمون با غلظت ۹ درصد و با نسبت‌های ۱:۳ و ۲:۲ کربوهیدرات-پروتئین تهیه شد و در دو مرحله در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت. برای نسبت ۱:۳ از ۲۲,۵ گرم پروتئین وی و ۶۷,۵ گرم کربوهیدرات و برای تهیه نسبت ۲:۲ از ۴۵ گرم پروتئین وی و ۴۵ گرم کربوهیدرات استفاده شد. برای تهیه پروتئین این مخلوط، از پروئتین وی و از گلوکز به عنوان کربوهیدرات استفاده شد.

نتایج

اطلاعات جمع‌آوری شده از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در قالب جدول و نمودارهای مربوطه ارائه شده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد. در ابتدا با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک طبیعی بودن داده‌ها بررسی شد و برای تعیین تفاوت بین میانگین‌های تکرارهای ثبت شده در هر شش جلسه آزمون از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر استفاده شد. لازم به ذکر است که سطح معناداری برای انجام محاسبات p= ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است. یافته‌های آماری نشان داد CK در گروه مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی با نسبت ۲:۲ در حد معناداری در ۲۴ ساعت پس از آزمون در مقایسه با دو گروه مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی ۱:۳ و دارونما کم‌تر است. Mb نیز در هر دو نسبت مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی در یک و ۲۴ ساعت پس از آزمون در مقایسه با گروه دارونما در حد معناداری کم‌تر بود. نتایج معناداری CK و Mb در هر سه گروه مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی و دارونما در جدول ۳ درج شده است. همچنین

[1] As Many Reps As Possible (AMRAP)
[2] Wall Ball
[3] Sumo deadlift high-pull
[4] Box Jump
[5] Push Press
[6] Row (Calories)

مقادیر کراتین‌کیناز و میوگلوبین در سه گروه مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی با نسبت‌های ۱:۳ و ۲:۲ و دارونما در زمان‌های یک ساعت قبل، یک ساعت و ۲۴ ساعت پس از آزمون در جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول۳. نتایج تست تعقیبی بونفرونی کراتین کیناز و میوگلوبین در گروه‌های مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی و دارونما

مخلوط		CK	Mb	Mb
		۲۴ ساعت بعد	یک ساعت بعد	۲۴ ساعت بعد
		p Value		
۱:۳	۲:۲	٭۰/۰۱۶	۰/۱۱۵	۰/۶۰۷
دارونما		۰/۰۶۳	٭۰/۰۰۰	٭۰/۰۰۰
دارونما	۲:۲	٭۰/۰۰۰	٭۰/۰۰۰	٭۰/۰۰۰

*p<0.05, CK= کراتین کیناز ,Mb= میوگلوبین

جدول ۴. میانگین ± انحراف استاندارد کراتین‌کیناز و میوگلوبین در گروه‌های مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی و دارونما در زمان‌های یک ساعت قبل، یک ساعت و ۲۴ ساعت پس از آزمون.

	CK(U/L)			Mb (ng/*mL*)		
	۱ ساعت قبل	۱ ساعت بعد	۲۴ ساعت بعد	۱ ساعت قبل	۱ ساعت بعد	۲۴ ساعت بعد
۱:۳	۱۰,۳۹±۱۳۹,۶۲	۴۱,۶۱±۲۱۹,۰۰	۴۷,۹۷±۳۰۰,۷۵	۱,۱۰±۲۲,۵۰	۲۷,۴۱±۷۷,۹۴	۱۴,۵۱±۵۴,۵۶
۲:۲	۱۸,۵۷±۱۳۴,۵۰	۳۵,۵۴±۱۹۰,۰۰	۵۱,۳۸±۲۲۹,۵۰	۱,۸۱۰±۲۳,۱۵	۲۵,۹۰±۴۸,۹۸	۱۱,۴۱±۴۷,۷۶
دارونما	۱۸,۵۱±۱۴۸,۸۷	۵۳,۴۲±۲۲۸,۱۲	۶۲,۰۸±۳۵۴,۰۰	۱,۵۴±۲۳,۴۲	۴۷,۸۹±۱۳۳,۶۳۶	۴۱,۲۲±۱۷۹,۵۲
p Value	۰,۲۲۵	۰,۲۲۱	٭۰,۰۰۱	۰,۴۷۰	٭۰,۰۰۰	٭۰,۰۰۰

*p<0.05, CK= کراتین کیناز ,Mb= میوگلوبین

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر مصرف مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی با نسبت‌های ۱:۳ و ۲:۲ بر مقادیر کراتین‌کیناز و میوگلوبین خون پس از اجرای پروتکل تمرینی فایت‌گان‌بد بود. با توجه به نتایج، خوردن مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی با نسبت ۲:۲ به کاهش فعالیت CK در مقایسه با گروه مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی ۱:۳ و دارونما در ۲۴ ساعت پس از اجرای پروتکل فایت‌گان‌بد منجر شد. درباره افزایش آنزیم‌های سرمی، دو ساز و کار توسط شومات و همکارانش مطرح شد. آن‌ها در سال ۱۹۶۹ نشان داده‌اند نفوذپذیری سلول‌های عضلانی در طول فعالیت ورزشی افزایش می‌یابد و همچنین، در سال ۱۹۸۳ نیز نشان داده‌اند در اثر فعالیت ورزش بافت عضلانی تغییر می‌کند و مرگ سلول‌های عضلانی (نکروز) ایجاد می‌شود (Samadi et al., 2012). به دلیل وزن مولکولی زیاد (۸۰ کیلودالتون) CK نمی‌تواند از اندوتلیوم مویرگ‌ها عبور کند و از راه دستگاه لنفاوی وارد جریان خون شود. لذا زمان ظهور آن در خون در مقایسه با میوگلوبین طولانی‌تر (معمولا ۲۴ تا ۷۲ ساعت) است. در کل، از هم گسیختگی غشا سلول‌ها می‌تواند به رهایش آنزیم‌ها و پروتئین‌ها به درون خون منجر شود. کراتین کیناز پس از رهایش از سلول و ورود به مایع بینابینی از راه دستگاه لنفاوی وارد جریان خون می‌شود و دلیل اصلی تاخیر در پیدایش آن با این سازوکار توجیه می‌شود (de Souza & Aires, 2018). به همین دلیل تفاوت بین گروه‌ها قبل از مرحله آخر خون‌گیری (۲۴ ساعت) دور از انتظار است، که نتایج مطالعه حاضر نیز همسو با این نظریه است. به طور کلی، در پروتکل فایت‌گان‌بد میانگین تواتر قلبی آزمودنی‌ها هنگام آزمون با توجه به موازین انجمن پزشکی ورزشی آمریکا بیانگر شدت زیاد این پروتکل تمرینی است. شاید بتوان ادعا کرد که به علت شدت زیاد این پروتکل، نسبت بیشتری از پروتئین (۲:۲) موجب ایجاد تفاوت معنادار کراتین کیناز در ۲۴ ساعت پس از اجرای پروتکل فایت‌گان‌بد در مقایسه با گروه مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی ۱:۳ و دارونما شد. از این رو، بر اساس گزارش‌های ناکلریو و همکارانش (۲۰۱۴)، اضافه نمودن پروتئین به مخلوط کربوهیدراتی پس از فعالیت ورزشی موجب کاهش کراتین کیناز سرمی پس از دوی سرعت خیلی شدید در مقایسه با استفاده از مخلوط کربوهیدراتی بدون پروتئین می‌شود.

خوردن مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی با نسبت ۱:۳ و ۲:۲ به کاهش فعالیت میوگلوبین در مقایسه با دارونما در یک و ۲۴ ساعت پس از اجرای پروتکل فایت‌گان‌بد منجر شد. به واسطه وزن مولکولی کم (۱۷کیلودالتون)، میولگوبین سریع‌تر از عضله آسیب دیده رها می‌شود و برخلاف CK مستقیما از راه اندوتلیوم عروق وارد جریان خون می‌شود. ساز و کار فرض شده برای نحوه اثر مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی بر تخریب عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی مقاومتی، کاهش تجزیه پروتئینی ناشی از ورزش و تحریک سنتز پروتئین، بیان شده است که به ایجاد محیط آنابولیکی با تعادل پروتئینی مثبت منجر می‌شود. در نتیجه مقادیر سرمی میوگلوبین می‌تواند در اثر خوردن مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی کاهش یابد (Bety et al., 2007). در بحث عدم تفاوت میوگلوبین پس از پروتکل فایت‌گان‌بد در زمان‌های یک و ۲۴ ساعت ، احتمالا افزایش کمتر میوگلوبین در یک ساعت پس از اجرای پروتکل این پژوهش در مقایسه با مطالعات پیشین که فعالیت‌های ورزشی با انقباض‌های شدید برون‌گرا را مورد سنجش قرار داده بودند، موجب

کاهش کم‌تر میوگلوبین در ۲۴ ساعت پس از آزمون، در مقایسه با سایر پژوهش‌ها شده است. زمان‌های یک و ۲۴ ساعت تفاوت داشتند، اما این اختلاف معنادار نبود. مطالعات نشان داده‌اند خوردن کربوهیدرات هنگام فعالیت ورزشی باعث کاهش رهایش کورتیزول خون می‌شود. همچنین، انسولین به صورت مستقل می‌تواند مانع از تجزیه پروتئین عضلانی شود. کاهش مقدار تجزیه پروتئین ناشی از فعالیت ورزشی و کاهش تخریب عضلانی موجب محدود شدن مقدار نشت میوگلوبین و کراتین‌کیناز به خارج از سلول عضلانی می‌شود. همچنین، افزایش سنتز پروتئین در حضور انسولین موجب تسریع ترمیم بافت آسیب دیده و کاهش نشت آنزیم‌های درون سلولی به درون پلاسما می‌شود، ولی این فرآیند ضمن مد نظر قرار دادن اندازه کوچک ملکول میوگلوبین، آهسته‌تر از آن است که بتواند پاسخ میوگلوبین را در یک ساعت پس از فعالیت ورزشی تحت تاثیر قرار دهد. ضمن این‌که آسیب عضلانی وارده هنگام فعالیت ورزشی در درجه اول ریشه در استرین مکانیکی است (Samadi et al., 2012). طبق مطالعات بسیاری که درباره شاخص‌های تخریب عضلانی انجام شده است، به نظر می‌رسد خوردن مخلوط کربوهیدارتی-پروتئینی با نسبت‌های گوناگون، نمی‌تواند از بروز آسیب‌های اولیه در نتیجه استرین مکانیکی جلوگیری کند، اما می‌توان با خوردن مخلوط کربوهیدراتی-پروتئینی محیط هورمونی مناسبی را برای تحریک فرآیندهای سنتز پروتئین و جلوگیری از تخریب پروتئین ایجاد کرد که موجب بهتر شدن ترمیم پس از فعالیت ورزشی و بازگشت به حالت اولیه شود (Moro et al 2019). بنابراین، می‌توان چنین نتیجه گرفت که مصرف مخلوط کربوهیدرتی-پروتئینی می‌تواند موجب کاهش شاخص‌های تخریب عضله نظیر کراتین‌کیناز و میوگلوبین پس از اجرای فعالیت ورزشی کراس‌فیت در پروتکل فایت‌گان‌بد شود.

منابع

Baty, J. J., Hwang, H., Ding, Z., Bernard, J. R., Wang, B., Kwon, B., . . . Research, C. (2007). The effect of a carbohydrate and protein supplement on resistance exercise performance, hormonal response, and muscle damage. 21(2), 321-329.

Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. J. M. (2006). Liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion during a short-term bout of resistance exercise suppresses myofibrillar protein degradation. 55(5), 570-577.

Bloomer, R. J. J. S. M. (2007). The role of nutritional supplements in the prevention and treatment of resistance exercise-induced skeletal muscle injury. 37(6), 519-532.

Børsheim, E., Tipton, K. D., Wolf, S. E., Wolfe, R. R. J. A. J. o. P.-E., & Metabolism. (2002). Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. 283(4), E648-E657.

Clarkson, P., Byrnes, W., McCormick, K., Turcotte, L., & White, J. J. I. j. o. s. m. (1986). Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. 7(03), 152-155.

Da Silva, C. (2015). A profile of injuries among participants at the 2013 CrossFit Games in Durban.

de Souza, R. F., & Aires, R. S. (2018). Rhabdomyolysis: Prolonged and high-intensity exercises, impact on renal function.

Durkalec-Michalski, K., Zawieja, E. E., Podgórski, T., Łoniewski, I., Zawieja, B. E., Warzybok, M., & Jeszka, J. J. P. o. (2018). The effect of chronic progressive-dose sodium bicarbonate ingestion on CrossFit-like performance: A double-blind, randomized cross-over trial. 13(5), e0197480.

Escobar, K. A., Morales, J., & Vandusseldorp, T. A. J. I. j. o. e. s. (2016). The Effect of a Moderately Low and High Carbohydrate Intake on Crossfit Performance. 9(4), 460.

Fernández, J. F., Solana, R. S., Moya, D., Marin ,J. M. S., & Ramón, M. M. J. E. J. o. H. M. (2015). Acute physiological responses during crossfit® workouts. 35, 114-124.

Glassman, G. J. C. J. (2005). CrossFit induced rhabdo. 38, 2005.

Green, M. S., Corona, B. T., Doyle, J. A., Ingalls, C. P. J. I. j .o. s. n., & metabolism, e. (2008). Carbohydrate-protein drinks do not enhance recovery from exercise-induced muscle injury. 18(1), 1-18.

Heavens, K. R., Szivak, T. K., Hooper, D. R., Dunn-Lewis, C., Comstock, B. A., Flanagan, S. D., . . . Research, C.(2014) .The effects of high intensity short rest resistance exercise on muscle damage markers in men and women. 28(4), 1041-1049.

Karmen, A., Wróblewski, F., & LaDue, J. S. J. T. J. o. c. i. (1955). Transaminase activity in human blood. 34(1), 126-133.

Kliszczewicz, B., Snarr, R., Esco, M. J. J. o. S., & Performance, H. (2014). Metabolic and cardiovascular response to the CrossFit workout 'Cindy': A pilot study. 2(2), 1-9.

Kramer, S. J., Baur, D. A., Spicer, M. T., Vukovich, M. D., & Ormsbee, M. J. J. J. o. t. I. S. o. S. N. (2016a). The effect of six days of dietary nitrate supplementation on performance in trained CrossFit athletes. 13(1), 39.

Kramer, S. J., Baur, D. A., Spicer, M. T., Vukovich, M. D., & Ormsbee, M. J. J. J. o. t. I. S. o. S. N. (2016b). The effect of six days of dietary nitrate supplementation on performance in trained CrossFit athletes. J INT SOC SPORT NUTR, 13(1), 39.

Maroufi, K., Razavi, R., Gaeini, A. A., & Nourshahi, M. (2020). The effects of acute consumption of carbohydrate-protein supplement in varied ratios on CrossFit athletes' performance in two CrossFit exercises: a randomized cross-over trial. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.

Michnik, A., Sadowska-Krępa, E., Domaszewski, P., Duch, K., Pokora, I. J .J. o. T. A., & Calorimetry. (2017). Blood serum DSC analysis of well-trained men response to CrossFit training and green tea extract supplementation. 130(3), 1253-1262.

Moran, S., Booker, H., Staines, J., & Williams, S. J. J. S. M. P. F. (2017). Rates and risk factors of injury in CrossFit: a prospective cohort study. 57(9), 1147-1153.

Moro, T., Brightwell, C. R., Velarde, B., Fry, C. S., Nakayama, K., Sanbongi, C., . . . Rasmussen, B. B. J. T. J. o. n. (2019). Whey Protein Hydrolysate Increases Amino Acid Uptake, mTORC1 Signaling, and Protein Synthesis in Skeletal Muscle of Healthy Young Men in a Randomized Crossover Trial.

Naclerio, F., Larumbe-Zabala, E., Cooper, R., Jimenez, A., Goss-Sampson, M. J. A. P., Nutrition,, & Metabolism. (2014). Effect of a carbohydrate-protein multi-ingredient supplement on intermittent sprint performance and muscle damage in recreational athletes. 39(10), 1151-1158.

Outlaw, J. J., Wilborn, C. D., Smith-Ryan, A. E., Hayward, S. E., Urbina, S. L., Taylor, L. W., & Foster, C. A. J. S. (2014). Effects of a pre-and post-workout protein-carbohydrate supplement in trained crossfit individuals. 3(1), 369.

Roy, B. D., Fowles, J. R., Hill, R., Tarnopolsky, M. A. J. M., Sports, S. i., & Exercise. (2000). Macronutrient intake and whole body protein metabolism following resistance exercise. 32(8), 1412-1418.

Samadi, A., Gaeini, A., Kordi, M., Rahimi, M., Rahnama, N., Bambaeichi, E. J. T. J. o. s. m., & fitness, p. (2012). Effect of various ratios of carbohydrate-protein supplementation on resistance exercise-induced muscle damage. 52(2), 151-157.

Shugart, C. J. T. M. N. (2008). The truth about CrossFit. 4, 84.

Stahl, K., Rastelli, E., & Schoser, B. J. J. o. n. (2019). A systematic review on the definition of rhabdomyolysis. 1 .٦-

Thomas, D. E., Brotherhood, J. R., & Brand, J. C. (1991). Carbohydrate feeding before exercise: effect of glycemic index. Int J Sports Med, 12(02), 180-186.

Tibana, R., de Sousa, N., Prestes, J., & Voltarelli, F. (2018). Lactate, Heart Rate and Rating of Perceived Exertion Responses to Shorter and Longer Duration CrossFit® Training Sessions. J Funct Morphol Kinesiol, 3(4), 60.

Tibana, R., de Sousa, N., Prestes, J., Voltarelli, F. J. J. o. F. M., & Kinesiology. (2018). Lactate, Heart Rate and Rating of Perceived Exertion Responses to Shorter and Longer Duration CrossFit® Training Sessions. 3(4), 60.

Webster, T. J. C. J. A. (2008). Muscle Damage and Soreness: An Overview.

White, J. P., Wilson, J. M., Austin, K. G., Greer, B. K., St John, N., & Panton, L. B. J. J. o. t. I. S. o. S. N. (2008). Effect of carbohydrate-protein supplement timing on acute exercise-induced muscle damage. 5(1), 5.