

تاثیر مصرف کوتاه مدت اسموتی کربوهیدرات-پروتئینی در هنگام بازیافت بر عملکرد عضلانی ورزشکاران تفریحی

محمد هادی زارع^۱، محمد همتی نفر^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، بخش علوم ورزشی دانشگاه شیراز، گروه فیزیولوژی ورزشی

۲- دانشیار بخش علوم ورزشی دانشگاه شیراز، گروه فیزیولوژی ورزشی

این مطالعه با هدف تعیین تاثیر مصرف کوتاه مدت اسموتی کربوهیدرات-پروتئینی در هنگام بازیافت بر عملکرد عضلانی مردان ورزشکار تفریحی انجام شد. در این مطالعه با طرح متقاطع تصادفی، دوسوکور، ۱۲ مرد ورزشکار تفریحی به شکل داوطلبانه شرکت کردند. قبل از شروع مداخله به منظور تعیین سطوح پایه پارامترهای ایزوکننتیکی بازکننده ها و خم کننده های زانو شامل گشتاور اوج ایزوکننتیکی (PT) در سرعت ۶۰ درجه/ثانیه و متوسط نرخ توسعه نیرو (RFD) با استفاده از دینامومتر بایودکس اندازه گیری شدند. سپس همه شرکت کنندگان در ۳ جلسه مجزای محرک آسیب عضلانی (EIMD) با فاصله ۱ هفته به عنوان دوره پاکسازی شرکت کردند. پس از هر جلسه به طور تصادفی و در یک طرح متقاطع، آزمودنی ها ۳۵۰ میلی لیتر شیر+موز (MB)، شیر+طعم دهنده موز (M) و یا دارونما شامل آب + طعم دهنده شیر موز (PLA) مصرف کردند. علاوه بر این کوفتگی تاخیر عضلانی (DOMS) نیز بلافاصله، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از EIMD با استفاده از مقیاس آنالوگ بصری (VAS) ارزیابی شد. داده های جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار SPSS در سطح $P < 0.05$ با تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یافته های مطالعه حاضر نشان داد PT بازکننده های زانو در شرایط دارونما نسبت به سطوح پایه کاهش معناداری داشته است ($P < 0.05$) در حالی که در شرایط های MB و M تفاوت معناداری با سطوح پایه مشاهده نشد ($P > 0.05$). علاوه بر این مصرف شیر و یا شیر+موز پس از EIMD در مقایسه با دارونما PT بازکننده های زانو به طور معناداری افزایش داد ($P < 0.05$). تغییرات معناداری در PT خم کننده های زانو و نیز RFD متوسط بازکننده های زانو مشاهده نشد ($P > 0.05$). با این حال، RFD متوسط خم کننده های زانو پس از M و MB به طور معناداری نسبت به PLA بهتر بود ($P < 0.05$), اما در مقایسه با سطوح پایه هیچ کدام از شرایط ها باعث تغییرات معناداری نشدند ($P > 0.05$). یافته های مربوط به DOMS نیز نشان داد، مقادیر DOMS در هر سه شرایط ۴۸ ساعت پس از EIMD کاهش معناداری داشته است ($P > 0.05$) اما ۲۴ ساعت پس از EIMD تغییرات معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$). روی هم رفته این یافته ها نشان می دهد مصرف نوشیدنی های حاوی پروتئین و یا پروتئین+ کربوهیدرات می تواند به ریکاوری عضلانی بهتر کمک کند.

کلمات کلیدی: اسموتی کربوهیدرات-پروتئینی، ریکاوری، شیر، عملکرد عضلانی، موز

۱. مقدمه

تلاش برای افزایش سازگاری های ورزشی و اهمیت موفقیت در اهداف ورزشی باعث شده است که ورزشکاران و مربیان به طور مستمر به دنبال هر مزیتی باشند که ممکن است عملکرد را بهبود بخشد. عوامل مختلفی مانند استراحت، خواب، تغذیه و آب رسانی به عنوان اجزای ضروری در ریکاوری پس از تمرین معرفی شده اند [۱، ۲]. علاوه بر این بازسازی ذخایر گلیکوژن عضلانی و ترمیم آسیب بافت عضلانی از راه تغذیه مناسب پس از هر جلسه تمرینی/مسابقه ورزشی یکی از اولویت های بازیافت در ورزشکاران است که باید مورد توجه قرار گیرد [۲، ۳]. هر چند، ممکن است یک جلسه فعالیت ورزشی باعث کاهش کامل ذخایر گلیکوژن عضلانی نشود، اما کاهش نسبی گلیکوژن محتمل است [۴] و این می تواند بر عملکرد بعدی ورزشکار و نیز سازگارهای تمرینی تاثیر گذار باشد. از آنجایی که آسیب عضلانی نیز در اثر انقباضات اسنتریک با ذخیره گلیکوژن تداخل دارد [۱]، بنابراین مصرف منابع کافی کربوهیدراتی و پروتئینی هنگام ریکاوری برای ورزشکاران مهم است

[۱، ۵]. پیشنهاد شده است برای به حداکثر رساندن بازسازی گلیکوژن عضلانی، ورزشکاران باید ۱-۱.۵ گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن کربوهیدرات را ظرف ۳۰ دقیقه پس از هر مسابقه/تمرین مصرف کنند [۳، ۶]. شکل کربوهیدرات مصرفی برای تامین سوسترا سنتز اهمیت کمتری دارد [۳]. با این حال، اشکال مایع یک راه عملی و جذاب برای برآوردن نیازهای سوختگیری سریع پس از مسابقه/تمرین است [۳، ۷]. به علاوه به تازگی نشان داده شده است استفاده از موز و نیز عسل شکل های مفیدی از منبع کربوهیدراتی برای بهبود عملکرد و تسریع ریکاوری هستند [۳، ۸]. همچنین شیر به عنوان یک منبع عالی از پروتئین، کربوهیدرات و املاح به شکل مایع است [۲].

شیر و محصولات مبتنی بر شیر (به عنوان مثال محصولات لبنی) یک گروه غذایی مهم هستند که تعدادی از مواد مغذی ضروری، به ویژه پروتئین و کلسیم را به خوبی تامین می کنند [۲]. در این راستا، شیر احتمالاً نقش مهمی در رژیم غذایی روزانه بسیاری از ورزشکاران ایفا می کند [۲، ۹]. شیر تقریباً ایزوتونیک است (اسمولالیت ۲۸۰-۲۹۰ mosmol/kg) و مخلوطی از پروتئین با کیفیت بالا، چربی های مفید، کربوهیدرات، آب و ریزمغذی ها (به ویژه سدیم) است [۲، ۱۰]. به علاوه، پروتئین شیر سرشار از اسیدهای آمینه ضروری و لوسین است و هنگامی که بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی مصرف شود، سنتز پروتئین عضلانی (MPS) را در مقایسه با یک نوشیدنی سویا (با میزان درشت مغذی یکسان) افزایش می دهد [۲، ۱۰]. به طور کلی به نظر می رسد مصرف شیر پس از فعالیت ورزشی به طور مفیدی بر بازگردش پروتئین عضلانی تأثیر می گذارد و برخی سازگاری های فنوتیپی با فعالیت ورزشی را نیز افزایش می دهد، که به نوبه خود پیامدهای واضحی برای عملکرد (به عنوان مثال افزایش قدرت یا آمادگی هوازی) دارند [۲]. به علاوه، کربوهیدرات موجود در شیر سوسترای لازم را برای سنتز مجدد گلیکوژن عضلانی فراهم می کند، هرچند حجم شیر مورد نیاز برای رسیدن به میزان هدف برای حداکثر سنتز مجدد گلیکوژن عضلانی باید زیاد باشد [۲]. بنابراین، اگر حداکثر سرعت سنتز گلیکوژن عضلانی مورد نیاز باشد، شیر به تنهایی کافی نیست. از این رو استفاده از ترکیبات کربوهیدراتی در کنار شیر می تواند یک گزینه عالی برای تسریع روند بازیابی و ریکاوری پس از فعالیت های ورزشی شدید باشد.

گالاکتوز، یکی از مونوساکاریدهایی که لاکتوز قند شیر را می سازد، ترجیحاً توسط کبد متابولیزه می شود [۱۱]. در واقع، سنتز مجدد گلیکوژن کبد پس از مصرف گالاکتوز در مقایسه با مصرف گلوکز و مشابه آن در مقایسه با مصرف فروکتوز افزایش یافته می یابد [۱۱]. بنابراین، علاوه بر فراهم کردن بستری برای سنتز مجدد گلیکوژن عضلانی، مصرف شیر پس از ورزش ممکن است یک بستر ترجیحی برای تقویت/تسریع سنتز مجدد گلیکوژن کبد فراهم می کند [۲]. همچنین، مصرف شیر پس از فعالیت ورزشی ممکن است به بازگرداندن آب از دست رفته بدن و حفظ وضعیت هیدراتاسیون بدن کمک کند [۲، ۱۲، ۱۳]. به طور خلاصه، شیر یک منبع کربوهیدرات-پروتئینی در دسترس آسان است و ترکیبات غذایی منحصر به فردی دارد که آن را به عنوان یک نوشیدنی ریکاوری پس از ورزش برای بسیاری از ورزشکاران ایده آل می کند [۲، ۱۲-۱۴].

علاوه بر شیر، موز از محصولات میوه ای متعارف در جهان است و منبع مهم انرژی کربوهیدراتی به شمار می روند [۸]. در مجموع موز منبع غنی کربوهیدرات، منیزیم، پتاسیم و ترکیبات فنولی وابسته به گونه (مانند اپی کاتچین، گالوکاتچین، اسید گالیک، اسید پروتوکاتچوئیک) است. به طور متوسط، موز حاوی ۷ میلی گرم معادل اسید گالیک، سطوح بالای ویتامین A، ویتامین C و طیف وسیعی از کاروتنوئیدها (مانند لوتئین، زآگزانتین آلفا-کاروتن و بتا-کاروتن) است [۱۵]. یک عدد موز کالری متوسط (تقریباً ۱۱۸ گرم) ۱۰۵ کیلو کالری و ۲۷ گرم کربوهیدرات شامل ۶.۴ گرم نشاسته، ۳.۱ گرم فیبر غذایی و ۱۴.۴ گرم قند (۵.۹ گرم گلوکز، ۵.۷ گرم فروکتوز، ۲.۸ گرم ساکارز) فراهم می کند [۱۶]. شاخص گلیسمی موز ۵۱ است (امتیاز کم تا متوسط)، شبیه به انگور، انبه، آناناس، کشمش، آب پرتقال و عسل [۱۷]. موز منبع خوبی از پتاسیم (۴۲۲ میلی گرم) و ویتامین B6 (۰.۴۳ میلی گرم) است و حاوی متابولیت های ثانویه مانند کاتکول آمین ها، از جمله دوپامین با غلظت

۲.۵ تا ۱۰ میلی گرم در پالپ و انواع ترکیبات فنولی است [۸]. ارزش آنتی اکسیدانی موز که در واحدهای ظرفیت جذب رادیکال اکسیژن (ORAC) توصیف شده است ۱۰۳۷ میکرومول معادل ترولاکس (TE) است که مشابه میوه کیوی و آب پرتقال است [۸]. بسیاری از ترکیبات فرار موز و استر و الکل نقش مهمی در خواص معطر دارند [۸].

تأثیر حاد مصرف موز با آب را در مقابل نوشیدنی حاوی ۶ درصد کربوهیدرات (هر دو ۰.۸ گرم بر کیلوگرم کربوهیدرات در ساعت) بر عملکرد دوچرخه سواری ۷۵ کیلومتری و التهاب پس از ورزش و استرس اکسایشی با استفاده از پروفایل مبتنی بر متابولومیک مقایسه شده است [۱۸]. سطوح و عملکرد گلوکز خون بین آزمون های موز و کربوهیدرات ۶ درصد تفاوتی نداشت، افزایش بیومارکرهای التهابی ناشی از فعالیت ورزشی، از جمله سیتوکین ها و فاگوسیتوز گرانولوسیتی، مشابه و پایین تر از سطوحی بود که قبلاً در طول مطالعات فقط آب در آزمایشگاه اندازه گیری شده بود [۱۸]. همچنین تغییرات متابولیت پس از ۷۵ کیلومتر دوچرخه سواری از نظر آماری متفاوت نبود، که نشان دهنده الگوی مشابهی از استفاده از سوسترای سوخت است [۱۸]. همچنین، نیمین و همکارانش (۲۰۱۵) نشان دادند، مصرف میوه موز و گلابی عملکرد دوچرخه سواری ۷۵ کیلومتری را بهبود می بخشد، استفاده از اسیدهای چرب و اکسیداسیون را کاهش می دهد و با تقویت دفاع آنتی اکسیدانی ناشی از فنول های خود به کاهش فشار اکسایشی می انجامد [۸]. متعاقباً نیمین و همکارانش ۲۰۱۸ نشان دادند، مصرف CHO حاصل از موز یا یک نوشیدنی قندی تأثیر قابل مقایسه ای در کاهش اختلالات متابولیک و التهاب به دنبال دوچرخه سواری ۷۵ کیلومتری داشت [۱۹]. میلر و همکارانش (۲۰۱۲) نیز نشان دادند، خوردن ۲ تا ۳ وعده موز باعث افزایش جزئی در غلظت پتاسیم پلاسما می شود. افزایش جزئی در غلظت پتاسیم پلاسما ۳۰ تا ۶۰ دقیقه پس از مصرف موز رخ داد و خوردن موز بعید است که یک درمان موثر برای گرفتگی عضلات مرتبط با فعالیت ورزشی باشد [۲۰]. مطالعه دیگری نیز اشاره کرده است مصرف موز قبل از فعالیت ورزشی بیشتر از مصرف گندم سیاه یا آب به عملکرد ورزشی کمک می کند [۲۱]. با وجود این، تأثیر ترکیبی شیر و موز بر عملکرد ورزشی و ریکاوری ورزشکاران به طور دقیق تا کنون مطالعه نشده است.

بنابراین با توجه به حجم کم مطالعات پژوهشی درباره تأثیر مصرف همزمان ترکیبات کربوهیدرات-پروتئینی ترکیبی مانند شیر و موز بر عملکرد ورزشی و ریکاوری ورزشکاران و نیز برخی شواهد امیدوارکننده درباره مصرف مستقل آن ها هدف اصلی پژوهشگران در مطالعه حاضر این بود که تأثیر مصرف اسموتی شیر-موز بر عملکرد عضلانی مردان ورزشکار چگونه است.

۲. روش

۲-۱. نوع و طرح تحقیق

در این پژوهش که به صورت کاربردی و با طرح متقاطع دوسوکور اجرا شد، تأثیر مصرف اسموتی شیر موز بر توان عملکردی و کوفتگی عضلانی در مردان ورزشکار تفریحی بررسی شد. شرکت کنندگان شامل ۱۲ مرد فعال ورزشی با دامنه سنی ۱۸ تا ۳۰ سال بودند که به صورت در دسترس انتخاب و به طور تصادفی در سه وضعیت مکمل گیری شامل: شیر + موز (MB)، شیر + طعم دهنده موز (M)، و دارونما (PLA) قرار گرفتند. ویژگی های دموگرافیک شرکت کنندگان در جدول ۱ ذکر شده است. معیارهای ورود شامل سابقه فعالیت منظم در یک سال گذشته، عدم مصرف مکمل در یک ماه گذشته، سلامت عمومی تأیید شده، و نداشتن حساسیت غذایی بود. خروج از مطالعه در صورت مصرف مکمل خارج از پروتکل، آسیب دیدگی، یا عدم رعایت دستورالعمل ها لحاظ شد. متغیرهای وابسته نیز شامل گشتاور اوج ایزوکینتیک عضلات بازکننده و خم کننده زانو، نرخ توسعه نیرو (AvRFD) در هر دو گروه عضلانی، و میزان کوفتگی عضلانی تأخیری (DOMS) بودند. گشتاور و AvRFD با استفاده از دینامومتر ایزوکینتیک Biodex در سرعت زاویه ای ۶۰ درجه بر ثانیه اندازه گیری شدند [۲۲]. همچنین، درد عضلانی (DOMS) با مقیاس آنالوگ بصری (VAS) در سه زمان: بلافاصله، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تمرین آسیبزا ارزیابی شد [۲۳].

۲-۲. روش اجرای پژوهش

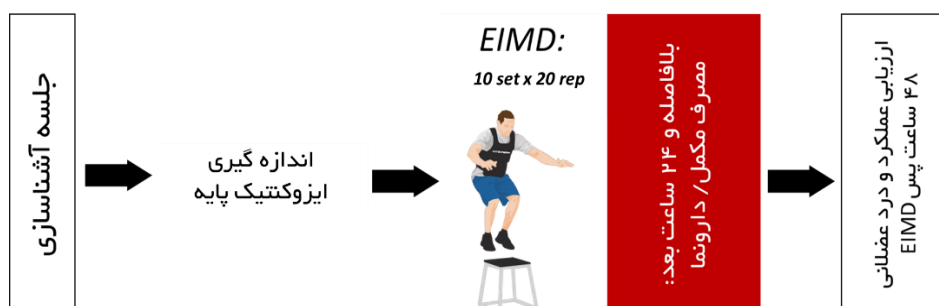
پس از ارائه توضیحات لازم در جلسه توجیهی و اخذ رضایت‌نامه کتبی، شرکت‌کنندگان در یک جلسه ارزیابی پایه‌ای جهت اندازه‌گیری گشتاور و AvRFD شرکت کردند. سپس، پس از یک دوره پاکسازی (washout) به مدت یک هفته، شرکت‌کنندگان در سه جلسه مجزای تمرین آسیب‌زا (EIMD) و مصرف مکمل یا دارونما (به‌صورت تصادفی و دوسوکور) حضور یافتند. تمرینات القاکننده آسیب عضلانی (EIMD) برای تمام شرکت‌کنندگان یکسان بود. در هر مرحله، مکمل‌گیری در دو نوبت: بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از تمرین آسیب‌زا انجام شد. ۴۸ ساعت پس از EIMD، مجدداً ارزیابی ایزوکتیک و سنجش DOMS انجام گردید. همچنین برای کنترل رژیم غذایی، از یادآمد غذایی استفاده شد. در شرایط دارونما، از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا ۴۸ ساعت از مصرف شیر یا موز اجتناب نمایند.

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد قد، وزن، شاخص توده‌ی بدنی شرکت‌کنندگان

متغیر (واحد)	میانگین	انحراف استاندارد
سن (سال)	۱۹/۰۹	۱/۵۷
قد (سانتی متر)	۱۸۲/۲۹	۹/۵۸
وزن (کیلوگرم)	۷۰/۸۳	۱۱/۴۶
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع)	۲۱/۱۹	۲/۰۰

۲-۳. القای آسیب عضلانی و پروتکل مکمل دهی

پروتکل القای آسیب عضلانی (EIMD) بر اساس مطالعه همتی‌نفر و همکاران (۲۰۲۳) طراحی شد و شامل ۱۰ نوبت ۲۰ تکراری اسکوات پرشی با جلیقه وزنه معادل ۱۰ درصد وزن بدن بود که بین هر تکرار ۴ ثانیه و بین هر نوبت ۳ دقیقه استراحت در نظر گرفته شد [۲۳]؛ پیش از آغاز تمرین نیز گرم‌کردن پویا به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. شرکت‌کنندگان پس از هر جلسه تمرین، به‌صورت تصادفی در یکی از سه وضعیت مکمل‌گیری قرار گرفتند: (۱) مصرف اسموتی شیر موز (MB) شامل ۲۵۰ میلی‌لیتر شیر + ۱۰۰ گرم موز، (۲) مصرف شیر با طعم‌دهنده موز (M) شامل ۲۵۰ میلی‌لیتر شیر + طعم‌دهنده موز + ۱۰۰ میلی‌لیتر آب، و (۳) دارونما (PLA) شامل ۳۵۰ میلی‌لیتر آب + طعم‌دهنده شیر موز. مکمل یا دارونما در دو نوبت، بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از اجرای تمرین آسیب‌زا، به آزمودنی‌ها داده شد و سپس ارزیابی عملکردی و احساسی پس از ۴۸ ساعت صورت گرفت.



شکل ۱. طرح مفهومی پارامترهای اندازه‌گیری شده

۲-۴. روش اندازه گیری متغیرهای پژوهش

۲-۴-۱. گشتاور اوج ایزوکنینتیکی (PT)

حداکثر گشتاور تولیدشده توسط عضلات خم کننده و بازکننده زانو در سرعت زاویه ای ۶۰ درجه بر ثانیه که با استفاده از دینامومتر ایزوکنینتیک Biodex (ساخت آمریکا) اندازه گیری شد. از میان سه تلاش ثبت شده، بالاترین مقدار به عنوان رکورد نهایی در نظر گرفته شد.

۲-۴-۲. متوسط نرخ توسعه نیرو (AvRFD)

این شاخص از تقسیم گشتاور اوج بر زمان رسیدن به آن ($\Delta\text{Torque}/\Delta\text{Time}$) در سرعت زاویه ای ۶۰ درجه بر ثانیه محاسبه شد. AvRFD به طور مجزا برای عضلات بازکننده و خم کننده زانو اندازه گیری گردید.

۲-۴-۳. درد عضلانی تأخیری (DOMS)

میزان احساس ذهنی از درد عضلانی بلافاصله، ۲۴ ساعت و ۴۸ ساعت پس از تمرین آسیبزا (EIMD) با استفاده از مقیاس آنالوگ بصری (VAS) ارزیابی شد. مقیاس آنالوگ بصری (Visual Analogue Scale; VAS) ابزاری رایج، معتبر و حساس برای ارزیابی شدت احساسات ذهنی مانند درد یا کوفتگی عضلانی است. این مقیاس به صورت یک خط افقی ۱۰ سانتی متری ارائه می شود که دو انتهای آن بیانگر دو قطب شدت احساس هستند. در مطالعه حاضر، انتهای سمت چپ خط با عبارت «بدون درد» (۰) و انتهای سمت راست با عبارت «بیشترین درد قابل تصور» (۱۰) مشخص شد. از آزمودنی خواسته می شود تا شدت درد عضلانی خود را با علامت گذاری روی این خط مشخص کند. فاصله نقطه علامت گذاری شده از ابتدای خط (بر حسب میلی متر) به عنوان نمره درد فرد ثبت می شود؛ به عنوان مثال، علامت گذاری در نقطه ۶۰ به معنای تجربه درد با شدت ۶ از ۱۰ است. این ابزار برای ارزیابی شدت کوفتگی عضلانی تأخیری (DOMS) در سه زمان بلافاصله، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از تمرین آسیبزا استفاده شد.

۲-۵. تجزیه و تحلیل آماری

جهت تجزیه تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. ابتدا توزیع طبیعی داده ها بررسی و برای داده های با توزیع طبیعی از آزمون آماری آنوای با اندازه گیری مکرر یک راهه و دوراهه (Repeated measure Anova) استفاده شد. همچنین از آزمون تعقیبی بانفرونی جهت مقایسه دو به دو و تعیین محل دقیق اختلافات استفاده شد. سطح معنی داری نیز ($p < 0.05$) در نظر گرفته شد.

۳. یافته های پژوهش

۳-۱. عملکرد ایزوکنینتیکی بازکننده های زانو

آنوا نشان داد، اثر اصلی شرایط بر اوج گشتاور ایزوکنینتیکی بازکننده های زانو معنادار بود ($F(3,33)=6.50, P=0.001$)، ($\eta^2=0.37$) (جدول ۲) (شکل ۲). با این حال اثر اصلی شرایط بر RFD متوسط بازکننده های زانو معنادار نبود ($F(3,33)=1.9, P=0.15, \eta^2=0.15$) (جدول ۲) (شکل ۲). آزمون تعقیبی بانفرونی نشان داد، اگرچه پس از مصرف دارونما اوج گشتاور ایزوکنینتیکی بازکننده های زانو نسبت به سطوح پایه کاهش معناداری داشته است ($P < 0.05$) اما پس از مصرف شیر یا شیر+موز در مقایسه با سطوح پایه تغییرات معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$) (جدول ۴-۵). همچنین یافته ها نشان داد، پس از مصرف شیر در مقایسه با دارونما اوج گشتاور ایزوکنینتیکی به طور معناداری افزایش یافته بود ($P < 0.05$) با این حال تفاوت معناداری بین شیر+موز و شرایط دارونما مشاهده نشد ($P > 0.05$).

۳-۲. عملکرد ایزوکنینتیکی خم کننده های زانو

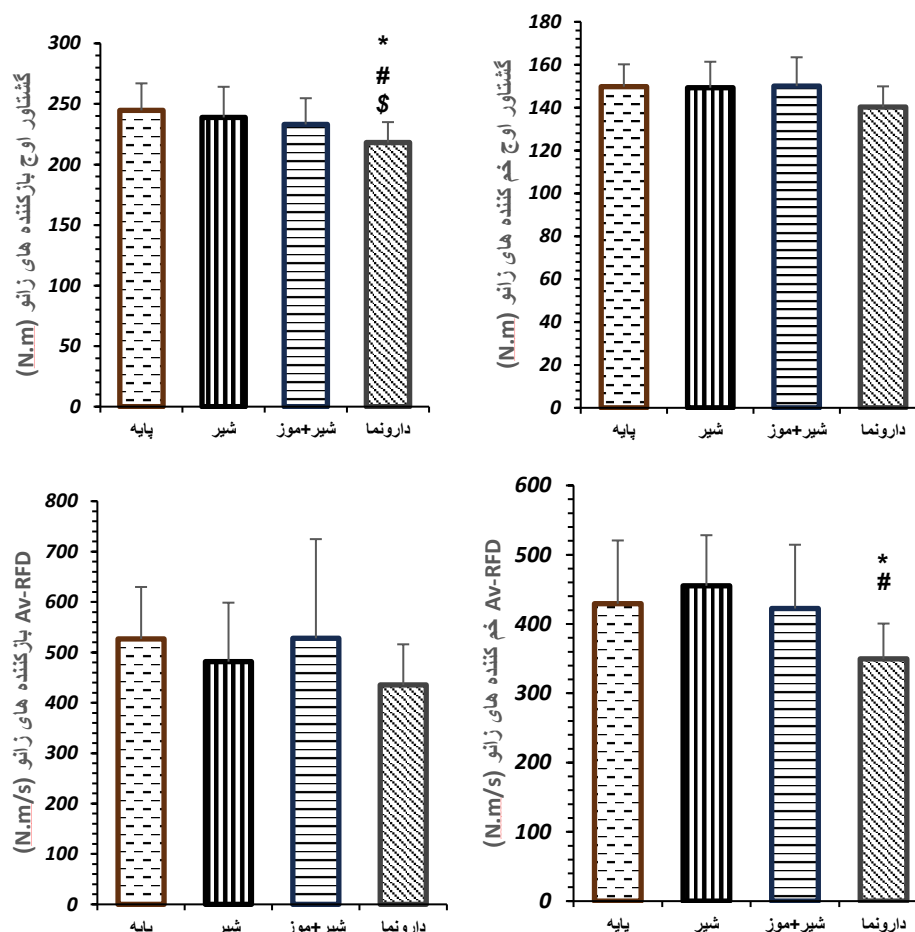
آنوا با اندازه گیری مکرر یک راهه نشان داد، اثر اصلی شرایط بر اوج گشتاور ایزوکنتریک خف کننده های زانو معنادار نبود ($F(3,33)=2.50, P=0.07, \text{Eta}^2=0.18$). با این حال اثر اصلی شرایط بر RFD متوسط خف کننده های زانو معنادار بود ($F(3,33)=4.9, P=0.006, \text{Eta}^2=0.31$). آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد، مقادیر RFD متوسط در شرایط شیر و شیر + موز به طور معناداری نسبت به شرایط دارونما افزایش داشته است ($P<0.05$) اما در مقایسه با شرایط پایه تغییرات معناداری مشاهده نشد ($P>0.05$) (جدول ۲ و شکل ۲).

۳-۳. کوفتگی عضلانی تاخیری (DOMS)

برای آزمون این فرض از تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر دو راهه استفاده شد. آنوا نشان داد، اثر اصلی شرایط ($F(2,22)=2.37, P=0.12, \text{Eta}^2=0.18$) و تعامل شرایط $\times$ زمان ($F(4,44)=0.42, P=0.79, \text{Eta}^2=0.03$) بر کوفتگی عضلانی درک شده معنادار نبود (جدول ۳) (شکل ۳). با این حال اثر اصلی زمان بر مقادیر کوفتگی عضلانی معنادار بود ($F(2,22)=40.16, P=0.001, \text{Eta}^2=0.80$). آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد، ۴۸ ساعت پس از فعالیت ورزشی مقادیر کوفتگی عضلانی درک شده در هر سه شرایط به طور معناداری نسبت به بلافاصله پس از ورزش و همچنین ۲۴ ساعت پس از ورزش کاهش معناداری داشته است ($P<0.05$) اما مقایسه بلافاصله پس از ورزش و ۲۴ ساعت پس از ورزش در هیچ یک شرایط ها تغییرات معناداری نداشته است ($P>0.05$).

جدول ۲. یافته های توصیفی و استنباطی مربوط به شاخص های ایزوکنتریک عضلات بازکننده و خم کننده زانو

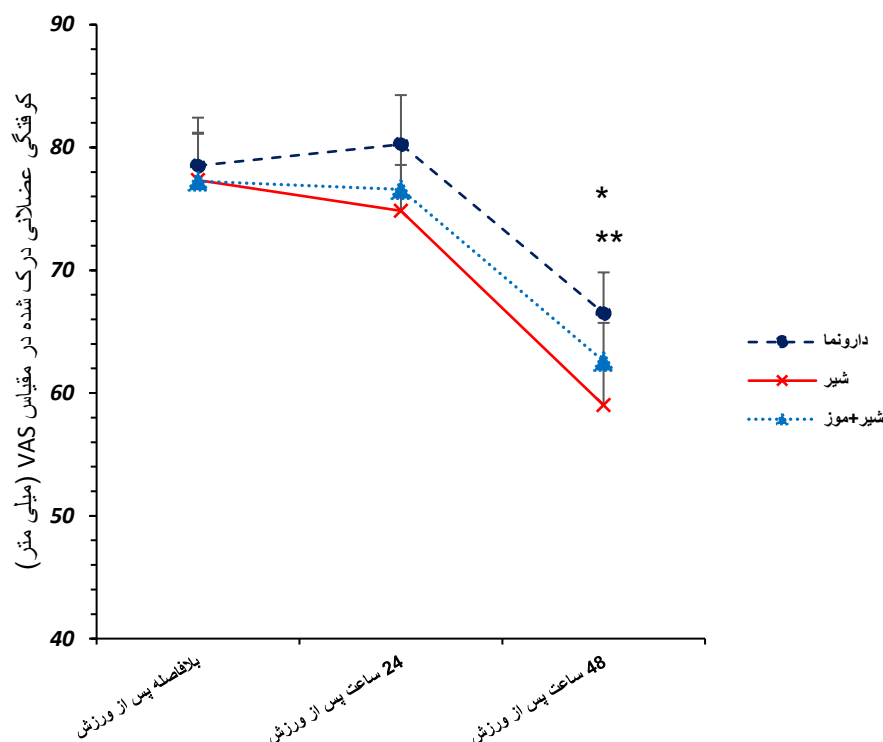
ANOVA	شیر موز	شیر	دارونما	پایه	متغیر
Sig	F	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین
۰/۰۰۱	۶/۵	۲۳۳/۰۹ $\pm$ ۲۱/۶۷	۲۳۸/۸۶ $\pm$ ۲۵/۳۱	۲۱۸/۱۳ $\pm$ ۱۶/۸۶	۲۴۴/۶۹ $\pm$ ۲۲/۳۲
۰/۰۷۵	۲/۵۲	۱۵۰/۰۳ $\pm$ ۱۳/۴۳	۱۴۹/۲۷ $\pm$ ۱۲/۱۲	۱۴۰/۲۴ $\pm$ ۹/۶۷	۱۴۹/۷۷ $\pm$ ۱۰/۴۱
۰/۱۵	۱/۹	۵۲۸/۰۲ $\pm$ ۱۹۶/۷۴	۴۸۱/۶۸ $\pm$ ۱۱۶/۹۹	۴۳۵/۴۳ $\pm$ ۸۰/۶۲	۵۲۶/۷۲ $\pm$ ۱۰۳/۱۰
۰/۰۰۶	۴/۹۱	۴۲۲/۳۷ $\pm$ ۹۲/۰۶	۴۵۵/۱۳ $\pm$ ۷۳/۰۸	۳۴۹/۷۰ $\pm$ ۵۰/۹۸	۴۲۹/۳۶ $\pm$ ۹۱/۲۴



شکل ۲. تغییرات شاخص های ایزوکنتریک تولید نیرو در شرایط های مختلف. *: تفاوت معنادار با شرایط شیر، #: تفاوت معنادار با شیر+موز، \$: تفاوت معنادار با پایه؛ (P<0.05)

جدول ۳. یافته های توصیفی و استنباطی مربوط به کوفتگی تاخیر عضلانی (DOMS) در شرایط و زمان های مختلف

Two-way ANOVA			شیر موز	شیر	دارونما	متغیر
اثر تعاملی	اثر زمان	اثر شرایط	انحراف استاندارد میانگین	انحراف استاندارد میانگین	انحراف استاندارد میانگین	
F=۰/۴۲ sig=۰/۷۹	F=۴۰/۱۶ sig<۰/۰۰۱	F=۲/۳۷ sig=۰/۱۱۶	۷۷/۲۵ ± ۸/۸۸	۷۷/۳۳ ± ۹/۸۴	۷۸/۵۰ ± ۸/۴۳	DOMS بلافاصله پس از ورزش
			۷۶/۵۸ ± ۷/۶۰	۷۴/۸۳ ± ۹/۴۹	۸۰/۲۵ ± ۱۱/۲۰	DOMS ۲۴ ساعت پس از ورزش
			۶۲/۵۸ ± ۶/۵۴	۵۹/۰۰ ± ۱۲/۳۴	۶۶/۵۰ ± ۷/۹۸	DOMS ۴۸ ساعت پس از ورزش



شکل ۳. تغییرات کوفتگی عضلانی درک شده در شرایط های مختلف. * تفاوت معنادار با بلافاصله پس از ورزش، ** تفاوت معنادار با ۲۴ ساعت پس از ورزش؛ ($P < 0.05$)

۴. بحث و نتیجه گیری

این مطالعه به منظور تعیین تأثیر مکمل دهی پروتئین-کربوهیدراتی اسموتی شیر موز پس از EIMD بر بازیابی پارامترهای عملکردی (گشتاور اوج عضلات بازکننده و خم کننده زانو، متوسط نرخ توسعه نیرو) و علائم کوفتگی عضلانی DOMS تاخیری (درد عضلانی درک شده) انجام شد. به طور کلی یافته ها نشان داد، مکمل دهی شیر یا شیر+موز می تواند باعث بهبود معنادار در ریکاوری عملکرد عضلانی (PT باز کننده های زانو و AvRFD خم کننده های زانو) شود اما در مقایسه با دارونما تأثیر معناداری بر کاهش ادراک DOMS نداشت. همسو با این یافته ها برخی مطالعات قبلی نیز نشان داده اند که مصرف شیر به تنهایی یا به همراه منابع کربوهیدراتی می تواند در بهبود ریکاوری عملکرد موثر باشد. برای مثال، کارپ و همکاران، ۲۰۰۶ نشان داده اند که مصرف شیر شکلات می تواند در مقایسه با دارونما ریکاوری عملکرد استقامتی را در مردان تمرین کرده استقامتی بهبود بخشد [۹]. در یک مطالعه مروری نیز، روسو و همکارانش، ۲۰۱۹ اظهار کردند که شیر در مقایسه با جایگزین های غیر مغذی کربوهیدرات و (یا) کربوهیدرات-الکترولیت، می تواند کیفیت های تغذیه ای قابل مقایسه یا برتری را از نظر سنتز پروتئین عضلانی، پر کردن مجدد گلیکوژن، آبرسانی مجدد و متعاقب آن عملکرد ورزش استقامتی فراهم کند [۲۴]. رانکین و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که مصرف ۵۰۰ میلی لیتر شیر می تواند افت عملکرد ناشی از فعالیت ورزشی سرعتی تکراری را کاهش دهد و در نتیجه باعث تشریع ریکاوری ورزشکاران شود [۲۴]. علاوه بر این رانکین و همکاران همسو با یافته های این مطالعه تایید کردند که پس از EIMD مقادیر DOMS طی ۲۴ ساعت به بیشترین حد خود می رسد و تا ۷۲ ساعت پس از EIMD نیز به سطوح پایه نرسید [۲۵]. همچنین بین مصرف شیر و دارونما نیز تفاوت معناداری در

کاهش سریال زمانی ادراک DOMS مشاهده نشد هر چند از نظر درصد تغییرات مزایایی برای مصرف شیر در مقایسه با دارونما مشاهده شد.

برخی از سازوکارها ممکن فواید مشاهده شده اسموتی شیر یا شیر موز بر عملکرد عضلانی را توضیح دهد. ترکیب شیر با ۸۰ درصد کازئین و ۲۰ درصد پروتئین آب پنیر، تحویل سریع و آهسته آمینو اسیدها را برای نوسازی پروتئین عضلانی فراهم می کند [۱۰]. در واقع مصرف پروتئین با کیفیتی مثل شیر در اوایل دوره ریکاوری احتمالاً فسفوریلاسیون پروتئین های پیام رسان مانند mTOR را افزایش می دهد که بیان زن و ساخت پروتئین درون عضلانی را تنظیم می کنند، در نتیجه سنتز پروتئین عضلانی را تقویت می کنند [۲۵، ۲۶]. علاوه بر این، ممکن است شیر تأثیر مثبتی بر مسیرهای تخریبی کالپین^۱ داشته باشد که به دنبال ورزش اکسنتریک و در نتیجه افزایش غلظت سلولی کلسیم فعالیت آن به طور افزایشی تنظیم می شود [۲۵، ۲۷]. بنابراین کاهش فعال سازی مسیر کالپین در پاسخ به مصرف شیر یا اسموتی پروتئین-کربوهیدرات منجر به حفظ یکپارچگی پروتئین تارچه ای و غشاء و توانایی انتقال نیرو و کاهش افت عملکرد عضلانی در طول دوره ریکاوری می شود [۲۴، ۲۵]. علاوه بر این، افزایش سطح انسولین به دنبال مصرف شیر یا شیر موز مشاهده شده است [۲۸، ۲۹]. افزایش سطح انسولین، احتمالاً از طریق مسیر یوبیکوئیتین-پروتئازوم، تجزیه پروتئین عضلانی را مهار می کند [۳۰] و بیشتر به حفظ عملکرد عضلانی به دنبال EIMD کمک می کند.

دلایل ناهمسوایی در نتایج بین گشتاور اوج و RFD (بهبود RFD متوسط خم کننده های زانو و عدم تغییر PT آن ها در کنار بهبود معنادار PT بازکننده های زانو و عدم تغییر RFD متوسط باز کننده های زانو) نامشخص است. با این حال ممکن است به آسیب ترجیحی تارهای نوع II در اثر بارگذاری اکسنتریک در عضلات بازکننده های زانو ارتباط داشته باشد که نشان داده شده است به کاهش توانایی تولید نیرو منجر می شود [۳۱، ۳۲]. با این حال ذکر این نکته نیز اهمیت دارد که در مطالعه حاضر تنها RFD متوسط تجزیه و تحلیل شده است و سایر جنبه های نرخ توسعه نیرو مانند RFDmax یا RFD ۱۰۰ میلی ثانیه ابتدایی اندازه گیری نشدند. از این رو ممکن است این محدودیت های روش شناختی نیز در ناهمبستگی یافته های مربوط به PT و RFD نقش داشته باشد. با توجه به اینکه نتایج PT بازکننده ها و خم کننده های زانو با یکدیگر هماهنگ نبود، تحقیقات بیشتر، با حجم نمونه بزرگتر، ممکن است بینش بیشتری ارائه دهد.

علاوه بر این، ناهمبستگی بین یافته های مربوط به عملکرد عضلانی و ادراک DOMS نشان دهنده مسیرهای مختلف برای بازیابی عملکرد عضلانی و ادراک درد عضلانی است. همسو با این یافته ها برخی از مطالعات قبلی [۲۵، ۳۳] نیز نشان داده اند که به رغم تغییرات معنادار در ریکاوری عملکرد عضلانی تغییرات معناداری در احساس درد عضلانی مشاهده نمی شود. با توجه به اینکه سنجش درد عضلانی درک شده معمولاً با استفاده از مقیاس های ذهنی انجام می شود، ممکن است به علت دقت ناکافی یا عدم حساسیت لازم، آثار مداخله ای را به طور کامل منعکس نکند [۲۵]. به علاوه در مطالعه حاضر شاخص های مربوط به آسیب عضلانی مانند کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز و یا پارامترهای التهابی مانند CRP و IL-6 اندازه گیری نشده اند. از آن جایی که معمولاً تغییرات درد احساس شده توسط التهاب و آسیب عضلانی میانجی گری می شود بنابراین ممکن است عدم تفاوت در تغییر این پارامترها نیز در نتایج مشاهده شده نقش داشته باشد. جالب توجه است که مطالعات متعددی نشان داده اند شیر و یا موز به علت مواد زیست فعالی که دارند مانند پروتئین با کیفیت، پلی فنول ها و طیف وسیع ویتامین/املاح می توانند در کاهش التهابات نقش بالقوه ای داشته باشند [۲، ۱۹]. از این رو پیشنهاد می شود در مطالعات بعدی با استفاده از حجم نمونه بیشتر و نیز سنجش همزمان پارامترهای آسیب عضلانی و التهاب نقش مکمل دهی اسموتی پروتئین-کربوهیدرات شیر موز بر ریکاوری ورزشکاران بیشتر مطالعه شود.

¹ calpain

۵. نتیجه گیری کلی

به طور کلی یافته های مطالعه حاضر نشان داد، مصرف شیر و یا شیر+موز -هر دو- می تواند در تسریع ریکاوری عملکرد عضلانی بازکننده ها و خم کننده های زانو نقش مهمی داشته باشد. علاوه بر این، از آن جایی که AvRFD خم کننده های زانو در شرایط شیر و شیر+موز بهبود معناداری نشان داد به نظر می رسد مصرف اسموتی های پروتئین و کربوهیدراتی در ریکاوری عملکرد های توانی و انفجاری نیز موثر باشد. بنابراین به ورزشکاران توصیه می شود به منظور ریکاوری قدرت و توان انفجاری از مصرف شیر و یا شیر+موز پس از جلسات تمرینی پر فشار استفاده کنند.

۶. منابع

1. Bishop, P.A., E. Jones, and A.K. Woods, Recovery from training: a brief review: brief review. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2008. 22(3): p. 1015–1024.
2. James, L.J., et al., Cow's milk as a post-exercise recovery drink: implications for performance and health. European Journal of Sport Science, 2019. 19(1): p. 40–48.
3. Bonilla, D.A., et al., The 4r's framework of nutritional strategies for post-exercise recovery: A review with emphasis on new generation of carbohydrates. International journal of environmental research and public health, 2021. 18(1): p. 103.
4. Maughan, R.J., M. Gleeson, and P.L. Greenhaff, Biochemistry of exercise and training. (No Title), 1997.
5. Beck, K.L., et al., Role of nutrition in performance enhancement and postexercise recovery. Open access journal of sports medicine, 2015: p. 259–267.
6. Kerksick, C.M., et al., International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. Journal of the international society of sports nutrition, 2017. 14(1): p. 33.
7. Keizer, H., et al., Influence of liquid and solid meals on muscle glycogen resynthesis, plasma fuel hormone response, and maximal physical working capacity. International Journal of Sports Medicine, 1987. 8(02): p. 99–104.
8. Nieman, D.C., et al., Metabolomics-based analysis of banana and pear ingestion on exercise performance and recovery. Journal of Proteome Research, 2015. 14(12): p. 5367–5377.
9. Karp, J.R., et al., Chocolate milk as a post-exercise recovery aid. International journal of sport nutrition and exercise metabolism, 2006. 16(1): p. 78–91.
10. Wilkinson, S.B., et al., Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. The American journal of clinical nutrition, 2007. 85(4): p. 1031–1040.
11. Décombaz, J., et al., Fructose and galactose enhance postexercise human liver glycogen synthesis. Med Sci Sports Exerc, 2011. 43(10): p. 1964–71.
12. Shirreffs, S.M., P. Watson, and R.J. Maughan, Milk as an effective post-exercise rehydration drink. British Journal of Nutrition, 2007. 98(1): p. 173–180.

13. Aragón-Vargas, L.F., J.C. Garzón-Mosquera, and J.A. Montoya-Arroyo, Skimmed, Lactose-Free Milk Ingestion Postexercise: Rehydration Effectiveness and Gastrointestinal Disturbances Versus Water and a Sports Drink in Physically Active People. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 2024. 34(5): p. 258–266.
14. Pournemati, P., F. Amirshaghghi, and M.R. Mohammadi, The Effect of Milk and Chocolate Milk Consumption on Rehydration and Endurance Performance in Futsal Players. *Sport Physiology & Management Investigations*, 2021. 12(4): p. 169–179.
15. Naderi, A., et al., Fruit for sport. *Trends in food science & technology*, 2018. 74: p. 85–98.
16. Folz, J.S., D. Shalon, and O. Fiehn, Metabolomics analysis of time-series human small intestine lumen samples collected in vivo. *Food & Function*, 2021. 12(19): p. 9405–9415.
17. Mosele, J.I. and M.-J. Motilva, Phenol biological metabolites as food intake biomarkers, a pending signature for a complete understanding of the beneficial effects of the Mediterranean diet. *Nutrients*, 2021. 13(9): p. 3051.
18. Schraner, D., et al., Metabolite concentration changes in humans after a bout of exercise: a systematic review of exercise metabolomics studies. *Sports medicine-open*, 2020. 6(1): p. 11.
19. Nieman, D.C., et al., Metabolic recovery from heavy exertion following banana compared to sugar beverage or water only ingestion: A randomized, crossover trial. *PLoS One*, 2018. 13(3): p. e0194843.
20. Miller, K.C., Plasma potassium concentration and content changes after banana ingestion in exercised men. *Journal of Athletic Training*, 2012. 47(6): p. 648–654.
21. Marx, C.J.C., Difference between buckwheat and banana in ability to improve sports performance. *Group*, 2019. 11: p. 01.
22. Niknam, A., et al., Plyometric training with additional load improves jumping performance and isokinetic strength parameters of knee extensors and flexors in young male soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 2024. 42(21): p. 1986–2004.
23. Hemmatinafar, M., et al., Effect of beetroot juice supplementation on muscle soreness and performance recovery after exercise-induced muscle damage in female volleyball players. *Nutrients*, 2023. 15(17): p. 3763.
24. Russo, I., et al., Systematic literature review: The effect of dairy milk on markers of recovery optimisation in response to endurance exercise. *International Journal of Sports Science*, 2019: p. 69–85.
25. Rankin, P., et al., Milk: an effective recovery drink for female athletes. *Nutrients*, 2018. 10(2): p. 228.
26. West, D.W., et al., Rapid aminoacidemia enhances myofibrillar protein synthesis and anabolic intramuscular signaling responses after resistance exercise. *The American journal of clinical nutrition*, 2011. 94(3): p. 795–803.
27. Croall, D.E. and G.N. Demartino, Calcium-activated neutral protease (calpain) system: structure, function, and regulation. *Physiological reviews*, 1991. 71(3): p. 813–847.
28. Gannon, M., et al., The serum insulin and plasma glucose responses to milk and fruit products in type 2 (non-insulin-dependent) diabetic patients. *Diabetologia*, 1986. 29(11): p. 784–791.

29. Hermansen, K., et al., Influence of ripeness of banana on the blood glucose and insulin response in type 2 diabetic subjects. *Diabetic Medicine*, 1992. 9(8): p. 739–743.
30. Abdulla, H., et al., Role of insulin in the regulation of human skeletal muscle protein synthesis and breakdown: a systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*, 2016. 59(1): p. 44–55.
31. Friden, J., M. Sjöström, and B. Ekblom, Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International journal of sports medicine*, 1983. 4(03): p. 170–176.
32. García-López, D., et al., Early explosive force reduction associated with exercise-induced muscle damage. *Journal of physiology and biochemistry*, 2006. 62(3): p. 163–169.
33. Cockburn, E., et al., Acute milk-based protein-CHO supplementation attenuates exercise-induced muscle damage. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 2008. 33(4): p. 775–783