Jundishapur
Scientific Medical Journal

September & October 2022. Vol 21. No 4

Research Paper

The Effect of Pea and Whey Protein Isolate Supplementation on Muscle Injury Following a Session of Intense Functional Activity

Nahid Hosseinzade[1], Niloofar Rajai GhasemGheshlagi[2], Reza Tahmasbi[3], Ali Khorjahani[4], *Mozafar Ghalavand[5]

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Danesh Alborz University, Abyek, Iran.
2. Department of Sport Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Department of Exercise Physiology, Factury of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
5. Deportment of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Dezfoul Branch, Islamic Azad University, Dezfoul, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Hosseinzade N, Tahmasbi R, Khorjahani A, Hosseini A, Ghalavand M. [The Effect of Pea and Whey Protein Isolate Supplementationon Muscle Injury Following a Session of Intense Functional Activity (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2022; 21(4):524-535. https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.4.2547

https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.4.2547

ABSTRACT

Background and Objectives Supplementation with amino acids for muscle recovery can be effective on oxidative stress and muscle damage. This study aims to compare the effects of pea protein and whey protein supplements on muscle damage, delayed onset muscle soreness (DOMS), and functional performance after high-intensity functional training (HIFT) bout in untrained overweight young men.

Subjects and Methods In this randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial, 30 untrained overweight young men were selected by a purposive sampling method and divided randomly into three different groups of pea protein (n=10), Whey Protein (n=10), and placebo (n=10). Variables related to muscle damage and DOMS were measured 24 hours after HIFT. Repeated measures ANOVA and Bonferroni post hoc test were used to compare the differences between groups.

Results There was a significant difference between the two evaluation stages. There was a significant difference between the Whey protein and pea protein groups compared to the placebo group ($P<0.05$), but no significant difference was found between the Whey protein and pea protein groups ($P<0.05$).

Conclusion The use of Whey protein, compared to pea protein, can reduce muscle damage and DOMS following HIFT.

Keywords Whey protein, Pea protein, High-intensity functional training, Delayed onset muscle soreness

Received: 06 Sep 2021
Accepted: 23 May 2022
Available Online: 23 Sep 2022

Corresponding Author:
Mozafar Ghalavand
Address: Deportment of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Dezfoul Branch, Islamic Azad University, Dezfoul, Iran.
Tel: +98 (939) 3422032
E-Mail: mozafarghalavand2@gmail.com

Jundishapur
Scientific Medical Journal

Extended Abstract

Introduction

The peak of delayed onset muscle soreness (DOMS) occurs 1-3 days after exercise, which is usually associated with muscle damage and inflammation, and its extent can vary from slight muscle stiffness to severe pain and irritation and movement limitation [5]. Examining the amount of DOMS after an high-intensity functional training (HIFT) session can provide valuable information in this regard. In recent studies, inactive subjects have been reported to have mild DOMS twenty hours after one session of HIFT or moderate-intensity exercise [7]. Today, protein supplements with high leucine content are used to reduce muscle damage and increase performance recovery after one session of acute high-intensity exercise.

Studies have shown that whey protein rich in leucine is digested quickly, and when consumed after exercise and before sleep, the anabolic response of the protein is created [11, 13]. Studies conducted using protein labeled with L-[1-13C]-phenylalanine have shown that at least half of dietary proteins are digested, absorbed and become available to peripheral tissues such as skeletal muscle, and whey protein is digested and absorbed faster than micellar casein [9]. Pea protein isolated from Pisum sativum contains 85% protein, 9% fat, and 4% ash with zero carbohydrate. One study showed that 50 g/day of pea protein or whey protein during a 12-week post-eccentric exercise led to a similar increase in muscle thickness compared to placebo [14]. This study aims to compare the effect of pea protein and whey protein on muscle damage indicators, DOMS, inflammation, and sports performance following 24 hours of HIFT in overweight untrained young men.

Methods

In this randomized, double-blind, placebo-controlled parallel-group clinical trial, 30 healthy males were selected by a purposive sampling method and randomly divided into three different groups of pea protein (n=10), Whey Protein (n=10), placebo (n=10). After one week of initial assessments, their blood samples were collected (in the fasting state) and physical fitness tests were performed. The DOMS score (from 1 to 10) was recorded before blood sampling [14]. Protein supplementation including Pea protein isolate 85.2% (NUTRALYS® S85 Plus, Roquette, Lestrem, France) and whey protein isolate 97.4% (biPro, Eden Prairie, MN, USA) was administrated with water at a dose of 0.3 g protein/kg body weight in a double-blind manner. The placebo group received 237 mL of water alone. The mean consumption of dietary protein is 103±4.3 g or approximately 1.25 g/kg per day for non-obese men [19].

Functional tests were performed five minutes after protein supplementation. Subjects then performed the HIFT for 60 minutes. Immediately after the HIFT protocol, participants' DOMS score was measured and their blood sample were taken. Then, they received another dose of proteins with water (0.3 g/kg) or placebo and repeated the selected functional tests. The participants refrained from consuming any food (except water) one hour after taking the second dose of supplements. Protein powders with water and placebo (water alone) were given to the participants in a shaker bottle and were told to consume them before going to bed in the evening.

Results

In the DOMS variable, the effects of time (P=0.001), group (P=0.001), and time×group (P=0.001) were significant. The post hoc test results showed a significant difference between evaluation times. In addition, the results of the Bonferroni test showed a significant difference between whey protein and placebo groups and between pea protein and placebo groups (P<0.05). A significant difference was also found between the whey protein and pea protein groups (P<0.05), where the effect of whey protein isolate was greater than that of pea protein and placebo. In the creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH) variables, the effect of time (P=0.001), group (P=0.001) and time×group was significant (P=0.001). The post hoc test results indicated a significant difference between evaluation stages. In addition, the results of the Bonferroni test showed a significant difference between the whey protein and pea protein groups, compared to the placebo group (P<0.05). A significant difference was also found between the whey protein and pea protein groups (P<0.05). These differences were higher in the whey protein group compared to the pea protein and placebo groups (P<0.05).

Conclusion

The results of the present study showed that 60-minute of HIFT caused a significant change in DOMS and muscle damage indicators in 30 untrained men. Despite significant muscle pain (24 hours after training), the participants were able to maintain physical fitness test performance during the recovery period (24 hours). The consumption of 0.3 g whey protein, compared to pea protein, caused a great decrease in DOMS, CK, and LDH

after HIFT, but it had no significant effect on the physical fitness. On the other hand, there was a difference between the effects of protein supplements and placebo in reducing muscle damage. Therefore, it seems that protein supplements, especially whey protein isolate, due to the high level of leucine, reduces DOMS and muscle damage indicators in untrained men, while they cannot change their functional test scores. Therefore, consuming protein supplements containing large amounts of leucine can reduce muscle damage caused after high-intensity activity, especially HIFT.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Research Ethics Committee of Danesh Alborz University (Code: IR.SSRC.REC.1396.147) Before the study, all participants signed a written informed consent form. They were free to leave the study at any time and were assured that their information will remain confidential.

Funding

This article was extracted from the master thesis of Nahid Hosseinzadeh approved by the Department of Exercise Physiology, Danesh Alborz University. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors contributions

Conceptualization, investigation, supervision, and project administration: Nahid Hosseinzadeh; Editing and review: All authors.

Conflicts of interest

The authors decleared no conflict of interest.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants for their cooperation.

مجله علمی پزشکی
جندی شاپور
مهر و آبان ۱۴۰۱. دوره ۲۱. شماره ۴

مقاله پژوهشی

تأثیر مکمل‌یاری پروتئین نخود فرنگی و پروتئین وی ایزوله بر آسیب عضلانی به دنبال یک جلسه فعالیت عملکردی شدید

ناهید حسین‌زاده[۱]، نیلوفر رجایی قاسم قشلاقی[۲]، رضا طهماسبی[۳]، علی خورجهانی[۴]، *مظفر قلاوند[۵]

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه دانش البرز، آبیک، ایران.
۲. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۴. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران.
۵. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Hosseinzade N, Tahmasbi R, Khorjahani A, Hosseini A, Ghalavand M. [The Effect of Pea and Whey Protein Isolate Supplementationon Muscle Injury Following a Session of Intense Functional Activity (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2022; 21(4):524-535. https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.4.2547

https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.4.2547

CC BY NC

چکیده

زمینه و هدف تغذیه با آمینواسیدها به‌علت ریکاوری عضلانی می‌تواند بر استرس اکسیداتیو و آسیب‌های عضلانی مؤثر باشد. هدف این تحقیق تأثیر مکمل‌یاری پروتئین نخود فرنگی و پروتئین وی ایزوله بر شروع کوفتگی عضلانی تأخیری و عملکرد فیزیولوژیک مردان تمرین نکرده بود.

روش بررسی در تحقیق حاضر که با طرح تحقیقاتی موازی دوسوکور و کنترل‌شده با دارونما انجام شد، ۳۰ مرد سالم داوطلب به‌روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند و به ۳ گروه مختلف (گروه پروتئین نخود فرنگی (۱۰ نفر)، گروه پروتئین وی ایزوله (۱۰ نفر)، گروه مصرف آب (۱۰ نفر)) تقسیم‌بندی شدند. متغیرهای مرتبط با آسیب عضلانی و شروع کوفتگی عضلانی تأخیری طی ۲۴ ساعت پس فعالیت عملکردی شدید اندازه‌گیری شدند. به منظور آزمون فرضیه از آزمون آنووا با اندازه‌گیری تکراری و آزمون‌های تعقیبی بونفرونی برای مقایسه تغییرات بین گروه‌ها استفاده شد.

یافته‌ها نتایج تحقیق حاضر نشان داد تفاوت معناداری بین هریک از مراحل اندازه‌گیری مشاهده شد. علاوه‌براین، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بین گروه‌های پروتئین وی ایزوله و پروتئین نخود فرنگی در مقایسه با گروه آب تفاوت معناداری وجود دارد ($P<0/05$)، اما بین گروه‌های پروتئین وی ایزوله و پروتئین نخود فرنگی تفاوت معناداری یافت نشد ($P>0/05$).

نتیجه‌گیری یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد استفاده از منابع پروتئینی غنی از اسیدآمینه به‌صورت حاد سبب کاهش آسیب عضلانی به دنبال یک فعالیت شدید عملکردی می‌شود.

کلیدواژه‌ها پروتئین وی، پروتئین نخود فرنگی، فعالیت عملکردی شدید، کوفتگی تأخیری عضلانی

تاریخ دریافت: ۱۵ شهریور ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۰۲ خرداد ۱۴۰۰
تاریخ انتشار: ۰۱ مهر ۱۴۰۱

* **نویسنده مسئول:**
مظفر قلاوند
نشانی: دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول، دانشکده تربیت بدنی، گروه فیزیولوژی ورزشی.
تلفن: ۳۴۲۲۰۳۲ (۹۳۹) ۹۸+
رایانامه: mozafarghalavand2@gmail.com

مقدمه

تمرین عملکردی شدید[1] برگرفته از انواع فعالیت‌های ورزشی هوازی تک بعدی (مثل دویدن و قایقرانی)، فعالیت با وزن بدن (اسکات و شنا سوئدی) و مشتقات وزنه‌برداری (پرس سرشانه، لیفت مرده و غیره) می‌باشد [۱]. برخلاف تمرین تناوبی شدید[2] که با فعالیت‌های تکی مثل دویدن انجام می‌شود، تمرین عملکردی شدید بر حرکات عملکردی و چند مفصله تأکید دارد که می‌تواند برای هر سطح آمادگی تعدیل شود، فراخوانی عضلانی بزرگتر همراه با فعالیت‌های ورزشی هوازی و قدرتی-عضلانی را ایجاد کند [۱، ۲]، علاوه‌براین، محققان نشان دادند تمرین عملکردی شدید به‌عنوان یک استراتژی در حفظ علاقمندی و لذت‌بخشی از فعالیت برای افراد بی‌تحرک و غیرفعال مؤثر است [۳] و احتمالاً به‌دلیل استفاده از گروه‌های عضلانی مختلف و شدت بالای تمرین میزان استرس فیزیولوژیکی و متابولیکی بسیار بالایی نیز ایجاد می‌کند. همچنین محققان گزارش کردند افراد غیرفعال و دارای اضافه وزن، حساسیت بیشتری به استرس فیزیولوژیکی و متابولیکی ناشی از فعالیت ورزشی شدید دارند [۴].

میزان شروع کوفتگی تأخیری عضلانی در روزهای بعد از فعالیت نیز ممکن است بر تمرین تأثیر بگذارد. این امر خصوصاً درپی اولین جلسات تمرینی ورزشی و تمرینات شدید در افراد غیرفعال بسیار مهم است [۵]. به‌طورکلی فعالیت ورزشی شدید می‌تواند منجر به شروع تأخیر کوفتگی عضلانی[3] ۲۴ ساعت پس از یک جلسه تمرین شود. اوج تأخیر کوفتگی عضلانی بین ۱-۳ روز پس از یک جلسه فعالیت اتفاق می‌افتد که معمولاً با آسیب و التهاب عضله همراه است و میزان آن می‌تواند از سفتی عضلانی جزئی تا درد و تحریک شدید و محدودیت حرکتی متفاوت باشد [۵]. بنابراین، باتوجه‌به اینکه فعالیت بدنی شدید در برنامه روزانه بزرگسالان غیرفعال دارای اضافه وزن و چاق بسیار غیر معمول است (۵ دقیقه در روز) [۶]، بررسی میزان تأخیر کوفتگی عضلانی پس از یک جلسه تمرین عملکردی شدید می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در این مورد فراهم کند. اخیراً گزارش شده است که افراد غیرفعال ۲۴ ساعت پس از یک جلسه فعالیت ورزشی تناوبی شدید و فعالیت با شدت متوسط تأخیر کوفتگی عضلانی خفیف دارند [۷]. امروزه محققان از مکمل‌های پروتئینی با میزان لوسین بالا برای کاهش آسیب عضلانی و افزایش بهبود عملکرد پس از یک وهله تمرین شدید حاد استفاده می‌کنند.

دُز بهینه یک رژیم پروتئینی برای افزایش میزان سنتز پروتئین میوفیبریلیار[4] و افزایش توده بدون چربی[5] و قدرت در پاسخ به تمرین مقاومتی هنوز به‌خوبی مشخص نشده است [۸-۱۱]. به نظر می‌رسد محتوای لوسین یک مکمل پروتئینی تعیین‌کننده قوی است و آستانه لوسین ۳۰۰-۷۰۰ میلی‌گرم در هر دُز مکمل پروتئین توصیه شده است [۱۲]. فرکانس و زمان مصرف مکمل‌های پروتئینی نیز نقشی مهمی دارند و یافته‌ها از یک استراتژی مصرفی در طول روز، به‌ویژه قبل و بلافاصله بعد از ورزش و قبل از خواب پشتیبانی می‌کنند [۱۲، ۱۳]. مطالعات ردیاب ایزوتوپی نشان می‌دهد پروتئین وی[6] غنی از لوسین به سرعت هضم می‌شود و در هنگام مصرف بعد از ورزش و قبل از خواب، پاسخ آنابولیک پروتئین ایجاد می‌شود [۱۱، ۱۳]. مطالعات انجام‌شده از طریق L-[1-13C]-phenylalanine-labeled protein نشان می‌دهد که حداقل نیمی از پروتئین‌های رژیم غذایی هضم، جذب و دردسترس بافت‌های محیطی مانند عضله اسکلتی قرار می‌گیرند و پروتئین وی نسبت به کازئین میسلار هضم و جذب سریعتری دارد [۹].

فعالیت مقاومتی اسنتریک[7] شدید نیروهای مکانیکی زیادی ایجاد می‌کند که منجر به آسیب عضلانی، درد، التهاب و از دست دادن عملکرد عضلات می‌شود [۱۴]. مصرف مکمل‌های پروتئینی در بین ورزشکاران با این اعتقاد که با تحریک سنتز و بازسازی پروتئین عضله باعث افزایش و بهبود ریکاوری پس از فعالیت شدید می‌شوند و از این طریق آسیب و درد عضلانی را کاهش می‌دهند، به‌طور مکرر استفاده می‌شوند [۱۴، ۱۵]. بااین‌حال مطالعات و تحقیقات مروری منتشرشده اجماع روشنی را ارائه نمی‌دهند که مکمل‌یاری پروتئین قبل، در حین و پس از تمرین تمرین مقاومتی اسنتریک آسیب عضلانی را کاهش می‌دهد و بهبود عملکرد را تسریع می‌کند [۱۵، ۱۶]. چالش‌ها در این زمینه تحقیقاتی شامل ۱. طراحی تحقیق مناسب (نوع شرکت‌کنندگان، ماهیت چالش‌برانگیز جلسه تمرینی، مدت زمان مداخله)، ۲. پاسخ‌های بسیار متغیر بین شرکت‌کنندگان در نشانگرهای آسیب عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی ازجمله کراتین کیناز[8] و میوگلوبین و ۳. دُز بهینه پروتئین و نوع مکمل پروتئینی است.

مصرف پروتئین گیاهی طی ۲ دهه گذشته به‌دلیل مزایای زیست محیطی و ارتباط با بهبود سلامت و کاهش علل مرگ‌ومیر افزایش یافته است [۱۷]. پروتئین نخود[9] ایزوله‌شده از نخود زرد[10] حاوی ۸۵ درصد پروتئین، ۹ درصد چربی، صفر درصد کربوهیدرات و ۴ درصد خاکستر است. یک مطالعه نشان داد که ۵۰ گرم/روز پروتئین نخود یا پروتئین وی در طی یک دوره تمرین مقاومتی ۱۲ هفته‌ای منجر به افزایش مشابه ضخامت عضله نسبت به دارونما می‌شود [۱۴]. مطالعات اندکی تأثیر مصرف پروتئین گیاهی بر آسیب عضلانی ناشی از ورزش را

1. High Intensity Functional Training (HIFT)
2. High Intensity Interval Training (HIIT)
3. Delayed Onset of Muscle Soreness (DOMS)
4. Myofibrillar Protein Synthesis (MPS)
5. Fat-Free Mass (FFM)
6. Whey
7. eccentric
8. Creatine Kinase (CK)
9. Pea Protein
10. Pisum sativum

ارزیابی کرده‌اند. مکمل پروتئین جو دوسر (۲۵ گرم/روز، ۱۸ روز) در یک مطالعه با کاهش کراتین کیناز تأخیر کوفتگی عضلانی و میوگلوبین سرم و پروتئین واکنشگر C[11] سرم پس از دویدن بر روی تردمیل شیب منفی همراه بود [۱۸].

این کارآزمایی تصادفی، به مقایسه مکمل پروتئین نخود فرنگی، پروتئین وی ایزوله و آب بر شاخص‌های آسیب عضلانی، تأخیر کوفتگی عضلانی، التهاب و عملکرد ورزشی طی ۲۴ ساعت پس یک برنامه تمرینی عملکرد شدید در مردان تمرین‌نکرده دارای اضافه وزن می‌پردازد. بنابراین، ما پنداشتیم که دُزهای بزرگ روزانه (۰/۹ گرم در کیلوگرم) پروتئین نخود و پروتئین وی ایزوله در مقایسه با مصرف آب به تنهایی، طی ۲۴ ساعت با آسیب عضلانی ناشی از فعالیت شدید، تأخیر کوفتگی عضلانی و کاهش عملکرد مقابله می‌کند. از طرفی این مطالعه برای افراد دارای اضافه وزن که دارای سطح پایین فعالیت بدنی و اختلال عملکرد انقباضی عضلانی هستند، می‌تواند مفید باشد. بنابراین مطالعه حاضر با هدف مقایسه مکمل‌یاری پروتئین وی ایزوله و پروتئین نخود بر شاخص‌های آسیب عضلانی و عملکرد در مردان جوان تمرین‌نکرده و دارای اضافه وزن انجام شد.

روش بررسی

در تحقیق حاضر که با طرح تحقیقاتی موازی دوسوکور و کنترل‌شده با دارونما انجام شد، پس از ارزیابی شرایط اولیه داوطلبان شرکت‌کننده، درنهایت ۳۰ نفر انتخاب شدند. افراد به ۳ گروه مختلف (گروه پروتئین نخود فرنگی (۱۰ نفر)، گروه پروتئین وی ایزوله (۱۰ نفر)، گروه مصرف آب (۱۰ نفر)) به‌صورت کاملاً تصادفی و براساس جدول اعداد تصادفی تقسیم‌بندی شدند. معیارهای ورود مطالعه حاضر شامل مردان ۱۸ تا ۵۵ سال، نداشتن تمرین مقاومتی منظم (کمتر از ۳ جلسه در هفته)، شاخص توده بدن[12] زیر ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع (دارای اضافه وزن)، سالم و در معرض خطر کم برای بیماری‌های قلبی‌عروقی و تمایل به عدم استفاده از پروتئین و مکمل‌های ویتامین/مواد معدنی با دُز زیاد (بالای ۱۰۰ درصد رژیم‌های غذایی توصیه‌شده)، گیاهان و همه داروها (به‌ویژه، داروهای ضد التهابی غیر استروئیدی [13] مانند ایبوپروفن و آسپرین) در طول هفته انجام مداخله بودند.

در این تحقیق شرکت‌کنندگان ۲ مرحله در آزمایشگاه حضور یافتند. در مرحله اول شرکت‌کنندگان قبل از شروع مطالعه به آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تهران جهت اندازه‌گیری ترکیب بدنی، قد، وزن و آشنایی با فرآیند مطالعه دعوت شدند. ترکیب بدن با دستگاه inbody 570 (شرکت inBody، ساخت کشور کره جنوبی) اندازه‌گیری شد. اطلاعات مربوط به قد، وزن، شاخص توده بدن و سن آزمودنی‌ها ثبت شد. به منظور اندازه‌گیری وزن، از ترازوی Seca ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۱ کیلوگرم و برای اندازه‌گیری قد، از قد سنج Seca با دقت ۰/۱ سانتی‌متر استفاده شد. شاخص توده بدن از تقسیم وزن (کیلوگرم) بر قد (سانتی‌متر) به توان ۲ محاسبه شد. داده‌های این مطالعه طی زمستان سال ۱۳۹۹ جمع‌آوری شده است. شرکت‌کنندگان طی هفته قبل از مداخله فعالیت بدنی طبیعی و برنامه‌های دریافت غذا خود را مثل سابق ادامه دادند. فعالیت بدنی و مصرف غذا قبل یا در طول مطالعه اندازه‌گیری نشده است.

در مرحله دوم، پس از گذشت ۱ هفته از جمع‌آوری اطلاعات اولیه، شرکت‌کنندگان برای ثبت و جمع‌آوری نمونه‌برداری خونی (در حالت ناشتا)، آزمون‌های آمادگی فیزیکی و اجرای وهله فعالیت بدنی تمرین عملکردی شدید فراخوانده شدند. نمره شروع کوفتگی تأخیری عضلانی (۱-۱۰) قبل از نمونه‌گیری خون ثبت شد [۱۴]. مکمل‌یاری پروتئین (۰/۳ گرم پروتئین/کیلوگرم توده بدنی) همراه با ۲۳۷ میلی‌گرم آب یا مصرف آب به تنهایی (۲۳۷ میلی‌گرم) مصرف شد. پروتئین نخود فرنگی ایزوله (۸۵/۲ درصد پروتئین)[14] و پروتئین وی ایزوله (۹۷/۴ درصد پروتئین)[15] به‌صورت دوسوکور مصرف شد. مصرف متوسط پروتئین در رژیم غذایی با استفاده از داده‌های مخصوص گروه سنی ۱۸ تا ۵۵ سال، به میزان ۴/۳±۱۰۳ گرم یا تقریباً ۱/۲۵ گرم/کیلوگرم در روز برای مردان غیر چاق است [۱۹].

آزمون‌های عملکردی ۵ دقیقه پس از مکمل‌یاری پروتئینی انجام شدند. در این مطالعه برای سنجش شاخص‌های عملکردی از آزمون پرس سینه و پرش عمودی استفاده شد. در آزمون واماندگی پرس سینه، شرکت‌کنندگان روی نیمکت دراز کشیدند و میله هالتر همراه با وزنه معادل با ۷۵ درصد وزن بدن خود را هر چند بار با سرعت ۳۰ لیفت در دقیقه فشار دادند. در آزمون پرش عمودی، شرکت‌کنندگان با یک دست تا آنجا که می‌توانستند بالا می‌پریدند و روی دستگاه اندازه‌گیری ضربه می‌زدند (دستگاه پرش عمودی (ساخت شرکت دانش سالار ایرانیان، ایران). این آزمون ۳ مرتبه تکرار شد و بهترین نمره به‌عنوان نمره اصلی ثبت شد.

سپس شرکت‌کنندگان یک پروتکل تمرین عملکردی شدید را به‌مدت ۶۰ دقیقه انجام دادند. تمام جلسات تمرین عملکردی شدید توسط یک مربی درجه ۲ کراس فیت کنترل و رهبری شد و از حرکات عمومی و مشترک تمرین عملکردی شدید (اسکات، لیفت مرده، پرس، هالتر، دمبل، حرکات توپ مدیسین، بارفیکس، چرخاندن کتل بل و غیره) استفاده شد. هر کلاس تمرین عملکردی شدید شامل ۱۰ تا ۱۵ دقیقه حرکات کششی و گرم کردن، ۱۰ تا ۲۰ دقیقه حرکات و تکنیک‌های تمرینی و آموزشی و ۳۰ دقیقه تمرین روزانه که با شدت بسیار بالا و

11. C-raective protein
12. Body Mass Index (BMI)
13. Nonsteroidal anti-inflammatory drug (NSAID)
14. (NUTRALYS®S85 Plus, Roquette, Lestrem, France)
15. (biPro, Eden Prairie, MN, USA)

نسبت به توانایی هر فرد اجرا شد. در این برنامه ۹ حرکت (ایر اسکوات[16]، اسکوات از جلو، اسکوات از بالای سر، پرس پا، حرکت وزنه‌برداری[17]، لیفت مرده، لیفت مرده تا بالای سینه[18]، پرتاب توپ مدیسن) استفاده شد. از فعالیت‌های ورزشی هوازی (قایق‌رانی)، تمرین با وزن بدن (انواع حرکت شنا) و حرکات وزنه‌برداری (لیفت‌های مرده) در ترکیب‌های تک‌گانه و چندگانه در واحد زمان، تکرار یا وزن استفاده شد [۱]. تمرین با شدت نسبی (خود انتخاب‌شده) اجرا شد.

بلافاصله پس از پروتکل تمرین عملکردی شدید، میزان درد عضلات و یک نمونه خون شرکت‌کنندگان تهیه شد و سپس یک دُز پروتئینی دیگر (۰/۳ گرم/کیلوگرم) (یا آب) را نوشیدند و تست‌های منتخب آمادگی فیزیکی را تکرار کردند. شرکت‌کنندگان در مطالعه به‌مدت ۱ ساعت پس از مصرف دُز مکمل دوم از هرگونه مصرف غذا یا نوشیدنی (به‌جز آب) خودداری کردند. مکمل‌های پروتئینی یا مصرف آب به تنهایی، در یک بطری مخلوط‌کننده (۰/۳ گرم/کیلوگرم در یک فنجان آب) به شرکت‌کنندگان تحویل داده شد و به آن‌ها گفته شد که این مواد را درست قبل از خواب عصر مصرف کنند. شرکت‌کنندگان در ساعت ۷ صبح در حالت ناشتا در محل آزمایشگاه حضور پیدا کردند و نمره تأخیر کوفتگی عضلانی و نمونه خون و آزمون آمادگی فیزیکی را تکرار کردند.

نمونه‌های خون در لوله‌های جداکننده سرم جمع‌آوری، سانتریفیوژ و تجزیه‌وتحلیل شدند. برای سنجش میزان سرمی عوامل آسیب عضلانی از کیت‌های آزمایشگاهی کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز[19] استفاده شد.

به منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از آمار توصیفی و استنباطی و با استفاده از نسخه ۲۲ نرم‌افزار SPSS استفاده شد. استفاده از میانگین و انحراف معیار برای توصیف داده‌های جمع‌آوری‌شده و برای آزمون فرضیه‌ها از آمار استنباطی استفاده شد. از آزمون شاپیرو ویلک[20] به منظور بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها و از آزمون لون[21] نیز برای تعیین برابر بودن پراکندگی داده‌ها استفاده شد. به منظور آزمون فرضیه از آزمون آنووا[22] با اندازه‌گیری تکراری و آزمون‌های تعقیبی بونفرونی برای مقایسه تغییرات بین گروه‌ها استفاده شد. توان آزمون با استفاده از نسخه ۳ نرم‌افزار جی‌پاور[23] محاسبه شد که در مقایسه مختلف حداقل ۰/۸۰ بود. سطح معناداری P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

با استفاده از آمار توصیفی میانگین و انحراف‌معیار سن، قد، وزن، شاخص توده بدن و درصد چربی محاسبه و نتایج در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

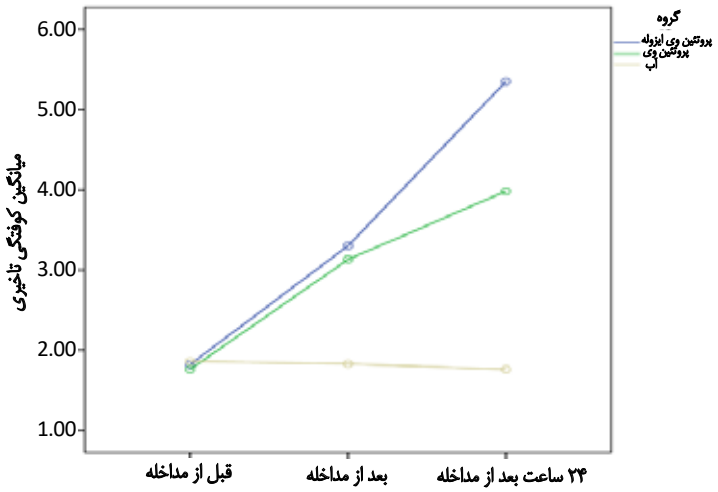
نتایج تحلیل آماری در مورد متغیر پرش عمودی نشان داد هیچ کدام از اثرات اصلی مراحل اندازه‌گیری (P=۰/۴۶۸)، گروه (P=۰/۳۹۹) و تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه (P=۰/۳۷۱) معنادار نمی‌باشد. در متغیر پرس سینه تفاوت معناداری در مراحل اندازه‌گیری (P=۰/۰۰۰۱)، گروه (P=۰/۰۰۰۱) و تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه (P=۰/۰۰۰۱) مشاهده شد. نتایج تعقیبی حاکی از وجود تفاوت معنادار بین هریک از مراحل اندازه‌گیری بود. علاوه‌براین نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که بین گروه‌های پروتئین وی ایزوله و پروتئین نخود فرنگی در مقایسه با گروه آب تفاوت معناداری وجود دارد (P<۰/۰۵)، اما بین گروه‌های پروتئین وی ایزوله و پروتئین نخود فرنگی تفاوت معناداری یافت نشد (P>۰/۰۵)، به‌طوری‌که اثرات پروتئین وی ایزوله از بقیه کمتر و مصرف آب به تنهایی بیشتر بود.

16. Air squat
17. Push press push jerk
18. Smo deadlift high pull
19. Lactate Dehydrogenase (LDH) (LabCorp, Burlington, NC, USA)

20. Shapiro-Wilk Test
21. Levene's Test
22. ANOVA
23. G*power

جدول ۱. میانگین و انحراف‌معیار متغیرهای پیکرسنجی

متغیر	میانگین±انحراف‌معیار		
	پروتئین وی ایزله	پروتئین نخود فرنگی	آب
سن (سال)	۳۷/۳±۱/۶	۴۰/۳±۱/۷	۳۸/۱±۱/۹
وزن (کیلوگرم)	۸۱/۵±۱/۴	۸۲/۳±۱/۵	۸۰/۳±۱/۸
قد (سانتیمتر)	۱۷۹/۴±۱/۲	۱۷۸/۵±۱/۹	۱۷۹/۳±۱/۶
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۵/۴±۰/۴	۲۵/۱±۰/۵	۲۵/۸±۰/۶
درصد چربی (درصد)	۲۱/۱± /۱	۲۰/۴±۱/۴	۲۱/۲±۱/۲

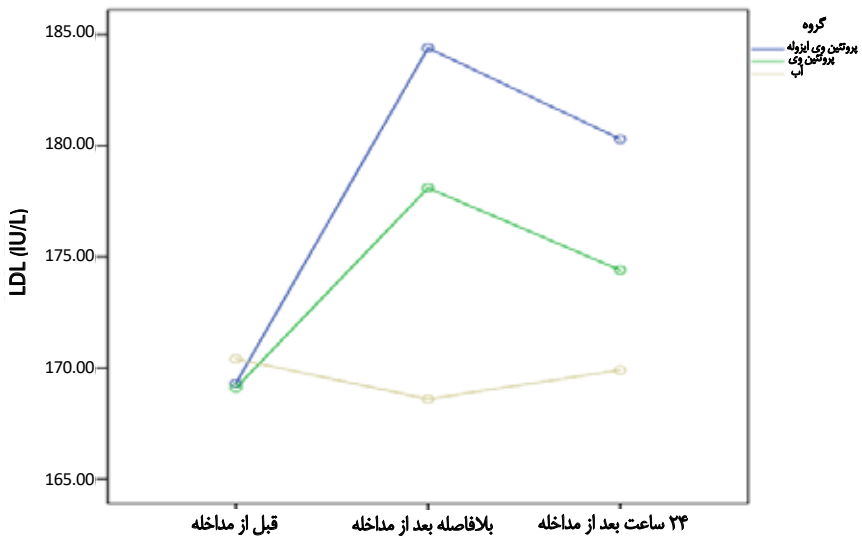


مجله علمی پزشکی
جندی شاپور

تصویر ۱. تغییرات میزان تأخیر کوفتگی عضلانی در گروه‌های مختلف قبل از مداخله، بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از مداخله

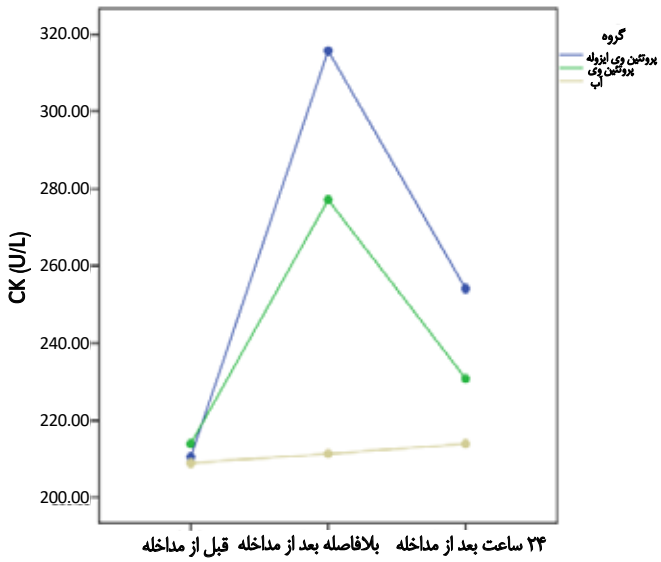
در متغیر تأخیر کوفتگی عضلانی تفاوت معناداری در مراحل اندازه‌گیری (P=۰/۰۰۰۱)، گروه (P=۰/۰۰۰۱) و تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه (P=۰/۰۰۰۱) مشاهده شد. نتایج تعقیبی حاکی از وجود تفاوت معنادار بین هریک از مراحل اندازه‌گیری بود. علاوه‌براین نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که بین گروه‌های پروتئین وی ایزوله و پروتئین نخود فرنگی در مقایسه با گروه آب تفاوت معناداری وجود دارد (P<۰/۰۵). همچنین بین گروه‌های پروتئین وی ایزوله و پروتئین نخود فرنگی تفاوت معناداری یافت شد (P<۰/۰۵)، به‌طوری‌که تأثیر پروتئین وی ایزوله از پروتئین نخود و مصرف آب بیشتر بود (تصویر شماره ۱).

در متغیر لاکتات دهیدروژناز تفاوت معناداری در مراحل اندازه‌گیری (P=۰/۰۰۴)، گروه (P=۰/۰۳۹) و تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه (P=۰/۰۰۰۱) مشاهده شد. یافته‌های تعقیبی حاکی از وجود تفاوت معنادار مراحل ۲۴ ساعت بعد از مداخله و بلافاصله بعد از مداخله در مقایسه با قبل از مداخله بود، اما بین مراحل ۲۴ ساعت بعد از مداخله و بلافاصله بعد از مداخله تفاوت معناداری یافت نشد. علاوه‌براین نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که بین گروه‌های پروتئین وی ایزوله و پروتئین نخود فرنگی در مقایسه با گروه آب تفاوت معناداری وجود دارد (P<۰/۰۵). همچنین بین گروه‌های پروتئین وی ایزوله و پروتئین نخود



مجله علمی پزشکی
جندی شاپور

تصویر ۲. تغییرات میزان لاکتات دهیدروژناز در گروه های مختلف قبل از مداخله، بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از مداخله



مجله علمی پزشکی
جندی شاپور

تصویر ۳. تغییرات میزان کراتین کیناز در گروه‌های مختلف قبل از مداخله، بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از مداخله

فرنگی تفاوت معناداری یافت شد (P<۰/۰۵) که این تفاوت‌ها در گروه وی ایزوله در مقایسه با پروتئین نخود فرنگی و مصرف آب بیشتر بود (تصویر شماره ۲).

در متغیر کراتین کیناز تفاوت معناداری در مراحل اندازه‌گیری (P=۰/۰۰۰۱)، گروه (P=۰/۰۰۰۱) و تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه (P=۰/۰۰۰۱) مشاهده شد. نتایج تعقیبی حاکی از وجود تفاوت معنادار بین هریک از مراحل اندازه‌گیری بود. علاوه‌براین نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که بین گروه‌های پروتئین وی ایزوله و پروتئین نخود فرنگی در مقایسه با گروه آب تفاوت معناداری وجود دارد (P<۰/۰۵). همچنین بین گروه‌های پروتئین وی ایزوله و پروتئین نخود فرنگی تفاوت معناداری یافت شد (P<۰/۰۵) که این تفاوت‌ها در گروه وی ایزوله در مقایسه با پروتئین نخود فرنگی و مصرف آب بیشتر بود (تصویر شماره ۳).

بحث

باتوجه‌به نتایج جست‌وجوی ما و بررسی پیشینه پژوهش، این مطالعه برای اولین بار به بررسی آسیب عضلانی و کوفتگی تأخیری ناشی از فعالیت تمرین عملکردی شدید می‌پردازد. پروتکل ۶۰ دقیقه‌ای فعالیت ورزشی تمرین عملکردی شدید باعث تأخیر کوفتگی عضلانی معنادار و هجوم پایدار نشانگرهای جایگزین آسیب عضلانی در ۳۰ مرد تمرین‌نکرده شد. علی‌رغم درد عضلانی قابل توجه (۲۴ ساعت پس از فعالیت)، شرکت‌کنندگان مطالعه قادر به حفظ عملکرد آزمون آمادگی فیزیکی طی دوره نقاهت بودند (۲۴ ساعت مطالعه). در مطالعه‌ای که اخیراً انجام شده است [۱۴، ۲۰]، محققان نشان دادند مصرف پروتئین وی (۰/۹ گرم/کیلوگرم هر روز، از دوشنبه تا پنجشنبه، با ۰/۳ گرم/کیلوگرم در صبح جمعه) در مقایسه با مصرف آب، باعث کاهش نشانگرهای زیستی کراتین کیناز و میوگلوبین سرم بعد از فعالیت ورزشی شد. اندازه اثر کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز هنگام مقایسه پروتئین وی و آب پس از ۳ و ۴ روز ریکاوری جلسه تمرین روز دوشنبه بزرگ بود. مصرف ایزوله پروتئین نخود اثر کمتری داشت و وقتی با آب مقایسه شد، تفاوت معناداری با اندازه اثر کوچک تا متوسط دیده شد. در مقایسه بین گروهی گروه‌های پروتئین نخود و پروتئین وی ایزوله تفاوت دیده نشد.

از بین شیوه‌های مختلف تغذیه‌ای که به‌عنوان مقابله برای درد و آسیب عضلانی پس از ورزش استفاده می‌شود، مکمل پروتئین و آمینواسید شاخه‌دار بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است [۲۱، ۲۲]. بااین‌حال راهکار استفاده از مکمل‌های پروتئین و آمینواسید شاخه‌دار برای کاهش تأخیر کوفتگی عضلانی پس از ورزش، آسیب عضلانی، کاهش عملکرد و التهاب از ادبیات قوی برخوردار نیست. نقاط ضعف در طرح مطالعات مانع تفسیر شده است [۱۴، ۱۸، ۲۱]. محدودیت‌های مطالعات در این زمینه اغلب شامل اندازه نمونه‌های کوچک است. محدودیت‌های دیگر در طراحی تحقیقات شامل مدت زمان کوتاه کنترل، نمونه‌گیری و استفاده از شرکت‌کنندگان تمرین‌کرده که سطح نسبتاً کمی از تأخیر کوفتگی عضلانی و آسیب عضلانی را پس از فعالیت شدید تجربه می‌کنند، فضای کمی برای مکمل‌های پروتئینی جهت اعمال یک اثر متقابل فراهم می‌کند. به همین دلایل، در مطالعه حاضر از شرکت‌کنندگان تمرین‌نکرده و دارای اضافه وزن استفاده شد که به‌طور تصادفی در سه گروه قرار گرفتند.

دُز پروتئین نیز مورد توجه محققان قرار گرفته است و برای اولین بار، پروتئین‌های نخود فرنگی و وی با استفاده از روش دوسوکور مقایسه شدند و با مصرف آب مقایسه شدند. برخلاف تصور ما، پروتئین وی و -نه نخود فرنگی- باعث کاهش زیاد تأخیر کوفتگی

عضلانی، کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز پس از تمرین عملکردی شدید شد، اما بر آمادگی فیزیکی آزمودنی‌ها تأثیر معناداری نداشت. پروفایل آمینواسید شاخه‌دار پروتئین نخود فرنگی (لوسین، ایزولوسین و والین) ۱۷/۹ گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین و ۲۴ درصد کمتر از پروتئین وی (۲۳/۷ گرم در ۱۰۰ گرم پروتئین) است. میانگین شرکت‌کنندگان در مطالعه ۸۱ کیلوگرم وزن و ۷۳ گرم پروتئین در روز مصرف کردند. باتوجه‌به وزن بدن آزمودنی‌ها احتمالاً میزان مصرفی آمینواسید شاخه‌دار گروه پروتئین وی ایزوله به مراتب از پروتئین نخود فرنگی بیشتر بوده است و احتمالاً از طریق تفاوت در میزان سنتز پروتئین عضله یکی از عومل تاثیرگذار در هجوم نشانگرهای آسیب عضلانی است [۱۴].

غذای مصرفی طی روزهای قبل و بعد از فعالیت ورزشی استریک می‌تواند بر میزان آسیب و درد عضلات تأثیر بگذارد [۲۰]. محدودیت‌های مطالعه حاضر این بود که میزان غذای دریافتی قبل و طی مطالعه کنترل نشده بود. این یک کارآزمایی تصادفی بود. بااین‌حال، سطح پروتئین غذایی و آمینواسید شاخه‌دار مصرفی آزمودنی‌های مطالعه حاضر در هر ۳ گروه تا حدی زیادی شبیه به هم بود. مطالعاتی که میزان مصرف رژیم غذایی را اندازه‌گیری کرده‌اند، محدود است، اما داده‌های محدود سطوح حدود ۲۱۷ میلی‌گرم/کیلوگرم در روز را نشان می‌دهد [۲۳]. بنابراین، متوسط کل دریافت آمینواسید شاخه‌دار رژیم‌های غذایی شرکت‌کنندگان مطالعه حاضر احتمالاً نزدیک به ۱۷/۶ گرم در روز بود. مصرف کل آمینواسید شاخه‌دار و لوسین دو گروه وی و نخود فرنگی احتمالاً برای بهبود سنتز پروتئین عضله و کاهش میزان خروج کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز و تأخیر کوفتگی عضلانی کافی است. عوامل دیگری می‌توانند بر سنتز پروتئین عضله بعد از مصرف غذا تأثیر بگذارند، و این‌ها شامل تفاوت در منابع پروتئین برای هضم و جذب اسید آمینه و دردسترس بودن اسید آمینه پلاسما برای پرفیوژن عضلانی و سنتز پروتئین عضله است [۹]. آمینواسید اصلی سنتز پروتئین عضله لوسین است و ۳۵ درصد سطح پایین‌تر لوسین در نخود فرنگی در مقایسه با پروتئین وی احتمالاً یک عامل اساسی در توضیح نتایج مطالعه حاضر به‌ویژه درزمینه آسیب عضلانی گسترده‌ای آزمودنی‌های تمرین‌نکرده است [۲۴]. باتوجه‌به محدودیت‌های مطالعه حاضر پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، از تعداد آزمودنی‌های بیشتری (به‌دلیل شیوع کرونا در زمان مداخله مطالعه حاضر) برای بررسی آسیب عضلانی و کوفتگی ناشی از فعالیت‌های شدید استریک استفاده کنند. همچنین مداخله پروتئینی را می‌توان در مدت زمان ۱ هفته و حتی بیشتر در نظر گرفت و نتایج آن را با مطالعه حاضر مقایسه کرد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که مصرف ۰/۳ گرم پروتئین وی ایزوله در مقایسه با پروتئین نخود فرنگی سبب کاهش نشانگرهای زیستی آسیب عضلانی در مردان تمرین‌نکرده شد، درحالی‌که آزمون‌های آمادگی فیزیکی تغییر معناداری را نشان نداد. از طرفی بین مصرف مکمل‌های پروتئینی و مصرف آب در کاهش آسیب عضلانی تفاوت وجود دارد. بنابراین به نظر می‌رسد، مکمل‌های پروتئینی به‌خصوص پروتئین وی ایزوله به‌دلیل داشتن میزان بالای لوسین سبب کاهش عوامل تأخیر کوفتگی عضلانی و آسیب عضلانی در افراد تمرین‌نکرده می‌شود، درحالی‌که بر سطح آزمون عملکردی آنان تغییری دیده نشد. ازاین‌رو مصرف مکمل‌های پروتئینی حاوی مقادیر فراوان لوسین می‌تواند آسیب‌های عضلانی ایجادشده پس از یک فعالیت شدید به‌خصوص کراس‌فیت را کاهش دهد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

مقاله حاضر توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه دانش البرز با کد اخلاق IR.SSRC.REC.1396.147 تأیید شده است. شرکت در طرح تحقیقاتی به‌صورت داوطلبانه بود و در هر زمان که مایل به همکاری نبودند، می‌توانستند از ادامه همکاری انصراف دهند. همچنین به آزمودنی‌ها تضمین داده شد که تمامی اطلاعات به‌صورت محرمانه باقی خواهد ماند و نامی از هیچ یک از آزمودنی‌ها ذکر نخواهد شد. قبل از شروع تحقیق همگی آزمودنی‌ها رضایت‌نامه کتبی را امضا کردند.

حامی مالی

مطالعه حاضر برگرفته از بخشی از یافته‌های پایان‌نامه کارشناسی ارشد ناهید حسین زاده رشته فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه دانش البرز می‌باشد. این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمانی‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی، تحقیق و بررسی و نظارت و مدیریت پروژه : ناهید حسین‌زاده؛ ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته: همه نویسندگان.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافع ندارند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمامی آزمودنی‌هایی که در این مطالعه همراهی کردند، صمیمانه قدردانی می‌کنند.

References

[1] Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WS. High-intensity functional training (HIFT): Definition and research implications for improved fitness. Sports. 2018; 6(3):76. [DOI:10.3390/sports6030076] [PMID] [PMCID]

[2] Fealy CE, Nieuwoudt S, Foucher JA, Scelsi AR, Malin SK, Pagadala M, et al. Functional high-intensity exercise training ameliorates insulin resistance and cardiometabolic risk factors in type 2 diabetes. Exp Physiol. 2018; 103(7):985-94. [DOI:10.1113/EP086844] [PMID] [PMCID]

[3] Heinrich KM, Becker C, Carlisle T, Gilmore K, Hauser J, Frye J, et al. High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: A pilot study. Eur J Cancer Care. 2015; 24(6):812-7. [DOI:10.1111/ecc.12338] [PMID]

[4] Ekkekakis P, Vazou S, Bixby WR, Georgiadis E. The mysterious case of the public health guideline that is (almost) entirely ignored: Call for a research agenda on the causes of the extreme avoidance of physical activity in obesity. Obes Rev. 2016; 17(4):313-29. [DOI:10.1111/obr.12369] [PMID]

[5] Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. Sports Med. 2003; 33(2):145-64. [DOI:10.2165/00007256-200333020-00005] [PMID]

[6] Tudor-Locke C, Brashear MM, Johnson WD, Katzmarzyk PT. Accelerometer profiles of physical activity and inactivity in normal weight, overweight, and obese US men and women. Int J Behav Nutr Phys Act. 2010; 7:60. [DOI:10.1186/1479-5868-7-60] [PMID] [PMCID]

[7] Junior LF, Browne RA, Frazão DT, Dantas TC, Silva PH, Freitas RP, et al. Effect of low-volume high-intensity interval exercise and continuous exercise on delayed-onset muscle soreness in untrained healthy males. J Strength Cond Res. 2019; 33(3):774-82. [DOI:10.1519/JSC.0000000000002059] [PMID]

[8] Van Vliet S, Beals JW, Holwerda AM, Emmons RS, Goessens JP, Paluska SA, et al. Time-dependent regulation of postprandial muscle protein synthesis rates after milk protein ingestion in young men. J Appl Physiol. 2019; 127(6):1792-801. [DOI:10.1152/japplphysiol.00608.2019] [PMID] [PMCID]

[9] Gorissen SH, Trommelen J, Kouw IW, Holwerda AM, Pennings B, Groen BB, et al. Protein type, protein dose, and age modulate dietary protein digestion and phenylalanine absorption kinetics and plasma phenylalanine availability in humans. J Nutr. 2020; 150(8):2041-50. [DOI:10.1093/jn/nxaa024] [PMID] [PMCID]

[10] O›Bryan KR, Doering TM, Morton RW. Correction: Do multi-ingredient protein supplements augment resistance training-induced gains in skeletal muscle mass and strength? A systematic review and meta-analysis of 35 trails. Br J Sports Med. 2021; 55(3):e4. [DOI:10.1136/bjsports-2018-099889corr1]

[11] Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. Br J Sports Med. 2018; 52(6):376-84. [DOI:10.1136/bjsports-2017-097608] [PMID] [PMCID]

[12] Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, et al. International society of sports nutrition position stand: Protein and exercise. J Int Soc Sports Nutr. 2017; 14:20. [DOI:10.1186/s12970-017-0177-8] [PMID] [PMCID]

[13] Snijders T, Res PT, Smeets JS, van Vliet S, van Kranenburg J, Maase K, et al. Protein ingestion before sleep increases muscle mass and strength gains during prolonged resistance-type exercise training in healthy young men. J Nutr. 2015; 145(6):1178-84. [DOI:10.3945/jn.114.208371] [PMID]

[14] Nieman DC, Zwetsloot KA, Simonson AJ, Hoyle AT, Wang X, Nelson HK, et al. Effects of whey and pea protein supplementation on post-eccentric exercise muscle damage: A randomized trial. Nutrients. 2020; 12(8):2382. [DOI:10.3390/nu12082382] [PMID] [PMCID]

[15] Poulios A, Georgakouli K, Draganidis D, Deli CK, Tsimeas PD, Chatzinikolaou A, et al. Protein-based supplementation to enhance recovery in team sports: what is the evidence? J Sports Sci Med. 2019; 18(3):523-36. [PMCID]

[16] Pasiakos SM, Lieberman HR, McLellan TM. Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: A systematic review. Sports Med. 2014; 44(5):655-70. [DOI:10.1007/s40279-013-0137-7] [PMID]

[17] Shan Z, Rehm CD, Rogers G, Ruan M, Wang DD, Hu FB, et al. Trends in dietary carbohydrate, protein, and fat intake and diet quality among US adults, 1999-2016. JAMA. 2019; 322(12):1178-87. [DOI:10.1001/jama.2019.13771] [PMID] [PMCID]

[18] Xia Z, Cholewa JM, Dardevet D, Huang T, Zhao Y, Shang H, et al. Effects of oat protein supplementation on skeletal muscle damage, inflammation and performance recovery following downhill running in untrained collegiate men. Food Funct. 2018; 9(9):4720-9. [DOI:10.1039/C8FO00786A] [PMID]

[19] What we eat in America, NHANES 2015-2016, individuals 2 years and over (excluding breast-fed children), day 1. [Link]

[20] Pearson AG, Hind K, Macnaughton LS. The impact of dietary protein supplementation on recovery from resistance exercise-induced muscle damage: A systematic review with meta-analysis. Eur J Clin Nutr. 2022; 13:1-7. [PMID]

[21] Harty PS, Cottet ML, Malloy JK, Kerksick CM. Nutritional and supplementation strategies to prevent and attenuate exercise-induced muscle damage: A brief review. Sports Med Open. 2019; 5(1):1. [DOI:10.1186/s40798-018-0176-6] [PMID] [PMCID]

[22] Owens DJ, Twist C, Cobley JN, Howatson G, Close GL. Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? Eur J Sport Sci. 2019; 19(1):71-85. [DOI:10.1080/17461391.2018.1505957] [PMID]

[23] Pallottini AC, Sales CH, Vieira DA, Marchioni DM, Fisberg RM. Dietary BCAA intake is associated with demographic, socioeconomic and lifestyle factors in residents of São Paulo, Brazil. Nutrients. 2017; 9(5):449. [DOI:10.3390/nu9050449] [PMID] [PMCID]

[24] Phillips SM. The impact of protein quality on the promotion of resistance exercise-induced changes in muscle mass. Nutr Metab (Lond). 2016; 13:64. [DOI:10.1186/s12986-016-0124-8] [PMID] [PMCID]

This Page Intentionally Left Blank