

Understanding the Effects of Omega-3 Supplementation on the Appearance, Functional, and Biochemical Symptoms of Delayed Onset Muscle Soreness Following Eccentric and Concentric Activity in Inactive Healthy Men

Mostafa Kabiri Zadeh¹ , Ali Akbar Nezhad Gharehlo^{2✉} , Ali Rajabi³ 

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: mostafaka.birizadeh@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: aakbarnejad@ut.ac.ir
3. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: alirajabi14@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research	Introduction: The current research aimed to measure the effects of one-month omega-3 supplement consumption on the most important symptoms of Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) in inactive healthy men. Methods: The current research was a quasi-experimental and applied one in terms of purpose. The statistical population included inactive healthy men from Bukan City. Among them, 22 people were selected as a statistical sample and they were randomly assigned into two equal groups. Participants received a daily dose of 1000 mg omega-3 capsule or a 2% dextrose placebo for one month. After determining 1RM, participants performed the leg press in four sets of 20 repetitions using a leg press machine with a weight of 80% of 1RM. Each contraction lasted 4 seconds. Two ccs of venous blood were drawn by a specialist before the start of the study, 24, 48, and 72 hours after DOMS and measurements were made. For statistical analysis, independent t, repeated measures ANOVA, and Bonferroni's post hoc tests were used. A significance level of 0.05 was considered. Results: Between-group comparison of PGE2, cortisol, pain perception and knee range of motion in all stages of the study in both control and supplement groups had significant differences ($P < 0.001$). The results of the within-group test showed that the average PGE2, cortisol, and pain perception in the supplement group had a significant decrease in all post-intervention stages, while in the control group, there was a significant increase in all stages ($P < 0.05$). Conclusion: Taking omega-3 supplements can reduce the appearance, functional and biochemical symptoms of DOMS in the period after the completion of eccentric and concentric exercises; which can be due to the strong anti-inflammatory properties of omega-3 and the better response of the research participants to omega-3 consumption and better digestive absorption of this supplement.
Article history: Received: 26 February 2023 Received in revised form: 31 July 2023 Accepted: 3 August 2023 Published online: 23 September 2023	
Keywords: Cortisol, Delayed Onset Muscle Soreness, Omega-3, PGE2.	

Cite this article: Kabiri Zadeh M., Akbar Nezhad Gharehlo A., & Rajabi A. Understanding the Effects of Omega-3 Supplementation on the Appearance, Functional and Biochemical Symptoms of Delayed Onset Muscle Soreness Following Eccentric and Concentric Activity in Inactive Healthy Men. *Journal of Sport Biosciences*. 2023; 15 (3): 61-75.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsb.2023.354097.1568>



Journal of Sport Biosciences by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4.0.
| Web site: <https://jsb.ut.ac.ir/> | Email: jsb@ut.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

One of the negative consequences that occurs after intense, unusual, and long-term muscle activity is muscle bruising or soreness. Muscle contusion is divided into two types: acute and delayed or chronic. This study aimed to determine the effect of one-month omega-3 supplement consumption on physical, functional, and biochemical symptoms of Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) following eccentric and concentric activity in inactive healthy men.

Methods

The current research was a quasi-experimental and applied one in terms of purpose. The statistical population included inactive healthy men from Bukan City; among them, 22 healthy men were selected as a statistical sample and they were randomly assigned into two equal groups. Participants received a daily dose of 1000 mg omega-3 capsule or a 2% dextrose placebo for one month. After determining 1RM, participants performed the leg press in four sets of 20 repetitions using a leg press machine with a weight of 80% of 1RM. Each contraction lasted 4 seconds (2 seconds concentric and 2 seconds eccentric). Participants performed special warm-up movements for 15 minutes under the supervision of the instructor. Two ccs of venous blood were drawn by a specialist before the start of the study, 24, 48, and 72 hours after DOMS. The level of muscle pain perception was measured using the VAS scale, the knee range of motion was measured based on the degree, the PGE2 enzyme levels were determined using the Enzyme Immunosorbent Assay (EIA) kit (Cayman, Germany) and cortisol hormone was determined by Elisa kit (Monobind, USA). For within-group comparison, repeated measures ANOVA and Bonferroni's post hoc test were used, and an independent t-test was used for between-group comparison. The level of significance in all statistical tests was considered equal to 0.05.

Results

The results of the independent t-test (between groups) showed a significant difference in the mean PGE2 index, cortisol hormone, pain perception with the VAS scale, and knee range of motion (degree) following DOMS ($P < 0.05$). At the stages of 24, 48, and 72 hours after DOMS, the mean index of PGE2, cortisol hormone, and VAS in the supplement group was lower than in the control group and the knee range of motion of the supplement group was higher than the control group ($P < 0.05$). The results of the follow-up tests (within-group-Bonferroni) also showed that the mean PGE2, cortisol hormone, and pain perception with the VAS scale in the supplement group decreased significantly in all stages after the intervention; While in the control group, there was a significant increase in all stages ($P < 0.05$). In the supplement group, the mean knee range of motion was also significantly reduced in all stages after the development of DOMS compared with the baseline ($P < 0.05$), however, in the control group, this reduction was observed, but the mean reduction was significantly greater than that of supplement group ($P < 0.05$).

Conclusion

Taking omega-3 supplements can reduce the appearance, functional and biochemical symptoms of DOMS in the period after the completion of eccentric and concentric exercises; which can be due to the strong anti-inflammatory properties of omega-3 and the better response of the research participants to omega-3 consumption and better digestive absorption of this supplement.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: The present study was conducted following ethical principles

Funding: The research was done without using financial resources

Authors' contribution: All authors contribute to the research equally.

Conflict of interest: No conflict of interest to declare.

Acknowledgments: Thanks to all the people who helped us to conduct the research.

شناخت تأثیرات مصرف مکمل امگا ۳ بر علائم ظاهری، عملکردی و بیوشیمیایی کوفتگی عضلانی تأخیری متعاقب فعالیت برون گرا و درون گرا در مردان سالم غیر فعال

مصطفی کبیری زاده^۱، علی اکبر نژاد قره‌لو^۲، علی رجیبی^۳

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mostafaka.birizadeh@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: aakbarnejad@ut.ac.ir
۳. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: alirajabi14@gmail.com

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>مقدمه: تحقیق حاضر با هدف سنجش تأثیرات مصرف یک‌ماهه مکمل امگا ۳، بر مهم‌ترین علائم DOMS در مردان سالم غیر فعال بررسی شد.</p> <p>روش پژوهش: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و به لحاظ هدف کاربردی بود. جامعه آماری شامل مردان سالم غیر فعال شهر بوکان بود که از بین آنها ۲۲ نفر به‌عنوان نمونه آماری انتخاب و به‌طور تصادفی به دو گروه مساوی تقسیم شدند. آزمودنی‌ها، روزانه یک کپسول امگا-۳، ۱۰۰۰ میلی‌گرمی و دارونمای دکستروز ۲ درصد به مدت یک ماه دریافت کردند. پس از تعیین (IRM)، آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه پرس پا با وزنه‌ای به میزان ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه، حرکت را در چهار نوبت و هر نوبت ۲۰ تکرار اجرا کردند. هر انقباض ۴ ثانیه طول کشید، میزان ۲ سی‌سی خون سیاهرگی، پیش از شروع تحقیق ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از کوفتگی عضلانی توسط متخصص گرفته شد و اندازه‌گیری‌ها انجام گرفت. برای تحلیل آماری از آزمون‌های آماری تی مستقل و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. سطح معناداری برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.</p> <p>یافته‌ها: مقایسه بین گروهی PGE₂، کورتیزول، احساس درد و دامنه حرکتی زانو در تمام مراحل پژوهش در هر دو گروه کنترل و مکمل تفاوت معناداری داشت (P<۰/۰۰۱)؛ نتایج آزمون درون گروهی نشان داد میانگین PGE₂، کورتیزول و احساس درد در، در گروه مکمل به ترتیب در تمامی مراحل بعد مداخله کاهش معناداری داشت، درحالی که در گروه کنترل در تمامی مراحل افزایش بیشتر و معناداری بود (P<۰/۰۵).</p> <p>نتیجه‌گیری: مصرف مکمل امگا ۳ می‌تواند سبب کاهش علائم ظاهری عملکردی و بیوشیمیایی کوفتگی عضلانی تأخیری در دوره پس از اتمام تمرینات برون گرا و درون گرا شود که می‌تواند به دلیل خواص ضدالتهابی قوی امگا ۳ و پاسخگویی بهتر آزمودنی‌های تحقیق حاضر به مصرف امگا ۳ و جذب گوارشی بهتر این مکمل باشد.</p>	<p>نوع مقاله: پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۷</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۲</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱</p> <p>کلیدواژه‌ها: امگا ۳، کوفتگی عضلانی تأخیری، PGE₂، کورتیزول.</p>

استناد: کبیری‌زاده، مصطفی؛ اکبرنژاد قره‌لو، علی؛ و رجیبی، علی. شناخت تأثیرات مصرف مکمل امگا-۳ بر علائم ظاهری، عملکردی و بیوشیمیایی کوفتگی عضلانی تأخیری متعاقب فعالیت برون‌گرا و درون‌گرا در مردان سالم غیرفعال. نشریه علوم زیستی ورزشی. ۱۴۰۲؛ (۳): ۱۵-۷۵-۶۱

DOI: <https://doi.org/10.22059/jsb.2023.354097.1568>

دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کپی‌رایت کامنز (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است. | آدرس نشریه: <https://jsb.ut.ac.ir> | ایمیل: jsb@ut.ac.ir



ناشر: انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.

مقدمه

کوفتگی عضلانی تجربه ناخوشایند و همراه با درد عضلات اسکلتی است و این حالت بیشتر به دنبال اجرای فعالیت عضلانی با فشار غیرمعمول یا زیاد از نوع انقباضات کانسنتریک یا اکسنتریک ایجاد می‌شود [۱]. در افرادی که به تازگی به اجرای فعالیت ورزشی روی آورده‌اند، به مقدار بسیار زیادی کوفتگی عضلانی پیش می‌آید، به طوری که ممکن است مانع از ادامه اجرای برنامه ورزشی شود. دو نوع کوفتگی عضلانی وجود دارد: ۱. کوفتگی عضلانی حاد و ۲. کوفتگی عضلانی تأخیری یا کوفتگی عضلانی مزمن [۱]. کوفتگی عضلانی مزمن یا تأخیری بلافاصله پس از اجرای تمرین ورزشی روی نمی‌دهد و پس از چند ساعت یا حتی تا چند روز بعد از یک جلسه فعالیت ورزشی شدید و یا ناآشنا احساس می‌شود؛ همچنین کوفتگی عضلانی تأخیری با کاهش در دامنه حرکتی مفاصل، کاهش در قدرت عضلانی، التهاب، تورم و سختی عضله همراه است و همچنین افزایش ترشح آنزیم‌های لاکتات دهیدروژناز (LDH) و کراتین کیناز (CPK) در پلاسما رهاسازی میانجی‌های التهابی از قبیل برادی کینین^۲، پروستاگلاندین‌ها^۳، هیستامین^۴، سایتوکین‌ها^۵ را به همراه دارد [۲]. افزون بر این تغییرات بیوشیمیایی نظیر تغییر در میزان گلبول‌های سفید خون، ماکروفاژها^۶، مونوسیت‌ها^۷ و ... که شخص را مستعد آسیب بیشتر می‌کند، در این پدیده دیده می‌شود [۳]؛ بروز این پدیده در کسانی که سابقه اجرای فعالیت ورزشی ندارند، بارزتر است که عاملی بازدارنده در اجرای مهارت‌های ورزشی محسوب می‌شود [۴].

کوفتگی عضلانی با کاهش دامنه حرکتی مفصل همراه است و این احتمال می‌رود که این پدیده به علت ادم یا احساس درد باشد. از سوی دیگر احتمالاً این ضعف در دامنه حرکتی برای بهبود یافتن آسیب عضلانی امری ضروری باشد. ارتباط بین رادیکال‌های آزاد، آسیب عضلانی و التهاب اخیراً بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات صورت گرفته در این زمینه مبهم‌اند. با این حال، مطالعات زیادی نشان داده‌اند که ۲۴ تا ۴۸ ساعت پس از اجرای فعالیت ورزشی نشانگرهای رادیکال آزاد افزایش یافته‌اند [۵] که این افزایش با تغییرات افزایشی در سطوح کراتین کیناز و همچنین دیگر نشانه‌های کوفتگی تأخیری همسوست. در مطالعه کلوز و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده پس از ۳۰ دقیقه دویدن روی نوار گردانی با شیب ۱۵ یا ۶۵ درصد توان هوازی بیشینه، علائم کوفتگی تأخیری مانند افزایش درک درد عضله و سطوح سرمی کراتین کیناز مشاهده شده است [۶].

بیشتر درمان‌هایی که برای پدیده کوفتگی عضلانی تأخیری پیشنهاد می‌شوند برای کاستن و یا محدود کردن واکنش‌های التهابی پس از اجرای فعالیت‌های ورزشی است. یک سری روش‌های درمانی معمول نیز برای درمان این پدیده وجود دارد. از جمله ماساژ درمانی، کشش درمانی، سرم‌درمانی یا حتی مصرف داروهای مسکن ضدالتهاب غیراستروئیدی مثل آسپرین، ناپروکسن، کتوپروفن و ایبوپروفن [۷]. تاکنون تحقیقات گوناگونی به بررسی اثر مصرف این داروها بر کوفتگی عضلانی تأخیری پرداخته و به نتایج ضد و نقیضی دست یافته‌اند. جان لین (۲۰۰۲) در تحقیق خود به این نتیجه دست یافت که استفاده از روغن ماهی و ایزوفلاون بر کوفتگی تأخیری تأثیر معناداری ندارد [۸]. امروزه مصرف اسیدهای چرب غیراشباع خانواده امگا-۳ برای درمان کوفتگی عضلانی تأخیری به طور جدی مورد توجه قرار نگرفته است و مطالعات موجود در این خصوص محدود است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که امگا-۳ به عنوان یک منبع غنی از ایکوزاپنتائوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید تأثیرات سودمندی در کاهش دردهای مفصلی بیماران مبتلا به روماتوئید آرتریت و کاهش تولید عوامل پیش‌التهابی دارد. خواص ضدالتهابی که اسیدهای چرب غیراشباع خانواده امگا-۳ به خصوص EPA^۸ و DHA^۹ دارند، از جمله ویژگی‌هایی است که می‌توان به آنها اشاره کرد. این خاصیت ضدالتهابی از طریق تغییر در مسیرهای لیپوکسیژناز و سیکلواکسیژناز اعمال می‌شود [۹]. بنابراین با توجه به محدود بودن پژوهش‌های انجام گرفته، عوارض جانبی داروهای مصرفی ذکر شده و خاصیت ضدالتهابی امگا-۳، ممکن است مصرف امگا ۳ بر کوفتگی عضلانی تأثیر داشته باشد و از این رو انجام پژوهش حاضر ضروری و مهم به نظر می‌رسد. از این رو با توجه به موارد مهم در بررسی این عارضه دامنه حرکتی مفصل زانو و همچنین سطح درک درد عضلانی با استفاده از مقیاس VAS که نشانگر اصلی‌اند؛ به عنوان علائم ظاهری پس از اجرای یک برنامه ورزشی برون‌گرا و درون‌گرا به صورت پرس با دستگاه پرس پا ارزیابی و بررسی

1. Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS)

2. Brady Kenin

3. Prostaglandins

4. Histamine

5. Cytokunes

6. Macrophages

7. Monocytes

8. Eicosapentaenoic acid

9. Docosahexaenoic acid

شد. همچنین مقدار سطوح پلاسمایی پروستاگلاندین E2 و هورمون کورتیزول که در تحقیقات بسیار اندکی در خصوص DOMS مشاهده شده، به عنوان نشانه‌های شیمیایی متعاقب برنامه تمرینی اشاره شده بررسی شده‌اند [۱۰]. همچنین جنبه نوآورانه و مزیت تحقیق حاضر نسبت به تحقیقات مشابه استفاده کوتاه مدت از مکمل امگا-۳ است، زیرا در تحقیقات متعددی مشاهده شده است که طول دوره مصرف مکمل‌های مؤثر بیشتر از یک ماه بوده است و به نوعی مصرف طولانی مدت برای ورزشکاران یا علاقه‌مندان شروع به ورزش مشکل است. از سوی دیگر با توجه به اینکه داروهای مسکن ضدالتهاب غیراستروئیدی مثل آسپرین، ناپروکسن، کتوپروفن و ایبوپروفن استفاده شده برای مقابله با کوفتگی عضلانی تأخیری علاوه بر عوارض جانبی نتایج چندان رضایت بخشی در بر نداشته است [۱۱]؛ و استفاده از مواد طبیعی غذایی امری پذیرفته در مقایسه با درمان دارویی است، با در نظر گرفتن فواید متعدد برای سلامتی و خواص ضدالتهاب مکمل امگا-۳ [۹]، [۱۰] و سادگی در دسترس بودن، از این رو بررسی تأثیر مکمل امگا-۳ بر روی درد و کوفتگی عضلانی تأخیری مهم و ضروری به نظر می‌رسد. از این رو در تحقیق حاضر سعی شده است تا برای اولین بار در حیطه فیزیولوژی ورزش، تأثیر مصرف مکمل امگا-۳، بر کاهش درد و سایر نشانه‌های ظاهری، عملکردی و بیوشیمیایی کوفتگی عضلانی تأخیری متعاقب فعالیت برون‌گرا و درون‌گرا در مردان سالم غیرفعال با استفاده از دستگاه پرس پا؛ تحقیق و بررسی شود.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از منظر هدف پژوهشی کاربردی، از نظر روش گردآوری داده جزو پژوهش‌های نیمه تجربی و از حیث نوع داده‌ها پژوهشی کمی بود. نمونه آماری شامل ۲۲ مرد سالم غیرفعال داوطلب ساکن در شهرستان بوکان استان آذربایجان غربی و حومه آن با میانگین سن 21.09 ± 0.88 سال، قد 174.1 ± 1.68 سانتی‌متر و وزن 73.25 ± 1.03 کیلوگرم بودند. آزمودنی‌ها بر اساس پرسشنامه آمادگی خود را برای اجرای فعالیت‌های ورزشی اعلام کردند. به این ترتیب معیار ورود به تحقیق شامل ساکن شهرستان بوکان، استان آذربایجان غربی و حومه آن، نداشتن فعالیت ورزشی منظم طی شش ماه گذشته، نداشتن فعالیت ورزشی طی ۱۵ روز گذشته که به ایجاد DOMS، منجر شده باشد، محدوده سنی ۲۲ سال، مرد بودن، عدم ابتلا به بیماری‌های ارتوپدی در اندام تحتانی، نداشتن بیماری عصبی و قلبی عروقی و نیز نداشتن بیماری دستگاه گوارش، عدم مصرف داروهای ضد درد استروئیدی و غیراستروئیدی در ۱۰ روز پیش از شروع تحقیق، عدم انجام تزیق عضلانی در ۱۰ روز پیش از انجام تحقیق، شرکت نکردن در مسابقه یا فعالیت جسمانی شدید در طول تحقیق و نداشتن درد و آزردهی و ناراحتی مفصلی در اندام تحتانی و زمان انجام برنامه تمرینی بود. معیارهای خروج از تحقیق شامل عدم مصرف روزانه یک کپسول امگا ۳ هزار میلی گرمی توسط گروه تجربی و یا عدم مصرف دارونمای دکستروز ۲ درصد توسط گروه کنترل به مدت یک ماه، مصرف مکمل، دارو و یا هر نوع موارد خوراکی دیگر که در نتایج اصلی تحقیق تداخل ایجاد کند، نداشتن خواب و استراحت کافی، کم و زیاد شدن دریافت مواد غذایی معمول روزمره (گرفتن رژیم خاص غذایی)، انصراف از ادامه شرکت در روند تحقیق، ایجاد بیماری که نتایج تحقیق را دستخوش تغییر کند، استفاده از روش درمانی دیگر به جز مصرف مکمل امگا-۳ طبق برنامه تحقیق حاضر مؤثر در درمان DOMS، مانند داروهای ضد درد استروئیدی و غیراستروئیدی مانند ایندومتاسین و یا روش‌های درمانی دیگر مانند اولتراسوند و... بود. سپس آزمودنی‌ها ابتدا به شکل غیرتصادفی و از بین داوطلبان انتخاب و سپس به صورت تصادفی به دو گروه تجربی و دارونما تقسیم شدند. آزمودنی‌ها از ماده مؤثره دریافتی و همچنین طرز قرارگیری در گروه‌ها اطلاعی نداشتند.

به منظور بروز پدیده کوفتگی عضلانی تأخیری از دستگاه پرس پا با دستگاه ثابت، چندکاره، پایه متحرک، ساخت ژاپن (تمرین ورزشی مقاومتی درون‌گرا و برون‌گرا) استفاده شد. بدین منظور آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه پرس پا با وزنه‌ای به میزان ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه، حرکت را در چهار نوبت و هر نوبت ۲۰ تکرار با فاصله سه دقیقه استراحت بین هر نوبت اجرا کردند. ایجاد انقباض ایزوتونیک در عضلات چهارسر رانی در حالت جمع شدن مفصل زانو و در برگشت وزنه به حالت اول انجام گرفت، در خصوص ریتم پرس پا جهت حصول اطمینان از ایجاد انقباض‌های اکسنتریک و کانسنتریک، هر انقباض ۴ ثانیه طول کشید (۲ ثانیه درون‌گرا، ۲ ثانیه برون‌گرا)، با توجه به

¹. Leeg Prees

یک تکرار بیشینه هر آزمودنی از طریق اجرای آزمون یک تکرار بیشینه و استفاده از فرمول برزیکی که در ذیل آورده شده است، اندازه‌گیری شد:

$$(0.0278 \times \text{تعداد تکرار تا خستگی}) - (1/0.278) / \text{وزنه جابه‌جاشده (کیلوگرم)}: \text{یک تکرار بیشینه}$$

به‌منظور نمونه‌گیری خونی میزان ۲ سی‌سی خون سیاهرگی در چهار نوبت (پیش از شروع تحقیق (مصرف مکمل امگا ۳) ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از کوفتگی عضلانی) توسط متخصص گرفته شد و در لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد EDTA^۲، نگهداری شد. بلافاصله پس از خون‌گیری خون هر آزمودنی با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و با مدت زمان ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد و پس از آن به میزان ۵۰۰ میکرولیتر پلاسما به‌وسیله سمپلر به میکروتیوب استریل منتقل شد و همه نمونه‌های سانتریفیوژ شده برای اجرای مراحل بعدی به آزمایشگاه منتقل شد. به‌منظور تعیین مقادیر آنزیم پروستاگلاندین E2 با روش آنزیم ایمولانسی از EIA Kit-monoclonal (solid plate) ساخت شرکت Cayman آلمان و برای اندازه‌گیری کورتیزول به روش الیزا از کیت شرکت monobind ساخت آمریکا با دامنه تشخیص ۰/۳۶۶ تا ۵۰/۰ میکروگرم در دسی‌لیتر و حساسیت ۰/۳۶۶ میکروگرم در دسی‌لیتر استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری زمان، از دستگاه زمان‌سنج مدل XL5853 ساخت چین با دقت ۰/۰۱ ثانیه استفاده شد.

روش آماری

به‌منظور سازماندهی، خلاصه کردن و توصیف متغیرهای وابسته در سطوح متغیر مستقل و در مراحل پژوهش از شاخص‌های میانگین و انحراف معیار استفاده شد. در قسمت یافته‌های استنباطی ابتدا از آزمون شاپیروویلیک به‌منظور بررسی پیش‌فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. به‌منظور مقایسه درون‌گروهی متغیرهای وابسته از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های مکرر و آزمون تعقیبی بنفرونی و برای مقایسه بین‌گروهی آزمون تی مستقل به‌کار برده شد. سطح معناداری در تمامی آزمون‌های آماری برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. تمامی محاسبات آماری به‌وسیله نرم‌افزار آماری SPSS22 انجام گرفت.

یافته‌های پژوهش

جدول ۱. مقایسه میانگین متغیرهای وابسته بین گروه مکمل امگا ۳ و کنترل (دارونما) در مراحل مختلف تحقیق (آزمون تی مستقل)

P	۷۲ ساعت		۴۸ ساعت		۲۴ ساعت		در حالت پایه		P	مکمل امگا ۳ کنترل (دارونما)
	پس از تمرین	پس از تمرین	پس از تمرین	پس از تمرین	پس از تمرین	پس از تمرین	پس از تمرین			
۰/۰۰۰۱	۵/۱۱ ± ۰/۴۱	۵/۷۲ ± ۰/۳۵	۰/۰۰۰۱	۷/۱۴ ± ۰/۴۲	۰/۰۰۰۹	۶/۳۳ ± ۰/۴۷	۰/۵۸۹	۴/۵۳ ± ۰/۴۶	۰/۰۰۰۱	۴/۶۲ ± ۰/۲۹
۰/۰۰۰۱	۶/۲۷ ± ۰/۴۸	۱۰/۰۹ ± ۰/۵۲	۰/۰۰۰۱	۱۰/۸۸ ± ۰/۸۳	۰/۰۰۰۹	۶/۹۲ ± ۰/۴۹	۰/۵۶۸	۹/۷ ± ۰/۵۹	۰/۰۰۰۱	۹/۵۸ ± ۰/۳۱
۰/۰۰۰۱	۹/۷۳ ± ۰/۵۸	۱۰/۸۸ ± ۰/۸۳	۰/۰۰۰۱	۱۱/۲۱ ± ۰/۸۷	۰/۰۰۰۱	۱۰/۵۴ ± ۰/۴۶	---	۱/۱۸ ± ۰/۶۰	۰/۰۰۰۱	۳/۲۷ ± ۰/۹۰
۰/۰۰۰۱	۱۰/۳۸ ± ۰/۷۶	۱۰/۸۸ ± ۰/۸۳	۰/۰۰۰۱	۱۱/۲۱ ± ۰/۸۷	۰/۰۰۰۱	۱۰/۵۴ ± ۰/۴۶	---	۵/۶۲ ± ۰/۴۷	۰/۰۰۰۱	۶/۸۱ ± ۰/۷۵
۰/۰۰۰۱	۱۴۰/۲۷ ± ۰/۶۴	۱۳۹/۲۶ ± ۰/۸۰	۰/۰۰۰۱	۱۳۷/۷۲ ± ۱/۴۲	۰/۰۰۰۱	۲/۴۵ ± ۰/۸۵	---	۱۴۰/۲۷ ± ۰/۶۴	۰/۰۰۰۱	۱۳۹/۲۶ ± ۰/۸۰
۰/۰۰۰۱	۱۳۶/۸۱ ± ۱/۲۵	۱۳۵/۰۹ ± ۰/۸۳	۰/۰۰۰۱	۱۳۶/۱۸ ± ۰/۹۸	۰/۰۰۰۱	۱۳۶/۱۸ ± ۰/۹۸	۰/۲۵۷	۱۴۲/۰۰ ± ۰/۸۲	۰/۰۰۰۱	۱۴۲/۰۰ ± ۰/۸۲

1. 1RM: One-repetition maximum

2. Ethylenediaminetetraacetic acid

نتایج آزمون تی مستقل نشان داد میانگین PGE_2 متعاقب کوفتگی عضلانی تأخیری دو گروه در حالت پایه تفاوت معناداری نداشت ($P = 0/589$)، اما بین میانگین شاخص PGE_2 گروه مکمل و گروه کنترل در مراحل ۲۴ ساعت ($P = 0/009$)، ۴۸ ساعت ($P = 0/0001$) و ۷۲ ساعت بعد ($P = 0/0001$) تفاوت آماری معناداری وجود داشت و میانگین گروه مکمل به صورت معناداری در تمامی مراحل کمتر از گروه کنترل بود. بنابراین مقایسه بین گروهی میانگین دو گروه نشان داد مصرف مکمل امگا ۳ موجب کاهش متعاقب کوفتگی عضلانی تأخیری شده است.

همچنین نتایج حاکی از آن بود که میانگین کورتیزول متعاقب کوفتگی عضلانی تأخیری دو گروه در حالت پایه تفاوت معناداری نداشت ($P = 0/568$)، اما بین میانگین شاخص کورتیزول گروه مکمل و گروه کنترل در مراحل ۲۴ ساعت ($P = 0/036$)، ۴۸ ساعت ($P = 0/015$) و ۷۲ ساعت بعد ($P = 0/039$) تفاوت معناداری وجود داشت و میانگین گروه مکمل به صورت معناداری در تمامی مراحل کمتر از گروه کنترل بود. بنابراین، مقایسه بین گروهی میانگین دو گروه نشان داد مصرف مکمل امگا ۳ موجب کاهش کورتیزول متعاقب کوفتگی عضلانی تأخیری شده است.

نتایج آزمون تی مستقل در یافته‌های مشابه بیانگر آن است که میانگین سطح درک درد عضلانی متعاقب کوفتگی عضلانی تأخیری دو گروه در حالت پایه تفاوت معناداری ندارد. اما بین میانگین شاخص سطح درک درد عضلانی گروه مکمل و گروه کنترل در مراحل ۲۴ ساعت ($P = 0/0001$)، ۴۸ ساعت ($P = 0/0001$) و ۷۲ ساعت بعد ($P = 0/0001$) تفاوت معناداری داشت و میانگین گروه مکمل به صورت معناداری در تمامی مراحل کمتر از گروه کنترل بود.

با یافته‌های مشابه، نتایج آزمون تی مستقل نشان داد میانگین دامنه حرکتی زانو متعاقب کوفتگی عضلانی تأخیری دو گروه در حالت پایه تفاوت معناداری ندارد ($P = 0/257$)، اما بین میانگین شاخص دامنه حرکتی زانوی گروه مکمل و گروه کنترل در تمامی مراحل ۲۴ ساعت ($P = 0/008$)، ۴۸ ساعت ($P = 0/0001$) و ۷۲ ساعت بعد ($P = 0/0001$) تفاوت معناداری وجود دارد و میانگین گروه مکمل به صورت معناداری در تمامی مراحل بیشتر و بهتر از گروه کنترل بود.

جدول ۲. مقایسه نتایج درون گروهی آزمون بنفرونی مراحل قبل (حالت پایه)، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری در متغیرهای وابسته در دو گروه مکمل امگا-۳ و کنترل (دارونما)

متغیر	متغیر	زمان	بین مرحله پایه با ۲۴ ساعت	بین مرحله پایه با ۴۸ ساعت	بین مرحله پایه با ۷۲ ساعت	بین مرحله ۲۴ با ۴۸ ساعت	بین مرحله ۲۴ با ۷۲ ساعت	بین مرحله ۴۸ با ۷۲ ساعت
PGE_2 (pg/ml)	مکمل امگا-۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
	کنترل (دارونما)	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
کورتیزول ($\mu\text{g/dl}$)	مکمل امگا-۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۳۷۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳
	کنترل (دارونما)	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
VAS (cm)	مکمل امگا-۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
	کنترل (دارونما)	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
دامنه حرکتی زانو (درجه)	مکمل امگا-۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
	کنترل (دارونما)	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱

*: معناداری در سطح ۰/۰۵

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر نشان داد بین میانگین PGE_2 مراحل پژوهش هم در گروه کنترل ($P < 0/001$) و هم گروه مکمل تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0/001$)، نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی جهت مقایسه دو به دو میانگین مراحل نشان داد، میانگین PGE_2 در گروه مکمل به ترتیب در تمامی مراحل کاهش معناداری داشته است، در حالی که در گروه کنترل در تمامی مراحل افزایش معناداری داشته، به جز بین مرحله ۴۸ ساعت تا ۷۲ ساعت که کاهش معناداری داشته است. به طور کلی با توجه به نتایج مقایسه‌های بین گروهی و درون گروهی می‌توان گفت مصرف مکمل امگا ۳ به صورت معناداری موجب کاهش PGE_2 شده است.

افزون بر این نتایج نشان داد بین میانگین کورتیزول مراحل پژوهش هم در گروه کنترل ($P=0/001$) و هم گروه مکمل تفاوت معناداری وجود دارد ($P=0/002$). نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی جهت مقایسه دو به دو میانگین مراحل نشان داد، میانگین کورتیزول در گروه مکمل به ترتیب در تمامی مراحل کاهش معناداری داشته، درحالی که در گروه کنترل در تمامی مراحل افزایش معناداری داشته است. به طور کلی با توجه به نتایج مقایسه‌های بین گروهی و درون گروهی می‌توان گفت مصرف مکمل امگا سه به صورت معناداری موجب کاهش کورتیزول شده است.

همچنین نتایج حاکی از این بود که بین میانگین احساس درد مراحل پژوهش هم در گروه کنترل ($P=0/001$) و هم گروه مکمل تفاوت معناداری وجود دارد ($P=0/001$). نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی جهت مقایسه دو به دو میانگین مراحل نشان داد، میانگین احساس درد در گروه مکمل به ترتیب در تمامی مراحل کاهش معناداری داشته، درحالی که در گروه کنترل در تمامی مراحل افزایش معناداری داشته است. به طور کلی با توجه به نتایج مقایسه‌های بین گروهی و درون گروهی می‌توان گفت مصرف مکمل امگا ۳ به صورت معناداری موجب کاهش احساس درد شده است.

با یافته‌ای مشابه نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های مکرر نشان داد بین میانگین دامنه حرکتی زانو در مراحل پژوهش هم در گروه کنترل ($P=0/001$) و هم گروه مکمل تفاوت معناداری وجود دارد ($P=0/005$). نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی جهت مقایسه دو به دو میانگین مراحل نشان داد، میانگین دامنه حرکتی زانو در گروه مکمل به ترتیب در تمامی مراحل کاهش معناداری داشته است، درحالی که در گروه کنترل در تمامی مراحل این میزان کاهش بیشتر بود. به طور کلی با توجه به نتایج مقایسه‌های بین گروهی و درون گروهی می‌توان گفت مصرف مکمل امگا ۳ به صورت معناداری موجب بهبود دامنه حرکتی زانو شد.

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که یک ماه مصرف مکمل امگا ۳ تأثیرات قوی پیشگیری‌کننده و بهبوددهنده در کوفتگی عضلانی تأخیری دارد. یافته‌های پژوهش نشان داد که پروتکل تمرین برون‌گرای به کار گرفته شده با استفاده از دستگاه پرس پا، موجب ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری در طول تحقیق در گروه‌های کنترل و مکمل شده است. نتایج بیوشیمیایی، عملکردی، درد دو گروه تفاوت معناداری را نشان می‌دهد که احتمالاً ناشی از مصرف خوراکی یک‌ماهه مکمل امگا ۳ است.

با توجه به کمبود مطالعات در خصوص بررسی تأثیرات مصرف مکمل امگا ۳، هورمون کورتیزول و هورمون PGE_2 در عارضه DOMS با استفاده از روش تمرین این تحقیق و نبود مطالعه‌ای مشابه با این تحقیق، پژوهش حاضر با توجه به جست‌وجوهای محقق، نخستین پژوهش در زمینه تأثیر مکمل امگا ۳ بر التهاب ناشی از فعالیت ورزشی در اثر DOMS و این هورمون‌هاست. مکمل امگا-۳ دارای ترکیبات ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و با تأثیرات درمانی فراوان است. بنابراین می‌توان از آن به طور گسترده در بحث دارویی و مکمل سازی استفاده کرد.

مقایسه نتایج بین گروهی حاکی از آن است که بین دو گروه مصرف‌کننده مکمل امگا ۳ و گروه کنترل (دارونما)، در شاخص PGE_2 متعاقب فعالیت برون‌گرا و درون‌گرای عضله چهارسر زانو (کوفتگی عضلانی تأخیری) در حالت پایه تفاوتی وجود نداشت، اما در تمامی مراحل ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد تفاوت معناداری وجود داشت. لیکن افزایش میانگین این متغیر در گروه کنترل در مراحل بعدی در مقایسه با گروه مکمل بسیار بیشتر بود. علاوه بر این در گروه مکمل میانگین هورمون PGE_2 در مرحله ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری نسبت به ۲۴ ساعت بعد از ایجاد DOMS روند کاهشی نشان داد، ولی در گروه کنترل میانگین این هورمون در مرحله ۴۸ ساعت بعد نسبت به ۲۴ ساعت بعد روند افزایشی داشته است.

شایان ذکر است که هورمون PGE_2 به عنوان پیش‌ساز سایر بیومارکرهای التهابی مؤثر در عارضه DOMS از جمله اینترکولین‌هاست و با کاهش آن سایر بیومارکرهای التهابی همچون ایکوزانوئید اسید، لکوترین و ترومبوکسان که موجب التهاب، درد، تب و تورم در بدن می‌شوند، کاهش می‌یابند [۱۳، ۱۴]. آثار التهابی PGE_2 شامل تب، افزایش نفوذپذیری عروق، اتساع عروق و افزایش بیان سایتوکین‌های

التهابی مانند اینتروکین ها و پروتئین واکنش دهنده C است؛ همچنین افزایش PG، افزایش آنزیم های اکسایشی و افزایش رادیکال های آزاد، کاهش عملکرد ورزشی و آسیب در افراد را در پی دارد [۱۵، ۱۶].

پاسخ PGE2 به فعالیت ورزشی در چندین پژوهش بررسی شده است. أبرامسون و همکاران (۱۹۸۵) در تحقیقی روی ۱۲ نمونه انسانی سالم نشان دادند یک وهله فعالیت شامل تمرینات فلکشن آرنج موجب افزایش میزان PGE2 می شود [۲۲]. همچنین استرنند و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند، یک وهله فعالیت ورزشی بیشینه، سطوح پلاسمایی فاکتورهای التهابی را افزایش می دهد [۲۴] که از نظر افزایش PGE2 با تحقیق حاضر همسوست. همچنین همسو با نتایج تحقیق حاضر، نتایج پژوهش محققان که اثر مکمل امگا-۳ بر مقدار سرمی پروستاگلاندین E2 زنان ورزشکار را بررسی کردند، نشان داد که مصرف مکمل امگا-۳ سبب کاهش معنادار PGE2 ناشی از اثرات استرسی تمرین می شود [۱۷].

در این زمینه چوبینه و همکاران (۲۰۱۳) نیز به بررسی اثر مکمل امگا ۳ بر مقدار سرمی PGE2 در ورزشکاران پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که مصرف مکمل امگا ۳ موجب کاهش معنادار PGE2 ناشی از تمرین شده است [۱۵]. همچنین اندرسون^۱ و همکاران (۲۰۰۰) تأثیر مصرف مکمل امگا ۳ را بر پاسخ التهابی شناگران نخبه مرد بررسی کردند. در این پژوهش مقدار PGE2 سرم در آغاز و در انتهای شش هفته مکمل سازی اندازه گیری شد و نتایج نشان داد که مصرف این مکمل، میزان افزایش پروستاگلاندین های ناشی از تمرین را کاهش داده است [۱۸] که همسو با نتایج تحقیق حاضر بود؛ اما در تحقیق حاضر مدتی کمتر را نشان داد و یک ماه مصرف مکمل امگا-۳ چنین اثری را نشان داد که قابل تأمل است؛ این در حالی بود که پاسخ التهابی و افزایش میزان هورمون PGE2 در آزمودنی های تحقیق اندرسون کمتر از آزمودنی های تحقیق حاضر بود که حتی دچار DOMS شده بودند که این موضوع خود نشان از اثرات ضدالتهابی بیشتر مکمل امگا ۳ تولیدی داخلی ایران (بدون جیوه) نسبت به مکمل خارجی مصرف شده در تحقیق اندرسون در کاهش هورمون PGE2 دارد. این نکته توسط تیم تحقیق بررسی شد؛ نتایج نشان داد در مکمل امگا ۳، خارجی ویتامین D3، E، A، ویتامین های گروه ب، آهن، زینک، کلسیم، منیزیم و حتی ترکیبات مغذی دیگری همچون جینسینگ نیز وجود دارد؛ بنابراین احتمال دارد مصرف کپسول امگا-۳ ایرانی طی تحقیق حاضر که فقط حاوی دو عامل ایکوزاپنتانویک اسید (EPA) و دوکوزاهگزانویک اسید (DHA) و بدون افزودنی های دیگری بوده، در کاهش هورمون PGE2 پس از ایجاد DOMS اثرات قوی تری داشته است.

شایان ذکر است در تحقیقات مختلف به مکانیزم های متعددی مرتبط با اثر اسیدهای چرب غیراشباع بر عوامل التهابی اشاره شده است. مقدار آراشیدونیک اسید ناشی از امگا ۶ در غشای فسفولیپیدی سلول های ایمنی که نتیجه به هم خوردن نسبت امگا ۳ به امگا ۶ در الگوی تغذیه ای است، پروستاگلاندین های سری ۲ و لوکوترین های سری ۴ از مسیره های آنزیمی سیکلواکسیژناز ساخته می شود که دارای آثار التهابی فراوانی است. به منظور به تعادل رساندن این نسبت، استفاده از مکمل امگا ۳ سبب می شود اسید آراشیدونیک روی سطح غشای سلول های ایمنی کاهش یابد و ایکوزاپنتانویک اسید و دوکوزاهگزانویک اسید جایگزین اسید آراشیدونیک شوند. به دنبال کاهش میزان اسید آراشیدونیک، تولید PGE2 و LTb4 کاهش می یابد و سپس سبب کاهش التهاب در بدن می شود. افزون بر این، سوپسترا شدن EPA و DHA، سبب تولید PGE3 و LTb5 می شود که به نظر می رسد ویژگی های التهابی کمتری را نسبت به PGE2 و LTb45 دارند [۱۹، ۲۰].

بخش دیگر نتایج تحقیق حاضر مربوط به هورمون کورتیزول بود که در مراحل بعد کوفتگی افزایش میانگین در گروه مکمل مشاهده شد؛ اما این افزایش در گروه کنترل در مراحل بعدی بسیار بیشتر بود. علاوه بر این، در گروه مکمل مشاهده شد که میانگین هورمون کورتیزول از مرحله ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد نسبت به ۲۴ ساعت کاهش یافته و برگشت به سمت میانگین قبل ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری را داشته، ولی در گروه کنترل میانگین هورمون کورتیزول در مرحله ۴۸ ساعت بعد نسبت به حالت پایه روند افزایشی داشته است. یکی از علائم جدید زیست شیمیایی کوفتگی عضلانی تأخیری تغییرات سطوح پلاسمایی هورمون کورتیزول است [۲۱]. محرک های دردناک ناشی از هرگونه استرس جسمی یا آسیب بافتی مانند کوفتگی عضلانی تأخیری، نخست از طریق ساقه مغز بالا می روند و در نهایت

¹. Anderson

به برجستگی میانی هیپوتالاموس می‌رسند؛ به داخل دستگاه پورت هیپوفیزی ترشح می‌شوند و ظرف چند دقیقه، فعال شدن سلسله وقایع کنترلی به افزایش چشمگیر کورتیزول خون منجر می‌شوند [۲۱]. ناهمسو با نتایج تحقیق حاضر در پژوهشی نشان داده شد که یک وهله فعالیت ورزشی بیشینه سبب افزایش فاکتورهای التهابی می‌شود و مصرف شش هفته مکمل امگا ۳، تأثیری در کاهش پاسخ‌های التهابی به تمرین شدید در ورزشکاران ندارد [۲۲]. لیکن همسو با نتایج تحقیق حاضر احمدی‌زاد و همکاران به بررسی اثر چهار هفته مصرف مکمل امگا ۳ بر استرس اکسیداتیو و کاهش التهاب در مردان کاراته‌کای حرفه‌ای پرداختند و نتیجه‌گیری کردند که مصرف امگا ۳ سبب افزایش بیومارکر ضد اکسایشی و کاهش سطوح استراحتی بیومارکر اکسایشی و التهابی مانند هورمون کورتیزول در افراد تمرین کرده می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر مبنی بر کاهش بیومارکر التهابی کورتیزول هم‌خوانی داشت [۲۳].

برای توجیه تغییرات در غلظت سطوح استراحتی کورتیزول متعاقب فعالیت‌های بدنی مکانیسم‌های متفاوتی وجود دارد که از آن میان می‌توان به تغییرات دمای مرکزی، تحریک محور هیپوتالاموس هیپوفیز-آدرنال، ترشح هورمون آدرنوکورتیکوتروپیک تغییرات PH، دستگاه عصبی سمپاتیک و تجمع لاکتات و هیپوکسی اشاره کرد [۲۴]. تغییرات هورمون‌های استرسی از جمله کورتیزول از سازوکارهای درگیر در تغییر عملکرد در ورزش نیز هستند. بر اساس یافته‌های پژوهشی ورزش شدید موجب افزایش محتوای کورتیزول سرم و بزاق ورزشکاران می‌شود که این افزایش برای مدت طولانی‌تری پس از توقف فعالیت باقی می‌ماند. برنامه‌های تمرینی شدید که سبب ایجاد DOMS می‌شوند، بار زیادی را به بدن تحمیل می‌کنند. مانند تمرین با حجم بالا شدت متوسط تا بالا با دوره‌های استراحت کوتاه‌مدت به بیشترین پاسخ حاد لاکتات، کورتیزول و تغییرات کمی طی تمرین قدرتی معمولی منجر می‌شود [۲۵]، به طوری که آثار کاتابولیک کورتیزول بر تارهای عضلانی نوع دوم که تارهای سریع خوانده می‌شوند و این گروه قدرت عضلانی قوی را ایجاد کرده ولی خستگی‌پذیرند و متابولیسم آنها از نوع گلیکولیتیک است، بیشتر و بزرگ‌تر از نوع اول است [۲۶].

بخش دیگر تحقیق حاضر سنجش میزان درد ادراک شده با مقیاس VAS بود. در گروه مکمل میانگین درک درد عضلانی با استفاده از مقیاس VAS در فاصله زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد، افزایش و ۷۲ ساعت بعد روند کاهش نسبت به ۲۴ ساعت بعد انجام پروتکل تمرینی نشان داد و بیانگر این است که مصرف مکمل امگا ۳ توسط گروه مکمل توانسته است سبب بهبود سریع‌تر عوارض ظاهری کوفتگی عضلانی تأخیری عامل ایجاد درد شود. اما در گروه کنترل درک درد عضلانی با استفاده از مقیاس VAS به عنوان سنجش عامل التهاب و آسیب عضلانی در تمام مراحل بعد ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد نسبت به حالت پایه افزایش را نشان داد.

تحقیقات نشان می‌دهد که استرس مکانیکی مانند فعالیت برون‌گرا سبب آسیب غشای برخی تارهای عضلانی کوچک [۲۷] و اختلال هموستاز کلسیم از منابع خارج سلولی و فعال شدن متابولیسم اسید آراشیدونیک می‌شود [۷]. دلیل حساس شدن تارهای عصبی آوران نوع III و IV به تحریکات شیمیایی و مکانیکی و افزایش ادراک درد عضلانی، متابولیسم اسید آراشیدونیک است. تأثیرات سودمند امگا ۳ به عنوان غنی‌ترین منبع اسیدهای چرب غیراشباع چندانکه در کاهش دردهای مفصلی بیماران مبتلا به آرتریت روماتوئید و کاهش تولید عوامل پیش‌التهابی طی تحقیقات مختلفی این‌گونه گزارش شده است که ایکوزاپنتانویک اسید (EPA) و دوکوزاهگزانویک اسید (DHA) به عنوان اسیدهای چرب غیراشباع خانواده امگا ۳، به سبب شرکت فعال در غشاهای سلولی، مسیرهای سیکلواکسیژناز ۲ و لیبوکسیژناز ۵ که به ترتیب سبب تولید ترومبوکسان و پروستاگلاندین‌های سری ۲ و لوکوترین‌های سری ۴ و دارای تأثیرات التهابی شدید هستند، مهار می‌کنند و در عوض موجب تولید ترومبوکسان و پروستاگلاندین‌های سری ۳ از مسیر سیکلواکسیژناز ۲ و لوکوترین‌های سری ۵ از مسیر لیبوکسیژناز ۵ که خواص ضدالتهابی کمتری نسبت به فراورده‌های مسیر قبلی دارند، می‌شوند. ترومبوکسان و پروستاگلاندین‌های حاصل از مسیر سیکلواکسیژناز ۲ و لوکوترین‌های حاصل از مسیر لیبوکسیژناز ۵، از طریق افزایش آستانه تارهای عصبی آوران III و VI نسبت به محرک‌های شیمیایی و مکانیکی، میزان درد ادراک شده توسط فرد را کاهش می‌دهند [۲۷]. در تحقیق جان لین و همکاران (۲۰۰۲)، ۴۸ ساعت بعد از اجرای برنامه تمرینی در تمامی گروه‌های مورد مطالعه قدرت عضلانی کاهش یافت و افزایش معناداری در میزان درد ادراک شده در تمامی گروه‌ها مشاهده شد [۸]. همچنین نتایج به دست آمده در خصوص میزان درد ادراک شده در تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات زیرین دست

^۱. Adrenocorticotrophic hormone (ACTH)

(۲۰۰۲)، تایو (۱۹۹۱) و سیرز (۲۰۰۴) که تأثیر انواع متفاوت داروهای مسکن ضدالتهاب غیراستروئیدی بر کوفتگی عضلانی تأخیری ناشی از تمرینات برون‌گرا را بررسی کرده بودند، همخوانی نداشت. این اختلاف احتمالاً به دلیل آسیب عضلانی کمتر، تفاوت در اندام مورد بررسی یا جذب گوارشی بهتر امگا-۳ باشد [۲۸-۳۰]. بورگریس (۱۹۹۹) و ترتیبیان (۱۳۸۵) نیز با بررسی تأثیر داروی ناپروکسن [۳۱، ۳۲] و معمارباشی و رجبی (۲۰۱۶)، با مصرف مکمل زعفران بر میزان درد ادراک شده متعاقب تمرینات برون‌گرای پله و پرس پا نتایج مشابهی را در سنجش میزان درد ادراک شده با مقیاس VAS متعاقب DOMS گزارش کردند [۳۳]. این مسئله احتمالاً به دلیل استفاده از برنامه تمرینی مشابه برای ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری در این تحقیقات است. همچنین بورگریس و ترتیبیان همانند تحقیق حاضر کوفتگی عضلانی را در عضلات بازکننده پا مشاهده کردند که این نیز می‌تواند دلیل دیگری بر همسو بودن نتایج این تحقیقات باشد.

سنجش میزان التهاب با تغییرات دامنه حرکتی زانو (درجه) که یک شاخص اصلی در تحقیقات مرتبط با DOMS است نیز در تحقیق حاضر بررسی شد. در گروه مکمل میانگین دامنه حرکتی زانو (درجه) در فاصله زمانی ۲۴ ساعت بعد کاهش و در فاصله زمانی ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد روند بهبود و بازگشت نسبت به ۲۴ ساعت بعد از انجام پروتکل تمرینی را نشان داد که نشان از روند بهبود و افت عوارض کوفتگی عضلانی تأخیری دارد. لیکن نسبت به حالت پایه هنوز معنادار بود و این نشان می‌دهد هرچند مصرف مکمل امگا-۳ بر شاخص دامنه حرکتی زانو به‌عنوان شاخص سنجش التهاب تأثیر معناداری داشته است؛ اما مصرف مکمل امگا-۳ توسط گروه مکمل به‌طور کامل نتوانسته است سبب جلوگیری از ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری شود. اما میانگین‌های دامنه حرکتی زانو (درجه) در فاصله زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد نسبت به حالت پایه در گروه کنترل که تنها دارونما مصرف کرده بودند، کاهش و افزایش عوارض کوفتگی عضلانی تأخیری را نشان داد.

التهاب و ورم در کوفتگی عضلانی تأخیری مربوط به نفوذپذیری عروق آسیب‌دیده و عبور پروتئین‌های پلاسما به فضای میان‌بافتی و در نتیجه ادم بافتی است [۲۷]. پارگی تارهای عضلانی و التهاب ایجادشده پس از تمرینات برون‌گرا و درون‌گرا می‌تواند از طریق افزایش سفتی و خشکی عضله دامنه حرکتی را در مفاصل درگیر کاهش دهد [۱]. در تحقیقات متعددی از کاهش دامنه حرکتی مفاصل درگیر در انقباضات به‌عنوان شاخصی از DOMS پس از برنامه تمرینی برون‌گرا و درون‌گرا استفاده شده است [۳۴]. نتایج تحقیق حاضر در خصوص دامنه حرکتی زانو نشان‌دهنده تأثیرات سودمند مصرف مکمل امگا-۳ در جلوگیری از کاهش دامنه حرکتی زانو و احتمالاً التهاب در مقایسه با زمان قبل از کوفتگی نسبت به گروه کنترل است.

نتایج تحقیق حاضر در این بخش بیانگر مؤثرتر بودن مصرف مکمل امگا-۳ در مقایسه با مکمل گلوتامین است که در تحقیق ابراهیم و همکاران [۱] متعاقب DOMS به‌کار گرفته شده بود. به‌نظر می‌رسد تأثیرات ضدالتهابی امگا-۳ در این تحقیق تحت تأثیر مقدار و همچنین نحوه مصرف و آثار ضدالتهابی این مکمل است. اما در تحقیقات متفاوتی، تایو (۱۹۹۱)، بارلاس (۲۰۰۰)، لوی (۲۰۰۷) و وحیدی (۲۰۰۷)، با بررسی تأثیر روغن ماهی، برومالین، ایبوپروفن و آسپرین پس از برنامه‌های تمرینی برون‌گرا بر دامنه حرکتی مفاصل درگیر در انقباضات، به نتایج قابل قبولی دست نیافتند [۲۹، ۳۵-۳۷]. ناهمخوانی نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات لین، استون، بارالس و توکماکیدیس می‌تواند به آسیب عضلانی کمتر و خواص ضدالتهابی امگا-۳ نسبت داده شود.

همچنین ناهمسو با نتایج تحقیق حاضر، لوی و همکاران (۲۰۰۷)، با اندازه‌گیری محیط دور بازو به‌عنوان شاخصی از التهاب ایجادشده متعاقب تمرینات بیشینه برون‌گرای بازو در آزمودنی‌هایی که روغن ماهی دریافت کرده بودند، نتایج رضایت‌بخشی گزارش نکردند [۳۶]. پترسون و همکاران (۲۰۰۳) گزارش دادند که مصرف داروهای ایبوپروفن و استامینوفن بر التهاب سلول‌های عضلانی بی‌تأثیر بوده است. پترسون و همکاران برای ارزیابی التهاب عضلانی از بیوپسی استفاده کرده بودند و این در حالی است که در تحقیق حاضر التهاب ایجادشده به‌طور غیرتهاجمی و از طریق اندازه‌گیری بود، که می‌تواند نتایج را تحت تأثیر قرار دهد. از سوی دیگر به‌نظر می‌رسد اختلاف مشاهده‌شده در نتایج، به دلیل خواص ضدالتهابی قوی مکمل امگا-۳ نسبت به داروهای استفاده‌شده در تحقیق پترسون و همکاران باشد که این می‌تواند به نقش امگا-۳ در کاهش تولید میانجی‌های پیش التهابی مانند ترومبوکسان و پروستاگلاندین‌های سری ۲ و لکوترین‌های سری ۴ که دارای تأثیرات التهابی شدید می‌باشند، نسبت داده شود [۳۸].

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که مصرف مکمل امگا ۳ تأثیرات معناداری بر میزان درد ادراک شده و تظاهرات ظاهری عملکردی و بیوشیمیایی کوفتگی عضلانی تأخیری در دوره پس از اتمام تمرینات برون‌گرا و درون‌گرا داشته است، و این مسئله به احتمال زیاد به دلیل خواص ضدالتهابی قوی امگا ۳ و پاسخگویی بهتر آزمودنی‌های تحقیق حاضر به مصرف امگا ۳ و جذب گوارشی بهتر این مکمل بوده است. با وجود این به منظور روشن شدن تأثیر مکمل امگا ۳ بر کوفتگی عضلانی تأخیری و مکانیزم‌های درگیر در این فرایند به تحقیقات بیشتری نیاز است.

از ویژگی‌ها و مزیت‌های این پژوهش می‌توان به نوع برنامه ورزشی ایجادکننده DOMS اشاره کرد که جهت جلوگیری از آسیب مفصلی تحت کنترل و نظارت محققان بود. همچنین می‌توان به سطح آمادگی و جنسیت افراد مورد مطالعه، دوز و طول مدت مصرف مکمل امگا ۳ و نوع مکمل مصرفی که ساخت ایران و تولید داخلی بود و تفاوت‌های موجود در طرح تحقیق و متغیرهای شیمیایی PGE2 و هورمون کورتیزول اشاره کرد که در تحقیقات مربوط به DOMS زیاد موردنظر و کاوش قرار نگرفته بودند. یکی از جنبه‌های نوآورانه و مثبت تحقیق حاضر، استفاده از مکمل امگا ۳ بدون جیوه و ساخت شرکت ایرانی بدون هیچ عامل و واسطه خارجی بود که همان‌طور که در بحث اشاره شد، نسبت به انواع خارجی تأثیرات مفیدتری و هزینه کمتری داشت.

تقدیر و تشکر

از تمام کسانی که ما را در انجام این پروژه تحقیقاتی همکاری کردند، صمیمانه سپاسگزاریم.

References

- [1] Ebrahim Kh, Rahmani Nia F, Talebi E. Investigating two methods of vitamin C consumption on the range of motion and extensor strength of the elbow flexors after delayed muscle contusion. *Movement*, 2001; 22;7(3):67-76. doi: [articlepage/119540](#) [In Persian]
- [2] Arbabian S, et al. Effect of aqueous extract of saffron plant (*Crocus sativus*) on chronic pain caused by formalin test in small female laboratory rats. *Kausar Medical Journal*, 2009; 11-18. doi: [article/52290](#) [In Persian]
- [3] Emam Ghoreyshi M, Ghasemi F. The effect of subchronic administration of aqueous and hydroalcoholic extracts of Fars Estehbanat saffron in the swimming test in mice. *Armaghane danesh Journal*, 2012; 10;16(6):527-36. doi: [article-1-288-fa.html](#) [In Persian]
- [4] Aminian Far A, et al. Investigating the effect of whole body vibration on the prevention and reduction of symptoms of delayed muscle irritation following eccentric exercises. *KOOMESH*, 2012;13(3 (43)):313-321. doi: [36938/fa](#) [In Persian]
- [5] Hokmi M, Taghian F, Karimi A. The effect of vibration on the prevention of delayed muscle contusion in active girls. *Research in rehabilitation sciences*, 2009; 5(2). doi: [10.22122/JRRS.V5I2.112](#) [In Persian]
- [6] Close GL, Ashton T, Cable T, Doran D, MacLaren DP. Eccentric exercise, isokinetic muscle torque and delayed onset muscle soreness: the role of reactive oxygen species. *European journal of applied physiology*. 2004;91(5):615-21. doi: [10.1007/s00421-003-1012-2](#).
- [7] Akbarnejad A, Rajabi A, Yari M, Mamshali E. The Effect of Saffron Consumption and Intermittent Aerobic Exercise on Spirometry and Physiological Parameters and Blood Pressure in Non-Athletic Boys. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2017;9(2):21-33.
- [8] Lenn J, Uhl T, Mattacola C, Boissonneault G, Yates J, Ibrahim W, et al. The effects of fish oil and isoflavones on delayed onset muscle soreness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2002;34(10):1605-13. doi: [10.1097/00005768-200210000-00012](#)
- [9] Zeinali S, Reza-Nejad S, Marandi SM, Khayam-Bashi KH. Study of the Effectiveness of Vibration in Reduction of Delayed Onset Muscle Soreness Resulting after Therapeutic Exercise. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences and Healthcare Services, Yazd*. 2009; 17 (3) :184-192. doi: [article-1-1749-fa.html](#) [In Persian]
- [10] Vakili A, Eynali MR, Bandegi AR. The protective effects of Saffron against the oxidative damage in a transient model of focal cerebral ischemia in rats. *Tehran Univ Med J*. 2011; 69 (7) :405-412. doi: [article-1-210-fa.html](#) [In Persian]

Persian]

- [11] Akbarnejad A, Rajabi A, Yari M, Mamshali EJSP, Investigations M. The effect of saffron consumption and intermittent aerobic exercise on spirometry and physiological parameters and blood pressure in non-athletic boys. 2017;9(2):21-33.
- [12] Meamarbashi A, Rajabi AJCJoSM. Preventive effects of 10-day supplementation with saffron and indomethacin on the delayed-onset muscle soreness. 2015;25(2):105-12. doi: 10.1097/JSM.0000000000000113 [In Persian]
- [13] Murphy RC, Hammarström S, Samuelsson BJPotNAoS. Leukotriene C: a slow-reacting substance from murine mastocytoma cells. 1979;76(9):4275-9. doi: 10.1073/pnas.76.9.4275
- [14] Castellano V, Patel DL, White LJJJoAP. Cytokine responses to acute and chronic exercise in multiple sclerosis. 2008;104(6):1697-702. doi: 10.1152/jappphysiol.00954.2007
- [15] Choobine S, Akbarnejad A, Borjian M, Kordi MRJJoSB. The effect of Omega-3 supplementation on serum prostaglandin E2 in athlete women after a single bout of exhaustive exercise. 2013;4(15):121-33. doi: 10.22059/jsb.2013.29782 [In Persian]
- [16] Daryanoosh F, Mehrabani DJJoSB. Evaluating inflammatory index changes and muscle injuries in male mice after 8 weeks of aerobic exercise and Omega-3 consumption. 2012;4(10):77-94. doi: 10.22059/jsb.2012.21999 [In Persian]
- [17] Alberts B, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, Walter P. Molecular biology of the cell. Molecular biology of the cell 2002.
- [18] Anderson SD, Daviskas EJJoA, immunology c. The mechanism of exercise-induced asthma is.... 2000;106(3):453-9. doi: 10.1067/mai.2000.109822
- [19] Giaccio M. Crocetin from saffron: an active component of an ancient spice. Critical reviews in food science and nutrition. 2004;44(3):155-72. doi: 10.1080/10408690490441433
- [20] Gibson W, Arendt-Nielsen L, Graven-Nielsen T. Delayed onset muscle soreness at tendon-bone junction and muscle tissue is associated with facilitated referred pain. Experimental brain research. 2006;174(2):351-60. doi: 10.1007/s00221-006-0466-y
- [21] Haghghi-Zad H, et al. The protective effect of saffron aqueous extract on inhibition of learning and spatial memory induced by morphine in rats. Physiology and Pharmacology. 2008; 12(3) :170-179. doi: paper/596355 [In Persian]
- [22] Abramson S, Korchak H, Ludewig R, Edelson H, Haines K, Levin RI, et al. Modes of action of aspirin-like drugs. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1985;82(21):7227-31. doi: 10.1073/pnas.82.21.7227
- [23] Ahmadizad S, El-Sayed MS. The acute effects of resistance exercise on the main determinants of blood rheology. Journal of sports sciences. 2005;23(3):243-9. doi: 10.1080/02640410410001730151
- [24] Åstrand P-O, Rodahl K, Dahl H, StrÅ SB. Textbook of work physiology: physiological bases of exercise: Human kinetics; 2003.
- [25] Bosco C, Colli R, Bonomi R, von Duvillard SP, Viru AJM, sports si, et al. Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. 2000;32(1):202-8. doi: 10.1097/00005768-200001000-00030
- [26] Kraemer WJ, Häkkinen K, Newton RU, Nindl BC, Volek JS, McCormick M, et al. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. 1999;87(3):982-92. doi: 10.1152/jappl.1999.87.3.982
- [27] Tartibian B, Azadpoor N. The effect of exercise intensity on inflammatory indices and muscle damage in young non-athletes. Human movement science. 2008; 23;1(1):33-42. doi: view/fa/articlepage/369995 [In Persian]
- [28] Zarrindast M-R, Dinkoub Z, Homayoun H, Bakhtiarian A, Khavandgar S. Dopamine receptor mechanism (s) and morphine tolerance in mice. Journal of Psychopharmacology. 2002;16(3):261-6. 10.1177/026988110201600312
- [29] Taiwo Y, Levine J. Further confirmation of the role of adeny cyclase and of cAMP-dependent protein kinase in primary afferent hyperalgesia. Neuroscience. 1991;44(1):131-5. doi: 10.1016/0306-4522(91)90255-m
- [30] Sayers SP, Dannecker EA. How to prevent delayed onset muscle soreness (DOMS) after eccentric exercise. International SportMed Journal. 2004;5(2):84-97. doi: 10520/EJC48550
- [31] Almekinders LC. Anti-inflammatory treatment of muscular injuries in sport. Sports Medicine. 1999;28(6):383-8.
- [32] Tartibian B, Aziz-beigi-Bokani K. The effect of naproxen consumption on perceived pain intensity and changes in creatine kinase enzyme levels following eccentric exercises. Movement. 2008, 77-92. doi: view/fa/articlepage/339535 [In Persian]
- [33] Meamarbashi A, Rajabi A. A Comparative Study on the Antinociceptive and Anti-Inflammatory Effects of Saffron and Indomethacin in the Prevention of Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS). Journal of Sport Biosciences. 2015.

- [22;7\(4\):541-61. doi: 10.22059/jsb.2015.57281 \[In Persian\]](#)
- [34]Jamal Sh, et al. Reducing expression of tolerance to morphine by aqueous extract of saffron plant (*Crocus sativus*) in small female laboratory rats by Tail Flick method. Congress of Physiology and Pharmacology of Iran. 2007; 197-210. doi: paper/806970/fa [In Persian]
- [35]Barlas P, Craig JA, Robinson J, Walsh DM, Baxter GD, Allen JM. Managing delayed-onset muscle soreness: lack of effect of selected oral systemic analgesics. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2000;81(7):966-72. doi: 10.1053/apmr.2000.6277
- [36]Law RY, Herbert RD. Warm-up reduces delayed-onset muscle soreness but cool-down does not: a randomised controlled trial. Australian Journal of Physiotherapy. 2007;53(2):91-5. doi: 10.1016/S0004-9514(07)70041-7
- [37]Vahidi A, Bashardost N, Akhondi H. The analgesic effect of saffron extract in rats as compared with morphine sulfate. Planta Medica. 2007;73(09):P. 552. doi: 10.1055/s-2007-987332 [In Persian]
- [38]Peterson JM, Trappe TA, Mylona E, White F, Lambert CP, Evans WJ, et al. Ibuprofen and acetaminophen: effect on muscle inflammation after eccentric exercise. Medicine and science in sports and exercise. 2003;35(6):892-6. doi: 10.1249/01.MSS.0000069917.51742.98