

Sport Physiology

Sport Sciences Research Institute of Iran

Fall 2023/ Vol. 15/ No. 59/ Pages 41-58

The Effect of HMB-FA Supplementation on Inflammatory Markers of Soccer Players During a Two-Race Microcycle

R. Eslami^{1*}, H. Mahmoudi², M. Bassami³

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

2. PhD Student of Exercise Physiology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

3. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Received: 2022/07/17

Accepted: 2020/10/26

Eslami, R; H. Mahmoudi & Bassami, M. (2023). The Effect of HMB-FA Supplementation on Inflammatory Markers of Soccer Players During a Two-Race Microcycle. *Sport Physiology*, 15(59), 41-58. In Persian. DOI: 10.22089/SPJ.2022.12933.2196

Abstract

Objective

The aim of this study was to evaluate the effect of HMB-FA supplementation on inflammatory indices during a two-match micro-cycle in soccer players.

Methods

A total of 24 soccer players in provincial level (mean age: 23±30 years) were randomly divided into two groups; supplement (n = 12) and placebo (n = 12). Participants in the supplement group and the placebo group participated in a weekly micro-cycle with two matches which separate with two days from each other. Subjects in the supplement-training group consumed three grams of HMB-FA daily during a weekly during a two-match micro-cycle. Serum levels of inflammatory markers of interleukin-1 beta, interleukin-6 and reactive protein-C in seven stages (before supplementation, before the first race, after the first race, 24 hours after the first race, before the second race, after from the second race, 24 hours after the second race) were evaluated. For data analysis, repeated measures test and paired t-test and SPSS software version 25 were used. The significance level was considered $\alpha = 0.05$.

Results

The results of the present study showed that training and two soccer matches increased all inflammatory indices in tow groups (for all, $P < 0.01$). However, consumption of HMB-FA decreased IL-1 β , IL-6 and CRP levels in supplementation group compared to the placebo group (respectively, $P < 0.05$, $P < 0.001$, $P < 0.001$).

Conclusion

Consumption of HMB-FA supplement reduces inflammatory factors during a two-match soccer micro-cycle, which shows the ability of this supplement to control the inflammatory status of soccer players in inflammatory conditions caused by two matches per week.

Keywords: Soccer, Interleukin-1 Beta, Interleukin-6, Reactive Protein-C, HMB-FA Supplement



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

* Corresponding Author: Rassul Eslami, Tel: 09183664507, E-mail: haniyeh.mahmoudi1374@gmail.com,

Extended Abstract

Background and Purpose

Football (soccer) is a team sport characterized by high-intensity intermittent movement [1]. During a game, players usually cover more than 10 km, with 2–3 km high-intensity running and ~0.5 km sprinting [2, 3]. The majority of explosive actions during a game are ballistic-type movements incorporating a strong eccentric component such as running, accelerating, decelerating, changes of direction, tackling, jumping, and shooting [4,5]. When these movements are performed intensely, as during a football game, they may induce microtrauma of muscle fiber, which could result in performance deterioration. Skeletal muscle injury due to exercise-induced muscle damage (EIMD) is associated with increased proteolysis and protein breakdown [6], tissue disruption at the membrane and subcellular level (sarcomeric and non sarcomeric compartments), and the release of pro-inflammatory cytokines (e.g., interleukins IL-1 and IL-6) by muscle and other tissues to mobilize local and systemic immune reserves [6,7]. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) is the major metabolite of the essential amino acid leucine, which is widely used as an ergogenic supplement to meet the various needs of athletes, including increasing protein synthesis, inhibiting protein breakdown, and increasing anabolic hormones [8,9]. However, the effects of HMB supplements on inflammatory markers levels in soccer players are not yet known. The aim of this study was to evaluate the effect of HMB-FA supplementation on inflammatory indices during a two-match micro-cycle in soccer players.

Materials and Methods

This study designed as quasi-experimental study with two groups and repeated measures. A total of 24 soccer players in provincial level (mean age: 23±30 years) were selected and randomly divided into two groups; supplement (n = 12) and placebo (n = 12). Subjects in the supplement group and the placebo group participated in a weekly micro-cycle with two matches which separate with two days from each other. Subjects in the supplement-training group consumed three grams of HMB-FA daily during a two-match micro-cycle per week. Anthropometric and demographic factors were measured. Moreover, the serum levels of inflammatory markers of interleukin-1 beta, interleukin-6 and reactive protein-C in seven stages (before supplementation, before the first race, after the first race, 24 hours after the first race, before the second race, after from the second race, 24 hours after the second race) were evaluated. The serum levels of IL-1 β , IL-6 and CRP was measured with ELISA method and special kits (Zellbio Co, Germany). For data analysis, repeated measures test and paired t-test and SPSS software version 25 were used. The significance level was considered $\alpha = 0.05$.

Findings

The results of the present study showed that training and two soccer matches increased all inflammatory indices in tow groups (for all, $P < 0.01$). The results of the present study showed that HMB-FA supplementation reduced the IL-1 β levels of soccer players in the supplement group compared to the placebo group after the first match and after the second match ($P \leq 0.05$). The results of the present study showed that HMB-FA supplementation reduced the IL-6 levels of soccer players in the supplement group compared to the placebo group after the first match and after the second match ($P \leq 0.01$). The results of the present study also indicated that HMB-FA supplementation

reduced the CRP levels of soccer players in the supplement group compared to the placebo group after the first match and after the second match ($P \leq 0.001$).

Conclusion

Consumption of HMB-FA supplement reduces inflammatory factors during a two-match Soccer micro-cycle, which shows the ability of this supplement to control the inflammatory status of soccer players in inflammatory conditions caused by two matches per week. Therefore, it may be suggested that HMB-FA supplement be useful for football player's recovery when they have two matches in a week.

Keywords: Soccer, Interleukin-1 Beta, Interleukin-6, Reactive Protein-C, HMB-FA Supplement

Article Message

Two football matches in one week led to increase in IL-B, IL-6 and CRP blood levels that means significant physiological pressure in football player's body. Use of some recovery strategies may be helpful. Consumption of HMB-FA supplement reduces inflammatory factors during a two-match soccer micro-cycle, which shows the ability of this supplement to control the inflammatory response to this situation.

Ethical Considerations

This study obtained ethical code (IR.ATU.REC.1399.078) of Allameh Tabataba'i University ethical committee.

Funding

This study received no funding from public, commercial, or non-profit organizations

Authors' Contributions

All authors have participated in designing, implementing and writing all parts of the present study

Conflicts of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

This research is the result of Master thesis. The authors thank all those who participated in this study.

References

1. Bangsbo, J. The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol.Scand. Suppl.* 1994, 619, 1–155.
2. Mohr, M.; Krstrup, P.; Bangsbo, J. Game performance of high standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J. Sports Sci.* 2003, 21, 439–449.
3. Bradley, S.P.; Sheldon, W.; Wooster, B.; Olsen, P.; Boanas, P.; Krstrup, P. High-intensity running in English FA Premier League soccer games. *J. Sports Sci.* 2009, 27, 159–168.
4. Varley, M.C.; Aughey, R.J. Acceleration profiles in elite Australian soccer. *Int. J. Sports Med.* 2013, 34, 34–39.
5. Andersson, H.; Ekblom, B.; Krstrup, P. Elite football on artificial turf versus natural grass: Movement patterns, technical standards, and player impressions. *J. Sports Sci.* 2008, 26, 113–122. [PubMed]
6. Michailidis, Y.; Karagounis, L.G.; Terzis, G.; Jamurtas, A.Z.; Spengos, K.; Tsoukas, D.; Chatzinikolaou, A.;
7. Mandalidis, D.; Stefanetti, R.J.; Papassotiriou, I.; et al. Evidence of potential redox-sensitive regulation of

9. human skeletal muscle's performance and intracellular signaling following aseptic inflammation induced by damaging Exercise. *Am. J. Clin. Nutr.* 2013, 98, 233–245.
10. Fatouros, I.G.; Jamurtas, A.Z.; Nikolaidis, M.G.; Destouni, A.; Michailidis, Y.; Vrettou, C.; Douroudos, I.I.; Avloniti, A.; Chatzinikolaou, A.; Taxildaris, K.; et al. Time of sampling is crucial for measurement of cell free plasma DNA following acute aseptic inflammation induced by exercise. *Clin. Biochem.* 2010, 43, 1368–1370.
11. Silva, V. R., Belozo, F. L., Micheletti, T. O., Conrado, M., Stout, J. R., Pimentel, G. D., & Gonzalez, A. M. beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid supplementation may improve recovery and muscle adaptations after resistance training: a systematic review. *Nutr Res*, 2017, 45, 1-9.
12. Kaczka, P., Michalczyk, M. M., Jastrzab, R., Gawelczyk, M., & Kubicka, K. Mechanism of Action and the Effect of Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate (HMB) Supplementation on Different Types of Physical Performance - A Systematic Review. *J Hum Kinet.* 2019, 68, 211-222. doi:10.2478/hukin-2019-0070.



فیزیولوژی ورزشی

پژوهشگاه تربیت بدنی

پاییز ۱۴۰۲، دوره ۱۵، شماره ۵۹، صفحه‌های ۴۱-۵۸

اثر مکمل HMB-FA بر شاخص‌های التهابی بازیکنان فوتبال طی یک میکروسیکل دو مسابقه‌ای

رسول اسلامی^{۱*}، حانیه محمودی^۲، مینوباسامی^۳

۱. دانشیار، دانشگاه دولتی علامه طباطبائی، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکتری گروه فیزیولوژی، دانشگاه دولتی علامه طباطبائی، تهران، ایران

۳. دانشیار، دانشگاه دولتی علامه طباطبائی، تهران، ایران

Eslami, R; H. Mahmoudi & Bassami, M. (2023). The Effect of HMB-FA Supplementation on Inflammatory Markers of Soccer Players During a Two-Race Microcycle. *Sport Physiology*, 15(59), 41-58. In Persian. DOI: 10.22089/SPJ.2022.12933.2196

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۲۶

پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۰۴

چکیده

هدف پژوهش حاضر، ارزیابی اثر مکمل‌گیری HMB-FA بر شاخص‌های التهابی طی یک میکروسیکل دو مسابقه‌ای در بازیکنان فوتبال بود. تعداد ۲۴ فوتبالیست سطح استانی (میانگین سن: 23 ± 3 سال) به‌طور تصادفی در دو گروه مکمل (۱۲ نفر) و دارونما (۱۲ نفر) قرار گرفتند. آزمودنی‌های هر دو گروه مکمل و گروه دارونما در یک میکروسیکل هفتگی دو مسابقه‌ای با فاصله دو روز از یکدیگر شرکت کردند. آزمودنی‌های هر دو گروه مکمل روزانه سه گرم HMB-FA در طی هشت روز میکروسیکل هفتگی دو مسابقه‌ای فوتبال مصرف کردند. سطوح سرمی شاخص‌های التهابی اینترلوکین-۱-بتا، اینترلوکین-۶ و پروتئین واکنشی-C در هفت مرحله (قبل از مصرف مکمل، قبل از مسابقه اول، بعد از مسابقه اول، ۲۴ ساعت بعد از مسابقه اول، قبل از مسابقه دوم، بعد از مسابقه دوم، ۲۴ ساعت بعد از مسابقه دوم) ارزیابی شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون اندازه‌گیری مکرر و آزمون تی‌زوجی و نرم‌افزار اسپ‌اس‌اس نسخه ۲۵ استفاده شد. سطح معناداری $\alpha=0.05$ در نظر گرفته شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد، تمرینات و دو مسابقه فوتبال در هر دو گروه باعث افزایش همه شاخص‌های التهابی شد ($P<0.001$)؛ با این حال، مصرف مکمل HMB-FA سبب کاهش سطوح IL-6، IL-1 β و CRP بازیکنان فوتبال گروه مکمل در مقایسه با گروه دارونما در زمان‌های بعد از مسابقه اول و بعد از مسابقه دوم شد (به ترتیب، $P<0.001$ ، $P<0.001$ ، $P<0.001$). مصرف مکمل HMB-FA باعث کاهش فاکتورهای التهابی طی یک میکروسیکل فوتبال دو مسابقه‌ای می‌شود که نشان‌دهنده توانایی این مکمل برای کنترل وضعیت التهابی بازیکنان فوتبال در شرایط التهاب آفرین ناشی از دو مسابقه در هفته است.

واژگان کلیدی: فوتبال، اینترلوکین-۱-بتا، اینترلوکین-۶، پروتئین واکنشی-C، مکمل HMB-FA.

* Corresponding Author: Rassul Eslami, Tel: 09183664507, E-mail: haniyeh.mahmoudi1374@gmail.com,



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

مقدمه

فوتبال، ورزش تیمی شامل فعالیت‌های متناوب با شدت زیاد است که با الگوهای حرکتی متفاوت و یک فرکانس بسیار زیاد از تغییرات فعالیت مشخص می‌شود (۱). بازی فوتبال آسیب‌های ریز تار عضلانی و واکنش التهابی حاد را القا می‌کند که به مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت پس از بازی فوتبال منجر به بدتر شدن عملکرد می‌شود (۲). یافته‌ها نشان می‌دهد که مسابقه فوتبال سطوح مارکرهای آسیب عضلانی، التهابی و پیگردی سلول‌های ایمنی را تغییر می‌دهد، عملکرد فیزیکی را مختل می‌کند و واکنش‌های ادراکی به محرک‌های بیرونی را حداقل تا ۷۲ ساعت پس از مسابقه تشدید می‌کند (۳)؛ بنابراین التهاب یکی از واکنش‌هایی است که پس از مسابقه فوتبال ایجاد می‌شود و تا مدتی پس از آن ادامه دارد. التهاب در فاز حاد، از طریق افزایش جریان خون و افزایش نفوذپذیری عروق همراه با تجمع مایع، لکوسیت‌ها و واسطه‌های التهابی مانند سایتوکاین‌ها تشخیص داده می‌شود (۴).

مطالعات متعددی گزارش کرده‌اند که ورزش شدید سیستم ایمنی بدن را مختل می‌کند، موجب سنتز گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود و غلظت پلاسمایی سایتوکاین‌های پیش التهابی مانند اینترلوکین-۱ (IL-1) و اینترلوکین-۶ (IL-6) و واکنش‌دهنده‌های فاز حاد مربوط به التهاب را افزایش می‌دهد. این واکنش حاد التهابی ممکن است باعث افزایش تعداد آسیب‌های عضلانی، اضافه‌بار عضلانی و احساس خستگی شود که می‌تواند عملکرد بدنی بهینه بازیکنان فوتبال را کاهش دهد (۵). علاوه بر این، نشان داده شده است که IL-6 مسئول افزایش پی‌درپی آگونیست سایتوکاین ضدالتهاب IL-1 (آگونیست IL-1) و سنتز کبدی پروتئین واکنشی - C (CRP) است (۶). CRP¹ یکی از پروتئین‌های مهم فاز حاد است و تحقیقات نشان می‌دهند که تلاش شدید باعث افزایش سطوح CRP در خون ورزشکاران بعد از ورزش می‌شود. افزایش زیاد میزان CRP در خون ورزشکاران به‌ویژه در طول زمان ریکاوری، ممکن است نشانگر فرایند التهاب بالینی درخور توجه مرتبط با آسیب ریز به بافت عضله باشد (۷).

از طرفی، با توجه به اختلالات حاصل از التهاب در عملکرد ورزشکاران، راهکارهای مختلفی برای تعدیل التهاب مدنظر قرار گرفته است که یکی از روش‌ها استفاده از مکمل‌های آنابولیک است. هیدروکسی متیل بوتیرات (HMB²) ترکیب مشتق شده از لوسین با خواص آنابولیک و ضد کاتابولیک است که ممکن است نتایج عملکردی و بالینی را بهبود بخشد. مکانیسم‌هایی که از طریق آن‌ها HMB مانع از قرارگیری عضلات در شرایط کاتابولیک می‌شود، ممکن است با مهار چندین سیستم پروتئولیتیک از جمله سیستم پروتئازوم یوبی کوئیتین و سیستم لیزوزومی مرتبط باشد (۸). همچنین HMB سنتز پروتئین عضلانی را از طریق تنظیم مسیر MTORC1 (یک مسیر آبشار سیگنالی که در هماهنگی فرایند ترجمه پروتئین دخیل است) تحریک می‌کند (۹). در تأیید این موضوع، مصرف خارجی HMB-FA به افزایش سیگنال آنابولیک عضلانی، تحریک سنتز پروتئین عضلانی و کاهش شکست پروتئین عضلانی در انسان منجر شده است (۳). در همین راستا، یافته‌ها از فرضیه تأثیر مکمل HMB در کاهش آسیب عضلانی پس از تمرینات مقاومتی، حمایت می‌کند. ویلسون و همکاران نیز نشان دادند که ترکیب مکمل HMB و فعالیت مقاومتی برون‌گرا می‌تواند به بهبود وضعیت التهابی کمک کند، همچنین مطالعات نشان داده‌اند که

-
1. C-Reactive Protein
 2. Hydroxy Methyl Butyrate

HMB به تعادل مثبت خالص پروتئین عضله اسکلتی از طریق تحریک سنتز پروتئین و کاهش تجزیه پروتئین منجر می‌شود (۹).

در مجموع، مشخص شده است که تمرین سنگین و مسابقه فوتبال می‌تواند فشار زیادی را بر بدن بازیکنان فوتبال وارد کند. این اتفاق به‌ویژه زمانی که دو مسابقه در یک هفته انجام می‌گیرد، به اوج خودش می‌رسد. از طرفی مطالعات قبلی نشان داده‌اند که پاسخ‌های التهابی به دنبال فعالیت‌های بدنی شدید افزایش می‌یابد که می‌تواند برای عملکرد و سلامت بازیکنان مضر باشد؛ با این حال، استفاده از مکمل‌های تغذیه‌ای می‌تواند راهکار مناسبی برای تعدیل این پاسخ ایمنی و التهاب در برابر فشارهای ناشی از مسابقات و تمرین در بازیکنان فوتبال باشد؛ از این رو هدف مطالعه حاضر، ارزیابی اثر مکمل‌گیری HMB-FA بر شاخص‌های التهابی طی یک میکروسیکل دو مسابقه‌ای در بازیکنان فوتبال بود.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و روش نیمه‌تجربی با طرح اندازه‌گیری‌های مکرر بود. جامعه آماری تحقیق حاضر، فوتبالیست‌های شهرستان شیراز بودند که حداقل چهار سال سابقه تمرین منظم فوتبال داشتند و در لیگ بزرگسالان و قهرمانی کشور شرکت کرده بودند. ابتدا برای فوتبالیست‌های شهر شیراز به‌منظور شرکت در تحقیق فراخوان زده شد و براساس معیارهای ورود و خروج از تحقیق از بین داوطلبان واجد شرایط، ۲۴ نفر انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی به دو گروه مکمل-تمرین (۱۲ نفر) و دارونما-تمرین (۱۲ نفر) تقسیم شدند. روش نمونه‌گیری به‌صورت در دسترس بود. شرایط ورود آزمودنی‌ها به تحقیق شامل داشتن حداقل چهار سال سابقه تمرین منظم فوتبال، شرکت در لیگ بزرگسالان و قهرمانی کشور و قرار داشتن در دامنه سنی ۱۹ تا ۲۶ سال بود. معیارهای خروج از تحقیق نیز شامل آسیب‌دیدگی، کاهش وزن، مصرف مواد نپروزا، مصرف داروی مسکن و ضدالتهاب، دریافت نکردن مایعات کافی و استفاده از رژیم غذایی خارج از توصیه محقق، توانایی نداشتن در اتمام پروتکل ورزشی، تمایل نداشتن به ادامه حضور در تحقیق حاضر، دریافت الکل، کراتین، بتا‌آلانین، کافئین، اورنیتین، اسید آمینه‌های شاخه‌دار، کارنیتین و یا لوسین، آرژنین، تریپتوفان یا آنتی‌اکسیدان‌ها، استفاده از استروئیدهای آنابولیک یا پیش‌سازهای هورمونی در حداقل شش ماه قبل از انجام تحقیق بود (۹). این تحقیق در راستای دستورالعمل‌های اخلاق تحقیق وزارت بهداشت ایران و نسخه آخر بیانیه هلسینکی انجام شده و دارای کد از کمیته اخلاق در تحقیق دانشگاه علامه طباطبائی به شماره IR.ATU.REC.1399.078 است.

تعداد ۲۴ فوتبالیست در سطح لیگ استان فارس به‌صورت در دسترس انتخاب شدند و به‌طور تصادفی در دو گروه مکمل (۱۲ نفر) و دارونما (۱۲ نفر) قرار گرفتند. آزمودنی‌های گروه مکمل و گروه دارونما در یک میکروسیکل هفتگی با دو مسابقه در هفته شرکت کردند. گروه مکمل روزانه سه گرم مکمل HMB-FA و گروه کنترل روزانه سه گرم دارونما مصرف کردند. در جدول شماره یک، شاخص‌های مرکزی و پراکندگی مربوط به مشخصات عمومی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن، BMI^۱ و درصد چربی بدن ارائه شده است.

1. Body Mass Index

جدول ۱- مشخصات عمومی آزمودنی‌ها در هر گروه (میانگین \pm انحراف معیار)

Table 1- General characteristics of subjects in each group (mean \pm standard deviation)

متغیرها Variables	گروه مکمل (N=۱۲) Supplementary group (N=12)	گروه دارونما (N=۱۲) Placebo group (N=12)
سن (سال)	23 \pm 3	35 \pm 23
قد (CM)	172.5 \pm 6.5	171.4 \pm 6.4
وزن (KG)	74.3 \pm 5.4	73.5 \pm 5.6
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	22.8	22.4
درصد چربی بدن (%)	12.7 \pm 2.4	12.4 \pm 2.5

پروتکل تمرین: میکروسیکل هفتگی شامل هشت روز بود که از روز شنبه انجام شد. در طول این میکروسیکل دو مسابقه فوتبال در روزهای چهارم و هفتم در ساعات ۵ تا ۷ برگزار شد. در روزهای اول، دوم، سوم، پنجم و ششم جلسات تمرین تکنیکی، تاکتیکی و تمرینات بدنی به‌طور یکسان برای هر دو گروه مکمل و گروه دارونما برگزار شد. دو نفر از مربیان دارای مدرک مربیگری فوتبال از AFC¹، مربیگری تمرینات و همچنین مربیگری در روز مسابقه را بر عهده داشتند. همچنین داورهای فوتبال دارای مدرک داور از کمیته داوران فدراسیون فوتبال ایران، داور دو مسابقه فوتبال را عهده‌دار بودند و نماینده هیئت فوتبال نیز داور و نظارت اتفاقات مسابقه را بر عهده داشت. گروه مکمل و دارونما به‌طور تصادفی به دو تیم تقسیم شدند و دو تیم دارای لباس‌های غیرهم‌رنگ (قرمز و سبز) به مسابقه با یکدیگر پرداختند (جدول شماره دو).



B: نمونه‌گیری خون

شکل ۱- پروتکل تمرین

Figure 1- Exercise protocol

پروتکل مکمل دهی: HMB-FA که با نام تجاری بتاتور شناخته شده است، حاوی اسید آزاد بتا هیدروکسی بتا متیل بوتیرات، پلی‌دکستروز لایتیز (ماده‌ای کم‌کالری، شاخص گلیسمیک آن پایین و یک کربوهیدرات خاص با ویژگی‌های پروبیوتیک است که به‌طور گسترده به‌عنوان فیبر در سراسر جهان شناخته شده است)، آب اسمز معکوس، طعم‌دهنده پرتقال، (عامل دبیترینگ یک نمک شیمیایی است و این محصول به‌عنوان یک مایع بی‌رنگ با عطر و بوی شیرین به نظر می‌رسد)، عصاره استویا، سربات

1. Asian Football Confederation

پتاسیم و کربنات پتاسیم است (۱۰). مکمل HMB-FA شامل ۱ گرم بتا هیدروکسی بتا متیل بوتیرات در فرم آزاد آن است که هر وعده آن شامل ۱ گرم HMB-FA است که به صورت کپسول به آزمودنی‌ها ارائه شد (۱۱). شرکت کنندگان مکمل HMB-FA را برای سه وعده (ساعت ۸ صبح، ساعت ۱۲ ظهر و ساعت ۶ بعد از ظهر) در روز و به مدت هفت روز در طول همان میکروسیکل هفتگی با دو مسابقه مصرف کردند که نمونه‌گیری و مسابقات انجام شد (شکل شماره یک). دارونما نیز حاوی مقادیر شربت ذرت همراه با پرتقال و شیرین کننده‌های مواد غذایی بود. هر وعده آن شامل ۱ گرم بود که به صورت کپسول به آزمودنی‌ها ارائه شد. شرکت کنندگان گروه کنترل دارونما را برای سه وعده (ساعت ۸ صبح، ساعت ۱۲ ظهر و ساعت ۶ بعد از ظهر) به مدت هفت روز مصرف کردند (۱۰).

اندازه‌گیری‌ها شاخص‌های ترکیب بدنی: کنترل تغذیه‌ای آزمودنی‌ها با استفاده از نرم‌افزار Tracking Nutrition صورت گرفت. نتایج این نرم‌افزار نشان داد که آزمودنی‌ها از یک برنامه غذایی استاندارد (۶۰ تا ۶۵ درصد کربوهیدرات، ۱۵ تا ۲۰ درصد پروتئین و ۱۰ تا ۱۵ درصد چربی) استفاده کرده‌اند. اندازه‌گیری قد آزمودنی‌ها با استفاده از متر نواری ساخت ایران و اندازه‌گیری ترکیب بدن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه INBODY ساخت کشور کره جنوبی انجام گرفت. طول قد به سانتی‌متر بدون کفش و جوراب با قامتی صاف و کشیده و با استفاده از متر نواری در حالت پشت به دیوار سر به جلو اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن (بر حسب کیلوگرم) و درصد چربی بدن از دستگاه آنالیز ترکیب بدنی این‌باد ساخت کره جنوبی (InBody720 Body Composition Analyzer) استفاده شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های التهابی: در این تحقیق، نمونه‌گیری در هفت مرحله صورت گرفت. در هر بار نمونه‌گیری میزان پنج سی‌سی خون از سیاهرگ بازوی آزمودنی‌ها گرفته شد. مراحل جمع‌آوری نمونه‌های خون به شرح زیر انجام گرفت: (۱) قبل از مصرف مکمل، (۲) سه روز بعد از مصرف مکمل، (۳) بلافاصله بعد از اولین مسابقه فوتبال، (۴) ۲۴ ساعت بعد از اولین مسابقه فوتبال، (۵) قبل از دومین مسابقه فوتبال، (۶) بلافاصله بعد از دومین مسابقه فوتبال و (۷) ۲۴ ساعت بعد از دومین مسابقه فوتبال (جدول شماره دو). سپس نمونه‌های خونی جمع‌آوری شد و به آزمایشگاه برای اندازه‌گیری‌های مدنظر انتقال یافت.

نمونه‌های خونی در لوله‌های ژلدار حاوی فعال‌کننده انعقاد قرار داده شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای محیط نگهداری شد و پس از آن، نمونه‌های خونی به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰ RPM سانتریفیوژ شد و سرم آن‌ها جدا شد. سپس نمونه‌ها با استفاده از کیت‌های ویژه هر متغیر و روش الایزا آنالیز شد. برای IL-1 β از کیت شرکت ZellBio GmbH (Germany) با شماره کاتالوگ ZB-10143C-H9648، با حساسیت اندازه‌گیری ۳/۹ pg/mL استفاده شد. برای IL-6 از کیت شرکت GmbH ZellBio (Germany) با شماره کاتالوگ ZB-10143C-H9648، با حساسیت اندازه‌گیری ۰/۷ pg/mL استفاده شد. همچنین، برای CRP از دستگاه SMARTEX AUTOANALYZER M7 و کیت شرکت BioSystems با شماره کاتالوگ COD22921 و با حساسیت اندازه‌گیری ۶ mg/L استفاده شد.

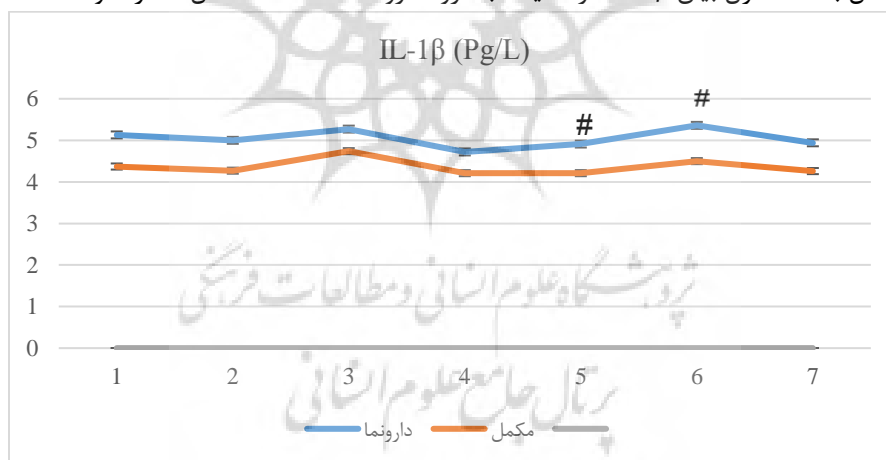
همه داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف استاندارد بیان شدند. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. همچنین از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تی زوجی استفاده شد. همه عملیات آماری در سطح معناداری $P < 0.05$ و با استفاده از نرم‌افزار آماری اسپ‌اس‌اس^۱ نسخه ۲۵ انجام شده است.

1. SPSS

نتایج

به دلیل وجود هفت زمان اندازه‌گیری (۱. زمان پایه، ۲. قبل از مسابقه اول، ۳. بعد از مسابقه اول، ۴. ۲۴ ساعت بعد از مسابقه اول، ۵. قبل از مسابقه دوم، ۶. بعد از مسابقه دوم، ۷. ۲۴ ساعت بعد از مسابقه دوم) در هر گروه و نیز وجود دو گروه مکمل HMB-FA و دارونما از روش آماری اندازه‌گیری‌های مکرر یک‌طرفه استفاده شد. ابتدا تأثیر زمان اندازه‌گیری در هر گروه بررسی شد که نتایج نشان‌دهنده وجود اختلاف بین زمان‌های اندازه‌گیری بود. با مشخص شدن تفاوت بین زمان‌های اندازه‌گیری برای تعیین محل این اختلاف، آزمون تی زوجی برای مقایسه دوه‌دوی زمان‌ها به‌طور جداگانه به کار رفت. سپس برای تعیین اختلاف بین گروهی از تأثیر تعامل زمان در گروه استفاده شد.

برای $IL-1\beta$ ، نتایج این آزمون نشان داد که تأثیر زمان معنادار است ($P < 0.001$). در مقایسه دوه‌دوی $IL-1\beta$ به‌جز زمان قبل از مسابقه اول و ۲۴ ساعت بعد از مسابقه دوم بین تمام زمان‌ها با زمان پایه تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.05$, $P < 0.001$)؛ به عبارت دیگر، تمرین و مسابقات باعث افزایش معنادار $IL-1\beta$ شده است؛ البته به‌جز قبل از مسابقه اول و ۲۴ ساعت بعد از مسابقه دوم. همچنین بین زمان قبل از مسابقه اول و بعد از مسابقه اول و نیز قبل از مسابقه دوم و بعد از مسابقه دوم، تفاوت معناداری وجود دارد که نشان می‌دهد هر دو مسابقه باعث افزایش $IL-1\beta$ شده است ($P < 0.001$)؛ باین‌حال، نتایج نشان می‌دهد که $IL-1\beta$ ، ۲۴ ساعت بعد از مسابقه اول و دوم کاهش یافته و به مقادیر پایه بازگشته است. برای بررسی تفاوت بین گروهی از تأثیر متقابل زمان در گروه استفاده شد که نتایج نشان داد، بین دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.05$)؛ یعنی مصرف مکمل تأثیر داشته است. با مقایسه میانگین دو گروه در هر زمان، می‌توان نتیجه گرفت که در زمان قبل و بعد از مسابقه دوم مکمل باعث کنترل بیان $IL-1\beta$ در مقایسه با گروه دارونما شده است (شکل شماره دو).



شکل ۲- تغییرات میزان $IL-1\beta$ در طول یک میکروسیکل فوتبال با دو مسابقه

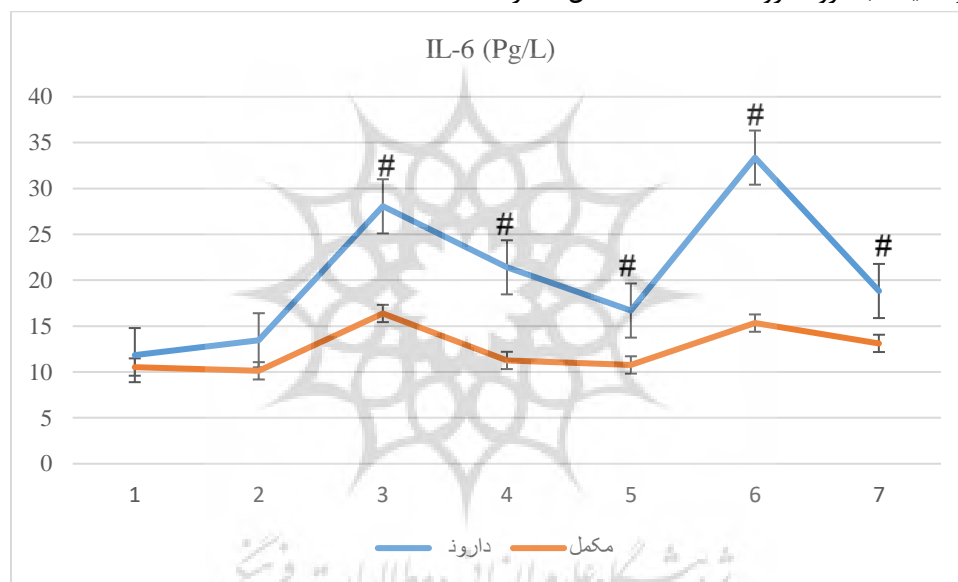
(۱. زمان پایه، ۲. قبل از مسابقه اول، ۳. بعد از مسابقه اول، ۴. ۲۴ ساعت بعد از مسابقه اول، ۵. قبل از مسابقه دوم، ۶. بعد از مسابقه دوم، ۷. ۲۴ ساعت بعد از مسابقه دوم)
تفاوت بین دو گروه مکمل و دارونما

Figure 2- Changes in $IL-1\beta$ levels during a soccer microcycle with two matches

(1. Base time, 2. before the first race, 3. after the first race, 4. 24 hours after the first race, 5. before the second race, 6. after the second race, 7. 24 hours after the second race)
#difference between two supplement and placebo groups

همچنین برای IL-6، نتایج آزمون نشان داد که تأثیر زمان معنادار است ($P < 0.001$). در مقایسه دوه‌دوی IL-6، به‌جز زمان قبل از مسابقه اول، بین تمام زمان‌ها با زمان پایه تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.05$, $P < 0.001$)؛ به عبارت دیگر، تمرین و مسابقات باعث افزایش معنادار IL-6 شده است؛ البته به‌جز قبل از مسابقه اول. همچنین بین زمان قبل از مسابقه اول و بعد از مسابقه اول و نیز قبل از مسابقه دوم و بعد از مسابقه دوم، تفاوت معناداری وجود دارد که نشان می‌دهد هر دو بازی باعث افزایش IL-6 شده است ($P < 0.001$, $P < 0.001$)؛ با این حال، نتایج نشان می‌دهد که ۲۴ ساعت بعد از مسابقه اول و ۲۴ ساعت بعد از مسابقه دوم، سطح IL-6 هنوز بالا است و به مقادیر پایه بازنگشته است.

برای بررسی تفاوت بین گروهی از تأثیر متقابل زمان در گروه استفاده شد. نتایج نشان داد که بین دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.001$)؛ یعنی مصرف مکمل تأثیر داشته است. با مقایسه میانگین دو گروه در هر زمان، می‌توان نتیجه گرفت که به‌جز زمان پایه و قبل از مسابقه اول، در تمام زمان‌ها بین دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد؛ یعنی مکمل باعث کاهش بیان IL-6 در مقایسه با گروه دارونما شده است (شکل شماره سه).



شکل ۳- تغییرات میزان IL-6 در طول یک میکروسیکل فوتبال با دو مسابقه

(۱. زمان پایه، ۲. قبل از مسابقه اول، ۳. بعد از مسابقه اول، ۴. ۲۴ ساعت بعد از مسابقه اول، ۵. قبل از مسابقه دوم، ۶. بعد از مسابقه دوم، ۷. ۲۴ ساعت بعد از مسابقه دوم)

تفاوت بین دو گروه مکمل و دارونما

Figure 3- Changes in IL-6 levels during a soccer microcycle with two matches

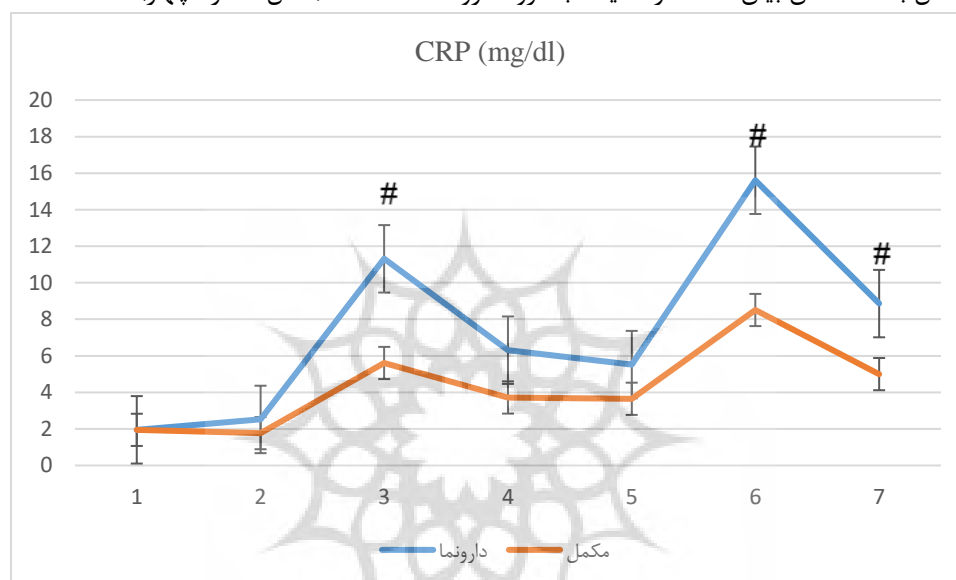
(1. Base time, 2. before the first race, 3. after the first race, 4. 24 hours after the first race, 5. before the second race, 6. after the second race, 7. 24 hours after the second race)

#difference between two supplement and placebo groups

همچنین برای CRP، نتایج آزمون نشان داد که تأثیر زمان معنادار است ($P < 0.001$). در مقایسه دوه‌دوی CRP، بین تمام زمان‌ها با زمان پایه تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.05$, $P < 0.001$)؛ به عبارت دیگر، تمرین و مسابقات باعث افزایش معنادار CRP شده است. همچنین بین زمان قبل از مسابقه اول و بعد از مسابقه اول و نیز قبل از مسابقه دوم و بعد از مسابقه دوم،

تفاوت معناداری وجود دارد که نشان می‌دهد هر دو بازی باعث افزایش CRP شده است ($P < 0.001$ ، $P < 0.001$)؛ باین حال، نتایج نشان می‌دهد که ۲۴ ساعت بعد از مسابقه اول و ۲۴ ساعت بعد از مسابقه دوم، سطح CRP هنوز بالا است و به مقادیر پایه بازنگشته است.

برای بررسی تفاوت بین گروهی از تأثیر متقابل زمان در گروه استفاده شد. نتایج نشان داد که بین دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.001$)؛ یعنی مصرف مکمل تأثیر داشته است. با مقایسه میانگین دو گروه در هر زمان، می‌توان نتیجه گرفت که در زمان‌های بعد از مسابقه اول، بعد از مسابقه دوم و ۲۴ ساعت بعد از مسابقه دوم، بین دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد؛ یعنی مکمل باعث کاهش بیان CRP در مقایسه با گروه دارونما شده است (شکل شماره چهار).



شکل ۴- تغییرات میزان CRP در طول یک میکروسیکل فوتبال با دو مسابقه

۱) زمان پایه، ۲) قبل از مسابقه اول، ۳) بعد از مسابقه اول، ۴) ۲۴ ساعت بعد از مسابقه اول، ۵) قبل از مسابقه دوم، ۶) بعد از مسابقه دوم، ۷) ۲۴ ساعت بعد از مسابقه دوم) # تفاوت بین دو گروه مکمل و دارونما

Figure 4- Changes in CRP levels during a soccer microcycle with two matches

(1. Base time, 2. before the first race, 3. after the first race, 4. 24 hours after the first race, 5. before the second race, 6. after the second race, 7. 24 hours after the second race)

#difference between two supplement and placebo groups

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر، ارزیابی اثر مکمل‌گیری HMB-FA بر شاخص‌های التهابی طی یک میکروسیکل دو مسابقه‌ای در بازیکنان فوتبال بود. براساس نتایج پژوهش حاضر دریافتیم که میزان سطوح فاکتورهای التهابی ($IL-1\beta$ ، $IL-6$ و CRP) بعد از انجام تمرینات و به‌ویژه بعد از انجام مسابقات در مقایسه با زمان پایه در بازیکنان فوتبال، طی میکروسیکل مسابقه بالا می‌رود که نشان‌دهنده بروز آسیب عضلانی در پی تمرین و به‌ویژه بعد از مسابقات فوتبال است. مشاهده تغییرات بزرگ در لکوسیت گردش خون پس از تمرین فیزیکی در مطالعات متعدد، همراه با ظهور مواد مرتبط با التهاب در خون و عضلات (به‌عنوان مثال

CRP، CK، IL-6 و IL-1)، تورم عضله و کوفتگی عضلانی تأخیری (DOMS¹) محققان را به این نتیجه رسانده است که تمرین فیزیکی باعث التهاب عضلات می‌شود؛ به خصوص اگر این تمرین شدید باشد یا شامل انقباضات برون‌گرا باشد (۱۲). IL-6 به گروهی متعلق است که به‌عنوان سایتوکاین شناخته می‌شود. سایتوکاین‌ها پروتئین‌هایی هستند که از سلول‌های مختلف بدن در پاسخ به محرک‌ها ترشح می‌شوند (۱۳). IL-6 اغلب به‌عنوان پیش‌التهاب طبقه‌بندی می‌شود، اما همچنین گزارش شده است که تاحدی واسطه پاسخ ضدالتهابی است. مطالعات نشان می‌دهند که عضله اسکلتی یکی از مهم‌ترین مکان‌های مبدأ برای افزایش میزان سایتوکاین در گردش خون است که پس از ورزش مشاهده می‌شود. درحقیقت، انقباض، افزایش ایجاد شده در بیان ژن IL-6 عضلانی را تشدید می‌کند (۱۴)؛ بنابراین عضله اسکلتی ممکن است اکنون در نقشی جدید دیده شود: یک ارگان درون‌ریز که در پاسخ به انقباضات ناشی از ورزش مایوکاین، تولید و آزاد می‌کند (۱۳). مشخص شده است که شدت ورزش عامل مهمی در غلظت IL-6 است. سطوح بالاتر باعث ترشح بیشتر IL-6 می‌شود، اما دلیل این امر هنوز تأیید نشده است. اوج سطح IL-6 در اواخر تمرین یا اندکی بعد از آن به دست می‌آید (۱۵). در مطالعه جانیکوفسکا^۲ و همکاران که نشانگرهای التهابی در گردش خون و پاسخ‌های غدد درون‌ریز به ورزش در بازیکنان فوتبال زن بررسی شدند، مشخص شد که بیان نسبی IL-6 و غلظت سرمی سایتوکاین‌ها در دوره ریکاوری در مقایسه با سطوح قبل از ورزش افزایش یافته است که این نتایج با تحقیق حاضر همسوست. همچنین در این مطالعه، همبستگی مثبتی بین بیان ژن IL-1 β و IL-6 پس از ورزش و بیان ژن IL-6 و TNF- α ³ در دوران ریکاوری و IL-1 β سرم بعد از ورزش و حداکثر قدرت یافت شد (۱۶). روماگنولی^۴ و همکاران، تغییرات در آسیب عضلانی، التهاب و پارامترهای مربوط به خستگی در بازیکنان جوان نخبه فوتبال بعد از یک مسابقه را بررسی کردند. در این تحقیق مشاهده شد که بلافاصله پس از مسابقه، IL-6 افزایش یافت که این نتایج در مورد IL-6 با تحقیق حاضر همسوست (۱۷). سوگلیس^۵ و همکاران، پاسخ‌های التهابی و شاخص‌های آسیب عضلانی پس از بازی فوتبال، بسکتبال، والیبال و هندبال در یک سطح نخبه را بررسی کردند. با توجه به این بررسی، فوتبال بیشترین افزایش را در سایتوکاین التهابی (IL-6) ایجاد کرد که بلافاصله بعد از بازی سه تا چهار برابر افزایش یافت که این نتایج با تحقیق حاضر همسوست (۱۸). مسابقه فوتبال باعث نبود تعادل سیستمیک ناپایدار شده و به آسیب عضلانی و تغییرات پارامترهای مربوط به التهاب و عملکرد منجر می‌شود؛ بنابراین از IL-6 می‌توان برای نظارت بر فرایندهای ریکاوری و به‌عنوان نشانگر خستگی، حتی برای زمان کوتاه استفاده کرد.

براساس یافته‌های پژوهش حاضر، میزان سطوح سرمی IL-1 β بعد از انجام تمرینات و به‌ویژه بعد از انجام مسابقات در مقایسه با زمان پایه در بازیکنان فوتبال طی یک میکروسیکل مسابقه بالا می‌رود که نشان‌دهنده پاسخ‌های التهابی بعد از انجام فعالیت‌های بدنی است. IL-1 β پروتئینی است که در پاسخ به محرک‌های عفونی یا التهابی از مونوسیت‌های خون و سلول‌های مربوط آزاد می‌شود (۱۹). در مطالعه جانیکوفسکا و همکاران که نشانگرهای التهابی در گردش خون و پاسخ‌های غدد درون‌ریز به ورزش در بازیکنان فوتبال زن بررسی شد، همبستگی مثبتی بین بیان ژن IL-1 β و IL-6 پس از ورزش و IL-1 β سرم بعد

1. Delayed-Onset Muscle Soreness
2. Janikowska
3. Tumour Necrosis Factor Alpha
4. Romagnoli
5. Souglis

از ورزش و حداکثر قدرت یافت شد (۱۶). آریفی^۱ و همکاران، اثر یک وهله تمرین تناوبی شدید بر پاسخ‌های سایتوکاین‌های پیش‌تهابی و ضدالتهابی در بازیکنان فوتبال مرد را بررسی کردند. سطوح IL-6 بلافاصله بعد و ۲۴ ساعت بعد از آزمون افزایش معناداری داشت. سطح IL-1 β بلافاصله پس از آزمون افزایشی معنادار یافت و ۲۴ ساعت بعد به میزان کمتر از سطح استراحتی رسید. نتایج بیانگر افزایش سطوح سایتوکاین‌های پیش‌تهابی و ضدالتهابی پس از یک وهله تمرین تناوبی شدید در بازیکنان فوتبال بود که با نتیجه تحقیق حاضر همسوست؛ بنابراین اگرچه IL-1 β پس از یک چالش‌تهابی حاد یا ورزش فقط برای چند ساعت در گردش خون افزایش می‌یابد، برای واسطه‌گری در فرایند آنابولیک و کاتابولیک که می‌تواند چندین روز طول بکشد، پیشنهاد می‌شود (۲۰).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان سطوح سرمی CRP بعد از انجام تمرینات و به‌ویژه بعد از انجام مسابقات در مقایسه با زمان پایه در بازیکنان فوتبال طی یک میکروسیکل مسابقه بالا می‌رود که نشان‌دهنده پاسخ‌های التهابی بعد از انجام فعالیت‌های بدنی است. CRP حساس‌ترین و قوی‌ترین شاخص التهابی پیشگوی بیماری‌های قلبی-عروقی است. همچنین عامل نکرور تومور آلفا TNF- α ، تولید IL-6 را تحریک می‌کند و IL-6 نیز محرک نیرومند تولید CRP کبدی است و پروتئین واکنش‌دهنده C با حساسیت زیاد، محرک پروتئین‌های فاز حاد هنگام التهاب از جمله فیبرینوژن است (۲۱).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مصرف مکمل HMB-FA سبب تعدیل میزان افزایش سطوح IL-1 β ، IL-6 و CRP بازیکنان فوتبال گروه مکمل در مقایسه با گروه دارونما در زمان‌های بعد از مسابقه اول و بعد از مسابقه دوم شده است. پاندی^۲ و همکاران، مروری بر اثرات مصرف متابولیت لوسین (HMB) و تمرین مقاومتی بر نشانگرهای التهابی انجام دادند. داده‌ها نشان می‌دهد که مصرف حاد HMB ممکن است پاسخ پیش‌تهابی را پس از یک دوره شدید ورزش مقاومتی در ورزشکاران کاهش دهد. پیشنهاد شده است که برخی از عوامل پیش‌تهابی، مانند IL-1 β پروتئولیز را افزایش می‌دهند و ممکن است گردش پروتئین را تعدیل کنند. از آنجاکه HMB با پروتئولیز کمتری همراه است، تا به امروز، چندین مطالعه بر اینکه آیا مکمل HMB بر پاسخ‌های التهابی به‌دنبال تمرین ورزشی تأثیر می‌گذارد یا خیر، متمرکز شده‌اند. اثرات مفید مصرف حاد مکمل HMB بر کاهش تولید واسطه‌های التهابی در ورزشکاران مقاومتی گزارش شده است (۲۲). کرامر^۳ و همکاران نشان دادند که افزودن HMB و ایزومالتولوز به پروتئین وی ریکاوری ناشی از ورزش مقاومتی بسیار طاقت‌فرسا را بهبود می‌بخشد. این مطالعه ارزیابی کرد که آیا ترکیبی از پروتئین وی، HMB و کربوهیدرات تأثیرات افزودنی بر ریکاوری از ورزش مقاومتی بسیار طاقت‌فرسا دارد یا خیر. CK در روزهای دوم، چهارم و پنجم کمتر بود. درد عضله در روز چهارم کمتر بود. قدرت پرش عمودی در روزهای چهارم و پنجم بیشتر بود. یافته‌ها نشان می‌دهد که مزایای ریکاوری پروتئین وی با افزودن HMB و کربوهیدرات آهسته رهش افزایش می‌یابد. همچنین کاهش نشانگرهای آسیب عضلانی و بهبود عملکرد ورزشی مشاهده شد (۲۳). تأثیر مکمل HMB و تمرین مقاومتی بر پاسخ‌های سایتوکاین‌ها به ورزش مقاومتی بررسی شد. در این بررسی، ۱۷ مرد به‌طور تصادفی در یک گروه مکمل و یک گروه دارونما و ۱۲ هفته تمرین مقاومتی قرار گرفتند. پس از ۱۲ هفته، کاهش اینترفرون گاما (IFN- γ^4) و اینترلوکین IL-10 مشاهده شد. IL-1 β در زمان‌های مختلف در گروه‌ها متفاوت بود. فاکتور محرک کلونی رانولوسیت

¹ Arifi

² Pandey

³ Kraemer

⁴ Interferon Gamma

(G-CSF)، فاکتور محرک کلنی گرانولوسیت-ماکروفاژ (GM-CSF)، IL-6، IL-7، IL-8، IL-12p70، IL-13، IL-17، ماده شیمیایی مونوسیت پروتئین-۱ (MCP-1)، و پروتئین التهابی ماکروفاژ-۱ بتا (MIP-1 β) در طول دوره تمرین ۱۲ هفته‌ای تغییر کرد، اما در گروه‌ها متفاوت نبود؛ بنابراین ۱۲ هفته تمرین مقاومتی پاسخ سایتوکاین‌ها به ورزش حاد مقاومتی را تغییر می‌دهد و به نظر می‌رسد مصرف مکمل HMB و اسیدهای آمینه این نتیجه را بیشتر افزایش می‌دهند و باعث کاهش شاخص‌های التهابی می‌شوند. همچنین هنگامی که فرد در معرض ورزش مقاومتی قرار می‌گیرد، عضله تمرین‌ندیده می‌تواند دچار پارگی‌های ریز و اختلال در سارکومرها شود. به دنبال آن تورم، درد و کاهش عملکرد عضلانی ایجاد می‌شود که با مصرف HMB می‌توان آن را کاهش داد. پاسخ فاز حاد، تغییر التهابی است که برای ترمیم بافت آسیب‌دیده اتفاق می‌افتد و توسط سایتوکاین‌ها واسطه می‌شود. ولکان^۱، نقش HMB در التهاب پس از تمرین مقاومتی برون‌گرا را بررسی کرد. در این مطالعه، کاهش در غلظت سرمی IL-1ra و TNF- α افراد مشاهده شد که توسط HMB در ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از ورزش کاهش یافت. کاهش مشاهده‌شده در پاسخ مرحله حاد سیستم ایمنی نشان می‌دهد که HMB ممکن است پاسخ التهابی به آسیب عضلانی ناشی از ورزش را تعدیل کند (۲۴).

در پایان، باید ذکر شود که هر تحقیقی با توجه به نوع روش تحقیق و شرایط حاکم بر تحقیق با محدودیت‌هایی روبه‌روست. در تحقیق حاضر نیز محدودیت‌هایی وجود داشت که از جمله آن‌ها می‌توان به کنترل‌نشدن کامل تغذیه بازیکنان اشاره کرد. به‌رغم توصیه رژیم غذایی ۲۵ درصد پروتئین، ۲۵ درصد چربی و ۵۰ درصد کربوهیدرات و کنترل آن با نرم‌افزار ترکیب‌نوثریشن^۲ و همچنین با توجه به وجود تمرینات تاکتیکی و تیمی در جلسات تمرین، محقق قادر به همسان‌سازی دقیق حجم تمرینات نبود.

پیام مقاله

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که مصرف مکمل HMB-FA شاخص‌های التهابی ریکاوری را بعد از تمرینات و مسابقات فوتبال کاهش می‌دهد که نشان‌دهنده توانایی این مکمل برای تعدیل پاسخ التهابی بازیکنان فوتبال در شرایط التهاب آفرین ناشی از دو مسابقه در هفته است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله حاضر مراتب تشکر و سپاس خویش را از تمامی افراد شرکت‌کننده در پژوهش حاضر اعلام می‌کنند.

منابع

1. Poullos A, Fatouros IG, Mohr M, Draganidis DK, Deli C, Papanikolaou K, et al. Post-game high protein intake may improve recovery of football-specific performance during a congested game fixture: results from the PRO-FOOTBALL study. *Nutrients*. 2018;10(4).
2. Draganidis D, Chatzinikolaou A, Avloniti A, Barbero Álvarez JC, Mohr M, Malliou P, et al. Recovery kinetics of knee flexor and extensor strength after a football match. *PLoS One*. 2015;10(6),e0128072.

1. Vulcan
2. Tracking Nutrition

3. Silva VR, Belozo FL, Micheletti TO, Conrado M, Stout JR, Pimentel GD, et al. beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid supplementation may improve recovery and muscle adaptations after resistance training: a systematic review. *Nutr Res.* 2017;45:1-9.
4. Ranchordas MK, Dawson JT, Russell M. Practical nutritional recovery strategies for elite soccer players when limited time separates repeated matches. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:35.
5. Francisco J, Martín-Sánchez, José María Villalón, José J. Zamorano-León1, Luis Fernández Rosas, Ricardo Proietti, Petra J. Mateos-Caceres, Juan J. González-Armengol, Pedro Villarroel, Carlos Macaya and Antonio J. López-Farré. Functional status and inflammation after preseason training program in professional and recreational soccer players: a research article. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2011;10:45-51.
6. Mendham AE, Duffield R, Marino F, Coutts AJ. Differences in the acute inflammatory and glucose regulatory responses between small-sided games and cycling in sedentary, middle-aged men. *J Sci Med Sport.* 2015;18(6):714-9.
7. Dorota Kostrzewa-Nowak, Robert Nowak, Tomasz Chamera, Rafał Buryta, Waldemar Moska, Cie, szczyk3., P. Post-effort change in C-Reactive Protein level among soccer players at the end of the training season. *Journal of strength and conditioning research.* 2015; 5,S. 1399-1405, Lit.
8. Kaczka P, Michalczyk MM, Jastrzab R, Gawelczyk M, Kubicka K. Mechanism of action and the effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation on different types of physical performance: a systematic review. *J Hum Kinet.* 2019;68:211-222.
9. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Walters JA, Baier SM, Fuller JC, et al. Beta-Hydroxy-beta-methylbutyrate free acid reduces markers of exercise-induced muscle damage and improves recovery in resistance-trained men. *Br J Nut.* 2013;110(3):538-54.
10. Tsuchiya Y, Ueda H, Sugita N, Ochi E. Low Dose of beta-Hydroxy-beta-Methylbutyrate (HMB) Alleviates Muscle Strength Loss and Limited Joint Flexibility following Eccentric Contractions. *J Am Coll Nutr.* 2020;1(8):1752330.
11. Matias Correia AL, de Lima FD, Bottaro M, Vieira A, Correa da Fonseca A, Morena Lima R. Pre-exercise β -hydroxy- β -methylbutyrate free-acid supplementation improves work capacity recovery: a randomized, double-blinded, placebo,-controlled study. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism.* 2018;43(7):691-6.
12. Malm C. Exercise-induced muscle damage and inflammation: fact or fiction? a review article. *Acta Physiol Scand.* 2001;171(3):233-9.
13. Pedersen BK, Steensberg A, Fischer C, Keller C, Keller P, Plomgaard P, et al. The metabolic role of IL-6 produced during exercise: is IL-6 an exercise factor? *Proc Nutr Soc.* 2004;63(2):263-7.
14. Croft H, Bartlett JD, MacLaren DPL, Reilly T, Evans L, et al. High-intensity interval training attenuates the exercise-induced increase in plasma IL-6 in response to acute exercise. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009;34(6):1098-107.
15. Hagerup J, McCall G, Corser-Jensen C, Moore C. High Intensity Exercise Protocol for Measuring Release of Interleukin-6. *University of Sound ideas.* 2010;13:1-2.
16. Janikowska G, Kochanska-Dziurawicz A, Pokora I, Zebrowska A. Circulating inflammatory biomarkers and endocrine responses to exercise in female soccer players. *J Hum Kinet.* 2020;73:73-82.
17. Romagnoli M, Sanchis-Gomar F, Alis R, Risso-Ballester J, Bosio A, Graziani RL, et al. Changes in muscle damage, inflammation, and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. *J Sports Med Phys Fitness.* 2016;56(10):1198-205.
18. Souglis A, Bogdanis GC, Giannopoulou I, Papadopoulos C, Apostolidis N. Comparison of inflammatory responses and muscle damage indices following a soccer, basketball, volleyball and handball game at an elite competitive level. *Res Sports Med.* 2015;23(1):59-72.
19. Cannon JG, Orencole SF, Fielding RA, Charles MA, Dinarello A, Fiatarone JEW. Increased interleukin 1beta in human skeletal muscle after exercise. *Am J Physiol.* 1989;257(2 Pt2): R451-5.

20. Arifi F, Bjelica D, Masanovic B. Differences in anthropometric characteristics among junior soccer and handball players. *Sport Mont*. 2019;17(1):45-9.
21. Benatti FB, Pedersen BK. Exercise as an anti-inflammatory therapy for rheumatic diseases-myokine regulation: a review. *Nat Rev Rheumatol*. 2014;11(2):86-97.
22. Pandey M, Awasthi S. Prognostic role of Interleukin-1 α and β gene polymorphisms in preterm birth. *Gene Reports*. 2016;4:112-7.
23. Kraemer WJ, Hooper DR, Szivak TK, Kupchak BR, Dunn-Lewis C, Brett A, et al. The addition of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate and isomaltulose to whey protein improves recovery from highly demanding resistance exercise. *J Am Coll Nutr*. 2015;34(2):91-9.
24. Vulcan PR. Role of β -Hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) on inflammation after eccentric exercise [PhD dissertation]; 2012.

