نشریه
سوخت و ساز و فعالیت ورزشی

Journal of
Metabolism and Exercise

Journal of Metabolism and Execise (JME); Autumn and Winter 2025; Volume 15; Issue 2; 36-59

Research Paper

Effect of Resistance Training Combined with TaurineSupplementation on Vascular, Hormonal and Performance Indices of Elite Male Taekwondo Athletes

Hafez Rahimzadeh Gharahchi[1*], Siroos Choobineh[2] , Mohammadreza Kordi[2], Reza Nouri[3]

Received: August 10, 2025 Revised: September 15, 2025 Accepted: Septemer 18, 2025

ABSTRACT

Objective: This study investigated the role of taurine supplementation combined with resistance training on vascular and performance indices in elite male taekwondo athletes.

Methodology: The quasi-experimental study was conducted on 24 elite male athletes, randomly assigned to three groups of eight: taekwondo training (T), resistance plus taekwondo training with placebo (RTP), and resistance plus taekwondo training with taurine supplementation (RTT). The resistance training protocol followed a nonlinear format for six weeks, three sessions per week. Supplementation involved daily intake of two to four 1000 mg capsules of taurine or rice flour placebo in a double-blind manner. Before and after the intervention, nitric oxide, endothelin-1, epinephrine, norepinephrine, testosterone, muscular explosive power, and blood lactate were measured. Data were analyzed using two-way repeated measures ANOVA and Tukey's post hoc test.

Results: Serum testosterone significantly increased in RTT and RTP compared to T ($P = 0.016$), and explosive power was significantly higher in RTT compared to both other groups ($P = 0.002$). Although nitric oxide changes were not statistically significant among groups, levels increased by 17%, 24%, and 45% in T, RTP, and RTT, respectively. Changes in epinephrine, norepinephrine, endothelin, and lactate were not statistically significant ($P > 0.05$).

Conclusion: The results of this study showed that combining resistance training with taurine supplementation could potentially have a positive effect on serum testosterone and explosive power in elite taekwondo athletes.

Keywords: Resistance training, taurine, vascular function, testosterone, explosive power, blood lactate.

1. Phd student in Exercise Physiology,Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences and Health, University of Tehran, Tehran **.2.**Professor of Exercise Physiology,Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences and Health, University of Tehran, Tehran**..3** .Associate Professor of Exercise Physiology,Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences and Health, University of Tehran, Tehran.

.***Corresponding Author:***Hafez Rahimzadeh Gharahchi.* **Email:**Hafeztkd@gmail.com

Citation:

Rahimzadeh Gharahchi H. Effect of Resistance Training Combined with Taurine Supplementation on Vascular, Hormonal and Performance Indices of Elite Male Taekwondo Athletes. Metabolism and Exercise. 2025;15(2):59-36

DOI: https://doi.org/10.22124/jme.2025.31365.419

Copyright © 2025 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License (CC-By-NC): https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en,
which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Publiser: University of Guilan

Extended Abstract

Introduction and State of Problem

Given the importance of winning medals at the Olympic Games and following the official entry of Taekwondo into the Olympic Games in Sydney, Australia in 2000, the importance of proper and successful performance in this sport has increased among different countries around the world (1). Taekwondo training, due to the need for rapid and explosive power performance, places a great deal of training stress on the cardiovascular system, and athletes train at and above the anaerobic threshold with the aim of overcoming physiological limitations (2). Explosive power seems to be an important factor in the success of taekwondo athletes. Although the metabolic requirements of this sport, like many other sports, lie on a continuum of aerobic and anaerobic metabolism, anaerobic metabolism plays an important and unique role in the athletes' body metabolism, and the athletes' heart rate increases to the HRmax during combat situations where they have full contact with each other and engage in an exchange of engaging techniques(5).

Today, taekwondo athletes use nutritional supplements in addition to training to improve performance. One of these supplements is taurine (8).Combining exercise and taurine supplementation in varying amounts has been associated with reduced DNA damage, reduced lactate, increased glycerol, increased fat metabolism, and reduced muscle fatigue in athletes (9).

Therefore, considering the importance of taekwondo in the country as a medal-winning sport at the world and Olympic levels, the aim of the present study was to investigate the effect of six weeks of nonlinear resistance training with taurine supplementation on the levels of nitric oxide, endothelin, epinephrine, norepinephrine, testosterone, blood lactate, and explosive power in elite male taekwondo athletes.

Methodology

The present study was a quasi-experimental study with a pretest-posttest design with parallel groups, which was implemented as a six-week intervention. The participants included 24 elite male taekwondo athletes, members of the Iranian Premier League (age: 20.00 ± 1.3, height: 1.81 ± 0.06, weight: 66.61 ± 90.9, body mass index: 20.20 ± 35.2) who were purposively selected and randomly divided into three groups: resistance training group with taekwondo training and taurine supplementation (RTT) (n = 8), resistance training group with taekwondo training and placebo (RTP) (n = 8), and taekwondo training group (T) (n = 8). All participants were selected from the same club to minimize differences in common training programs between clubs. The training intervention consisted of six sessions per week, including three sessions of resistance training and three sessions of taekwondo-specific training. The control group also followed taekwondo training similar to the other two groups but in six sessions per week, in order to create equality in training volume. The training protocol used was non-linear resistance training and was adjusted based on one repetition maximum (1RM) using the Brzycki formula. In the supplement and placebo groups, participants consumed 2 to 4 capsules of 1000 mg of taurine supplement or rice flour placebo daily in a double-blind manner, based on weight. Blood sampling was performed from the brachial vein by a qualified specialist at the pre-test and post-test stages. Other physiological indicators were measured at the training gym and under standard conditions. It is worth noting that this study was conducted in full compliance with ethical principles in human research, including obtaining written informed consent from all participants, ensuring confidentiality of personal information, and the possibility of voluntary withdrawal at any stage of the study. This project has an ethics code number IR.UT.SPORT.REC.1403.100 from the Research Ethics Working Group/Committee of the Faculty of Sport and Health Sciences, University of Tehran.

Results

The results of this study showed that combining resistance training with taurine supplementation could potentially have a positive effect on serum testosterone and explosive powerin elite taekwondo athletes.

Discussion and Conclusion

The findings of this study showed that combining resistance training with taurine supplementation can have significant positive effects on some physiological and functional indicators in elite male taekwondo athletes. Specifically, this intervention resulted in a significant increase in serum testosterone levels and improved explosive power, which confirms its role in enhancing anabolic responses and improving anaerobic performance. In contrast, although nitric oxide and endothelin levels increased and decreased, respectively, after the intervention, these changes were not statistically significant; but from a physiological perspective, they can be considered an indicator of endothelial health. The lack of significant changes in catecholamine levels (slight increase in epinephrine and relative stability in norepinephrine) and blood lactate (slight decrease) was also likely due to the characteristics of the subject population (high fitness level), controlled training intensity, and relatively short duration of the intervention. These findings suggest that in trained athletes, modulated stress responses and metabolic adaptations may prevent the occurrence of drastic changes in indicators related to the sympathetic system and anaerobic metabolism. Overall, the results of this study support the efficacy of combined training and supplementation approaches in improving some functional and hormonal aspects of elite athletes. Therefore, to generalize the results and more precisely understand the mechanisms of effect, future studies with more controlled designs, longer intervention periods, and examination of mediating variables are recommended.

Originality/Value

Research Limitations/Implications

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Funding

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

Authors' contribution

All authors contributed to the design, implementation, and writing of all parts of the present study.

Conflict of interest

The authors of this article declare that there are no scientific, financial, or personal conflicts of interest related to the conduct of this research and the writing of this article.

Acknowledgments

We would like to thank the guidance and cooperation of the supervisors, advisors, and the diligent and supportive scientific and administrative staff of the Faculty of Sport and Health Sciences, University of Tehran, and the esteemed members of the Research Ethics Committee, whose valuable support and guidance paved the way for the challenging path of this research project, as well as the valuable cooperation of all the coaches and athletes participating in the present study, who, with their generosity and unparalleled coordination, facilitated the optimal implementation of the research project.

References

نشریه
سوخت و ساز و فعالیت ورزشی

Journal of
Metabolism and Exercise

نشریه سوخت و ساز و فعالیت ورزشی؛ دوره 15؛ شماره 2؛ پاییز و زمستان 1404؛ 59-36

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات مقاومتی به همراه مکمل یاری تائورین بر شاخص‌های عروقی، هورمونی و عملکرد تکواندوکاران مرد نخبه

حافظ رحیم زاده قره‌چی [1*]، سیروس چوبینه [2]، محمدرضا کردی [2]، رضا نوری [3]

تاریخ دریافت: 1404/05/19 تاریخ بازنگری: 1404/06/24 تاریخ پذیرش: 1404/06/27

چکیده

هدف: در این پژوهش نقش مکمل‌یاری تائورین همراه با تمرینات مقاومتی بر شاخص‌های عروقی و عملکردی تکواندوکاران نخبه بررسی شد.

روش‌شناسی: این مطالعه نیمه‌تجربی روی ۲۴ تکواندوکار مرد نخبه انجام گرفت که به‌طور تصادفی به سه گروه هشت‌نفره تقسیم شدند: گروه تمرین تکواندو (T)، گروه تمرین مقاومتی و تکواندو همراه دارونما (RTP)، و گروه تمرین مقاومتی و تکواندو همراه مکمل تائورین (RTT). پروتکل تمرین مقاومتی به‌صورت غیرخطی و به مدت شش هفته، سه جلسه در هفته اجرا شد. مکمل‌یاری به‌صورت مصرف روزانه دو تا چهار کپسول ۱۰۰۰ میلی‌گرمی تائورین یا دارونمای آرد برنج و به روش دوسوکور انجام گرفت. پیش و پس از مداخله، شاخص‌های نیتریک اکساید، اندوتلین۱-، اپی‌نفرین، نوراپی‌نفرین، تستوسترون، توان انفجاری عضلانی و لاکتات خون اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با آزمون تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی توکی تحلیل شدند.

یافته‌ها: مقادیر تستوسترون سرمی در گروه‌های RTT و RTP نسبت به گروه T افزایش معناداری داشت ($P=0.016$) و مقدار توان عضلانی در گروه RTT نسبت به دو گروه دیگر به‌طور معناداری بیشتر بود ($P=0.002$). نیتریک اکساید تفاوت آماری معنادار بین گروه‌ها نداشت، اما به ترتیب ۱۷، ۲۴ و ۴۵ درصد در گروه‌های T، RTP و RTT افزایش یافت. تغییرات اپی‌نفرین، نوراپی‌نفرین، اندوتلین و لاکتات نیز در هیچ‌یک از گروه‌ها معنادار نبود($P>0.05$).

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد، ترکیب تمرینات مقاومتی با مکمل تائورین احتمالا می‌تواند تأثیر مثبتی بر تستوسترون سرمی وتوان عضلانی در تکواندوکاران نخبه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، تائورین، عملکرد عروقی، تستوسترون، توان انفجاری، لاکتات خون.

1. دانشجوی دکترای فیزیولوژی ورزشی، دپارتمان فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران. 2. استاد فیزیولوژی ورزشی، دپارتمان فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران.3. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دپارتمان فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران

*نویسنده مسئول: حافظ رحیم‌زاده قره‌چی.ایمیل:Hafeztkd@gmail.com

ارجاع‌دهی

رحیم زاده قره چی ح. تأثیر تمرینات مقاومتی به همراه مکمل یاری تائورین بر شاخص‌های عروقی، هورمونی و عملکرد تکواندوکاران مرد نخبه. سوخت و ساز و فعالیت ورزشی. 2025;15(2)36-59..

نوآوری پژوهش و پیام کلی

در این بخش در چند جمله کوتاه، نوآوری پژوهش را بیان کنید و پیام کلی پژوهش را بنویسید

Copyright © 2025 The Author(s);
Publiser: University of Guilan
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License (CC-By-NC): https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en,
which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه

با توجه به اهمیت مدال¬آوری در بازی¬های المپیک و به دنبال ورود رسمی تکواندو به بازی¬های المپیک در سال 2000 میلادی در سیدنی استرالیا، بر اهمیت عملکرد مناسب و موفقیت¬آمیز در این رشته ورزشی در بین کشورهای مختلف دنیا افزوده شد(1). تمرینات تکواندو به دلیل نیاز به عملکرد توانی سریع و انفجاری، به‌ویژه در بخش‌های مختلف مبارزه، تنش تمرینی زیادی بر دستگاه قلبی-عروقی وارد می‌آورد و ورزشکاران با هدف عبور از محدودیت¬های فیزیولوژیکی، در آستانه بی‌هوازی و بالاتر از آن تمرین می-کنند(2). رسیدن به اوج عملکرد، مسئله¬ای سخت و چالش برانگیز در ورزش قهرمانی است. بنابراین مربیان، ورزشکاران و اعضای کادر فنی تیم¬ها، به دنبال بهترین راهکارهای موجود جهت بدست آوردن اوج آمادگی و عملکرد در یک رقابت یا تورنمنت و بازیابی سریع به¬منظور آماده شدن برای رقابت یا تورنمنت بعدی هستند. در این میان، شناسایی و تعیینعوامل تاثیرگذار بر افزایش عملکرد و تمرکز بر بهبود آن¬ها، از اهمیت بسزایی برخوردار است. ترکیب بدنی، تیپ بدنی، نیم¬رخ بی¬هوازی(توان خروجی اوج، ظرفیت بی¬هوازی، شاخص خستگی، توان عضلانی، قدرت پویای بیشینه، سرعت و چابکی) نیم¬رخ هوازی، انعطاف¬پذیری، آستانه لاکتات، میزان درک فشار و توده جسمانی، همگی جزو عوامل موثر بر عملکرد تکواندوکاران هستند(3). در این میان، توان انفجاری اندام تحتانی نیز که ترکیبی از قدرت، سرعت و هماهنگی عصبی-عضلانی است، نقشی حیاتی در موفقیت ورزشکاران در رشته‌های نیازمند حرکت‌های سریع و قدرتی مانند تکواندو دارد. افزایش توان انفجاری به بهبود اجرای تکنیک‌های تهاجمی، دفاعی و واکنش‌های سریع در مبارزات منجر می¬شود(4). به نظر می¬رسد توان انفجاری عامل مهمی در موفقیت ورزشکاران تکواندو به شمار می¬رود.

ورزشکاران تکواندو در هنگام انجام تمرینات آماده¬سازی به¬ویژه در هفته¬های منتهی به مسابقات، باید در آستانه بی¬هوازی و بالاتر از آستانه لاکتات تمرین کنند. هر چند نیازمندی¬های متابولیسم این رشته ورزشی همانند بسیاری از رشته¬های ورزشی دیگر در پیوستاری از متابولیسم هوازی و بی¬هوازی قرار دارد، متابولیسم بی¬هوازی نقشی مهم و بی¬بدیل در سوخت¬ و ساز بدن ورزشکاران دارد و ضربان قلب ورزشکاران در وهله¬های مبارزاتی که با همدیگر برخورد کامل دارند و به تبادل تکنیکی درگیرانه می-پردازند، تا بیشینه ضربان قلب (**HRmax**)افزایش می¬یابد. درک فشار بالا، محتوا و میزان لاکتات خون ورزشکاران تکواندو با توجه به شدت تمرینات و مبارزه و سطح فعالیت آن¬ها، بین 7 تا حدود 12 میلی-مول بر لیتر متغیّر است(5). مسابقه تکواندو فعالیتی شدید است که پاسخ¬های قلبی عروقی بالا، غلظت¬های بالای لاکتات و افزایش **RPE** را در ورزشکاران ایجاد می¬کند(6). سنجش و بررسی شاخص‌های متابولیکی مانند لاکتات خون در بررسی آثار تمرین، از اهمیت ویژه‌ای در ورزشکاران تکواندو برخوردار است. مقادیر لاکتات می‌تواند نشانگر ظرفیت بی‌هوازی، سطح خستگی و تطابق متابولیکی ورزشکار نسبت به پروتکل تمرینی باشد(7).

امروزه ورزشکاران تکواندو برای بهبود عملکرد، علاوه بر تمرین از مکمل¬های ورزشی و غذایی استفاده می¬کنند. یکی از این مکمل¬ها، مکمل تائورین است. تائورین بعنوان یک اسید آمینه نیمه¬ضروری، به دلیل ظرفیت¬های خاص در افزایش عملکرد ورزشی مورد توجه قرار گرفته است. این اسید آمینه نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیکی مهمی مانند تنظیم اسمزی، دفاع آنتی¬اکسیدانی و تنظیم پیام¬رسانی کلسیم دارد. مکمل تائورین باعث بهبود استقامت، کاهش فشار اکسیداتیو ناشی از ورزش و افزایش عملکرد عضلات می¬شود(8). تائورین بعنوان یک اسید آمینه نیمه¬ضروری، به دلیل ظرفیت¬های خاص در افزایش عملکرد ورزشی مورد توجه قرار گرفته است. تلفیق تمرین و

مکمل¬یاری با تائورین در مقادیر متفاوت احتمالا با کاهش آسیب **DNA**، کاهش سطوح لاکتات، افزایش سطوح گلیسرول، افزایش متابولیسم چربی و کاهش خستگی عضلانی در ورزشکاران همراه است(9).

طراحی تمرینات مقاومتی با هدف افزایش قدرت ویژه(توان انفجاری) از طریق ایجاد همزمان تحریک مکانیکی و متابولیکی صورت می¬پذیرد. با افزایش تنش متابولیکی ناشی از افزایش لاکتات، و هم¬افزایی ناشی از تاثیر تنش مکانیکی بر **mTOR**، مسیرهای پیام¬رسانی **Akt** و **mTOR** که شناخته¬شده¬ترین مسیرهای هایپرتروفی و قدرت ویژه هستند از طرفی، لاکتات با سرکوب بیان ژن **HDAC**، مسیرهای بیان ژنی منتهی به هایپرتروفی و قدرت عضلانی را تقویت می¬کند. با افزایش قدرت، توان عضلانی و عملکرد بهبود می¬یابد(10). ورزشکاران تکواندو علاوه بر تمرینات تخصصی تکواندو، از تمرینات مقاومتی نیز استفاده می¬کنند. در مطالعه¬ای، استفاده همزمان از تمرین مقاومتی و تکواندو در مقابل تمرینات صرفا تخصصی تکواندو در 28 ورزشکار نخبه مرد (16) و زن (12)، بهبود قابل توجهی در مقادیر تستوسترون کل، تستوسترون آزاد، نسبت کورتیزول به تستوسترون، لاکتات و نیز عملکرد تخصصی در گروه تمرینی تلفیق تمرینات مقاومتی با تخصصی تکواندو که با شدت بالاتری نیز تمرین کرده بودند، نشان داد(11). همچنین، تلفیق تمرینات پلایومتریک با تمرینات تخصصی تکواندو به مدت شش هفته، باعث تغییرات مثبت معنا¬دار در شاخص¬های سرعت، توان هوازی، توان بی¬هوازی و کاهش لاکتات خون شد (12).

در پاسخ به رقابت¬های رزمی و ورزشی شدید، افزایش شدید اپی¬نفرین و نوراپی¬نفرین و نیز افزایش جزئی در مقادیر تستوسترون سرمی اتفاق می¬افتد. این تغییرات با هدف فعال¬سازی مسیرهای انرژی و پیام¬رسانی درون سلول¬های عضلانی جهت انقباض قدرتمند اتفاق می¬افتد. پاسخ تستوسترون در مردان بیشتر از زنان و رقابت¬های رسمی بیشتر از غیررسمی و تفریحی است(13). تمرینات تخصصی تکواندو تاثیری مشابه با تمرینات مقاومتی سنتی بر پاسخ¬های هورمونی هورمون رشد شبه انسولینی، تستوسترون و کورتیزول دارند(14). هورمون¬های اپی¬نفرین، نوراپی¬نفرین و تستوسترون پس از مبارزه در سه گروه ورزشکاران رزمی کاراته، تکواندو و تلفیق سه رشته ورزشی جودو، کشتی و سومو افزایش داشتند(15). از سویی، شاخص‌های زیستی مانند نیتریک‌اکساید (**NO**)، اندوتلین ۱-(**ET-1**) هورمون‌های کاتکولامینی(اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین)، تستوسترون، لاکتات خون و توان انفجاری، به‌عنوان نشانگرهای مهم در ارزیابی پاسخ‌های فیزیولوژیکی به تمرینات ورزشی و مداخلات تغذیه‌ای مطرح هستند. نیتریک‌اکساید (**NO**) یکی از مهم‌ترین مولکول‌های پیام¬رسان در دستگاه قلبی-عروقی است که با اثر گشادکنندگی عروق و کاهش مقاومت محیطی، نقش کلیدی در بهبود عملکرد اندوتلیال و افزایش جریان خون به عضلات فعال ایفا می‌کند. افزایش تولید **NO** در پاسخ به فعالیت بدنی منظم، به‌ویژه تمرینات هوازی و مقاومتی، به‌عنوان شاخصی از بهبود سلامت عروقی شناخته می¬شود(16, 17). مطالعه انجام شده روی ورزشکاران تای چی و کی گونگ، نشان می¬دهد، این دو ورزش با افزایش نیتریک -اکساید و کاهش اندوتلین پلاسمایی، سبب کاهش فشار خون می¬شود(18). با وجود این، تغییرات نیتریک اکساید و اندوتلین در اثر تمرینات مقاومتی و مکمل¬یاری تائورین در ورزشکاران تکواندو مشخص نیست.

در ارتباط با تنظیم عملکرد عضلانی، تستوسترون به‌عنوان مهم‌ترین هورمون آنابولیک، نقش تعیین‌کننده‌ای در فرآیندهای هیپرتروفی عضلانی، افزایش قدرت و بازسازی بافتی دارد(19). سطوح این هورمون در پاسخ به تمرینات مقاومتی و فعالیت‌های شدید بدنی، به‌ویژه در مردان ورزشکار، افزایش می‌یابد. همزمان، هورمون‌های استرسی مانند اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین نیز در شرایط تمرینی شدید ترشح می¬شود و با افزایش ضربان قلب، فشار خون و تجزیه گلیکوژن، افزایش توان لحظه‌ای و سازگاری‌های قلبی-تنفسی را به همراه دارند (20). تمرینات مقاومتی روشی رایج است که توسط ورزشکاران تکواندو برای توسعه ویژگی های عضلانی مورد نیاز برای تکواندو استفاده می شود. انجام این

تمرینات، بهبود تعادل تکنیکی و اجرای ضربات پا در ورزشکاران تکواندو را به همراه دارد (21). از این رو، با توجه به اهمیت رشته ورزشی تکواندو در کشور به¬عنوان یک رشته مدال¬آور در سطح جهان و المپیک و افزایش سطح رقابت¬ها و یافتن راهکارهای مناسب جهت ارتقاء عملکرد ورزشکاران و لزوم شناسایی عوامل موثر بر عملکرد ورزشکاران نخبه و خلأ پژوهشی موجود در بررسی همزمان اثر تمرین و مکمل با در نظر گرفتن آثار هم¬افزای این دو عامل، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر شش هفته تمرین مقاومتی غیرخطی به همراه مکمل‌یاری تائورین بر سطوح نیتریک‌اکساید، اندوتلین، اپی‌نفرین، نوراپی‌نفرین، تستوسترون، لاکتات خون و توان انفجاری در تکواندوکاران نخبه مرد است.

روش‌شناسی

طرح پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون–پس‌آزمون با گروه‌های موازی بود که در قالب یک مداخله شش‌هفته‌ای اجرا شد. شرکت‌کنندگان شامل ۲۴ ورزشکار مرد نخبه تکواندوکار عضو لیگ برتر ایران (سن: 1/3 ± 20/00، قد: 0/06 ± 1/81، وزن: 9/90 ± 66/61، شاخص توده بدنی: 2/35 ± 20/20 سال) بودند که هدفمند انتخاب و تصادفی به سه گروه تقسیم شدند: گروه تمرین مقاومتی به‌همراه تمرین تکواندو و مکمل تائورین **(RTT) (8n =)**، گروه تمرین مقاومتی به‌همراه تمرین تکواندو و دارونما**(RTP)(8n =)**، و گروه تمرین تکواندو **(T)(8n =)**.تمامی شرکت‌کنندگان از یک باشگاه مشترک انتخاب شدند تا تفاوت‌های برنامه تمرینی رایج بین باشگاه‌ها به حداقل برسد. مداخله تمرینی شامل شش جلسه در هفته، شامل سه جلسه تمرین مقاومتی و سه جلسه تمرین اختصاصی تکواندو بود. گروه کنترل نیز تمرینات تکواندو را مشابه دو گروه دیگر اما به¬صورت شش جلسه در هفته، به منظور ایجاد برابری در حجم تمرین، دنبال کردند. پروتکل تمرینی مورد استفاده، تمرین مقاومتی غیرخطی بود و بر مبنای یک تکرار بیشینه(**RM1**)با استفاده از فرمول برزیسکی تنظیم شد. در گروه‌های مکمل و دارونما، شرکت‌کنندگان بر اساس وزن، روزانه ۲ تا ۴ کپسول ۱۰۰۰ میلی‌گرمی از مکمل تائورین یا دارونمای آرد برنج را به‌صورت دوسوکور مصرف کردند. نمونه‌گیری خونی در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون، از ورید بازویی توسط متخصص دارای صلاحیت انجام شد. شاخص‌های فیزیولوژیکی دیگر در باشگاه محل تمرین و با رعایت شرایط استاندارد اندازه‌گیری شدند. شایان ذکر است که این پژوهش با رعایت کامل اصول اخلاقی در پژوهش‌های انسانی، از جمله اخذ رضایت‌نامه آگاهانه کتبی از کلیه شرکت‌کنندگان، تضمین محرمانگی اطلاعات فردی و امکان انصراف داوطلبانه در هر مرحله از مطالعه انجام شده است. این طرح دارای کد اخلاق به شماره **IR.UT.SPORT.REC.1403.100** از کارگروه / کمیته اخلاق در پژوهش دانشکده علوم ورزشی و تندرستی دانشگاه تهران می‌باشد.

پروتکل تمرین مقاومتی

مداخله تمرینی در این مطالعه شامل یک برنامه تمرین مقاومتی ساختاریافته به‌مدت شش هفته بود که در هر هفته در قالب سه جلسه تمرینی، به‌صورت ترکیبی از تمرینات قدرتی، توانی و استقامتی با الگوی غیرخطی که منطبق با نیازمندی¬های عملکردی و تمرینی تکواندوکاران در حوزه توان و چابکی و سرعت بود، برای گروه‌های تمرینی اجرا شد. هر جلسه تمرین بین ۷۵ تا ۹۰ دقیقه به‌طول انجامید و شامل سه بخش اصلی بود: گرم‌کردن، تمرین اصلی و سردکردن. مرحله گرم‌کردن به‌مدت ۱۰ دقیقه شامل حرکات پویا، عمومی و کششی فعال جهت آماده‌سازی عضلات درگیر انجام می‌شد. تمرینات اصلی به‌مدت ۶۰ تا ۷۵ دقیقه و با استفاده از تمرینات چندمفصلی نظیر اسکوات با دستگاه اسمیت، پرس سینه با هالتر، جلو ران با دستگاه، لت سیم‌کش، پشت ران با دستگاه، پرس سرشانه با دستگاه و

سرشانه تک‌دست با سیم‌کش انجام شد. در کنار تمرینات پیش گفته، تمرین حرکات شکم و پلانک نیز انجام می¬شد. شرکت‌کنندگان بر اساس ظرفیت فردی خود و به‌منظور رعایت اصل اضافه‌بار، تمرینات را با شدت تنظیم‌شده بر مبنای آزمون یک تکرار بیشینه(**RM**1)اجرا کردند. برای تعیین بار تمرینی، از فرمول برزیسکی استفاده شد(22):

(0.0278 * تعداد تکرار) – 1.0278 / وزنه جابجا شده (کیلوگرم) = یک تکرار بیشینه

تعیین **RM**1 در سه مقطع شامل شروع مطالعه، انتهای هفته دوم و انتهای هفته چهارم انجام و متناسب با نتایج، برنامه تمرینی مجدداً تنظیم می‌شد. در پایان هر جلسه، تمرینات ویژه عضلات مرکزی بدن مانند پلانک نیز به‌مدت ۳۰ تا ۶۰ ثانیه در سه تا چهار تکرار اجرا شد. مرحله سردکردن شامل حرکات کششی ایستا و با هدف تسهیل بازگشت به حالت استراحت، به‌مدت ۵ دقیقه انجام شد. کلیه جلسات تمرینی تحت نظارت مستقیم مربی مجرب و با ثبت روزانه اطلاعات اجرا گردید. به‌منظور کنترل بر حجم تمرین، تمام گروه‌های تمرینی از ساختار زمانی، حرکتی و شدت مشابه استفاده کردند(22-25).

جدول 1؛ پروتکل تمرین مقاومتی.

هفته‌های تمرین	روزهای تمرینی	درصد بار تمرینی	ست تمرینی	تعداد تکرار	مدت استراحت (ثانیه)
هفته اول	روز اول (قدرتی)	٪75	3	8	60
	روز دوم (توانی)	٪40	3	8	60
	روز سوم (استقامتی)	٪60	5	18	45
هفته دوم	روز اول (قدرتی)	٪75	3	8	60
	روز دوم (توانی)	٪40	3	8	60
	روز سوم (استقامتی)	٪60	5	18	45
هفته سوم	روز اول (قدرتی)	٪80	4	6	60
	روز دوم (توانی)	٪45	3	8	90
	روز سوم (استقامتی)	٪65	6	15	60
هفته چهارم	روز اول (قدرتی)	٪80	4	6	60
	روز دوم (توانی)	٪45	3	8	90
	روز سوم (استقامتی)	٪65	6	15	60
هفته پنجم	روز اول (قدرتی)	٪85	4	5	90
	روز دوم (توانی)	٪50	3	8	120
	روز سوم (استقامتی)	٪70	7	12	90
هفته ششم	روز اول (قدرتی)	٪85	4	5	90
	روز دوم (توانی)	٪50	3	8	120
	روز سوم (استقامتی)	٪70	7	12	90

پروتکل مکمل‌یاری

در این مطالعه، پروتکل مکمل‌یاری با هدف بررسی اثر تائورین بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی، به‌صورت دوسوکور و با استفاده از مکمل خالص تائورین و دارونمای آرد برنج اجرا شد. شرکت‌کنندگان در گروه‌های مکمل و دارونما، بر اساس رده وزنی تقسیم‌بندی شدند؛ به‌طوری‌که آزمودنی‌های با وزن‌های مختلف، دوزهای متفاوتی از مکمل را دریافت کردند. به‌ترتیب، افراد با وزن کمتر از 54 کیلوگرم تا بیشتر از 63 کیلوگرم (اوزان اول تا سوم تکواندو) روزانه دو کپسول، افراد با وزن بیشتر از 63 کیلوگرم تا کمتر از 80 کیلوگرم (اوزان چهارم تا ششم) سه کپسول، و افراد با وزن بیشتر از 80 کیلوگرم (اوزان هفتم و هشتم) چهار کپسول ۱۰۰۰ میلی‌گرمی تائورین یا دارونما را دریافت نمودند. مکمل‌ها به‌صورت یک‌بار در روز و ترجیحاً پیش از وعده صبحانه مصرف می‌شدند.

مکمل تائورین درون کپسول های ژلاتین خوراکی 1000 میلی‌گرم ریخته شد و در ظرف‌های کدگذاری‌شده با شماره‌های تصادفی بسته‌بندی شدند تا اصل دوسوکور بودن پژوهش حفظ شود. دارونما نیز به‌صورت کپسول‌های هم‌شکل و هم‌رنگ، حاوی آرد برنج، در ظرف‌های مشابه و با کدگذاری همسان بسته‌بندی و در اختیار گروه کنترل دارونما قرار گرفت. نحوه کدگذاری به‌گونه‌ای بود که تا پایان مرحله تحلیل آماری، پژوهشگر و آزمودنی از نوع محتوای دریافتی بی‌اطلاع بودند(9, 26). برای افزایش دقت اجرای پروتکل مکمل‌یاری، به تمامی شرکت‌کنندگان آموزش داده شد که در طول مدت مداخله از مصرف منابع غذایی حاوی تائورین از جمله انواع ماهی، غذاهای دریایی، نوشیدنی‌های انرژی‌زا و مکمل‌های دیگر خودداری نمایند. پایش انطباق با مصرف مکمل‌ها به‌صورت خوداظهاری روزانه و گزارش به مربی تمرین ثبت شد.

شیوه جمع‌آوری داده‌ها و اندازه گیری متغیرها

رضایت‌نامه کتبی از کلیه آزمودنی‌ها پیش از آغاز مداخله اخذ گردید. نمونه‌گیری خونی اولیه 24 ساعت قبل از شروع تمرینات و نمونه‌گیری خونی نهایی 24 ساعت پس از اتمام تمرینات به مقدار 10 سی‌سی، از طریق سیاهرگ بازویی و توسط فرد متخصص تأییدشده راس ساعت نه صبح انجام شد. نمونه‌های خون بلافاصله سانتریفیوژ شدند و نمونه‌های سرم تا زمان آنالیز در دمای 80- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. به‌منظور ارزیابی شاخص‌های غیرخونی، آزمون‌ها تقریباً یک ساعت پیش از شروع جلسه تمرین، در باشگاه و با همکاری اعضای تیم پژوهشی اجرا شدند.

توان انفجاری

برای ارزیابی توان انفجاری از آزمون پرش آبالاکف[1] استفاده شد که روشی معتبر و قابل‌اطمینان در جمعیت ورزشکاران و مردان فعال به شمار می‌رود. آزمودنی‌ها سه پرش متوالی با فاصله استراحت 30 ثانیه‌ای بین هر پرش انجام دادند. شرکت‌کنندگان ابتدا در وضعیت ایستاده قرار گرفته، سپس زانوهای خود را تا زاویه 90 درجه خم کرده و در سریع‌ترین زمان ممکن به‌منظور دستیابی به حداکثر ارتفاع، اقدام به پرش کردند. حداکثر ارتفاع پرش از طریق لمس نقطه بالاترین ارتفاع با دست مشخص شد و میانگین ارتفاع سه پرش،به‌عنوان شاخص عملکرد عصبی-عضلانی(توان انفجاری)با استفاده از فرمول هارمن به شرح زیر محاسبه گردید (27, 28).

[1] Abalakov Jump Test

1822+ (جرم بدن(کیلوگرم)* 36) + (ارتفاع پرش(سانتی متر) * 61.9) = توان(وات)

اندازه گیری بیوشیمایی متغیر های تحقیق

برای سنجش غلظت لاکتات خون، از دستگاه لاکتومتر h/p/cosmos استفاده شد. نمونه‌گیری بلافاصله پس از اجرای یک نوبت تمرین تخصصی تکواندو با شدت بسیار بالا (میت زنی لحظه‌ای تا واماندگی کامل و مدت یکسان 90 ثانیه) و در شرایط اوج خستگی صورت گرفت. پس از ضدعفونی‌کردن نوک انگشت سبابه با الکل طبی، نخستین قطره خون به‌منظور جلوگیری از اختلاط با تعریق سطحی حذف گردید و قطره دوم برای آنالیز مورد استفاده قرار گرفت. این روش مطابق با دستورالعمل‌های استاندارد و با دقت بالا اجرا شد (29).

سنجش سطح نیتریک‌اکساید پلاسما با استفاده از کیت الایزای نیتریک‌اکساید (Navand Lab Kit Nitric Oxide (NO) Assay Kit – Version 0.81 Last updated 21 February 2021) انجام شد. این کیت بر پایه استفاده از آنزیم نیترات ردوکتاز وابسته به NADH جهت احیای نیترات به نیتریت عمل کرده و سپس کمیت نیتریت از طریق معرف گریس (Griess Reagent) اندازه‌گیری شد (30).

سطوح اندوتلین۱- (ET-1) در سرم خون با استفاده از کیت الایزای انسانی Elabscience® Human ET-1 تعیین شد. ابتدا نمونه‌های سرم رقیق شده و به‌همراه استانداردهای کالیبراسیون به چاهک‌های پلیت ELISA منتقل گردیدند. سپس مراحل انکوباسیون، شست‌وشو و افزودن معرف‌ها طبق پروتکل اجرا شد و جذب نوری با استفاده از دستگاه خوانشگر ELISA اندازه‌گیری گردید. مقادیر نهایی بر مبنای منحنی استاندارد گزارش شد (31).

برای تعیین غلظت سرمی اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین، به‌ترتیب از کیت‌های الایزای انسانی اپی‌نفرین (Epinephrine/Adrenaline-Elabscience®EPI)و نوراپی‌نفرین (Noradrenaline/Norepinephrine - Elabscience® NA/NE) استفاده و کمّی گزارش شد (32).

سطح سرمی تستوسترون تام (Total Testosterone) با استفاده از کیت الایزای انسانی تستوسترون (Human Total Testosterone ELISA Kit) تولید شرکت پادتن‌گستر ایثار اندازه‌گیری شد (33).

روش آماری

تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه 23 انجام گرفت. به‌منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها، از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. همچنین، برای ارزیابی فرض همگنی واریانس‌ها بین گروه‌ها، آزمون لون۱ به‌کار گرفته شد. جهت تحلیل اثر مداخله تمرینی و مکمل‌یاری در متغیرهای مورد بررسی، از تحلیل واریانس دوسویه۲ با اندازه‌گیری‌های مکرر در دو زمان (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) و در سه گروه مستقل استفاده شد. در مواردی که اثر اصلی

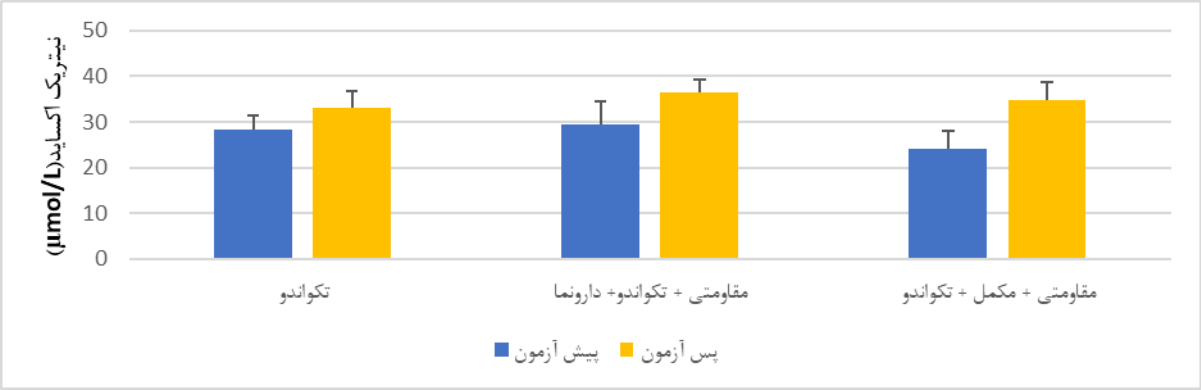
[1]Levene's Test
[2]Two-Way ANOVA

یا اثر متقابل معنادار گزارش شد، برای شناسایی تفاوت‌های زوجی بین گروه‌ها، از آزمون تعقیبی توکی[1] بهره گرفته شد. سطح معناداری برای تمامی تحلیل‌های آماری در سطح $P < 0.05$ تعیین گردید.

یافته‌ها

نیتریک اکساید

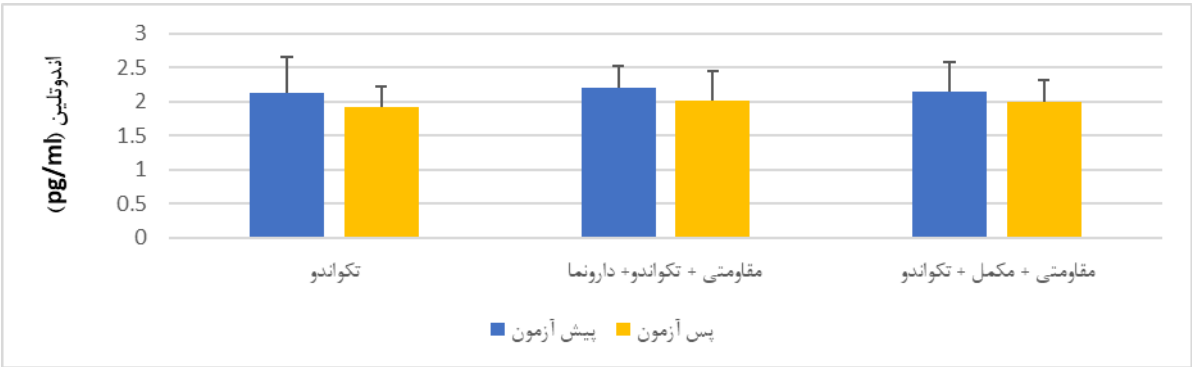
نتایج آزمون تحلیل واریانس دوراهه نشان داد که اثر زمان بر سطح این متغیر معنادار بود [$F(1, 21) = 55.28$, $P = 0.001$, $\eta^2 = 0.72$, Power = 1.00]. همچنین اثر متقابل زمان × گروه معنادار نبود [$F(2, 21) = 3.05$, $P = 0.06$, $\eta^2 = 0.22$, Power = 0.52]. نتایج بررسی‌های بین‌گروهی نیز نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های پژوهش در سطوح سرمی نیتریک اکساید مشاهده نشد [$F(2, 21)=3.43$, $P =0.05$, $\eta^2 =0.24$, Power = 0.58] (شکل 1).



شکل 1؛ مقایسه میانگین سطوح سرمی نیتریک اکساید بین گروه های پژوهش.

اندوتلین

نتایج آزمون تحلیل واریانس دوراهه نشانگر آنست که اثر زمان بر سطح اندوتلین معنادار نبود [$F(1, 21) =3.41$, $P =0.07$, $\eta^2 =0.14$, Power =0.42]. همچنین اثر متقابل زمان × گروه نیز معنادار نبود [$F(2, 21)=0.01$, $P =0.98$, $\eta^2 =0.001$, Power =0.05]. نتایج بررسی‌های بین‌گروهی نیز نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های پژوهش در متغیر اندوتلین مشاهده نشد [$F(2, 21)=0.15$, $P =0.85$, $\eta^2 =0.01$, Power =0.07] (شکل 2).

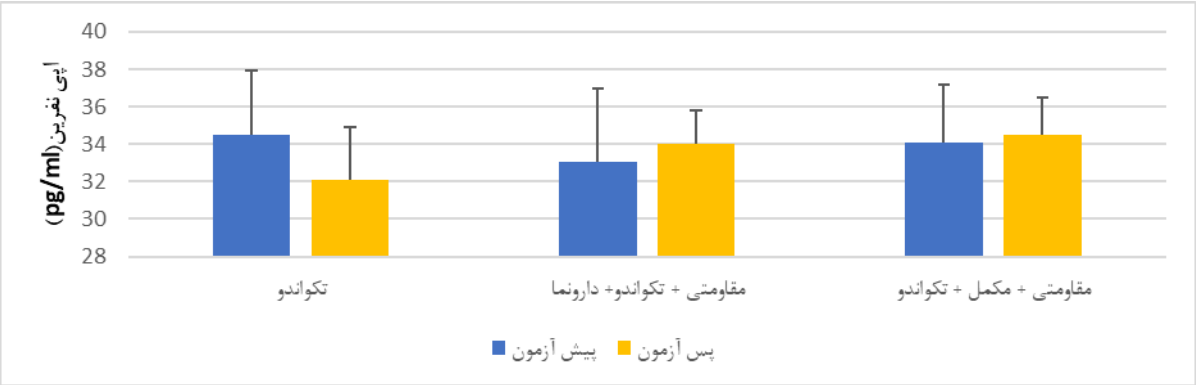


شکل 2؛ مقایسه میانگین سطوح سرمی اندوتلین بین گروه های پژوهش.

[1] Tukey's HSD Post Hoc Test

اپی نفرین

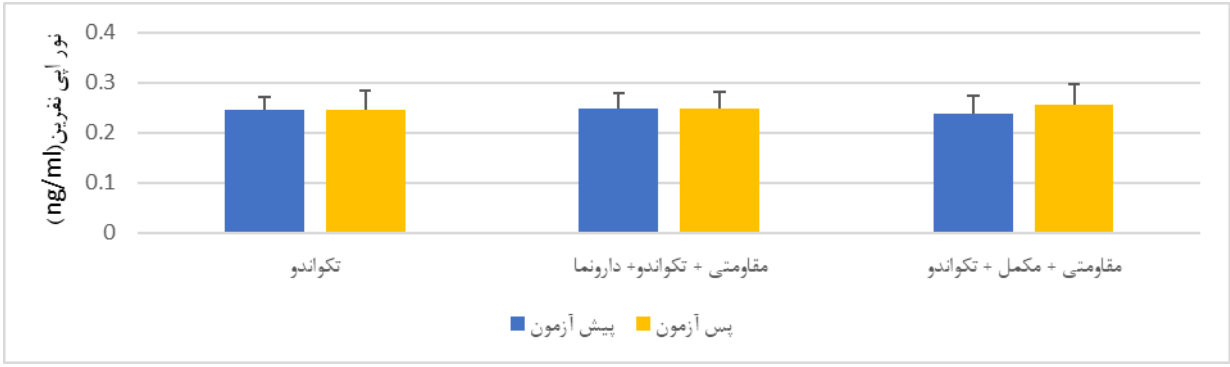
نتایج آزمون تحلیل واریانس دوراهه نشان داد که اثر زمان بر متغیر سطوح سرمی اپی‌نفرین معنادار نبود [F(1, 21) = 0.14, P = 0.71, η² = 0.007, Power = 0.065]. همچنین اثر متقابل زمان × گروه نیز معنادار گزارش نشد [F(2, 21) = 1.38, P = 0.27, η² = 0.11, Power = 0.26]. نتایج بررسی‌های بین‌گروهی نیز نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های پژوهش در متغیر اپی‌نفرین مشاهده نشد [F(2, 21) = 0.55, P = 0.58, η² = 0.05, Power = 0.13] (شکل 3).



شکل 3؛ مقایسه میانگین سطوح سرمی اپی نفرین بین گروه های پژوهش.

نوراپی نفرین

نتایج آزمون تحلیل واریانس دوراهه نشان داد که اثر زمان بر سطح نوراپی‌نفرین معنادار نبود [F(1, 21) =0.61, P =0.44, η² =0.02, Power =0.11]. همچنین اثر متقابل زمان × گروه نیز معنادار نبود [F(2, 21) =0.43, P =0.65, η² =0.04, Power =0.11]. نتایج بررسی‌های بین‌گروهی نیز نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های پژوهش در متغیر نوراپی‌نفرین مشاهده نشد [F(2, 21) =0.01, P =0.98, η² =0.001, Power =0.05] (شکل 4).



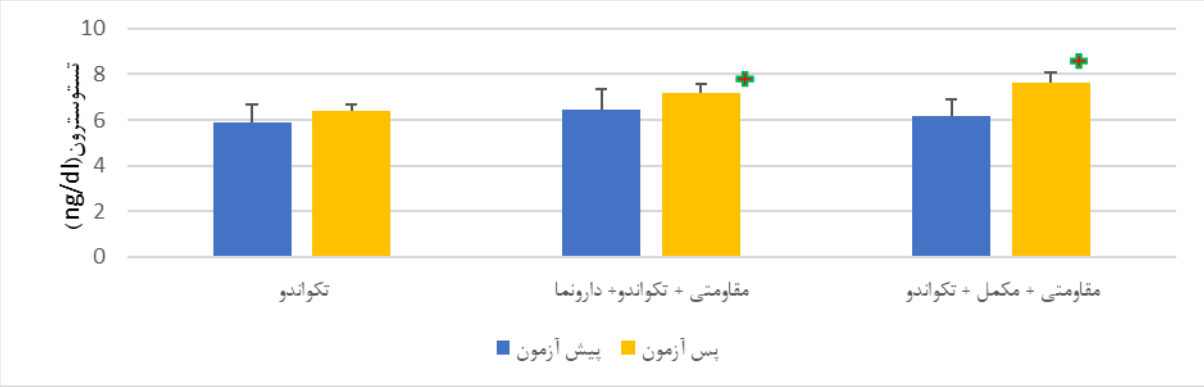
شکل4؛ مقایسه میانگین سطوح سرمی نوراپی‌نفرین بین گروه های پژوهش.

تستوسترون

نتایج آزمون تحلیل واریانس دوراهه نشان داد که اثر زمان بر سطح تستوسترون معنادار بود [F(1, 21) = 28.45, P = 0.001, η² = 0.57, Power = 0.99]. همچنین اثر متقابل زمان × گروه معنادار نبود

[F(2, 21) = 2.87, P = 0.07, η² = 0.21, Power = 0.50].نتایج بررسی‌های بین‌گروهی نیز نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های پژوهش در متغیر تستوسترون مشاهده شد [F(2, 21) = 5.76, P = 0.01, η² = 0.35,

نتایج آزمون تعقیبی توکی برای متغیر تستوسترون نشان داد که سطح تستوسترون در گروهی که تمرین مقاومتی و تمرین تکواندو را به همراه مکمل تائورین دریافت کرده بود، به‌طور معناداری بالاتر از گروهی بود که تنها تمرین تکواندو انجام داده بود (P=0/01). همچنین، گروهی که تمرین مقاومتی و تمرین تکواندو را همراه با دارونما انجام داد نیز نسبت به گروه تمرین تکواندو، افزایش معناداری در سطح تستوسترون نشان داد (P=0/04). این نتایج بیانگر آن است که اضافه شدن تمرین مقاومتی به تمرینات تخصصی تکواندو می‌تواند منجر به بهبود سطح تستوسترون شود. با این حال، تفاوت سطح تستوسترون بین دو گروهی که تمرین مقاومتی انجام دادند—یکی با مصرف مکمل تائورین و دیگری با دارونما—از نظر آماری معنادار نبود، که نشان می‌دهد مکمل‌یاری تائورین اگرچه با افزایش بیشتر سطح تستوسترون همراه بوده، اما این تفاوت نسبت به دارونما از نظر آماری معنادار نبوده است (P=0/99) (شکل 5)



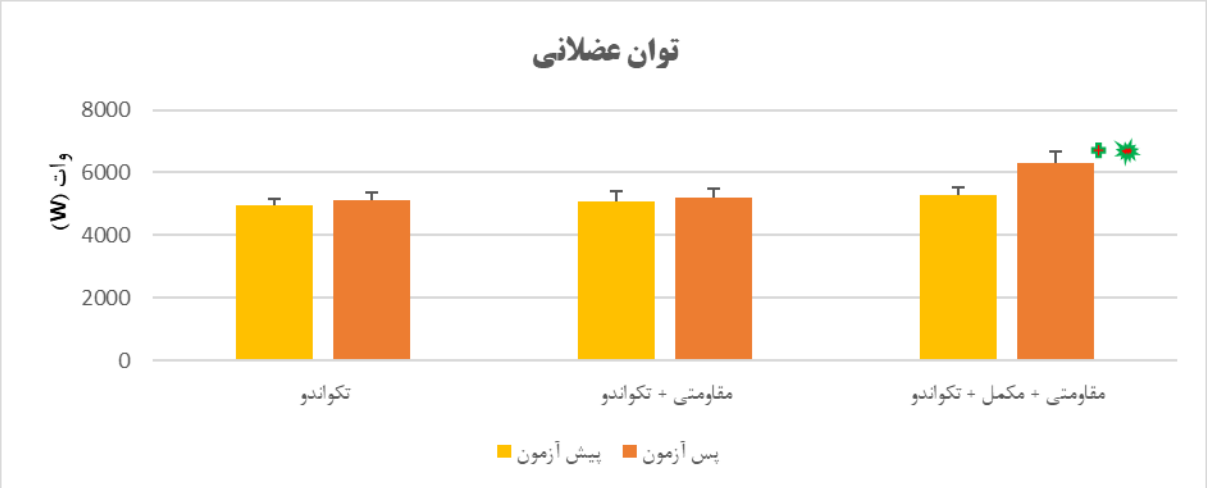
شکل 5؛ مقایسه میانگین سطوح سرمی تستوسترون بین گروه های پژوهش.

✚ : تفاوت معنادار در مقایسه با گروه تکواندو

توان عضلانی

نتایج آزمون تحلیل واریانس دوراهه نشان داد که اثر زمان بر مقدار توان معنادار بود [F(1, 21) = 188.41, P = 0.001, η² = 0.90, Power = 0.99]همچنین اثر متقابل زمان ×گروهمعناداربود [F(2, 21) = 79.11, P = 0.001, η² = 0.88, Power = 0.99].نتایج بررسی‌های بین‌گروهی نیز نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های پژوهش در متغیر توان مشاهده شد [F(2, 21) = 17.88, P = 0.001, η² = 0.63, Power = 0.99]

بررسی آزمون تعقیبی نشان داد که میزان توان عضلانی در گروه تمرینمقاومتی و تمرین تکواندو به همراه مکمل تائورین به‌طور معناداری بیشتر از گروه تمرینمقاومتی و تمرین تکواندو به همراه دارونما بود (P=0/001) و همچنین مقدار توان عضلانی در گروه تمرینمقاومتی و تمرین تکواندو به همراه مکمل تائورین به‌طور معناداری بیشتر از گروه تمرین تکواندو گزارش شد (P=0/001). در مقابل، تفاوت میانگین توان عضلانی بین گروه تمرین مقاومتی و تمرین تکواندو به همراه دارونما و گروه تمرین تکواندو از نظر آماری معنادار نبود (P=0/79)

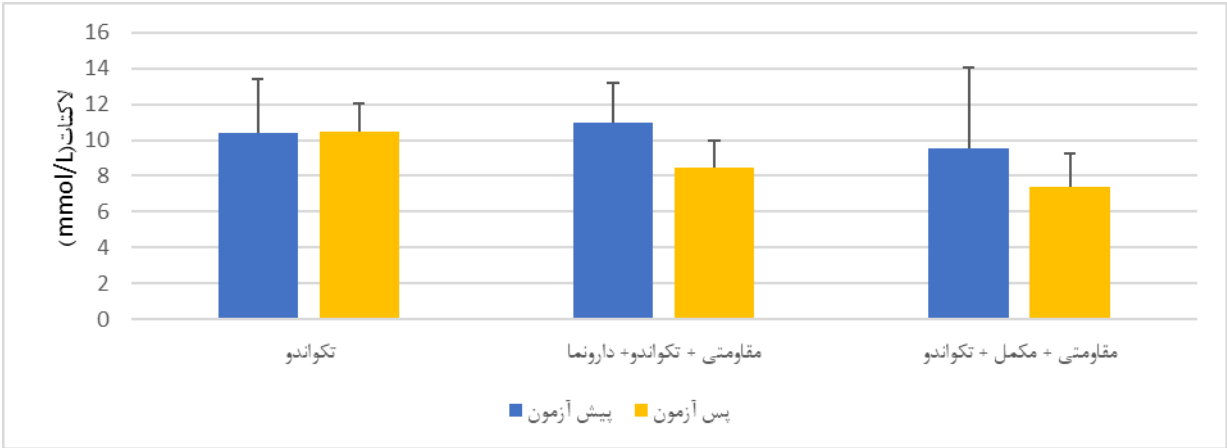


شکل 6؛ مقایسه میانگین توان عضلانی بین گروه‌های پژوهش.

: تفاوت معنادار در مقایسه با گروه تکواندو؛ تفاوت معنادار در مقایسه با گروه تمرین مقاومتی + تکواندو با دارونما

لاکتات خون

نتایج آزمون تحلیل واریانس دوراهه نشان داد که اثر زمان بر مقدار لاکتات خون معنادار بود [$F(1, 21) = 5.16$, $P = 0.03$, $\eta^2 = 0.19$, Power = 0.58].همچنین اثر متقابل زمان × گروه معنادار نبود [$F(2, 21) = 1.42$, $P = 0.26$, $\eta^2 = 0.12$, Power = 0.27].نتایج بررسی‌های بین‌گروهی نیز نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های پژوهش در متغیر لاکتات خون مشاهده نشد [$F(2, 21) = 1.66$, $P = 0.21$, $\eta^2 = 0.13$, Power = 0.31] (شکل 7).



شکل 7؛ مقایسه میانگین سطوح لاکتات خون بین گروه‌های پژوهش.

بحث

عوامل و شاخص‌های عروقی(نیتریک اکساید و اندوتلین)

نتایج این مطالعه نشان داد ترکیب تمرینات مقاومتی و تمرینات تخصصی تکواندو همراه با مصرف مکمل تائورین، گرچه به افزایش سطوح سرمی نیتریک‌اکساید در تکواندوکاران نخبه منجر شد، اما این افزایش از نظر آماری معنادار نبود. با این

حال، روند افزایشی مشاهده‌شده می‌تواند نشانه‌ای از تأثیر بالقوه مداخله تلفیقی بر بهبود عملکرد عروقی باشد. نیتریک‌اکساید (NO) یک مولکول وازودیلاتور مهم است که توسط آنزیم eNOS سنتز می‌شود و از طریق فعال‌سازی مسیر cGMP موجب کاهش کلسیم داخل‌سلولی و شل شدن عضلات صاف عروقی می‌گردد. شواهد نشان می‌دهند که تمرینات منظم، به‌ویژه تمرینات مقاومتی، می‌توانند با افزایش تنش برشی دیواره عروق در حین فعالیت، بیان eNOS و تولید NO را افزایش دهند و به بهبود انعطاف‌پذیری عروقی، کاهش فشار خون و ارتقاء سلامت قلبی‌عروقی کمک کنند (34). در این میان، مکمل‌هایی نظیر تائورین نیز می‌توانند از طریق مهار فشار اکسیداتیو و افزایش دسترسی زیستی NO، عملکرد عروقی را تقویت نمایند. مطالعات قبلی هم از تأثیر مکمل‌یاری و تمرین بر افزایش NO حمایت کرده‌اند. مرادی و همکاران (1398) افزایش سطوح NO و بهبود عملکرد را در کشتی‌گیران پس از مصرف سیترولین مالات و تمرین گزارش کردند (35). همچنین، سانگ و همکاران (2021) به اثر مثبت مکمل تائورین بر بهبود عملکرد عروقی و کاهش فشار خون در افراد مبتلا به پیش‌فشار خون اشاره کردند. مکانیسم احتمالی این اثر می‌تواند شامل محافظت آنتی‌اکسیدانی و مهار تجزیه NO باشد. از سوی دیگر، ترکیب تمرین شدید با مکمل تائورین ممکن است اثر هم‌افزایی داشته باشد، به‌ویژه در ورزشکارانی که در معرض فشار اکسیداتیو قرار دارند (36). با این حال، برخی مطالعات نتایجی متفاوت گزارش کرده‌اند. در مطالعه پوودا و همکاران (1997) نیز تفاوت معناداری در متابولیت¬های نیتریک اکساید در دو گروه تمرینی ورزشکار نخبه و افراد عادی مشاهده نشد. به نظر می¬رسد شدت تمرینی متغیر مورد استفاده در پروتکل تمرینی به علت ماهیت غیرخطی و موجی آن، در شکل¬گیری تنش برشی بیشتر و راه¬اندازی مکانیسم¬های درون سلولی منجر به رهایش نیتریک اکساید موثر واقع شده است. در مجموع، یافته‌های این پژوهش با برخی از مطالعات پیشین هم‌راستا بوده و از ظرفیت مثبت رویکرد تلفیقی تمرین و مکمل برای ارتقاء NO پشتیبانی می‌کنند. این افزایش می‌تواند نقش مهمی در انتقال بهتر اکسیژن، کاهش بار قلبی و بهبود ظرفیت هوازی داشته باشد. لذا استفاده از مداخلات چندبعدی همچون تمرین ورزشی هدفمند و مکمل‌یاری، می‌تواند رویکردی مؤثر در ارتقاء سلامت عروقی و عملکرد ورزشی ورزشکاران نخبه محسوب شود (37, 38).

یافته‌های این پژوهش نشان داد که تمرینات مقاومتی همراه با مکمل‌یاری تائورین منجر به کاهش سطح سرمی اندوتلین-1 (ET-1) در تکواندوکاران نخبه مرد شد. اگرچه این کاهش از نظر آماری معنادار نبود، اما روند کاهشی مشاهده‌شده می‌تواند بیانگر تأثیر مثبت مداخله بر بهبود عملکرد اندوتلیال باشد. اندوتلین-1 یکی از قوی‌ترین پپتیدهای تنگ‌کننده عروق است که توسط سلول‌های اندوتلیال ترشح می‌شود و در تنظیم تون عروقی، فشار خون و هموستاز قلبی-عروقی نقش دارد. افزایش سطح این پپتید با افزایش مقاومت محیطی، اختلال عملکرد اندوتلیال و افزایش ریسک بیماری‌های قلبی-عروقی همراه است، لذا کاهش آن می‌تواند شاخصی از بهبود سلامت عروقی تلقی شود (39). مطالعات پیشین نیز یافته‌هایی مشابه را گزارش کرده‌اند. ساگاوارا و همکاران (2003) کاهش اندوتلین پلاسمایی و به دنبال آن کاهش تنگی عروق و کاهش فشار خون را تحت تاثیر تمرین هوازی نشان دادند(40). اوتزوکی و همکاران (2007) نشان دادند که مقادیر اندوتلین در هر سه گروه ورزشکاران قدرتی، استقامتی و افراد عادی افزایش داشت و این افزایش در ورزشکاران قدرتی در قیاس با دو گروه دیگر بیشتر بود(41). به نظر می‌رسد تمرینات ورزشی، به‌ویژه تمرینات هوازی و مقاومتی، از طریق بهبود تعادل بین فاکتورهای اتساعی و انقباضی اندوتلیال و مهار مسیرهای التهابی نظیر NF-κB، موجب کاهش تولید ET-1 می‌شوند. نقش مکمل تائورین نیز در این زمینه قابل توجه است؛ را و همکاران (2019) بهبود عملکرد اندوتلیال را از طریق افزایش FMD (گشادی عروقی ناشی از جریان خون) پس از مصرف دو هفته‌ای تائورین گزارش کردند، گرچه در مواجهه با فشار تمرینی شدید، این اثر محافظتی کامل نبود (36). همچنین ابراهیم و همکاران (2020) در مدل حیوانی کاهش معنادار ET-1 و بهبود تعادل اکسیداتیو را در پاسخ به مصرف تائورین نشان دادند (42). از دیدگاه

فیزیولوژیکی، کاهش سطح ET-1 می‌تواند با کاهش تون پایه سمپاتیکی، افزایش اتساع عروق و بهبود پرفیوژن بافتی همراه باشد. این وضعیت در ورزشکاران نخبه، که در معرض بارهای تمرینی بالا و فشار اکسیداتیو هستند، نقش مهمی در بهبود روند ریکاوری، افزایش خون‌رسانی و کاهش خطرات قلبی-عروقی ایفا می¬کند (36). با این حال، برخی گزارش‌ها نتایج ناهمسو ارائه کرده‌اند. برای مثال، تاگاوا و همکاران (2018) پس از چهار هفته تمرین مقاومتی شدید در مردان جوان، تغییری در سطح ET-1 مشاهده نکردند (43). را و همکاران (2019) نیز نشان دادند که تائورین در برابر افت عملکرد ناشی از تمرین اکسنتریک شدید، محافظت کامل ایجاد نکرد (36). این عدم هم¬خوانی می‌تواند ناشی از تفاوت در شدت تمرین، مدت مداخله، ویژگی‌های آزمودنی‌ها و سطح پایه سلامت عروقی باشد. به‌ویژه در افراد سالم و جوان با عملکرد مطلوب اندوتلیال، ظرفیت کاهش ET-1 ممکن است محدودتر از جمعیت‌های بیمار یا دارای اختلال عملکرد عروقی باشد (44). این نتایج گویای آن است که تائورین نه تنها با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد می‌تواند از افزایش ET-1 پیشگیری کند، بلکه از طریق تعدیل و تقلیل مسیرهای پیام¬رسانی فشار اکسیداتیو و التهاب، نقش محافظتی در برابر آسیب اندوتلیال ایفا نماید. از منظر سازوکارهای فیزیولوژیکی، کاهش ET-1 به دنبال تمرین یا مکمل‌یاری می‌تواند نشانگر کاهش تون پایه سمپاتیکی و افزایش اتساع عروق باشد، که این وضعیت می‌تواند در درازمدت به کاهش مقاومت محیطی عروق و بهبود تزریق و خون¬رسانی بافتی (پرفیوژن) منجر شود. این موضوع و دستاورد ارزشمند برای ورزشکاران نخبه، که در معرض فشارهای فیزیولوژیکی بالایی هستند، به‌ویژه به¬منظور بهبود روند ریکاوری و بازیابی بدنی و کاهش خطرات قلبی‌عروقی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است(45).

عوامل و شاخص¬های هورمونی عصبی (اپی نفرین و نوراپی نفرین)

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی همراه با مکمل‌یاری تائورین، به رغم افزایش جزئی، تغییر معناداری در سطوح سرمی اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین در تکواندوکاران نخبه مرد ایجاد نکرد. این یافته با نتایج برخی مطالعات پیشین هم‌راستا است. به‌طور مثال، بنی‌طالبی و همکاران (2018) در مطالعه‌ای بر زنان سالمند نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین ترکیبی اثر معناداری بر سطوح هورمون‌های استرس از جمله اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین نداشت (46). همچنین کارولک زوک و همکاران (2024) طی اردوی تمرینی ۹ روزه در ورزشکاران نوجوان نیز تغییر معناداری در غلظت این کاتکولامین‌ها مشاهده نکردند، به‌طوری‌که حتی پس از تمرینات فشرده، مقادیر آن‌ها اندکی کاهش یافته و در سطح ثابت باقی مانده بود (47). یکی از تبیین‌های این الگوی عدم تغییر، می‌تواند به سازگاری عصبی-هورمونی افراد تمرین‌دیده مربوط باشد. ورزشکاران نخبه به‌واسطه سال‌ها تمرین، از پاسخ‌های سمپاتیکی تعدیل‌شده‌تری برخوردارند و کمتر به تحریکات فیزیولوژیکی از جمله تمرین مقاومتی کنترل‌شده پاسخ می‌دهند؛ این موضوع با مفهوم «اقتصاد فیزیولوژیکی» و نیز سازگاری‌های پایدار در ساختار غده آدرنال در ورزشکاران حرفه‌ای هم‌خوانی دارد (48). با این حال، برخی مطالعات نتایج متضادی ارائه کرده‌اند. برای مثال، ودات چینار و همکاران (2025) گزارش کردند که در مردان جوان غیرورزشکار، اجرای یک دوره ۸ هفته‌ای تمرین منجر به افزایش معنادار سطوح اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین شد، به‌ویژه در گروه تمرین مقاومتی که سطح اپی‌نفرین حدود ۲۷٪ افزایش یافت (49). همچنین، در منابع کلاسیک اشاره شده که فعالیت ورزشی شدید می‌تواند غلظت اپی‌نفرین را بسته به شدت، مدت، نوع تمرین و شرایط فردی تا چندین برابر سطح پایه افزایش دهد (50). چنین یافته‌هایی غالباً مربوط به شرایط حاد پس از فعالیت یا جمعیت‌های غیرورزشکار بوده‌اند، درحالی‌که جامعه آماری پژوهش حاضر ورزشکاران نخبه با سازگاری‌های فیزیولوژیکی بلندمدت بوده‌اند، و همین تفاوت در ویژگی آزمودنی‌ها می‌تواند دلیل ناهم‌خوانی نتایج باشد. در کنار این عوامل، نقش مکمل تائورین به عنوان یک مداخله‌گر احتمالی در عدم تغییر سطح کاتکولامین‌ها قابل بررسی است. اگرچه شواهد محدودی درباره اثر مستقیم تائورین بر هورمون‌های سمپاتیکی وجود دارد، اما برخی مطالعات نشان داده‌اند که مصرف آن می‌تواند موجب کاهش ترشح اپی‌نفرین و فشار خون، به‌ویژه در

افراد دارای فشار خون مرزی شود (51). این اثر ممکن است از طریق مهار گیرنده‌های بتاآدرنرژیک، کاهش سطوح کلسیم داخل‌سلولی در سلول‌های کرومافین، یا کاهش تحریک محور HPA اعمال گردد (52). از این رو، می‌توان فرض کرد که تائورین در ورزشکاران این مطالعه، نقش تعدیل‌کننده‌ای ایفا کرده و از بروز پاسخ‌های آدرنالینی شدید در واکنش به تمرین جلوگیری کرده است. در مجموع، به نظر می‌رسد عدم تغییر معنادار سطوح اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین در این پژوهش، ناشی از تعامل بین ویژگی‌های آزمودنی (سطح آمادگی بالا)، شدت و نوع تمرین و اثر احتمالی تنظیمی مکمل تائورین باشد(50). با توجه به کاهش اپی¬نفرین در گروه تکواندو(T) و افزایش آن در دو گروه دیگر که فعالیت تمرینی مقاومتی انجام داده بودند، احتمالا فشار تمرینات مقاومتی با تحریک مسیرهای سیگنالی سمپاتیکی، عامل اصلی افزایش اپی¬نفرین باشد. شایان ذکر است بیشتر مطالعاتی که شاهد افزایش معنادار اپی¬نفرین بوده¬اند، بر روی جمعیت¬های غیرورزشکار یا ورزشکاران غیرحرفه¬ای انجام گرفته¬اند، در حالی که جامعه آماری تحقیق ما ورزشکاران تکواندو حرفه¬ای لیگ برتر ایران بودند که در طی سالیان متمادی فعالیت ورزشی، سازگاری¬های ایجاد شده در آنان بالاخص سازگاری «غده فوق¬کلیوی ورزشی یا آدرنال مدولای ورزشی » با سایر جمعیت¬های مورد مطالعه قابل قیاس نمی¬باشد.

تستوسترون

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تمرین مقاومتی همراه با مکمل تائورین موجب افزایش سطح سرمی تستوسترون در تکواندوکاران نخبه مرد شد. این یافته با شواهد متعددی که به اثرات آنابولیک تمرینات مقاومتی و مکمل‌ها اشاره دارند، هم‌راستا است. تمرینات مقاومتی شدید می‌توانند به افزایش موقتی تستوسترون منجر شوند (53). ریاچی و همکاران (2018) نیز تأکید داشتند که پاسخ تستوسترونی به تمرین تحت تأثیر عواملی مانند شدت، مدت، ترکیب بدنی و سن قرار دارد؛ هرچند افزایش بلافاصله پس از تمرین در مطالعه آن‌ها معنادار نبود (54). مطالعاتی نیز به اثر تقویتی مکمل‌ها بر پاسخ هورمونی اشاره کرده‌اند. لازارو و همکاران (2021) افزایش تستوسترون و نیز افزایش نسبت تستوسترون به کورتیزول را در ورزشکارانی که مکمل حاوی تائورین مصرف کردند، گزارش دادند (55). همچنین مرور سیستماتیک لی و همکاران (2023) و یافته‌های مدل حیوانی یانگ و همکاران (2017) حاکی از آن است که استفاده از مکمل تائورین می‌تواند از طریق بهبود عملکرد محور هیپوتالاموس–هیپوفیز–بیضه، ترشح تستوسترون را تقویت کند (56, 57). با این حال، برخی مطالعات نتایج متفاوتی داشته‌اند. برای نمونه، آرجونا لونا و همکاران(2018) در مقایسه بین ورزشکاران رزمی و غیررزمی، دریافتند که مقادیر هورمون تستوسترون در بین دو گروه معنی¬دار نبود و ارتباط معناداری بین انجام ورزش رزمی و افزایش تستوسترون وجود ندارد، لیکن جهت تشریح بهتر موضوع، انجام تحقیقات بیشتر را پیشنهاد دادند (19). در پژوهش انجام گرفته بر روی ورزشکاران استقامتی، هاکنی و همکاران (2020) دریافتند، پس از 18 هفته تمرین هوازی منظم، سطح تستوسترون پایه تغییری نکرده و حتی در برخی موارد کاهش خفیفی نسبت به ابتدای دوره داشته است (58). هایس و همکاران (2018) دریافتند تمرین مقاومتی کوتاه‌مدت در سالمندان تأثیر معناداری بر سطح پایه تستوسترون ندارد (53). عوامل فردی مانند سن بالا، اضافه‌وزن یا ترکیب بدنی نامطلوب ممکن است مانع بروز پاسخ معنادار شوند (54). همچنین تمرینات استقامتی طولانی‌مدت گاهی با کاهش تستوسترون در فاز بازیافت همراه هستند(58). تفاوت‌های مشاهده‌شده در نتایج مطالعات، ممکن است از ویژگی‌های آزمودنی‌ها نظیر سن و بلوغ و طراحی مداخله تمرینی و زمان خون¬گیری ناشی شود. پژوهش حاضر روی مردان جوان نخبه انجام شد که به دلیل ترکیب بدنی مناسب و سطح فعالیت بالا، پاسخ آنابولیک قوی‌تری دارند. در مقابل، افراد مسن یا چاق به‌دلیل سطح پایین تستوسترون و فعالیت بالای آنزیم آروماتاز ممکن است پاسخ ضعیف‌تری نشان دهند. در زمینه مکمل تائورین نیز، دوز و مدت مصرف عوامل کلیدی هستند. بیشتر مطالعات مؤثر از دوزهای ۲–۶ گرم در روز و دوره‌های مصرف بلندمدت بهره گرفته¬اند(9). همچنین بخش عمده شواهد مثبت در مورد تائورین از مدل‌های حیوانی استخراج شده و در پژوهش‌های انسانی نتایج

محدود و وابسته به شرایط مداخله هستند(8). در مجموع، یافته‌های این پژوهش از نقش تقویت‌کننده تمرین مقاومتی همراه با تائورین بر تستوسترون حمایت می‌کنند و بر کارآمدی این ترکیب در بهبود وضعیت آنابولیک، ریکاوری و عملکرد ورزشی تأکید دارند.

شاخص‌های عملکردی(توان عضلانی و لاکتات خون)

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد تمرین مقاومتی و تکواندو همراه با مکمل تائورین منجر به بهبود توان عضلانی در ورزشکاران نخبه شد؛ این نتیجه با مطالعات متعددی هم‌راستا است که اثر مثبت تائورین یا تمرین را بر عملکرد بی‌هوازی تأیید کرده‌اند. برای مثال، اوزان و همکاران (2022) گزارش کردند مصرف تک‌دوز تائورین پیش از آزمون وینگیت موجب افزایش معنادار توان اوج و میانگین در بوکسورهای نخبه شد و همچنین ادراک تلاش کاهش یافت (59). بوزداغلی و همکاران (2023) نیز در یک فرامتاآنالیز نشان دادند مکمل تائورین موجب بهبود پرش عمودی ایستاده و کانترموومنت می¬شود(60). این اثرات ممکن است ناشی از بهبود تعادل کلسیمی، انتقال عصبی-عضلانی و کاهش فشار اکسیداتیو باشد. شواهد مطالعاتی داخلی از جمله مطالعه کوثری و همکاران (2018) نیز کاهش لاکتات و خستگی عصبی-عضلانی پس از مصرف تائورین را گزارش کرده‌اند (61). از نظر تمرینی، لی و همکاران (2024) دریافتند تمرینات APRE و VBRT طی ۸ هفته باعث افزایش توان انفجاری در تکواندوکاران دانشگاهی شد (62). این یافته‌ها نشان می‌دهد ترکیب تمرین مقاومتی با مکمل تائورین می‌تواند به بهبود عملکرد بی‌هوازی کمک کند(60). با این حال، همه مطالعات نتایج مشابهی گزارش نکرده‌اند. برای نمونه، سمندری و همکاران (2021) نشان دادند مصرف ۱۰ روزه تائورین تأثیر معناداری بر توان بی‌هوازی و پرش عمودی نداشت (63). اوزان و همکاران (2021) نیز اثربخشی تائورین را تنها در ترکیب با کافئین تأیید کردند (59). در برخی موارد مانند مطالعه بوزداغلی (2023)، با وجود بهبود توان وینگیت، پرش کانترموومنت تحت تأثیر قرار نگرفت(60). همچنین، باتیتوچی و همکاران (2018) نشان دادند که تائورین تأثیری بر زمان شنای ۴۰۰ متر در شناگران نخبه نداشت.(26) در مجموع، اثربخشی تائورین بر توان انفجاریبه عواملی مانند دوز و طول مصرف، سن و جنس آزمودنی‌ها، نوع و شدت تمرین، سطح آمادگی بدنی و ترکیب با سایر ارگوژن‌ها وابسته است. به نظر می¬رسد، طراحی دقیق و هم‌راستایی مداخله با نیازهای فیزیولوژیکی ورزشکاران، نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت مکمل‌یاری ایفا می¬کند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مصرف مکمل تائورین همراه با تمرین مقاومتی و نیز تلفیق تمرین مقاومتی و تکواندو و تمرینات تخصصی تکواندو به تنهایی، منجر به تغییر معناداری در غلظت لاکتات خون آزمودنی‌ها نشد. این یافته با مطالعه سمندری و همکاران (2021) در تکواندوکاران نخبه هم‌راستا است؛ آنان نیز گزارش کردند که مصرف ۱۰ روزه تائورین (۱۵ میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن) تغییری معنادار در لاکتات خون ایجاد نکرد (63). این هم‌سویی ممکن است به ویژگی‌های آزمودنی‌های تمرین‌دیده و مدت کوتاه مداخله مرتبط باشد. در مقابل، برخی پژوهش‌ها نتایجی متفاوت ارائه کرده‌اند. برای نمونه، کوثری و همکاران (2018) و اکالپ و همکاران (2023) کاهش معنادار لاکتات پس از تمرین مقاومتی را در پی مکمل‌یاری با تائورین گزارش کردند (61, 64). شواهدی نیز وجود دارد که مصرف تائورین در دوز و مدت مناسب می‌تواند با کاهش آسیب سلولی، بهبود انتقال یونی و افزایش متابولیسم چربی، تولید لاکتات را کاهش دهد(9). از سوی دیگر، برخی مطالعات از جمله باتیتوتچی (2018) و بوزداغلی (2022) افزایش لاکتات پس از مصرف تائورین را ثبت کردند، بدون آنکه بهبود عملکردی مشاهده شود(26, 60). ترکیب تائورین با کافئین نیز در مطالعه‌ای جداگانه، سطوح لاکتات را بیشتر از دارونما افزایش داد که احتمالاً ناشی از تحریک گلیکولیز بی‌هوازی است (65). علاوه بر این، فارل و همکاران (2018) نشان دادند که اضافه کردن تمرینات استقامت عضلانی به برنامه هوازی، منجر به انتقال آستانه لاکتات به سطوح بالاتر از شدت تمرین می¬شود (66)، که بیانگر بهبود ظرفیت متابولیکی عضلات است. در

پژوهش حاضر، سطح بالای آمادگی متابولیکی آزمودنی‌ها و مدت محدود مداخله ممکن است از دلایل عدم تغییر محسوس در لاکتات خون باشند. به نظر می‌رسد استفاده از لاکتات به عنوان منبع انرژی و بهبود کارآیی فیزیولوژیکی یا تغییر در آنزیم‌های واکنشی مسیرهای سوخت و سازی و پاکسازی لاکتات، علل اصلی کاهش لاکتات باشند(67).

عدم امکان خون‌گیری در چند مرحله متمادی جهت رصد تغییرات متغیرهای پژوهش، عدم امکان انجام تست‌های عملکردی بیشتر و نیز عدم امکان کنترل دقیق غذایی برغم تاکید بر رعایت کلیات تغذیه‌ای از سوی آزمودنی‌ها، عمده¬ترین محدودیتهای این پژوهش بودند. با وجود این، کاربردی بودن پژوهش، استفاده از آزمودنی‌های ورزشی نخبه، تعداد مناسب نفرات در گروه‌های سه‌گانه با توجه به ماهیت رشته ورزشی مورد مطالعه، سنجش همزمان شاخص‌های عروقی، هورمونی- عصبی، آنابولیک و عملکردی، نقاط قوت این پژوهش هستند. لذا پیشنهاد می‌شود، مطالعات آتی با لحاظ تفاوت‌های فردی، با طراحی هدفمند برای درک بهتر سازوکارهای تنظیمی هورمونی، سنجش همزمان هورمون‌های آنابولیک و کاتابولیک (تستوسترون و کورتیزول)، سنجش شاخص¬های عملکردی با دقت بالاتر در شرایط آزمایشگاهی و کنترل تغذیه‌ای کیفی‌تر انجام گردد.

نتیجه‌گیری کلی و پیام مقاله

یافته‌های این پژوهش نشان داد که ترکیب تمرینات مقاومتی با مکمل‌یاری تائورین می‌تواند اثرات مثبت قابل‌توجهی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی در تکواندوکاران نخبه مرد داشته باشد. به‌طور مشخص، این مداخله منجر به افزایش معنادار سطح سرمی تستوسترون و بهبود توان انفجاری عضلانی شد که مؤید نقش آن در تقویت پاسخ‌های آنابولیک و ارتقاء عملکرد بی‌هوازی است. در مقابل، اگرچه سطوح نیتریک‌اکساید و اندوتلین پس از مداخله به ترتیب روند افزایشی و کاهشی نشان دادند، این تغییرات از نظر آماری معنادار نبودند؛ اما از منظر فیزیولوژیکی می‌توان آن‌ها را نشانه‌ای از سلامت اندوتلیال دانست. عدم تغییر معنادار در سطوح کاتکولامین‌ها (افزایش جزئی اپی‌نفرین و ثبات نسبی نوراپی‌نفرین) و لاکتات خون (کاهش اندک) نیز احتمالاً ناشی از ویژگی‌های جمعیت آزمودنی (سطح آمادگی بالا)، شدت تمرین کنترل‌شده، و مدت نسبتاً کوتاه مداخله بود. این یافته‌ها نشان می‌دهند که در ورزشکاران تمرین‌کرده، پاسخ‌های فشاری تعدیل‌شده و سازگاری‌های متابولیکی ممکن است مانع بروز تغییرات شدید در شاخص‌های مرتبط با دستگاه سمپاتیکی و متابولیسم بی‌هوازی شوند. در مجموع، نتایج این تحقیق از کارآمدی رویکردهای تلفیقی تمرین و مکمل در ارتقاء برخی جنبه‌های عملکردی و هورمونی ورزشکاران نخبه حمایت می‌کند. بنابراین، برای تعمیم نتایج و درک دقیق‌تر از سازوکارهای اثرگذاری، مطالعات آتی با طراحی‌های کنترل‌شده‌تر، دوره‌های مداخله طولانی‌تر و بررسی متغیرهای میانجی توصیه می‌شود.

محدودیت‌ها

محدودیت‌های پژوهش ذکر شود.

پیشنهاد برای مطالعات آتی

بر اساس محدودیت‌های پژوهش، پیشنهاد برای مطالعات آتی ذکر شود.

ملاحظات اخلاقی

رعایت دستورالعمل‌های اخلاقی در خصوص دستورالعمل‌های اخلاقی که در مقاله حاضر رعایت شده بیان شود. کد اخلاقی ذکر شود.

منابع مالی

این مطالعه هیچ بودجه‌ای از سازمان‌های دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش تمام بخش‌های مطالعه حاضر مشارکت داشتند.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافع علمی، مالی یا شخصی در ارتباط با انجام این پژوهش و نگارش مقاله حاضر وجود ندارد.

تقدیر و تشکر

از راهنمایی و همکاری اساتید راهنما و مشاور و کارکنان علمی و اجرایی ساعی و حامی دانشکده علوم ورزشی و تندرستی دانشگاه تهران و اعضای محترم کمیته اخلاق در پژوهش که حمایت‌ها و راهنمایی‌های ارزشمند آنان راهگشای مسیر پرچالش این طرح پژوهشی بود، و نیز از همکاری ارزشمند کلیه مربیان و ورزشکاران شرکت‌کننده در پژوهش حاضر که با سعه صدر و هماهنگی بی¬نظیر خود، موجبات انجام بهینه امور اجرایی طرح پژوهشی را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1) Readdy K. The History and Development of Taekwon-Do.
2) Khayyat HN, Sağır SG, Hataş Ö, Smolarczyk M, Akalan C. Physical, physiological and psychological profiles of elite Turkish taekwondo athletes. Biomedical Human Kinetics. 2020;12(1):187-96.
3) McLaughlin A. The Physical and Physiological
4) Demands of Taekwondo Training and International Competition. 2019.
5) Narita Devi S, Fauzi F, Sukamti ER, Tirtawirya D, Prabowo TA. The Effect of 8 Weeks of Training with Resistance Band on Limb Power of Taekwondo Athletes. International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis. 2022;05(12).
6) Haddad M. Performance Optimization in Taekwondo: From Laboratory to Field. 2015.
7) Craig A. Bridge MAJ, and Barry Drust. Physiological Responses and Perceived Exertion During International Taekwondo Competition. 2009.
8) (Med)(Hons)) JSMCCLJB. Use of blood lactate concentration as a marker of training status. 2004.
9) Kurtz JA, VanDusseldorp TA, Doyle JA, Otis JS. Taurine in sports and exercise. J Int Soc Sports Nutr. 2021;18(1):39.
10) Chen Q, Li Z, Pinho RA, Gupta RC, Ugbolue UC, Thirupathi A, et al. The Dose Response of Taurine on Aerobic and Strength Exercises: A Systematic Review. Front Physiol. 2021;12:700352.
11) Lawson D, Vann C, Schoenfeld BJ, Haun C. Beyond Mechanical Tension: A Review of Resistance Exercise-Induced Lactate Responses & Muscle Hypertrophy. J Funct Morphol Kinesiol. 2022;7(4).
12) Musa Lewis Mathunjwa TD, Ina Shaw and Brandon Stuwart Shaw. Effects of FourWeeks of Concurrent Taekwondo Plus Resistance Training on Post-exercise Blood Biomarkers of Physiological Stress in Previously-Trained Individuals. 2021.
13) Bahloul Ghorbanian Rh. The effect of a course of plyometric exercises on blood lactate levels and some indicators of aerobic and anaerobic fitness in female professional taekwondo athletes. 2024.
14) Slimani M, Paravlic AH, Chaabene H, Davis P, Chamari K, Cheour F. Hormonal responses to striking combat sports competition: a systematic review and meta-analysis. Biol Sport. 2018;35(2):121-36.

15) Harshvardhan Singh S-TL, Bokun Kim. Hormonal responses to taekwondo fighting simulation versus conventional resistance exercise in young elite taekwondo athletes. 2019.
16) Ziemba A, Adamczyk JG, Barczak A, Boguszewski D, Kozacz A, Dabrowski J, et al. Changes in the Hormonal Profile of Athletes following a Combat Sports Performance. Biomed Res Int. 2020;2020:9684792.
17) Haryono A, Ramadhiani R, Ryanto GRT, Emoto N. Endothelin and the Cardiovascular System: The Long Journey and Where We Are Going. Biology (Basel). 2022;11(5).
18) Yorika Tsukiyama TI, Kenjiro Nagaoka, Eri Eguchi and Keiki Ogino. Effects of exercise training on nitric oxide, blood pressure and antioxidant enzymes. 2016.
19) Liu D, Yi L, Sheng M, Wang G, Zou Y. The Efficacy of Tai Chi and Qigong Exercises on Blood Pressure and Blood Levels of Nitric Oxide and Endothelin-1 in Patients with Essential Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Evid Based Complement Alternat Med. 2020;2020:3267971.
20) Arjona-Luna R. Comparison of Basal Serum Testosterone Levels between Male Athletes and Martial Artists. 2018.
21) Ali Sholi G, Ghanbarzadeh M, Habibi A, Ranjbar R. The Effects of Combined Exercises Intensity (Aerobics-Resistance) on Plasma Cortisol and Testosterone Levels in Active Males. International journal of basic science in medicine. 2016;1(1):18-24.
22) Jakubiak N, Saunders DH. The feasibility and efficacy of elastic resistance training for improving the velocity of the Olympic Taekwondo turning kick. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008;22(4):1194-7.
23) Khazaei L, Parnow A, Amani-Shalamzari S. Comparing the effects of traditional resistance training and functional training on the bio-motor capacities of female elite taekwondo athletes. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2023;15(1):139.
24) Franchini E, Branco BM, Agostinho MF, Calmet M, Candau R. Influence of linear and undulating strength periodization on physical fitness, physiological, and performance responses to simulated judo matches. J Strength Cond Res. 2015;29(2):358-67.
25) Tammam AH. Comparison between Daily and Weekly Undulating Periodized Resistance Training to Increase Muscular Strength for Volleyball Players. 2015.
26) Jiménez A. Undulating periodization models for strength training & conditioning. 2009.
27) Gabriela Batitucci SIBMT, Mariana Pereira Nóbrega, Flávia Giolo de Carvalho, Marcelo Papoti, Júlio Sérgio Marchini, Adelino Sanchez Ramos da Silva, Ellen Cristini de Freitas. Effects of taurine supplementation in elite swimmers performance. 2018.
28) Urdampilleta A, Arribalzaga S, Viribay A, Castañeda-Babarro A, Seco-Calvo J, Mielgo-Ayuso J. Effects of 120 vs. 60 and 90 g/h carbohydrate intake during a trail marathon on neuromuscular function and high intensity run capacity recovery. Nutrients. 2020;12(7):2094.
29) MEREUTA CLAUDIU TL, MANOLACHE GABRIEL, ICONOMESCU TEODORA. COMPARATIVE STUDY ON THE EVALUATION OF THE ENERGETICAL PARAMETERS WHILE PERFORMING A VERTICAL JUMPING ON BOTH LEGS. 2011.
30) Souza J, Paz GA, Miranda H. Blood lactate concentration and strength performance between agonist-antagonist paired set, superset and traditional set training. Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte. 2017;34(179):145-50.
31) Banfi G, Malavazos A, Iorio E, Dolci A, Doneda L, Verna R, et al. Plasma oxidative stress biomarkers, nitric oxide and heat shock protein 70 in trained elite soccer players. European journal of applied physiology. 2006;96:483-6.
32) Dhaun N, MacIntyre IM, Melville V, Lilitkarntakul P, Johnston NR, Goddard J, et al. Blood pressure–independent reduction in proteinuria and arterial stiffness after acute endothelin-A receptor antagonism in chronic kidney disease. Hypertension. 2009;54(1):113-9.
33) Young WF. Adrenal Medulla, Catecholamines, and Pheochromocytoma. Goldman's Cecil Medicine2012. p. 1470-5.
34) Bloomer R. Considerations in the Measurement of Testosterone in Saliva and Serum Using ELISA Procedures. British Journal of Medicine and Medical Research. 2015;5(1):116-22.

35) Gielen S, Sandri M, Erbs S, Adams V. Exercise-induced modulation of endothelial nitric oxide production. Current pharmaceutical biotechnology. 2011;12(9):1375-84.
36) Moradi M, Tahmasebi W, Azizi M. The Simultaneous Effect of Citrulline Malate Supplementation and HIIT Exercise Training on Nitric Oxide Serum Levels and Performance in Elite Male Wrestlers. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2019;6(1):7-14.
37) Ra S-G, Choi Y, Akazawa N, Kawanaka K, Ohmori H, Maeda S, editors. Effects of taurine supplementation on vascular endothelial function at rest and after resistance exercise. Taurine 11; 2019: Springer.
38) Jafari S, Fathi M, Rahmati M. Effects of Taurine Supplementation during Endurance Training on Antioxidant Activity in Males. Medical Laboratory Journal. 2023;17(3).
39) J. J. POVEDA AR, E. SALAS, M. L. CAGIGAS, C. LO´PEZ-SOMOZA, J. A. AMADO & J. R. BERRAZUETA. Contribution of nitric oxide to exercise-induced changes in healthy volunteers: effects of acute exercise and long-term physical training. 1997.
40) Touyz RM, Schiffrin EL. Role of endothelin in human hypertension. Canadian journal of physiology and pharmacology. 2003;81(6):533-41.
41) Jun Sugawara MI, Shinya Kuno, Ryuichi Ajisaka,Iwao Yamaguchi, and Mitsuo Matsuda. Aerobic exercise training reduces plasma endothelin-1 concentration in older women. 2003.
42) Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Ajisaka R, et al. Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength- and endurance-trained men. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2007;292(2):H786-H91.
43) Ibrahim MA, Eraqi MM, Alfaiz FA. Therapeutic role of taurine as antioxidant in reducing hypertension risks in rats. Heliyon. 2020;6(1).
44) Tagawa K, Ra S-G, Kumagai H, Yoshikawa T, Yoshida Y, Takekoshi K, et al. Effects of resistance training on arterial compliance and plasma endothelin-1 levels in healthy men. Physiological research. 2018;67.
45) Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Relationship between plasma endothelin-1 concentration and cardiovascular responses during high-intensity eccentric and concentric exercise. Clinical physiology and functional imaging. 2008;28(1):43-8.
46) Song-Gyu Ra YC, Nobuhiko Akazawa, Kentaro Kawanaka, Hajime Ohmori, and Seiji Maeda. Effects of Taurine Supplementation on Vascular Endothelial Function at Rest and After Resistance Exercise . 2019.
47) Banitalebi E, Faramarzi M, Bagheri L, Kazemi AR. Comparison of performing 12 weeks' resistance training before, after and/or in between aerobic exercise on the hormonal status of aged women: a randomized controlled trial. Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation. 2018;35(3).
48) Ostapiuk-Karolczuk J, Kasperska A, Dziewiecka H, Cieślicka M, Zawadka-Kunikowska M, Zaleska-Posmyk I. Changes in the hormonal and inflammatory profile of young sprint-and endurance-trained athletes following a sports camp: a nonrandomized pretest-posttest study. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2024;16(1):136.
49) Gröpel P, Urner M, Pruessner JC, Quirin M. Endurance-and resistance-trained men exhibit lower cardiovascular responses to psychosocial stress than untrained men. Frontiers in psychology. 2018;9:852.
50) Çınar V, Bağ F, Aslan M, Çınar F, Gennaro A, Akbulut T, et al. Impact of Different Exercise Modalities on Neuroendocrine Well-being Markers Among University Students: A Study of Renalase and Catecholamine Responses. Frontiers in Physiology.16:1591132.
51) Zouhal H, Jacob C, Delamarche P, Gratas-Delamarche A. Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. Sports medicine. 2008;38:401-23.
52) Fujita T, Ando K, Noda H, Ito Y, Sato Y. Effects of increased adrenomedullary activity and taurine in young patients with borderline hypertension. Circulation. 1987;75(3):525-32.
53) Lv Q, Yang Q, Cui Y, Yang J, Wu G, Liu M, et al., editors. Effects of taurine on ACE, ACE2 and HSP70 expression of hypothalamic-pituitary-adrenal axis in stress-induced hypertensive rats. Taurine 10; 2017: Springer.
54) Hayes LD, Elliott BT. Short-term exercise training inconsistently influences basal testosterone in older men: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in physiology. 2019;9:1878.

55) Riachy R, McKinney K, Tuvdendorj DR. Various factors may modulate the effect of exercise on testosterone levels in men. Journal of Functional Morphology and Kinesiology. 2020;5(4):81.
56) Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, del Valle Soto M, Adams DP, Gutiérrez-Abejón E, Seco-Calvo J. Impact of Optimal Timing of Intake of Multi-Ingredient Performance Supplements on Sports Performance, Muscular Damage, and Hormonal Behavior across a Ten-Week Training Camp in Elite Cyclists: A Randomized Clinical Trial. Nutrients. 2021;13(11):3746.
57) Yang J, Lin S, Zhang Y, Wu G, Yang Q, Lv Q, et al., editors. Taurine improves sexual function in streptozotocin-induced diabetic rats. Taurine 10; 2017: Springer.
58) Li Y, Peng Q, Shang J, Dong W, Wu S, Guo X, et al. The role of taurine in male reproduction: Physiology, pathology and toxicology. Frontiers in Endocrinology. 2023;14:1017886.
59) Hackney AC, Hooper DR. Reductions in testosterone are not indicative of exercise performance decrement in male endurance athletes. Aging Male. 2020;23(1):33-4.
60) Ozan M, Buzdagli Y, Eyipinar CD, Baygutalp NK, Yüce N, Oget F, et al. Does single or combined caffeine and taurine supplementation improve athletic and cognitive performance without affecting fatigue level in elite boxers? A double-blind, placebo-controlled study. Nutrients. 2022;14(20):4399.
61) Buzdağlı Y, Eyipınar CD, Tekin A, Şıktar E, Zydecka KS. Effect of Taurine Supplement on Aerobic and Anaerobic Outcomes: Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Strength & Conditioning Journal. 2022.
62) Kowsari E, Moosavi ZA, Rahimi A, Faramarzi M, Haghighi MM. The effect of short-term taurine amino acid supplement on neuromuscular fatigue, serum lactate level and choice reaction time after maximal athletic performance. Journal of Research in Medical and Dental Science. 2018;6(1):358-64.
63) Huang Z, Dai J, Chen L, Yang L, Gong M, Li D, et al. Effects of Progressive and Velocity-Based Autoregulatory Resistance Training on Lower-Limb Movement Ability in Taekwondo Athletes. Sports Health. 2024:19417381241262024.
64) Samandari A, Sanjideh F, Faramarzi M, Banitalebi E, Ghahfarrokhi MM. The effects of taurine supplementation on inflammatory cytokines and physical performance to simulated taekwondo-specific protocol in elite male athletes: A double-blinded, placebo-controlled, crossover study. 2021.
65) Akalp K, Vatansever Ş, Sönmez GT. Effects of acute taurine consumption on single bout of muscular endurance resistance exercise performance and recovery in resistance trained young male adults. Biomedical Human Kinetics. 2023;15(1):74-82.
66) Liu J, Rong W. Effects of taurine combined with caffeine on repetitive sprint exercise performance and cognition in a hypoxic environment. Scientific Reports. 2025;15(1):5386.
67) Farrell III JW, Lantis DJ, Ade CJ, Cantrell GS, Larson RD. Aerobic exercise supplemented with muscular endurance training improves onset of blood lactate accumulation. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2018;32(5):1376-82.
68) Arun Vijay Subbarayalu SC, Vinosh Kumar Purushothaman, CHITTODE KRISHNASAMI MURALIDHARAN. Lactate threshold training to improve long- distance running performance: A narrative review. 2024.