پژوهش در تغذیه ورزشی
سال اول، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، صص ۴۱-۵۰

مقاله پژوهشی

https://researchinexercisenutrition.com

https://www.doi.org/10.22034/REN.2023.140131.1026

تاثیر تمرین استقامتی و مکمل‌سازی با ال-آرژنین بر روی میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون-پراکسیداز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام عضلهٔ دوقلوی موش‌های صحرایی نر ویستار

سمانه هادی[1]✉، آقاعلی قاسم‌نیان[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸

چکیده

هدف: فعالیت ورزشی منجر به افزایش در مصرف اکسیژن میتوکندری می‌شود که سبب تولید بیشتر رادیکال‌های آزاد می‌گردد. بنابراین، با توجه به نقش ال-آرژنین در بهبود پاسخ ایمنی و کاهش اثر رادیکال‌های آزاد، در حاضر تاثیر هشت هفته فعالیت استقامتی و مصرف مکمل ال-آرژنین بر میزان آنزیم GPX و TAC عضلهٔ دوقلو موش‌های صحرایی نر ویستار بررسی گردید.

روش شناسی: در این پژوهش ۳۲ سر موش صحرایی نر ویستار با سن هشت هفته پس از دو هفته آشناسازی بطور تصادفی در چهار گروه: کنترل، تمرین، ال-آرژنین و تمرین+ال-آرژنین قرار گرفتند. برنامهٔ تمرینی شامل هشت هفته اجرای تمرین استقامتی بر روی نوارگردان بود. در گروه‌های مکمل و تمرین+مکمل میزان چهار گرم ال-آرژنین در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب استفاده شد. ۴۸ ساعت بعد از اتمام آخرین جلسهٔ تمرینی و پس از هشت ساعت ناشتایی، همه موش‌ها تشریح شدند. پس از تشریح نمونه‌ها، عضلهٔ دوقلوی موش‌ها جدا گردید. با استفاده از روش اسپکتروفتومتری میزان فعالیت آنزیم GPX و TAC عضلهٔ اسکلتی سنجش شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شد. مقدار خطا نیز در سطح معنی‌داری $p\leq ۰.۰۵$ شد.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد میزان GPX عضلهٔ اسکلتی در گروه تمرین+مکمل نسبت به گروه تمرین بطور معنی‌داری بالاتر بود ($p=0.001$)، اما در میزان TAC عضلهٔ اسکلتی بین گروه‌های پژوهش تفاوت معنی‌دار وجود نداشت ($p=0.836$).

نتیجه‌گیری: با توجه به تاثیر مکمل ال-آرژنین همراه با تمرین استقامتی شدید بر افزایش سطح آنزیم GPX، احتمالاً مکمل ال-آرژنین مانع از کاهش آنزیم GPX و عوارض ناشی از آن در تمرین استقامتی شدید خواهد شد.

واژگان کلیدی: تمرین استقامتی، فشار اکسایشی، آنتی‌اکسیدان، رادیکال آزاد، ال-آرژنین.

۱. دانشجوی دکترای فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

✉ **نویسنده مسئول:**
s.hadi@uma.ac.ir

۲. دانشیار گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

ISSN:۲۹۸۰-۸۹۶۰

تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

ارجاع دهی:

هادی سمانه، قاسم نیان آقا علی. تاثیر تمرین استقامتی و مکمل‌سازی با ال-آرژنین بر روی میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون‌پراکسیداز و ظرفیت آنتی-اکسیدانی تام عضلهٔ اسکلتی موش‌های صحرایی نر ویستار. پژوهش در تغذیه ورزشی. ۱۴۰۱؛۱، (۳): صفحه. ۵۰-۴۱. **doi:** 10.22034/REN.2023.140131.1026

Original Article

REN

https://doi.org/10.22034/REN.2023.140131.1026 Research in Exercise Nutrition 2022; 1(3): 41-50

The Effect of Endurance Training and Supplementation with L-Arginine on The Activity of Glutathione Peroxidase Enzyme and Total Antioxidant Capacity of Gastrocnemius Muscle of Male Wistar Rats

Samaneh Hadi[1]✉, Aghaali Ghasemnian[2]

Received: 2023/11/21 **Accepted: 2023/12/09**

Abstract

Aims: Engaging in exercise increases mitochondrial oxygen consumption, leading to a higher production of free radicals. Given L-arginine's role in boosting the immune response and mitigating the impact of free radicals, this study examined the influence of eight weeks of endurance training along with L-arginine supplementation on GPX and TAC levels in the gastrocnemius muscle of male Wistar rats.

Methods: The study involved 32 male Wistar rats, aged eight weeks, randomly assigned to four groups: control, exercise training, L-arginine, and exercise training + L-arginine. The training regimen entailed eight weeks of endurance training on a treadmill. The supplement and training+supplement groups were given four grams of L-arginine in 100ml of water. All rats were dissected 48 hours after the final training session and after eight hours of fasting. The quadriceps muscle was isolated from the samples, and the GPX and TAC enzyme activities in the skeletal muscle were measured using the spectrophotometric method. Data were analyzed using a one-way analysis of variance test with a significance level set at $p<0.05$.

Results: The study results indicated that the GPX levels in the skeletal muscle of the exercise training+supplement group were significantly higher than those in the training group ($p=0.001$). However, there was no significant difference in the TAC levels in the skeletal muscle across the study groups ($p=0.836$).

Conclusion: Given the positive impact of L-arginine supplementation alongside intense endurance training on increasing GPX enzyme levels, it's likely that L-arginine supplementation could help prevent the decline of GPX enzyme levels and associated complications during intensive endurance training.

Key words: Endurance training, Antioxidant, Oxidative stress, L-Arginine.

[1]✉ Ph.D student in Sports Physiology, Department of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

✉ Corresponding: s.hadi@uma.ac.ir

[2] Associate professor, Department of Sport Science, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan ,Iran.

ISSN:2980-8960

All rights of this article are reserved for authors.

Citation:

Hadi, S. and Ghasemnian, A. The effect of endurance training and supplementation with L-arginine on the activity of glutathione peroxidase enzyme and total antioxidant capacity of skeletal muscle of male wistar rats. Research in Exercise Nutrition, 2022. 1(3): p.41-50. doi.org/10.22034/REN.2023.140131.1026-.

مقدمه

سلول‌های بدن در فرآیندهای سوخت و سازی به طور پیوسته در حال تولید بنیان‌های (رادیکال‌های) آزاد[1] و گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)[2] هستند. عوامل یاد شده به عنوان شاخص‌های اکسایشی شناخته می‌شوند که بسیار واکنش پذیر بوده و مستعد ایجاد آسیب‌های سلولی هستند. زمانی که عدم تعادل بین عوامل اکسایشی و ضد اکسایشی ایجاد گردد و به نفع عوامل اکسایشی باشد، حالتی به وجود می‌آید که به آن فشار اکسایشی (استرس اکسیداتیو) می‌گویند که این حالت بر اکسایش درون سلول‌ها اثر گذاشته و موجب بروز آسیب‌های اکسایشی می‌گردد. جهت مقابله با فشار اکسایشی، دستگاه ضد اکسایشی بدن انسان موظف است با بکارگیری عوامل ضد اکسایشی، موجب گردد تا زنجیرهٔ واکنش‌های ایجاد شده با وجود بنیان‌های آزاد و ROS قطع گردد. دستگاه ضد اکسایشی، تعادل زیستی عملکرد طبیعی بدن را حفظ کرده و سبب تعدیل فشار اکسایشی ناشی از بنیان‌های آزاد می‌گردد (۱). اجرای تمرینات ورزشی شدید با مصرف بالای اکسیژن سبب تولید بیش از حد بنیان‌های آزاد در داخل سلول می‌شوند. اکسایندهها بر عناصر دستگاه عصبی عضلانی، عوامل التهابی و ضد اکسایندهها تاثیر می‌گذارند (۲).

دفاع ضد اکسایشی بخشی از دستگاه ایمنی بدن برای مقابله با بنیان‌های آزاد و روند فشار اکسایشی است. دفاع ضد اکسایشی شامل ضد اکسایندههای آنزیمی و غیرآنزیمی است. آنزیم‌های ضد اکسایشی شامل: سوپراکسیددیسموتاز ۳(SOD)، کاتالاز۴ (۳) و گلوتاتیون‌پراکسیداز ۵(GPX) می‌باشند که به عنوان مداخله‌گر، برای جلوگیری از بروز واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال‌های آزاد، وارد عمل شده و در تعدیل فشار اکسایشی نقش مؤثری ایفا می‌کنند (۴). ضد اکسایندهها در مقابل مولکول‌های ROS از بدن محافظت می‌کنند و از طرفی میزان آسیب‌های اکسایشی در یک ورزشکار تنها توسط سطح ROS تولید شده با ورزش اندازه‌گیری نمی‌شود بلکه به توان دفاع ضداکسایشی برای خنثی کردن ROS و جلوگیری از آسیب اکسایشی نیز مربوط می‌شود (۵). هر یک از این ترکیبات ضد اکسایشی نقش منحصر به فردی دارند که عمل یکدیگر را کامل می‌کنند و برآیند آن‌ها تحت عنوان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (TAC)۶ بدن تلقی می‌گردد (۶، ۷). در واقع، در مقابل اثرهای پاتولوژیک رادیکال‌های آزاد، مجموعه‌ای از آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی با وزن مولکولی پایین تحت عنوان کلی ظرفیت آنتی‌اکسیدان‌های تام (TAC) وجود دارند. این آنتی‌اکسیدان‌ها به عنوان جمع کننده‌های رادیکال‌های آزاد در مقابل ROS عمل می‌نمایند.

تعیین سطح TAC ابزار مناسبی برای اندازه گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی بدن محسوب می‌شود. به علاوه، اندازه‌گیری TAC ممکن است اطلاعات بیشتری را نسبت به اندازه‌گیری تک تک اجزای آن در اختیار ما قرار دهد، زیرا TAC برآیند فعالیت کل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌اکسیدان‌های موجود در پلاسما و خون است (۸). در بررسی‌های انجام گرفته، بیرانوند و همکاران (۲۰۲۲)، در پژوهش خود نشان دادند که اجرای تمرینات سرعتی متناوب موجب افزایش TAC می‌گردد (۶). علاوه بر این، صفرزاده و همکاران (۲۰۲۲)نشان دادند که اجرای تمرینات پرشدت سبب بهبود سطوح آنزیم‌های SOD و CAT می‌گردد (۹). در مقابل، پاورز۷ و همکاران (۲۰۲۰)مشاهده کردند که اجرای تمرینات استقامتی شدید و طولانی‌مدت منجر به افزایش فشار اکسایشی در انسان می‌گردد (۱۰). همچنین، گرزی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که تمرین استقامتی شدید سبب کاهش معنی‌دار آنزیم ضد اکسایشی GPX و افزایش سطوح MDA در بافت‌های کبد و قلب شده است که نشان دهندهٔ کاهش ظرفیت ضد اکسایشی و افزایش فشار اکسایشی است (۱۱). از طرفی، سایر پژوهشگران بعد از یک دوره تمرین تغییری در میزان آنتی‌اکسیدان‌های بدن (SOD, CAT, GPX) (۱۲) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام مشاهده نکردند (۱۳). همچنین در پژوهش دیگری که تاثیر تمرین‌های منظم را بر روی ورزشکاران بررسی کرده است، تفاوت‌های معنی‌داری را در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پلاسمای ورزشکاران و گروه شاهد گزارش نکرده است (۱۴).

با توجه به این که ورزشکاران در معرض آسیب هستند؛ بنابراین، به ورزشکاران و افرادی که از نظر جسمانی فعالند، در جهت تحریک نگهداری نیتروژن، حفظ عضلات، جلوگیری و حفظ آنزیم‌های اکسایشی مصرف مکمل‌های پروتئینی توصیه شده است (۱۷-۱۵). یکی از مکمل‌های پروتئینی پر طرفدار، ال-آرژنین است. ال-آرژنین یک اسید آمینهٔ ضروری مشروط است که در چرخهٔ اوره، سنتز کراتین و سنتز نیریک اکسید (NO) نقش کلیدی ایفا می‌کند (۱۸). از طرف دیگر، عنوان شده است که مصرف آرژنین موجب کاهش اثرات رادیکال‌های آزاد (۱۹) و افزایش آنزیم‌های ضد اکسایشی مانند سوپراکسیددیسموتاز می‌شود (۱۸). علاوه بر این، گزارش شده است که مصرف آرژنین سبب افزایش

1. Free Radicals
2. Reactive Oxygen Species
3. Superoxide dismutase
4. Catalase
5. Glutathione Preoxidase
6. Total Antioxidant Capacity
7. Powers & et al

ترشح انسولین، کاهش اثرات رادیکال‌های آزاد و افزایش سطوح آنزیم‌های ضد اکسایشی می‌شود (۲۰). همچنین، گزارش شده است که مکمل ال آرژنین در کنار تمرینات هوازی سرکوب قدرتمند فشار اکسایشی و آسیب سلولی است (۲۱). علاوه بر این، مصرف مکمل آرژنین به ویژه به شکل نانو در کنار تمرینات شنا سبب کاهش آسیب اکسایشی بافت عضلانی سالمندان می‌گردد (۲۲). در مقابل، پژوهش‌های نیز وجود دارد که گزارش کرده‌اند مصرف مکمل ال–آرژنین در کنار هشت هفته تمرین استقامتی فزاینده تغییر معنی‌داری در میزان آنزیم SOD عضلهٔ دوقلو (۲۰) و ۱۰ هفته تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل ال–آرژنین تغییر معنی‌داری را در میزان آنزیم ضد اکسایشی کاتالاز ایجاد نکرده است (۲۳).

بنابراین، با توجه به موارد مطرح شده، این سوال مطرح است که آیا با انجام فعالیت ورزشی استقامتی شدید و مصرف مکمل ال–آرژنین می‌توان با حفظ آنتی اکسیدان‌ها موجب کاهش آسیب–های ناشی از ورزش‌های طولانی مدت شد؟به طور کلی، با توجه به اهمیت چگونگی طراحی برنامه‌های تمرینی برای حصول نتایج بهتر و ناکافی بودن پژوهش‌ها درباره اثر تمرینات استقامتی شدید و مصرف مکمل ال–آرژنین بر دفاع ضد اکسایشی و همچنین تناقض‌های موجود در رابطه با اثر فعالیت ورزشی بر تقابل‌های اکسایشی– ضد اکسایشی، هدف پژوهش حاضر بررسی اثر هشت هفته فعالیت استقامتی شدید همراه با مصرف مکمل ال–آرژنین بر میزان آنزیم GPX و TACعضلات اسکلتی موش‌های صحرایی نر نژاد ویستار است.

روش‌شناسی

پژوهش به روش تجربی، در سال ۱۳۹۵ و در آزمایشگاه حیوانات گروه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه زنجان انجام گرفت. ۳۲ سر موش نر بالغ (هشت هفته) نژاد ویستار با میانگین وزنی ۲۰۴±۱۰ گرم از انسیستو پاستور خریداری شد. پس از دو هفته آشناسازی و وزن‌کشی به صورت تصادفی به چهار گروه کنترل (۸ سر)، ال–آرژنین (۸ سر)، تمرین (۸ سر) و تمرین+ال–آرژنین (۸ سر) تقسیم شدند. موش‌ها در قفس‌های پلی‌کربنات به صورت مجزا (هر قفس ۴ سر)، در دمای ۲۳±۲ درجهٔ سانتی‌گراد و چرخهٔ ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و رطوبت ۵۵–۴۵ درصد نگهداری می‌شدند و دسترسی آزاد به آب و غذا داشتند. برنامهٔ تمرین استقامتی با استفاده از نوارگردان مخصوص جوندگان انجام گرفت (جدول شماره ۱) و تمام جلسات تمرینی در ساعات مشابهی از روز (عصر:۱۸.۳۰–۱۵) و روزهای شنبه، یکشنبه، سه‌شنبه، چهارشنبه و پنج‌شنبه انجام شد (۲۰). البته شیب نوارگردان در تمام مراحل صفر درجه بود و طی این مدت گروه کنترل و گروه ال–آرژنین بدون فعالیت بودند. در این پژوهش زمانی که آزمودنی به سطح واماندگی می‌رسیدند از شوک دستگاه نوارگردان استفاده می‌شد، ولی به منظور جلوگیری از آثار احتمالی استفاده از شوک در نتایج پژوهش، پژوهشگر سعی داشت تا از شرطی سازی‌هایی نظیر استفاده از صدا در هنگام نشستن و استراحت نمونه‌ها، استفاده نماید.

در این پژوهش از روش خوراکی برای ارائهٔ مکمل به نمونه‌ها استفاده شد. به همین منظور، مکمل ال–آرژنین به صورت محلول در آب و به میزان چهار گرم ال–آرژنین در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مصرفی حل شد و به صورت آزادانه در اختیار نمونه‌های گروه تمرین+ال–آرژنین و گروه ال–آرژنین قرار گرفت (۲۰). ۴۸ ساعت بعد از اتمام آخرین جلسه تمرینی، و پس از هشت ساعت ناشتایی، همه موش‌ها با اتر بی‌هوش شدند و با استفاده از گیوتین سر موش‌ها جدا گردید و تشریح شدند و عضله دوقلو جدا شد. بافت عضلهٔ دوقلو پس از فریز شدن در یخچال ۸۰– نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم GPX و TAC عضلهٔ اسکلتی در زمان انجام آزمایش، نمونه‌ها از حالت انجماد خارج شده و به صورت دستی با بافر ۰.۱ میلی‌مول kcl حاوی پنج نانومول EDTA با Ph=۷.۴ بر روی ازت مایع هموژن شد. سپس با استفاده از سانترفیوژ (۲۰ دقیقه و با دور ۳۰۰۰ rpm)، مواد جامد آن ته نشین و از محلول بالایی جهت انجام آزمایش بیوشیمیایی استفاده گردید. ارزیابی با استفاده از روش اسپکتروفتومتری و با کیت Bioassay Technology Laboratory (با میزان حساسیت ۱/۵۲ نانوگرم بر میلی‌لیتر، شرکت (zellbio) و در طول موج ۴۲۰ نانومتر صورت گرفت.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، اطلاعات توسط نرم‌افزار SPSS ۲۳ تجزیه وتحلیل و از آزمون آماری شاپیرو–ویلک برای اطمینان از توزیع طبیعی دادها استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و در صورت معنی‌داری آزمون تحلیل واریانس یک طرفه، از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. مقدار خطا نیز در سطح معنی‌داری p≤۰/۰۵ محاسبه شد.

جدول ۱. برنامهٔ تمرین استقامتی شدید

هفته	جلسه های تمرین	سرعت (متر بر دقیقه)	مدت تمرین (دقیقه)
اول	۱	۱۲	۱۵
	۲	۱۳	۲۰
	۳	۱۴	۲۵
	۴	۱۵	۳۰
	۵	۱۶	۳۵
دوم	۶	۱۶	۴۰
	۷	۱۶	۴۵
	۸	۱۶	۵۰
	۹	۱۶	۵۵
	۱۰	۱۶	۶۰
سوم	۱۱–۱۵	۱۹	۶۰
چهارم	۱۶–۲۰	۲۲	۶۰
پنجم	۲۱–۲۵	۲۵	۶۰
ششم	۲۶–۳۰	۲۸	۶۰
هفتم	۳۱–۳۵	۳۱	۶۰
هشتم	۳۶–۴۰	۳۴	۶۰

مسائل اخلاقی پژوهش

طرح پژوهش حاضر با تایید در کمیتهٔ اخلاق در پژوهشگاه علوم ورزشی و طبق منشور و موازین اخلاق در پژوهش وزارت علوم تحقیقات و فناوری بررسی و با کد IR.SSRI.REC.1396.145 مورد تایید قرار گرفته است. همچنین، با رعایت کلیهٔ اصول نگهداری و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی NIH[1] انجام شد.

یافته‌ها

تمرین استقامتی، مکمل ال-آرژنین و میزان آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز

تجزیه و تحلیل با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (جدول شمارهٔ ۲) نشان داد که در سطح آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز عضلهٔ اسکلتی موش‌های صحرایی نر ویستار در بین گروه‌های پژوهش تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P=۰.۰۰۰۱،۸.۹۳۹=F،۳،۲۵)(جدول شمارهٔ ۲). نتایج آزمون تعقیبی توکی نیز نشان داد، هشت هفته تمرین استقامتی شدید همراه با مصرف مکمل ال-آرژنین نسبت به گروه تمرین استقامتی شدید موجب افزایش معنی‌دار آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز عضلهٔ اسکلتی شد (P=۰.۰۰۱)(جدول شمارهٔ ۳). همچنین، تمرین استقامتی شدید نسبت به گروه مکمل ال-آرژنین و گروه کنترل موجب کاهش معنی‌دار آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز عضلهٔ اسکلتی شد (P=۰.۰۰۳)(P=۰.۰۰۸)(شکل شمارهٔ ۱).

تمرین استقامتی، مکمل ال-آرژنین و میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام

تجزیه و تحلیل با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (جدول شمارهٔ ۲) نشان داد که در میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام عضلهٔ اسکلتی موش‌های صحرایی نر ویستار در بین گروه‌های پژوهش تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P=۰.۸۳۶،۰.۲۸۴=F،۳،۲۵)(جدول شمارهٔ ۲)(شکل شمارهٔ ۲). به عبارت دیگر هشت هفته تمرین استقامتی شدید همراه با مصرف مکمل ال-آرژنین بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام عضلهٔ اسکلتی موش‌های صحرایی نر ویستار تاثیری نداشت.

1 National Institutes of Health

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای تغییرات متغیرها در گروه‌های پژوهش پس از هشت هفته

متغیر	گروه	میانگین ± انحراف استاندارد	آماره	سطح معنی‌داری	مجذور اتا
گلوتاتیون پراکسیداز (واحد بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتئین)	کنترل	۲.۴۷±۲۱.۱۳	۸.۹۳۹	* ۰.۰۰۰	۰.۵۱
	تمرین	۲.۶۳±۳۱.۱۶			
	ال–آرژنین	۲.۹۱±۱۶.۲۲			
	تمرین+ال–آرژنین	۲.۸۷±۲۲.۷۷			
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (واحد بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتئین)	کنترل	۰.۰۱۱±۰.۰۷۹	۰.۲۸۴	۰.۸۳۶	۰.۰۰
	تمرین	۰.۰۱۳±۰.۰۸۱			
	ال–آرژنین	۰.۰۰۶۵±۰.۰۸۴			
	تمرین+ال–آرژنین	۰.۰۰۵۶±۰.۰۸۱			

سطح معنی‌داری P<0.05.

جدول ۳. نتایج آزمون تعقیبی برای گلوتاتیون پراکسیداز عضلهٔ اسکلتی موش‌ها در گروه‌های پژوهش پس از هشت هفته

متغیر	گروه (۱)	گروه (۲)	سطح معنی‌داری
گلوتاتیون پراکسیداز (واحد بین‌المللی بر میلی‌گرم پروتئین)	کنترل	ال–آرژنین	۰.۸۹۳
		تمرین استقامتی	* ۰.۰۰۸
		تمرین استقامتی+ال–آرژنین	۰.۶۴۹
	ال–آرژنین	تمرین استقامتی	* ۰.۰۰۳
		تمرین استقامتی+ال–آرژنین	۰.۹۷۷
	تمرین استقامتی	تمرین استقامتی+ال–آرژنین	* ۰.۰۰۱

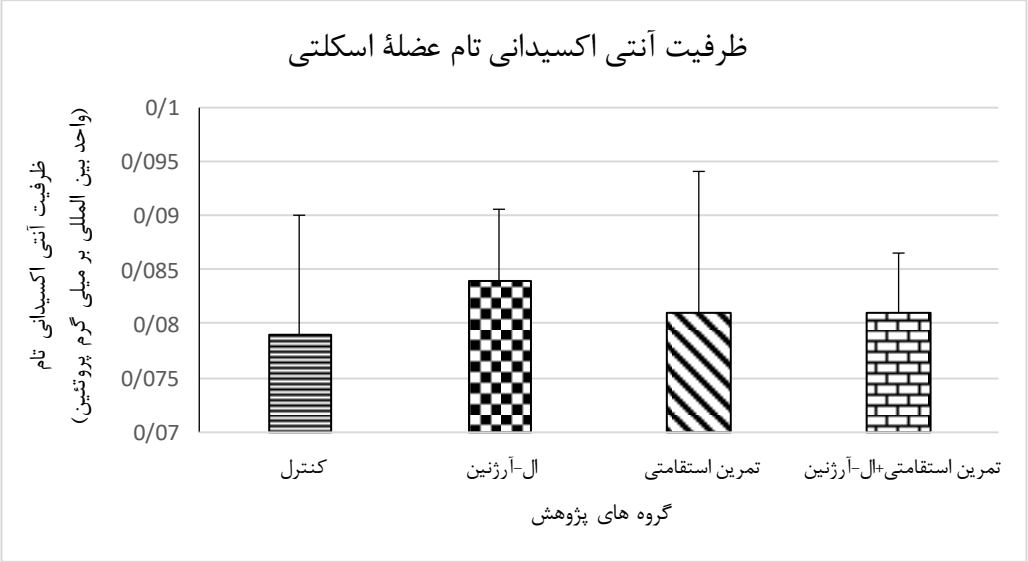
سطح معنی‌داری P<0.05.

س

شکل ۱. میزان گلوتاتیون‌پراکسیداز عضلهٔ اسکلتی در بین گروه‌های پژوهش

#: افزایش معنی‌دار نسبت به گروه تمرین استقامتی

*: کاهش معنی‌دار نسبت به گروه ال–آرژنین و کنترل



شکل ۲. میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام عضلهٔ اسکلتی در بین گروه‌های پژوهش

بحث

در مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین استقامتی شدید همراه با مصرف مکمل ال-آرژنین سبب افزایش معنی‌دار میزان آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز عضلهٔ اسکلتی موش-های صحرایی نر ویستار شد، ولی در میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام عضلهٔ اسکلتی موش‌های صحرایی نر ویستار تاثیر معنی‌دار نداشته است.

تمرینات استقامتی معمولاً با افزایش ظرفیت هوازی، افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسایشی و افزایش محتوای میتوکندریایی همراه است (۲۴). یکی دیگر از جنبه‌های تمرین هوازی ایجاد تغییرات در ظرفیت ضداکسایشی است (۲۵). عنوان شده است تمرینات هوازی باعث افزایش ظرفیت هوازی می‌شوند و برخی از پژوهش‌ها نیز نشان داده‌اند رابطهٔ مثبتی بین ظرفیت هوازی و فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی وجود دارد (۲۶, ۲۷). برخلاف مطالب یاد شده، پژوهش حاضر نشان داد که تمرین استقامتی سبب بهبود فعالیت آنزیم‌های ضد اکسایشی شد.

نتایج پژوهش حاضر همسو با یافته‌های پژوهشی قبلی است که نشان دادند مصرف مکمل ال-آرژنین در کنار تمرین قدرتی و استقامتی سبب افزایش معنی‌دار در میزان آنزیم‌های GPX، SOD و CAT در مردان سالمند گردید (۲۸). همچنین، نشان داده شده است که اجرای تمرین هوازی با شدت ۵۵ تا ۶۰ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه به همراه مصرف مکمل ال-آرژنین (چهار گرم در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب) موجب افزایش گلوتاتیون پراکسیداز کبد در موش‌های صحرایی نر ویستار شد (۲۹). علاوه بر این، مکمل ال آرژنین در کنار تمرینات هوازی سبب سرکوب قدرتمند فشار اکسایشی و آسیب سلولی است (۲۱). و اخیراً نیز مشاهده شده که مصرف مکمل آرژنین به ویژه به شکل نانو در کنار تمرینات شنا سبب کاهش آسیب اکسایشی بافت عضلانی افراد سالمندان می-گردد (۲۲).

با این وجود، نتایج پژوهش حاضر ناهمسو با یافته‌های است که گزارش کردند مصرف مکمل ال-آرژنین به همراه تمرین استقامتی تغییر معنی‌داری را در میزان فعالیت آنزیم SOD ایجاد نکرد (۲۰). همچنین، رنجبر و همکاران (۲۰۱۵)، نشان دادند تمرین هوازی (۱۰ هفته، پنج جلسه در هفته با سرعت ابتدایی ۱۰ متر بر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه و سرعت پایانی ۱۷ متر بر دقیقه به مدت ۵۰ دقیقه) همراه با مصرف مکمل ال-آرژنین (محلول چهار درصد در آب) تغییر معنی‌داری را در میزان آنزیم ضد اکسایشی CAT ایجاد نکرد (۲۳). به نظر می‌رسد که دلایل ناهمسویی مربوط به شدت تمرین و میزان دوز مکمل ال-آرژنین مصرفی باشد که مقدار دوز مصرفی در حدی نبوده است که بتواند سبب تغییر در سطوح اکساینده‌ها و ضد اکساینده‌ها گردد.

به نظر می‌رسد که تمرینات ورزشی منجر به افزایش ۱۰ تا ۲۰ برابری اکسیژن مصرفی می‌شود که این منجر به تولید عامل‌های درون‌زاد مانند سایتوکاین‌ها، TNF-α، کورتیکواستروئیدها و آدنوزین می‌شود. این عامل‌ها به عنوان تنظیم‌کنندهٔ سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شناخته شده‌اند (۳۰). از طرفی، تمرینات ورزشی از طریق افزایش NF-kB [1] موجب افزایش نسخه‌برداری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود. پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند که فقط آنزیم‌های ضد اکسایشی مشخصی در پاسخ به تمرینات ورزشی افزایش می‌یابند. این تغییرات آنزیم‌های ضداکسایشی در پاسخ به ورزش ناشی از تفاوت در مدت و شدت ورزش است (۳۰, ۳۱). از طرفی، پژوهش‌ها نشان داده‌اند، زمانی که در فعالیت‌های ورزشی مدت برگشت به حالت اولیه مناسب نباشد و یا تعداد جلسات استراحت با فاصلهٔ کم، زیاد باشد ظرفیت و فشار اکسایشی افزایش پیدا می‌کند (۳۲). در همین زمینه با توجه به پژوهشی که بر روی دانشجویان ورزشکار صورت گرفته است، مشخص شد زمانی که آنها مجبور به انجام چند مسابقه در یک روز بوده‌اند، فشار اکسایشی بالایی را تحمل کرده‌اند و در نهایت نسبت به قبل از مسابقات، فعالیت برخی از ضد اکساینده‌ها در این افراد به شدت کاهش یافته است (۳۲). بنابراین می‌توان اظهار داشت باتوجه به این که در پژوهش حاضر، برنامهٔ تمرین استقامتی شدید بدون دورهٔ کاهش بار تمرین بوده است، در نتیجه فعالیت آنزیم‌های ضد اکسایشی از جمله آنزیم GPX در گروه‌های تمرینی به طور معنی‌داری کاهش یافته است که می‌توان اظهار داشت، همین عامل در گروه تمرین+مکمل ال-آرژنین به دلیل مصرف مکمل ال-آرژنین موجب افزایش معنی‌دار آنزیم GPX عضلهٔ اسکلتی در موش‌ها شده است. تفاوت در تغییر سطوح آنزیم در پاسخ به فعالیت ورزشی و مکمل ناشی از تفاوت در مدت و شدت ورزش و میزان دوز مصرفی مکمل است. بنابراین، برای رسیدن به نتایج دقیق‌تر در این زمینه نیاز به پژوهش‌های بیشتر است.

در رابطه با TAC نتایج پژوهش نشان داد که هشت هفته تمرین استقامتی شدید همراه با مصرف مکمل ال-آرژنین تغییر معنی‌داری را بر روی TAC عضلهٔ اسکلتی موش‌های صحرایی نر ویستار ایجاد نکرد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند، تمرین استقامتی بلند مدت و تمرین مقاومتی از طریق تقویت دستگاه تولید ضداکساینده‌های آندوژنز در مهار فشار اکسایشی نقش ایفا می‌کند (۳۳). در این میان به نظر می‌رسد که در مدت هشت هفته

1. Kappa Nuclear Duplication Factor

سازگاری ضداکسایشی به وجود آمده است و دوز مصرفی ال–آرژنین در حدی نبوده است که بتواند تغییرات معنی‌داری را روی TAC عضلهٔ اسکلتی ایجاد کند. یافته‌های پژوهش حاضر با یافته‌های پژوهش کاظمی و همکاران (۱۳۹۴)، همسو بود کهنشان دادند مصرف مکمل ال–آرژنین به همراه فعالیت ورزشی حاد تغییر معنی‌داری را در نسبت TOS/TAC ایجاد نکرد (۳۴). همچنین، رحیمی و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهش خود نشان دادند که مصرف مکمل ال–آرژنین در کنار تمرینات ورزشی تغییر معنی–داری بر میزان TAC گروه مکمل نسبت به گروه دارونما در موش‌های دیابتی نر ایجاد نکرد (۳۵). در مقابل، نشان داده شده است که هشت هفته تمرین ترکیبی همراه با مصرف مکمل ال–آرژنین (روزانه ۱۰۰۰ میلی‌گرم) سبب افزایش معنی‌دار TAC در مردان سالمند شده است (۳۶). همچنین، مصرف مکمل ال–آرژنین در کنار هشت هفته تمرینات استقامتی سبب افزایش معنی‌دار TAC عضلهٔ قلب موش‌های صحرایی شده است (۳۷). به نظر می‌رسد میزان مصرف ال–آرژنین و نوع آزمودنی‌ها و برنامهٔ تمرینی از عوامل تاثیرگذار در ناهمسویی نتایج پژوهش اسماعیلی و همکاران با پژوهش حاضر است. از سویی، به نظر می‌رسد که با توجه به شدت تمرین و طول دورهٔ پژوهش (دو هفته آشناسازی+هشت هفته تمرین)، نمونه‌های پژوهش در این مدت به سازگاری رسیده‌اند. در نهایت می‌توان گفت ظرفیت ضد اکسایشی بافت‌ها با افزایش میزان مصرف اکسیژن و تولید رادیکال‌های آزاد کاهش پیدا می‌کند (۳۸). با وجود آن که فعالیت بدنی تاثیرات سودمندی روی سلامتی دارد، ولی فعالیت‌های ورزشی تا حد واماندگی، به ویژه زمانی که مدت استراحت و برگشت به حالت اولیه کم باشد منجر به افزایش فشار اکسایشی، خستگی و آسیب عضلانی می‌شود (۳۹). فعالیت‌های ورزشی سنگین همراه با استراحت غیرکافی منجر به تحریک نوتروفیل‌ها می‌شود که در نهایت باعث تولید ROS و ایجاد فشار اکسایشی می‌گردد (۴۰). از آنجایی که، افزایش دستگاه دفاع ضداکسایشی بدن برای ورزشکاران می‌تواند اهمیت قابل توجهی در عملکرد آنها داشته باشد. از این رو استفاده از مواد ضداکسایشی در ورزشکاران می‌تواند به تقویت دستگاه ضداکسایشی منجر شود.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج پژوهش نشان داد که هشت هفته تمرین استقامتی شدید همراه با مصرف مکمل ال–آرژنین باعث افزایش معنی‌دار آنزیم GPX شده است بنابراین احتمالاً مصرف مکمل ال–آرژنین در شرایط تمرینات شدید هوازی بتواند به عنوان یک راهکار برای کاهش فشار اکسایشی در عضلات اسکلتی مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر حاصل پایان نامهٔ کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه زنجان است که با هزینهٔ شخصی دانشجو و حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه انجام شده است.

تعارض منافع

تضاد منافعی بین نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

[1] Feizi Y, Afzalpur M E, Abtahi-Eivary S. Effect of 2-weeks Coenzyme Q10 Supplementation on Malondialdehyde and Catalase Serum Levels Following Moderate and Severe Acute Resistance Training in Inactive Female Students. Intern Med Today 2019; 25 (4) :256-269.
[2] Nameni F, Aliakbar Alavi R. The Effect of Hydroethanolic Extract of Pomegranate Peels and High-intense Interval Training on C-reactive Protein, Catalase and Superoxide Dismutase in Rats. Intern Med Today 2021; 27 (2) :182-197.
[3] Campbell PT, Gross MD, Potter JD, Schmitz KH, Duggan C, McTiernan A, et al. Effect of exercise on oxidative stress: a 12-month randomized, controlled trial. Medicine and science in sports and exercise. 2010;42(8):1448.
[4] Paknia S, Sharif MAS, Heidarianpour A. The Effect of Resistance Training Along with Hawthorn Supplementation on Some Indices of Oxidative Stress in Alzheimer's Male Rats. 2022.
[5] Kosmidou I, Vassilakopoulos T, Xagorari A, Zakynthinos S, Papapetropoulos A, Roussos C. Production of interleukin-6 by skeletal myotubes: role of reactive oxygen species. American journal of respiratory cell and molecular biology. 2002;26(5):587-93.
[6] Bieranvand M, Rahmani M. The effect of sprint interval training on lipid peroxidation, total antioxidant capacity and heart tissue fibrosis in healthy rats. 2022.
[7] Halestrap AP, PRICE NT. The proton-linked monocarboxylate transporter (MCT) family: structure, function and regulation. Biochemical Journal. 1999;343(2):281-99.
[8] Golzar AK. The effect of resistance training and complement whey protein supplementation on antioxidant status in overweight young men. Journal of Sport bioSciences. 2012;4(11):103-21.
[9] Safarzadeh Gargari, S., Tofighi, A., Jafari, A., Tolouei Azar, J., Farajdokht, F. The Effect of

reverses aging process through suppression of oxidative stress, inflammation, and apoptosis in the rat heart. Pflügers Archiv-European Journal of Physiology. 2020;472:169-78.
[22] Zargani M, Rahimi A, Tirani ZM, Arabzadeh E, Feizolahi F. Swimming exercise and nano-l-arginine supplementation improve oxidative capacity and some autophagy-related genes in the soleus muscle of aging rats. Gene. 2023;850:146955.
[23] Ranjbar K, Nazari A, Nazem F. Effect of exercise training and L-arginine supplementation on oxidative stress and left ventricular function in rats with myocardial infarction. Physiology and Pharmacology. 2015;18(4):445-54.
[24] Kandi Asadi RH, Arshadi S, Banaei Far AA, Rasouli MH. The effect of 12-week aerobic trainings on mitochondrial biogenesis indicators in skeletal muscle among male rats. Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences & Health Services. 2020;42(3).
[25] Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. The Journal of physiology. 2012;590(5):1077-84.
[26] Child R, Wilkinson D, Fallowfield J. Resting serum antioxidant status is positively correlated with peak oxygen uptake in endurance trained runners. Journal of sports medicine and physical fitness. 1999;39(4):282.
[27] García-López D, Häkkinen K, Cuevas M, Lima E, Kauhanen A, Mattila M, et al. Effects of strength and endurance training on antioxidant enzyme gene expression and activity in middle-aged men. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2007;17(5):595-604.
[28] Haghshenas, R., Avandi, J., Jalili, N. The Effect of 8 Weeks of Concurrent Training with L-Arginine Supplementation on 8-isoPGF2α, SOD, GPX and CAT in Elderly Men. Journal of Sport Biosciences, 2017; 9(4): 515-527.
[29] Ranjbar K, Nazem F, Sabrinezhad R, Nazari A. Aerobic training and L-arginine supplement attenuates myocardial infarction-induced kidney and liver injury in rats via reduced oxidative stress. Indian heart journal. 2018;70(4):538-43.
[30] Husain K, Hazelrigg SR. Oxidative injury due to chronic nitric oxide synthase inhibition in rat: effect of regular exercise on the heart. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease. 2002;1587(1):75-82.
[31] Xu X, Zhao W, Lao S, Wilson BS, Erikson JM, Zhang JQ. Effects of exercise and L-arginine on ventricular remodeling and oxidative stress. Medicine and science in sports and exercise. 2010;42(2):346.

Caffeine Supplementation and High Intensity Interval Training on Myocardial Oxidation Stress in Male Wistar Rats. Jundishapur Scientific Medical Journal, 2022; 21(3): 448-458.
[10] Powers SK, Deminice R, Ozdemir M, Yoshihara T, Bomkamp MP, Hyatt H. Exercise-induced oxidative stress: Friend or foe? Journal of sport and health science. 2020;9(5):415-25.
[11] Gorzi A, Ekradi S. The effect of intake duration of curcumin supplementation during strenuous endurance training on GPX activity and MDA levels of liver, heart and skeletal muscle in male Wistar rats. Sport Physiology. 2020;12(46):139-56.
[12] Ugras AF. Effect of high intensity interval training on elite athletes' antioxidant status. Science & Sports. 2013;28(5):253-9.
[13] Songstad NT, Kaspersen K-HF, Hafstad AD, Basnet P, Ytrehus K, Acharya G. Effects of high intensity interval training on pregnant rats, and the placenta, heart and liver of their fetuses. PloS one. 2015;10(11):e0143095.
[14] Watson TA M-WL, Garg ML. . Oxidative stress and antioxidants in athletes undertaking regular exercise training. Int J sport Nutr Exerc Metab 2005; 15: 131-46.
[15] Nemet D, Wolach B, Eliakim A. Proteins and amino acid supplementation in sports: are they truly necessary? The Israel Medical Association journal: IMAJ. 2005;7(5):328-32.
[16] Rodriguez NR, DiMarco NM, Langley S. Position of the American dietetic association, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: nutrition and athletic performance. Journal of the American Dietetic Association. 2009;109(3):509-27.
[17] Rahimi MR, Parsarad S. The effect of short-term HMB supplement on Growth hormone and Testosterone concentration after resistance exercise in the athletes. Research in Exercise Nutrition 2022;1(2):53-62.
[18] Wu G, Bazer FW, Davis TA, Kim SW, Li P, Rhoads JM, et al. Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. Amino acids. 2009;37(1):153-68.
[19] Tripathi P, Pandey S. L-arginine attenuates oxidative stress condition during cardiomyopathy. 2013.
[20] Ghasemnian AA, Hadi S. Weight changes, serum anti-anxiety hormone, and the enzymatic activity of anti-oxidant enzyme of the skeletal muscle in male Wistar rats in response to an L-arginine supplementation with a period endurance training. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2018;5(2):84-94.
[21] Darband SG, Sadighparvar S, Yousefi B, Kaviani M, Mobaraki K, Majidinia M. Combination of exercise training and L-arginine

[37] Saifaddin DL, Mohammed SS, Rahim HA, Ghanbari N, Kareem DA, Abdollah HH, et al. Endurance training and L-arginine intake: Their effect on antioxidant indices in the heart muscles of rats. Nutrition and Health. 2023:02601060231187514.
[38] Daryanoosh F, Saeb M, Sheykhani H. The study on the effects of twelve-weeks aerobic Exercise on the changes in some antioxidants and thyroid hormones and the relationship between them in non-athlete female university students. Journal of Applied Exercise Physiology. 2010;6(11):1-12.
[39] Tapia G, Fernández V, Varela P, Cornejo P, Guerrero J, Videla LA. Thyroid hormone-induced oxidative stress triggers nuclear factor-κB activation and cytokine gene expression in rat liver. Free Radical Biology and Medicine. 2003;35(3):257-65.
[40] Smyth P. Role of iodine in antioxidant defence in thyroid and breast disease. Biofactors. 2003;19(3, 4):121-30.
[32] Powers SK, Deruisseau KC, Quindry J, Hamilton KL. Dietary antioxidants and exercise. Journal of sports sciences. 2004;22(1):81-94.
[33] Ashe MC, Miller WC, Eng JJ, Noreau L. Older adults, chronic disease and leisure-time physical activity. Gerontology. 2009;55(1):64-72.
[34] Kazemi M, Marandi SM, Movahedian Attar A, Rezaei Z, Mohammadian H, Noori S. Action of L-Arginin on oxidative- nitrosative stress induced by acute exercise in muscle of rats. Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences. 2018;40(2):64-71.
[35] Rahimi A, Kasbparast M, Noura M, Kheirdeh M. Combined effects of aerobic exercises and l-arginine ingestion on total antioxidant capacity (TAC) and C-reactive protein (CRP) in diabetic male rats. Journal of Physical Activity and Hormones. 2020;4(3):1-16.
[36] Esmaeili A, Haghshenas R. The Effect of Eight Weeks Concurrent Training and Supplementation of L_Arginine on Stress Oxidative and Lipid Profile in Elderly Men. The Horizon of Medical Sciences. 2019;25(1):43-9.