

علوم زیستی ورزشی - زمستان ۱۳۹۶
دوره ۹، شماره ۴، ص: ۵۲۷ - ۵۱۵
تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۱۷
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۰۴

تأثیر هشت هفته تمرین همزمان با مکمل‌دهی ال-آرژنین بر-8 SOD، GPX، CAT و isoPGF2α مردان سالمند

روح‌الله حق شناس^{۱*} - محسن آوندی^۲ - نازنین جلیلی^۳
۱/استادیار گروه فیزیولوژی ورزش دانشگاه سمنان، سمنان، ایران ۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش دانشگاه
سمنان، سمنان، ایران

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرین همزمان با مکمل‌دهی ال-آرژنین بر SOD، GPX، CAT و isoPGF2-8 مردان سالمند بود. به همین منظور، ۴۴ مرد سالمند با میانگین سنی ۴/۶۱ ع ۶۷/۷۷ سال، قد ۳/۲۲ ع ۱۶۸/۳۸ سانتی‌متر و وزن ۴/۹۹ ع ۷۰/۴۵ کیلوگرم به‌طور داوطلبانه و هدفمند، انتخاب و به‌صورت تصادفی به چهار گروه ۱۱ نفری (گروه تمرین + مکمل (ES)، گروه تمرین + دارونما (EP)، گروه مکمل و گروه کنترل) تقسیم شدند. گروه‌های تمرین، هشت هفته پروتکل تمرین را هر هفته سه جلسه، یک روز در میان انجام دادند. گروه ES و گروه مکمل، روزانه ۱۰۰۰ میلی‌گرم ال-آرژنین را یک ساعت پس از صبحانه، و یک ساعت پیش از تمرین، مصرف کردند. از روش الایزا برای اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی و از آزمون تحلیل واریانس برای تحلیل داده‌ها در سطح معناداری $P < 0/05$ استفاده شد. نتایج تحلیل واریانس چندمتغیره، تأثیر معنادار گروه بر متغیر پنهان فشار اکسایشی (SOD)، CAT، GPX و isoPGF2-8 را نشان داد ($wilks\ lambda = 0/003$ ، $partial\ eta\ square = 0/86$ ، $P < 0/001$). همچنین نتایج تحلیل واریانس تک‌متغیره نشان‌دهنده تأثیر معنادار گروه بر تک‌تک متغیرهای فشار اکسایشی بود ($P < 0/001$). براساس یافته‌های پژوهش، سالمندان با بهره‌گیری از اثر تمرین همزمان مقاومتی و استقامتی و مصرف روزانه ۱۰۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-آرژنین که احتمالاً موجب کاهش بیشتر شاخص فشار اکسایشی و بهبود سیستم آنتی‌اکسیدانی آنها می‌شود، ضمن تقویت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، می‌توانند موجبات ارتقای سلامت خود را فراهم سازند.

واژه‌های کلیدی

آنتی‌اکسیدان، تمرین همزمان، فشار اکسایشی، مکمل.

مقدمه

با افزایش سن، تولید رادیکال‌های آزاد افزایش و از طرفی تولید آنتی‌اکسیدان‌ها کاهش می‌یابد که این امر موجب افزایش فشار اکسایشی و بروز پیری و سالخوردگی می‌شود (۱). در شرایط طبیعی همیشه بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن، نیتروژن و دفاع ضد اکسایشی در افراد سالم توازن وجود دارد. اما در صورت از بین رفتن توازن اکساینده‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها، وضعیتی به نام فشار اکسایشی به وجود می‌آید که سبب آسیب وارد ساختن به درشت‌مولکول‌های زیستی مانند اسیدهای هسته‌ای، غشای فسفولیپیدی و پروتئین‌های داخل و خارج سلول و در نهایت بروز بیماری‌های بلندمدت مختلف (مانند بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت قندی، سرطان‌ها، آلزایمر، پارکینسون) و پیری می‌شود (۲). سالخوردگی با شاخص‌های فشار اکسایشی مرتبط است (۳). از راه‌های کاهش فشار اکسایشی و جلوگیری از عوارض آن، استفاده از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی است که از جمله ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌توان به ال-آرژنین اشاره کرد (۴). آنتی‌اکسیدان‌ها به دو دسته آنزیمی که توسط بدن انسان بیوسنتز می‌شود و شامل 1SOD ، 2CAT و 3GPX است و غیر آنزیمی که شامل ویتامین A، C، E و فلاونوئیدها و گروه تیول مثل GSH (گلووتاتیون) است، تقسیم می‌شوند (۵). 8-iso PGF₂ نیز از خانواده ایزوپروستاگلان‌هاست که از تعدیلات اکسایشی غیر آنزیمی اسید آراشیدونیک شکل گرفته و به‌عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپید بررسی شده است و نتیجه هجوم رادیکال‌های آزاد به فسفولیپیدهای غشای سلول یا LDL است (۶). 8-iso PGF₂ چندین اثر بیولوژیکی همچون انقباض عضلات صاف، انقباض عروق و تجمع پلاکت‌ها دارد و افزایش آن در پلاسما و ادرار نشان‌دهنده تولید رادیکال‌های آزاد است (۷، ۸). تریپاتی و پاندی^۴ در سال ۲۰۱۳ نشان دادند که ال-آرژنین از طریق افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز و کاهش تولید رادیکال‌های آزاد موجب کاهش فشار اکسایشی می‌شود (۹). تمرینات شدید میزان تولید رادیکال‌های آزاد را افزایش می‌دهد. از این رو به نظر، ترکیب مکمل‌ها همراه با تنظیم فعالیت‌های ورزشی مناسب شاید بتواند میزان تأثیر و فواید آنها را افزایش دهد. تمرینات بلندمدت ورزشی سیستم آنتی‌اکسیدانی را تقویت می‌کند تا رادیکال‌های آزاد خنثی شوند (۱۰). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که مکمل یاری ال-آرژنین به مقدار شایان توجهی فشار اکسایشی را

-
1. Super Oxide Dismutase
 2. Catalase
 3. Glutathione Peroxidase
 4. Tripathi & Pandey

کاهش می‌دهد (۱۱-۱۳). از سوی دیگر، مصرف بیش از حد ال-آرژنین به علت تولید نیتریک اکسید می‌تواند به افت فشارخون منجر شود. عوارض دیگر شامل سوءهاضمه، تهوع و سردرد است. ال-آرژنین در مقادیر بالا موجب تحریک ترشح گاسترین و اسید معده می‌شود که ممکن است به تشدید زخم معده بینجامد (۱۴). همچنین ال-آرژنین سطح پتاسیم بدن را تغییر می‌دهد، از این رو افرادی که مشکلات کلیوی دارند، نباید به مصرف آن مبادرت ورزند (۹). سالمندی موجب کاهش قدرت، توان بدنی و کاهش ظرفیت قلبی-عروقی می‌شود (۱۵). تمرین مقاومتی در سنین بالا به عنوان راهبردی مناسب برای جلوگیری از کاهش توده و عملکرد عضلانی توصیه می‌شود (۱۶) و می‌تواند موجب کند شدن روند پیری و بیماری‌های مرتبط با آن شود (۱۷). از طرف دیگر، تمرینات استقامتی برای افزایش ظرفیت قلبی-عروقی پیشنهاد شده است (۱۸). از آنجا که تمرینات مقاومتی سبب افزایش قدرت و تمرینات استقامتی موجب بهبود ظرفیت قلبی-عروقی می‌شود، شاید بتوان با طراحی و اجرای تمرینات همزمان از فواید هر دو سبک تمرین به همراه استفاده از مکمل در سالمندان بهره برد. کادور و همکاران (۲۰۱۳)، در تحقیق خود نشان دادند که انجام دوازده هفته تمرینات قدرتی پیش از تمرین استقامتی در سالمندان می‌تواند به افزایش بیشتر قدرت عضلات پایین تنه منجر شود (۱۹). مدیروس و همکاران (۲۰۱۵) نیز در تحقیق خود به مقایسه دو نوع تمرین همزمان با یکدیگر بر روی افراد چاق پرداختند و نشان دادند که هر دو نوع تمرین می‌تواند به کاهش وزن بدن و کاهش فشار اکسایشی منجر شود، هرچند تعداد جلسات تمرین در هفته اهمیت دارد (۲۰). با وجود تأثیرات چندوجهی تمرینات همزمان مطالعات کمتری در سالمندان در خصوص این سبک تمرین صورت گرفته است. چراغ بیرجندی و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که شش هفته تمرینات HIIT به همراه مصرف روزانه ۶ میلی‌گرم مکمل ال-آرژنین، موجب افزایش معناداری در ANP^۱ شد. آنها بیان کردند که این می‌تواند گامی مؤثر در مطالعات مرتبط با فعال کردن چربی قهوه‌ای باشد (۲۱).

کاهش ساخت آنتی‌اکسیدان‌ها یا افزایش رادیکال‌های آزاد موجب تولید شاخص‌های فشار اکسایشی می‌شود و با توجه به نقش احتمالی آنتی‌اکسیدانی ال-آرژنین در از بین بردن رادیکال‌های آزاد و کاهش شاخص‌های فشار اکسایشی (۲۲) و از طرفی انجام تمرینات ورزشی مستمر، شاید بتواند موجب کاهش بیشتر شاخص‌های فشار اکسایشی شود. از این رو محقق به دنبال بررسی اثر هم‌افزایی هر دو تمرین همزمان و مکمل ال-آرژنین بر رادیکال‌های آزاد و فشار اکسایشی، دفاع آنتی‌اکسیدانی، و شاخص 8-

isoPGF2 (به عنوان شاخص فشار اکسایشی) و همچنین SOD، GPX و CAT (به عنوان آنتی اکسیدان-های درون‌زا) مردان سالمند است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون و به روش دوسوکور است، که پس از فراخوان عمومی، در سطح شهر و با هماهنگی با مراکز خانه سالمندان شهرضا، تعداد ۴۴ مرد سالمند با میانگین سنی ۴/۶۱ ع ۶۷/۷۷ سال، قد ۳/۲۲ ع ۱۶۸/۳۸ سانتی‌متر و وزن ۴/۹۹ ع ۷۰/۴۵ کیلوگرم انتخاب و به صورت تصادفی در چهار گروه ۱۱ نفری؛ گروه تمرین + مکمل (ES)، گروه تمرین + دارونما (EP)، گروه مکمل و گروه کنترل، تقسیم شدند. شرایط ورود به پژوهش شامل استفاده نکردن از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی تا شش ماه پیش از انجام پژوهش، ابتلا نداشتن به بیماری‌های حاد مفصلی، بیماری‌های قلبی-عروقی، نرمی استخوان، شکستگی‌های استخوان، استعمال دخانیات و هر گونه مشروبات الکلی بود.

گروه ES ضمن اجرای پروتکل تمرین، سه جلسه در هفته، روزانه ۱۰۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-آرژنین تهیه‌شده از شرکت دارویی کارن PNC را، به کد ۶۲۶۱۴۰۵۱۱۳۳۲۸ تأییدشده از سوی وزارت بهداشت و درمان ایران، در کپسول‌های ۱۰۰۰ میلی‌گرمی به صورت روزانه استفاده کردند. گروه EP نیز علاوه بر تمرین از مالتودکسترین، به عنوان دارونما، به همان اندازه و شکل مکمل واقعی، استفاده کردند. شایان ذکر است که مصرف مکمل ال-آرژنین و دارونما یک ساعت پس از صبحانه و با معده پر، و یک ساعت پیش از تمرین تجویز شده است. گروه مکمل نیز فقط روزانه ۱۰۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-آرژنین بدون هیچ‌گونه فعالیت ورزشی استفاده کردند. گروه کنترل نیز بدون هیچ‌گونه فعالیتی و بدون مصرف هیچ مکملی به انجام امور روزانه مثل قبل پرداختند. این پژوهش در هر چهار گروه به صورت موازی از لحاظ زمانی اعمال شد و هشت هفته به طول انجامید (۴، ۲۱). این نکته بسیار حائز اهمیت است که این پژوهش به روش دوسوکور انجام گرفت. برای رعایت روش دوسوکور نیز با کددهی به مکمل‌ها و استفاده از یک مرجع دیگر به عنوان شخص مطلع استفاده شد و در آخر پژوهش پس از گرفتن پس‌آزمون کدها باز شده و گروه هر شخص مشخص شد.

برنامه تمرینی نیز شامل تمرینات استقامتی و مقاومتی به صورت همزمان به مدت هشت هفته هر هفته سه جلسه یک روز در میان بود که از تمرینات ساده به مشکل و از شدت کم به شدت بالا با در

نظر گرفتن اصل اضافه‌بار و افزایش شدت تمرین لحاظ شد (جدول ۱). برنامه تمرین مقاومتی شامل حرکات پرس سینه هالتر، لت دست باز از جلو، پرس سرشانه دمبل، جلوپازو هالتر ایستاده، پشت‌بازو کابل، جلوران ماشین، پشت ران دستگاه خوابیده و ساق ایستاده با دستگاه، طراحی شده بود. یک هفته پیش از شروع پروتکل ضمن انجام آموزش‌های لازم ۱RM آزمودنی‌ها اندازه‌گیری و مطابق جدول ۱ تمرینات اجرا شد. تمرینات هوازی نیز شامل استفاده از دوچرخه ثابت بود (۱۴) که در هفته اول با شدت ۶۰ درصد ضربان قلب هدف آزمودنی‌ها و مدت ۱۶ دقیقه شروع و در هفته پایانی به مدت ۳۰ دقیقه و ۸۰ تا ۸۸ درصد ضربان قلب هدف رسید (جدول ۱). شدت تمرین، با استفاده از ضربان قلب استراحت آزمودنی‌ها و فرمول کارونن^۱ پیش از شروع تمرین، حین اجرا و پس از انجام فعالیت در هر جلسه و با استفاده از ضربان‌سنج پولار کنترل شد. همچنین از مقیاس بورگ که مقیاس بسیار پرکاربرد و مهمی در دوران سالمندی و افراد دارای بیماری و همچنین افرادی که دارو مصرف می‌کنند، است، به‌منظور تعیین شدت تمرین شد. ابتدا تمرینات مقاومتی و بعد با فاصله ۲ دقیقه به تمرینات هوازی پرداخته می‌شد (۲۳).

جدول ۱. شدت و مدت تمرینات همزمان در طول هشت هفته

درک	تمرین استقامتی (دوچرخه ثابت)			تمرینات مقاومتی (وزنه)			هفته
	تعداد جلسات در هفته	تکرار	شدت 1RM	حجم تمرین هوازی	HRR*	*RPE	
۱۱	۳	۱۶-۱۸	۴۰٪	۱۶ دقیقه	۶۰٪	۱۱	۱
۱۱	۳	۱۶-۱۸	۴۵٪	۱۶ دقیقه	۶۶٪	۱۱	۲
۱۳	۳	۱۲-۱۴	۵۰٪	۲۰ دقیقه	۷۰٪	۱۳	۳
۱۳	۳	۱۲-۱۴	۵۵٪	۲۰ دقیقه	۷۴٪	۱۳	۴
۱۵	۳	۱۰-۱۲	۶۰٪	۲۵ دقیقه	۷۷٪	۱۵	۵
۱۵	۳	۱۰-۱۲	۶۵٪	۲۵ دقیقه	۸۱٪	۱۵	۶
۱۷	۳	۸-۱۰	۷۰٪	۳۰ دقیقه	۸۵٪	۱۷	۷
۱۷	۳	۸-۱۰	۷۵٪	۳۰ دقیقه	۸۸٪	۱۷	۸

HRR*: ضربان قلب ذخیره. RPE**: مقیاس درک فشار بوردگ

برای جمع‌آوری نمونه‌های خونی، مقدار ۱۰ سی‌سی خون از ورید بازویی آزمودنی‌ها پیش و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، پس از ۱۲ ساعت ناشتایی بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح گرفته شد. نمونه‌ها در لوله‌های حاوی EDTA ریخته شد و سپس با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و پس از جداسازی پلاسما از سرم به منظور انجام مراحل بعدی به آزمایشگاه منتقل و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. همچنین برای اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی، از دستگاه الیزاریدر و روش الیزا با استفاده از کیت‌های مخصوص اندازه‌گیری، کیت مخصوص 8-isoPGF2 به شماره Cat.No:CK-E91174 با حساسیت ۲/۴۱ pg/ml، کیت مخصوص SOD به شماره Cat.No:CK-E11086 با حساسیت ۱/۵ U/ml، کیت مخصوص GPX به شماره Cat.No:CK-E10800 با حساسیت ۱/۱۲ U/ml، کیت مخصوص CAT به شماره Cat.No:CK-E90105 با حساسیت ۱/۱۲ U/ml همگی تهیه‌شده از شرکت EASTBIOPHARM آمریکا، استفاده شد.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ و بسته MVN نرم‌افزار R نسخه ۳.۲ استفاده شد. ابتدا مفروضات تحلیل واریانس چندمتغیره با استفاده از آزمون ماردیا^۱ برای طبیعی بودن داده‌ها و آزمون Box's M برای همگنی ماتریس واریانس-کوواریانس بررسی شد (۲۴). همچنین مفروضات تحلیل واریانس تک‌متغیره با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک برای نرمال بودن داده‌های تک‌متغیره و آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها استفاده شد.

پس از محاسبه اختلاف میانگین پیش و پس‌آزمون، از آزمون تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی توکی برای مشخص شدن تغییر فاکتورهای اندازه‌گیری‌شده در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون استفاده شد. در تمام آزمون‌ها سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

پس از بررسی و تأیید مفروضات تحلیل واریانس تک و چندمتغیره نتایج تحلیل واریانس چندمتغیره، تأثیر معنادار گروه بر متغیر پنهان^۲ فشار اکسایشی (SOD، CAT، GPX و 8-isoPGF2) مشاهده شد (Wilks lambda=۰/۰۰۳، Partial Eta Square=۰/۸۶، $P < ۰/۰۰۱$). با توجه به معناداری تحلیل واریانس

1. Mardia
2. Latent Variable

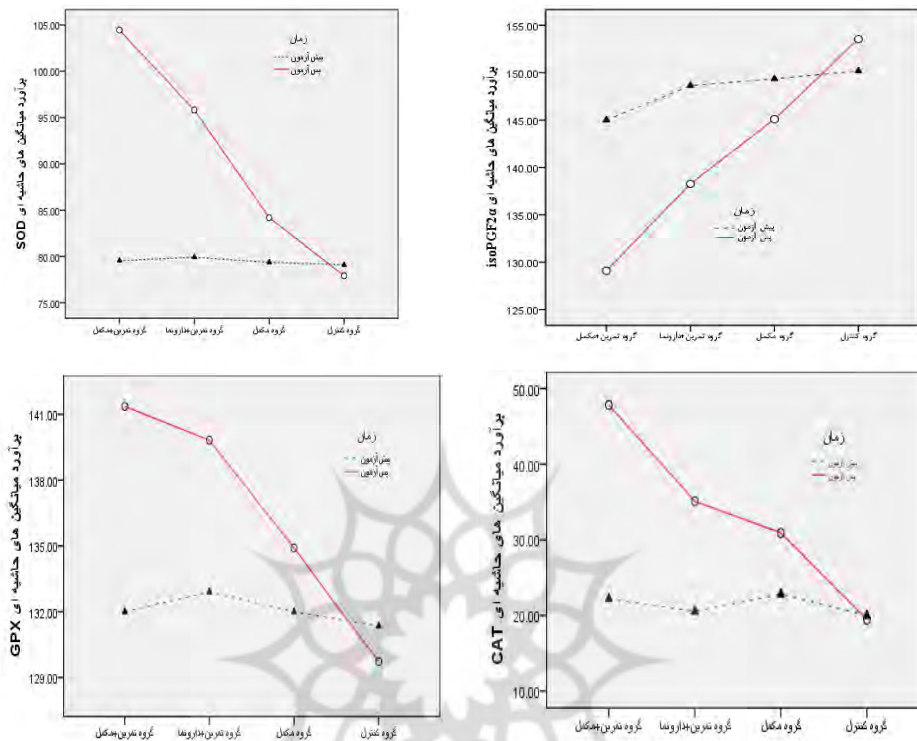
چندمتغیره، اثر گروه با استفاده از تحلیل واریانس تک‌متغیره بر تک‌تک متغیرها بررسی شد و نتایج تأثیر معنادار گروه بر تک‌تک متغیرهای SOD، CAT، GPX و 8-isoPGF2α را نشان داد ($P < 0/001$) (جدول ۲).

جدول ۲. برآورد پارامتر و اندازه اثر هر گروه بر متغیرهای 8-isoPGF2α, SOD, GPX و CAT (گروه کنترل به عنوان مرجع در نظر گرفته شده است)

متغیر	ضریب	گروه ES	گروه EP	گروه مکمل
8-isoPGF2α (Pg/ml)	(S.E) *	-۱۹/۷ (۱/۰۶)	-۱۳/۷ (۱/۰۶)	-۷/۶۳ (۱/۰۶)
	اندازه اثر	۰/۸۹	۰/۸۰	۰/۵۶
SOD (U/L)	(S.E)	۲۶/۰۹ (۰/۵۵)	۱۷/۰۹ (۰/۵۵)	۶/۰۰ (۰/۵۵)
	اندازه اثر	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۷۴
CAT (U/L)	(S.E)	۲۶/۱۸ (۰/۶۱)	۱۵/۰۹ (۰/۶۱)	۸/۶۳ (۰/۶۱)
	اندازه اثر	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۸۳
GPX (U/ml)	(S.E)	۱۱/۰۰ (۰/۷۰)	۸/۵۴ (۰/۷۰)	۴/۵۴ (۰/۷۰)
	اندازه اثر	۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۵۱
معناداری		<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱

* : مقدار برآورد پارامتر، S.E: خطای معیار پارامتر

برای مقایسه دو به دو گروه‌ها در هر کدام از متغیرها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد که نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنادار آماری میان همه متغیرها در تمامی گروه‌ها بود. بیشترین اختلاف میانگین در تمامی متغیرها (8-isoPGF2α (MD±SD: ۱۹/۲۷ ع ۱/۰۶)، SOD (MD±SD: ۲۶/۰۹ ع ۰/۵۵) و GPx (MD±SD: ۱۱/۰۰ ع ۰/۷۰) و CAT (MD±SD: ۲۶/۱۸ ع ۰/۶۱) ($P \leq 0/001$)، مربوط به گروه ES و کنترل بود. ($P \leq 0/001$)



شکل ۱. نتایج آزمون تحلیل واریانس مکرر برای متغیرهای $8\text{-isoPGF}2\alpha$ ، SOD، GPX و CAT

بحث و نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر تأثیر معنادار گروه، بر متغیر پنهان فشار اکسایشی (SOD، CAT، GPX و $8\text{-isoPGF}2\alpha$) را نشان داد و با توجه به معناداری تحلیل واریانس چندمتغیره، اثر گروه بر تک تک متغیرها با استفاده از تحلیل واریانس تک متغیره بررسی شد و نتایج تأثیر معنادار گروه بر تک تک متغیرهای SOD، CAT، GPX و $8\text{-isoPGF}2\alpha$ را نشان داد. همان طور که در شکل ۱ و جدول ۳ مشاهده می شود، هم تمرین و هم مکمل به طور معناداری مقدار $8\text{-isoPGF}2\alpha$ را کاهش و متغیرهای SOD، CAT، GPX را افزایش داد که این تغییر در گروه ES بیشتر بود و نشان دهنده اثر هم افزایی تمرین و مکمل است (جدول ۲). ایزوپروستان ها و به خصوص ایزوفریم $8\text{-isoPGF}2\alpha$ از جمله نشانگرهای میزان فشار اکسایشی

در کل بدن است. چندین مطالعه نشان داده‌اند که هایپرگلاسمیا با افزایش 8-isoPGF2 در ادرار همراه است. همچنین میزان 8-isoPGF2 در افراد دیابتی بالاتر از افراد غیردیابتی است و افزایش 8-isoPGF2 می‌تواند سرآغازی برای ابتلا به دیابت و اختلال در عملکرد اندوتلیال باشد (۲۵). این در حالی است که نشان داده شده است، یک جلسه تمرین شدید هوازی، مقدار 8-isoPGF2 را در ادرار افزایش می‌دهد (۸). مدیروس و همکاران (۲۰۱۵) نیز در مطالعه خود روی افراد بی‌تحرک نشان دادند که شش ماه تمرین هوازی با شدت ۷۰ درصد VO2max به افزایش معنادار 8-isoPGF2 در ادرار گروه تمرین می‌انجامد، این در حالی بود که NO کاهش معناداری داشته است (۲۰). کاهش 8-isoPGF2 همراه با مکمل‌سازی ویتامین E نشان داده شده است (۲۶). شاید با تولید نیتریک‌اکسید و گشادسازی عروق، گردش خون در طول تمرین، بهتر انجام می‌گیرد و این موضوع موجب کاهش تولید رادیکال‌های آزاد و در نتیجه کاهش شاخص فشار اکسایشی منجر می‌شود. قابلیت زیستی NO از طریق تعادل بین میزان تولید NO آنزیمی و غیرآنزیمی و از سوی دیگر دفع NO، در واکنش با آسیب‌های اکسیدان فعال^۱ (ROS) است. از طرفی به میزان شکل‌گیری آن از طریق میتوکندری‌ها یا آنزیم‌هایی مانند NAD(P)H اکسیداز (NOX)، و گزانتی اکسیداز (XO) و میزان حذف ROS از طریق سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان یا سایر واکنش‌ها بستگی دارد (۲۷). همان‌طور که در شکل ۱ و جدول ۲ مشاهده می‌شود، تمرین همزمان و مصرف مکمل به‌طور معناداری SOD، CAT و GPX را افزایش داده که این افزایش در گروه ES بیشتر است و براساس جدول ۲ این افزایش در اثر تمرین و مصرف مکمل با همدیگر بیشتر است. شاید بتوان نقش تمرین همزمان را در افزایش SOD، GPX و CAT این‌گونه توجیه کرد که همراه با سازگاری افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی و بهبود وضعیت قلبی-عروقی، بیان ژن مربوط به اکسایش/احیای افزایش می‌یابد و سیستم ترمیم/حذف آسیب اکسایشی فعال می‌شود (۲۸). همسو با پژوهش حاضر لوکتی^۲ و همکاران (۲۰۰۹)، روزانه ۸ گرم مکمل ال-آرژنین را به مدت ۲۱ روز به‌همراه رژیم غذایی کاهش وزن، تجویز کرده و تغییر معناداری را در SOD مشاهده کردند (۲۹). ایل-میسیری^۳ و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که تجویز وریدی ۱۰۰ میلی‌گرم ال-آرژنین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، با افزایش SOD همراه بود (۳۰). در پژوهش حاضر، از ۱۰۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-آرژنین به‌صورت خوراکی استفاده شد. ال-آرژنین عامل محافظت‌کننده‌ای در برابر ROS است. این مسئله ممکن است

1. Reactive Oxygen Specify
2. Lucotti
3. El-Missiry

به‌علت تداخل شیمیایی ال-آرژنین با آنیون سوپراکسید (O_2^-) باشد (۳۱). استفاده از روش تمرین همزمان قدرتی و استقامتی به‌همراه استفاده از مکمل در گروه سالمندان از نقاط برجسته پژوهش حاضر است، هرچند به‌علت کمبود هزینه و دسترسی نداشتن به آزمودنی بیشتر، امکان به‌کارگیری آزمودنی‌های بیشتر و افزایش گروه‌ها، برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر وجود نداشت. در نهایت با توجه به پیشینه تحقیق و نتایج به‌دست‌آمده به‌نظر می‌رسد تمرینات ورزشی همزمان و مکمل ال-آرژنین با خاصیت‌های چندوجهی مانند کاهش فشار اکسایشی، افزایش آنتی‌اکسیدان‌های بدن، کاهش فعالیت رادیکال‌های آزاد و بهبود پروفایل لیپیدی موجب ارتقای سطح سلامت سالمندان می‌شود. با این حال باید به این نکته نیز توجه داشت که رابطه بین ورزش و فشار اکسایشی، بسیار پیچیده است و به شدت تمرین، تعداد جلسات تمرین در هفته، نوع تمرین و طول مدت تمرین بستگی دارد.

منابع و مأخذ

1. Fakoori Jouibari M, Farzanegi P, Barari A. The Effect of 8-week Aerobic Exercise with Purslane Supplementation Consumption on Peroxidant and Antioxidants Indicators in Women with Type 2 Diabetes. *SSU_Journals*. 2014;22(1):928-39.
2. Atashak S. A review of the antioxidant effects of medicinal plants in athletes. *Journal of Medicinal Plants*. 2015;2(54):1-14.
3. Levine RL, Stadtman ER. Oxidative modification of proteins during aging. *Experimental gerontology*. 2001;36(9):1495-502.
4. Jablecka A, Bogdanski P, Balcer N, Cieslewicz A, Skoluda A, Musialik K. The effect of oral L-arginine supplementation on fasting glucose, HbA1c, nitric oxide and total antioxidant status in diabetic patients with atherosclerotic peripheral arterial disease of lower extremities. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2012;16(3):342-50.
5. Neri S, Calvagno S, Mauceri B, Misseri M, Tsami A, Vecchio C, et al. Effects of antioxidants on postprandial oxidative stress and endothelial dysfunction in subjects with impaired glucose tolerance and type 2 diabetes. *European journal of nutrition*. 2010;49(7):409-16.
6. Bloomer RJ, Fry AC, Falvo MJ, Moore CA. Protein carbonyls are acutely elevated following single set anaerobic exercise in resistance trained men. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2007;10(6):411-7.
7. Minuz P, Patrignani P, Gaino S, Degan M, Menapace L, Tommasoli R, et al. Increased oxidative stress and platelet activation in patients with hypertension and renovascular disease. *Circulation*. 2002;106(22):2800-5.
8. Waring W, Convery A, Mishra V, Shenkin A, Webb D, Maxwell S. Uric acid reduces exercise-induced oxidative stress in healthy adults. *Clinical Science*. 2003;105(4):425-30.

9. Tripathi P, Pandey S. L-arginine attenuates oxidative stress condition during cardiomyopathy. 2013.
10. Sohal RS. Role of oxidative stress and protein oxidation in the aging process. *Free Radical Biology and Medicine*. 2002;33(1):37-44.
11. Lucotti P, Setola E, Monti LD, Galluccio E, Costa S, Sandoli EP, et al. Beneficial effects of a long-term oral L-arginine treatment added to a hypocaloric diet and exercise training program in obese, insulin-resistant type 2 diabetic patients. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2006;291(5):E906-E12.
12. Ren W, Yin Y, Liu G, Yu X, Li Y, Yang G, et al. Effect of dietary arginine supplementation on reproductive performance of mice with porcine circovirus type 2 infection. *Amino acids*. 2012;42(6):2089-94.
13. Tsai H-J, Shang H-F, Yeh C-L, Yeh S-L. Effects of arginine supplementation on antioxidant enzyme activity and macrophage response in burned mice. *Burns*. 2002;28(3):258-63.
14. Cadore E, Pinto R, Lhullier F, Correa C, Alberton C, Pinto S, et al. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *International journal of sports medicine*. 2010;31(10):689-97.
15. Klein C, Rice C, Marsh G. Normalized force, activation, and coactivation in the arm muscles of young and old men. *Journal of Applied Physiology*. 2001;91(3):1341-9.
16. Phillips B, Williams J, Atherton P, Smith K, Hildebrandt W, Rankin D, et al. Resistance exercise training improves age-related declines in leg vascular conductance and rejuvenates acute leg blood flow responses to feeding and exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2011;112(3):347-53.
17. Peterson MD, Sen A, Gordon PM. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011;43(2):249.
18. Karavirta L, Tulppo MP, Laaksonen DE, Nyman K, Laukkanen RT, Kinnunen H, et al. Heart rate dynamics after combined endurance and strength training in older men. *Medicine and science in sports and exercise*. 2009;41(7):1436-43.
19. Cadore EL, Izquierdo M, Pinto SS, Alberton CL, Pinto RS, Baroni BM, et al. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age*. 2013;35(3):891-903.
20. Medeiros NdS, de Abreu FG, Colato AS, de Lemos LS, Ramis TR, Dorneles GP, et al. Effects of concurrent training on oxidative stress and insulin resistance in obese individuals. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2015;2015.
21. Birjandi SC, Saghebjo M, Hedayati M. Effect of high intensity interval training and L-Arginine supplementation on serum levels of fibroblast growth factor 21 and atrial natriuretic peptide in overweight and obese young men. 2016; 23(3): 211-223 (in persian).
22. Piatti P, Monti LD, Valsecchi G, Magni F, Setola E, Marchesi F, et al. Long-term oral L-arginine administration improves peripheral and hepatic insulin sensitivity in type 2 diabetic patients. *Diabetes care*. 2001;24(5):875-80.

23. Di Blasio A, Gemello E, Di Iorio A, Di Giacinto G, Celso T, Di Renzo D, et al. Order effects of concurrent endurance and resistance training on post-exercise response of non-trained women. *Journal of sports science & medicine*. 2012;11(3):393.
24. Korkmaz S, Goksuluk D, Zararsiz G. MVN: an R package for assessing multivariate normality. *The R Journal*. 2014;6(2):151-62.
25. Bonomini F, Rodella LF, Rezzani R. Metabolic syndrome, aging and involvement of oxidative stress. *Aging and disease*. 2015;6(2):109.
26. Dav G, Ciabattini G, Consoli A, Mezzetti A, Falco A, Santarone S, et al. In vivo formation of 8-iso-prostaglandin F₂ and platelet activation in diabetes mellitus: effects of improved metabolic control and vitamin E supplementation. *Circulation*. 1999;99(2):224-9.
27. Gliemann L, Nyberg M, Hellsten Y. Nitric oxide and reactive oxygen species in limb vascular function: what is the effect of physical activity? *Free radical research*. 2014;48(1):71-83.
28. Radak Z, Chung HY, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radical Biology and Medicine*. 2008;44(2):153-9.
29. Lucotti P, Monti L, Setola E, La Canna G, Castiglioni A, Rossodivita A, et al. Oral L-arginine supplementation improves endothelial function and ameliorates insulin sensitivity and inflammation in cardiopathic nondiabetic patients after an aortocoronary bypass. *Metabolism-Clinical and Experimental*. 2009;58(9):1270-6.
30. El-Missiry M, Othman A, Amer M. L-Arginine ameliorates oxidative stress in alloxan-induced experimental diabetes mellitus. *Journal of Applied Toxicology*. 2004;24(2):93-7.
31. Tripathi P, Misra M. Therapeutic role of L-arginine on free radical scavenging system in ischemic heart diseases. 2009.