

The Impact of Resveratrol Supplementation on Oxidative, Inflammatory, and Cellular Damage Markers Following of High-Intensity Resistance Exercise in Non-Athletic Women¹

Somayeh Fatahi

Department of Physical Education and Sports Sciences, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran. jafari.shku@yahoo.com

Akram Jafari

Department of Physical Education and Sports Sciences, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran (**Corresponding author**). jafari.akm@gmail.com

Extended Abstract

A diet high in polyphenols can improve the antioxidant status of the body and reduce the oxidative damage caused by exercise and the release of pro-inflammatory cytokines so the aim of this study was to investigate the effect of resveratrol supplementation on certain oxidative, inflammatory, and cellular damage markers resulting from high-intensity resistance exercise in non-athletic women. 24 healthy non-athletic women (body mass index 20-25 kg/m², age 20-30 years) voluntarily participated in the present study. These people were randomly divided into two groups: placebo and resveratrol supplement (12 people in each group). The subjects of two groups took a supplement or a placebo for one week (supplement group 400 mg resveratrol daily and placebo group the same amount daily in the form of essential oil capsules) and then participated in a resistance activity session with 85% of a maximum repetition. In 3 stages (before Yari supplementation, before resistance training and immediately after resistance training) blood was taken and the levels of malondialdehyde, total antioxidant capacity, creatine kinase, c-reactive protein and uric acid were analyzed. The results of the present study showed that seven days of resveratrol consumption in the supplement group led to an increase in total antioxidant capacity and a decrease in malondialdehyde levels compared to pre-supplementation ($p \leq 0.01$). Additionally, resveratrol supplementation was able to prevent a significant increase in creatine kinase and a significant decrease in total antioxidant capacity after the resistance exercise ($p < 0.05$). The findings of the present research showed that resveratrol supplementation has protective effects against oxidative damage caused by intense resistance exercise in young women by reducing malondialdehyde and creatine kinase and increasing total antioxidant capacity. These beneficial effects are probably attributed to the inherent antioxidant activities of resveratrol. In the present study, limitations such as the small number of subjects and the use of a specific age and gender range reduce the ability to generalize the results. On the other hand, the inability to precisely control the subjects' diet is another limitation of this study. It is suggested that future studies use larger groups or groups of different ages to examine the effects of resveratrol supplementation in

¹ Received: 2024/04/04 ; Revised: 2024/05/14 ; Accepted: 2024/06/10 ; Published online: 2024/12/22



other individuals. Another limitation of the study was the inability to examine other oxidative stress factors, and it is suggested that future studies examine the effects of this supplement on other physiological variables to gain a deeper and more complete understanding of this supplement on exercise-induced oxidative stress factors.

Keyword: inflammation, resistance exercise, oxidative stress, resveratrol.

تأثیر مکمل سازی رسوراترول بر برخی شاخص های اکسایشی، التهابی و آسیب سلولی ناشی از یک جلسه تمرین مقاومتی شدید در زنان غیرورزشکار^۲

سمیه فتاحی

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران. jafari.shku@yahoo.com

اکرم جعفری

گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران (نویسنده مسئول). jafari.akm@gmail.com

چکیده مبسوط

رژیم غذایی حاوی پلی فنول بالا می تواند شرایط آنتی اکسیدانی بدن را بهبود داده و آسیب اکسیداتیو ناشی از ورزش و ترشح سیتوکین های پیش التهابی را کاهش دهد. با توجه به این موضوع، هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر مکمل رسوراترول بر برخی شاخص های اکسایشی، التهابی و آسیب سلولی ناشی از فعالیت مقاومتی شدید در زنان غیر ورزشکار بود. ۲۴ زن غیر ورزشکار سالم (شاخص توده بدن ۲۰-۲۵ کیلوگرم بر متر مربع، سن ۲۰-۳۰ سال) به صورت داوطلبانه در تحقیق حاضر شرکت کردند. این افراد به طور تصادفی به دو گروه دارونما و مکمل رسوراترول (۱۲ نفر در هر گروه) تقسیم شدند. آزمودنی های دو گروه یک هفته مکمل یا دارونما (گروه مکمل روزانه ۴۰۰ میلی گرم رسوراترول و گروه دارونما روزانه به همان مقدار به صورت کپسول اسانس) مصرف کردند و بعد از آن در یک جلسه فعالیت مقاومتی با ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه شرکت کردند. در ۳ مرحله (قبل از مکمل یاری، قبل از تمرین مقاومتی و بلافاصله پس از تمرین مقاومتی) خون گیری به عمل آمد و سطوح مالون دی آلدئید، ظرفیت آنتی اکسیدانی تام، کراتین کیناز، پروتین واکنش C و اسید اوریک مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ۷ روز مصرف رسوراترول، در گروه مکمل توانست باعث افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و کاهش مالون دی آلدئید نسبت به قبل از دوره مکمل سازی شود ($p \leq 0/01$). همچنین مصرف مکمل رسوراترول توانست مانع افزایش معنادار کراتین کیناز و کاهش معنادار ظرفیت آنتی اکسیدانی تام بعد از فعالیت مقاومتی گردد ($p < 0/05$). یافته های تحقیق حاضر نشان داد که مکمل رسوراترول از طریق کاهش مالون دی آلدئید و کراتین کیناز و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی تام، اثرات محافظتی در برابر آسیب اکسیداتیو ناشی از ورزش مقاومتی شدید در زنان جوان دارد. این اثرات مفید احتمالاً به فعالیت های آنتی اکسیدانی ذاتی رسوراترول نسبت داده می شود. در تحقیق حاضر، محدودیت هایی مانند کم بودن تعداد آزمودنی ها و استفاده از دامنه سنی و جنسیت خاص، باعث

^۲ نوع مقاله: مقاله پژوهشی ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم © نویسندگان.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۶؛ تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۰۲/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۱؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

[10.71865/jsports.2025.05241129164](https://doi.org/10.71865/jsports.2025.05241129164)



کاهش توانایی تعمیم دادن نتایج می‌شود. از طرف دیگر عدم امکان کنترل دقیق رژیم غذایی آزمودنی‌ها یکی دیگر از محدودیت‌های این تحقیق است. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده از گروه‌های بزرگ‌تر و یا در سنین متفاوت استفاده شود تا تاثیر مکمل رسوراترول در سایر افراد بررسی شود. همچنین از محدودیت‌های تحقیق عدم امکان بررسی سایر فاکتورهای استرس اکسیداتیو بود که پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به تاثیر این مکمل بر سایر متغیرهای فیزیولوژیکی پرداخته شود تا درک عمیق‌تری و کامل‌تری از این مکمل بر فاکتورهای استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش به دست آید.

واژگان کلیدی: التهاب، فعالیت ورزشی مقاومتی، استرس اکسایشی، رسوراترول

مقدمه

ورزش مقاومتی یک محرک قدرتمند برای کسب قدرت و افزایش توده عضلانی است (Medicine, 2009) که نقش مهمی در افزایش عملکرد جسمانی و کیفیت زندگی افراد دارد، با این حال تمرینات مقاومتی می‌توانند منجر به افزایش نشانگرهای استرس اکسایشی شوند و آسیب‌های عضلانی اسکلتی و قلبی را افزایش دهند (Aversa, Petrescu, Apicella, & Petrescu, 2016). شواهد رو به رشد نشان می‌دهد که ورزش‌های شدید باعث افزایش اکسیژن مصرفی بدن تا ۲۰ برابر می‌شوند. همین موضوع باعث افزایش بیش از حد گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر و در نتیجه آسیب به ماکرومولکول‌های سلولی مانند لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA می‌شود که می‌تواند اثرات نامطلوب بر سلامت افراد داشته باشد (Xiao, 2015). تحقیقات متعددی گزارش کرده‌اند که انواع ورزش‌ها مانند ورزش‌های هوازی حاد (Powers, Radak, & Ji, 2016; Quindry, Dumke, 2016; Slivka, & Ruby, 2016)، ورزش‌های بی‌هوازی (Thirupathi et al., 2021) و ورزش‌های مقاومتی (McBRIDE, 1998; Kraemer, Triplett-McBride, & Sebastianelli, 1998) می‌توانند باعث افزایش استرس اکسایشی شوند. استرس اکسایشی زمانی رخ می‌دهد که غلظت گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر توسط آنتی‌اکسیدان‌های داخلی کنترل نمی‌شود (Koushki, Lakzaei, Khodabandehloo, Hosseini, Meshkani, & Panahi, 2020).

بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که استرس اکسایشی ناشی از ورزش شدید، ممکن است از طریق بهینه‌سازی تغذیه، به ویژه با افزایش محتوای آنتی‌اکسیدان رژیم غذایی کاهش یابد (Xiao, 2015). از نظر محققان در شرایط فیزیولوژیک و پاتولوژیک مواد ضد اکسایشی درون بدن نمی‌توانند کاملاً مانع آسیب‌های اکسایشی و عضلانی شوند و در این شرایط، این مواد باید از طریق رژیم غذایی مصرف شوند (Ji, 1999). از جمله مواد غذایی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی می‌توان به پلی‌فنول‌ها اشاره کرد. مشهورترین خواص پلی‌فنول‌ها مهار رادیکال‌های سوپراکسید، هیدروکسیل و پراکسیل و نیز مهار پراکسیداسیون لیپید، تشکیل رادیکال واسطه آهن و پیشگیری از تخلیه رادیکال ویتامین E و β کاروتن می‌باشد (Badria, 2015).

در تحقیقات گذشته دیده شده که رژیم غذایی ۷ روزه با پلی‌فنول بالا (برگهای سیب زمینی شیرین بنفش) به مدت ۷ روز می‌تواند شرایط آنتی‌اکسیدانی بدن را بهبود داده و آسیب اکسیداتیو ناشی از ورزش و ترشح سیتوکین‌های پیش التهابی را کاهش دهد (Chang, Hu, Huang, Yeh, & Liu, 2010). همچنین دیده شده پلی‌فنول‌ها می‌توانند به افزایش غلظت ATP و گلیکوژن بعد از ورزش و کاهش سطح مالون دی‌آلدئید کبد، عضله و خون کمک کنند (Swamy, Sivanna, Tamatam, & Khanum, 2011). بعلاوه، در مقایسه با آنتی‌اکسیدان‌های دیگر که می‌توانند مسیرهای اکسیداسیون میتوکندری را در سازگاری

با ورزش مختل کنند، پلی فنول‌ها مسیرهای اکسایش میتوکندری را تعدیل می‌کنند. بنابراین ممکن است پلی فنول‌ها در مقایسه با سایر آنتی اکسیدان‌ها به عنوان مکمل مناسب‌تری برای فعالیت ورزشی باشند (Badria, 2015). رسوراترول^۳ یک ترکیب پلی فنولی طبیعی است که عمدتاً در انگور و شراب قرمز یافت می‌شود و به منظور جلوگیری و درمان بیماری‌های مزمن مانند بیماری‌های قلبی عروقی، تخریب عصبی و متابولیک مورد استفاده قرار می‌گیرد (Smoliga, Baur, & Hausenblas, 2011). در بسیاری از تحقیقات، نقش‌های عملکردی مختلفی برای رسوراترول پیشنهاد شده است. فعالیت آنتی اکسیدانی رسوراترول از طریق مکانیسم‌های متعدد، از جمله مهار پراکسیداسیون لیپید، افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی، کاهش شکل‌گیری گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر انجام می‌شود (Gülçin, 2010). اثر مکمل رسوراترول به علت خواص آنتی اکسیدانی و ضد التهابی آن در برخی تحقیقات مشاهده شده است (Wu, Huang, Liao, Chang, Kan, & Huang, 2013). با این حال، اثر مکمل رسوراترول بر استرس اکسایشی و التهاب متعاقب تمرینات مقاومتی شدید، هنوز مشخص نیست. بنابراین، این تحقیق به منظور بررسی تاثیر مکمل سازی رسوراترول بر نشانگرهای استرس اکسایشی، التهابی و آسیب سلولی ناشی از ورزش مقاومتی شدید در زنان جوان غیرورزشکار انجام شد.

روش تحقیق

تحقیق حاضر، کاربردی و از نوع نیمه تجربی است که به روش کار آزمایشی بالینی تصادفی دوسوکور و کنترل‌شده با دارونما، در قالب یک طرح با اندازه‌گیری‌های مکرر (۳ مرحله) اجرا شد. جامعه آماری تحقیق حاضر را زنان جوان غیر ورزشکار با دامنه سنی ۲۰-۳۰ سال تشکیل می‌دادند. در ابتدا از طریق فراخوان‌هایی در سطح شهر، ۵۰ نفر از طریق تماس یا پیام، تمایل خود را برای شرکت در تحقیق اعلام نمودند. از بین داوطلبان ۲۴ نفر بر اساس شرایط ورود به تحقیق، انتخاب شدند که به‌طور تصادفی به دو گروه مکمل و دارو نما (۱۲ نفر در هر گروه) تقسیم شدند. شرایط ورود به تحقیق شامل توده بدن ۲۰-۲۵ کیلوگرم بر متر مربع، سن ۲۰-۳۰ سال، عدم اعتیاد به الکل، سیگار، مواد مخدر، عدم فعالیت ورزشی منظم در ۶ ماه گذشته، عدم آسیب عضلانی-اسکلتی، نداشتن سابقه بیماری مزمن و مشکل ارتوپدی بود. شرایط خروج شامل بیماری، عدم تمایل فرد به ادامه شرکت در تحقیق و آسیب‌های جسمانی بود. در ابتدا از همه آزمودنی‌ها گواهی سلامتی پزشکی اخذ شد. سپس آن‌ها در یک جلسه توجیهی شرکت کرده و مراحل کار و پروتکل ورزشی برای آن‌ها توضیح داده شد و پس از آگاهی از هدف تحقیق و چگونگی انجام کار، آزمودنی‌ها فرم‌های رضایت آگاهانه را تکمیل کردند و مشخصات عمومی، سوابق ورزشی و سلامتی کلیه آزمودنی‌ها از طریق یک پرسشنامه استاندارد جمع‌آوری شد.

روش اجرای تحقیق

یک هفته پس از توضیحات و تکمیل فرم‌های اولیه، از آزمودنی‌ها خواسته شد که برای آزمون تعیین یک تکرار بیشینه و آشنایی با نحوه مصرف مکمل رسوراترول، به محل اجرای تحقیق مراجعه کنند. حداکثر قدرت آزمودنی‌ها با استفاده از معادله برزیکی^۴ محاسبه شد (Brzycki, 1993). آزمودنی‌ها بعد از ۱۰ دقیقه گرم کردن، آزمون یک تکرار بیشینه را با افزایش تدریجی وزنه در

³ Resveratrol

4. Brzycki

هر مرحله و با ۵ دقیقه استراحت بین مراحل، زیر نظر مربی ورزشی انجام دادند. در مرحله آخر مقدار وزنه ای که آزمودنی ها می توانستند کمتر از ۱۰ تکرار جابه جا کنند اندازه گیری و ثبت شد و سپس در فرمول زیر قرار داده شد.

$$(0.278 \times \text{تعداد تکرار تا خستگی}) - 1.0278 / \text{وزن جابه جاشده (کیلوگرم)} = \text{حداکثر قدرت}$$

مکمل دهی رسوراترول

مکمل دهی رسوراترول یک هفته قبل از تمرین مقاومتی شدید (در اوایل مرحله فولیکولی چرخه ماهیانه) انجام شد. آزمودنی‌های گروه مکمل، به مدت یک هفته بعد از وعده غذایی نهار، ۴۰۰ میلی گرم رسوراترول به صورت کپسول ساخت شرکت Doctor's Best آمریکا را مصرف کردند. آزمودنی های گروه دارونما، کپسول ژلاتین خوراکی ساخت شرکت باریج اسانس که از نظر شکل ظاهری مشابه داروی گروه مداخله بود، به عنوان دارونما دریافت کردند (khoramdel & rezaeian, 2021). بعد از اتمام یک هفته، آزمودنی ها مراجعه کرده و در جلسه تمرین مقاومتی شدید شرکت کردند. شرایط مصرف مکمل و رژیم غذایی آزمودنی ها از طریق پرسشنامه یادآمد غذایی ۲۴ ساعته کنترل شد (۱۲). بعلاوه، از همه آزمودنی ها خواسته شد که در مدت تحقیق از مصرف قرص یا سایر مکمل ها اجتناب کنند و ۴۸ ساعت قبل از شرکت در آزمون تمرین مقاومتی، از هرگونه فعالیت ورزشی شدید، مصرف الکل، کافئین و سیگار خودداری کنند.

پروتکل تمرین مقاومتی

تمرینی مقاومتی شامل یک جلسه ورزش با شدت بالا شامل سه ست حرکات پرس سینه، سیمکش زیر بغل، جلو پا، پشت پا، جلو بازو، پشت بازو و پرس سرشانه تا حد خستگی با ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه و ۲ دقیقه استراحت بین ست ها و حرکات و زیر نظر مربی بود. قبل از پروتکل تمرین مقاومتی، همه شرکت کنندگان ۱۰ دقیقه حرکات گرم کردن را انجام دادند که شامل ۳ دقیقه دویدن، ۵ تا ۱۰ تکرار با ۵۰٪ یک تکرار بیشینه و حرکات کششی بود (Rahimi & Nejad, 2017).

نمونه گیری خون

در این تحقیق از هر دو گروه مکمل و دارونما در سه مرحله و در شرایط مشابه خونگیری انجام شد. قبل از مکمل یاری اولین نمونه گیری خونی بعد از ۱۰ ساعت ناشتا (۸ صبح) انجام شد. یک هفته بعد قبل از تمرین مقاومتی، نمونه گیری خونی دوم (در شرایط مشابه با نمونه خونی اول) گرفته شد و بلافاصله بعد از تمرین مقاومتی نمونه گیری خونی سوم از همه آزمودنی ها به عمل آمد (da Silva, Machado, Souza, Mello-Carpes, & Carpes, 2018). نمونه های خونی جهت اندازه گیری متغیرهای تحقیق به آزمایشگاه منتقل شد. اندازه گیری نمونه خونی توسط تکنسین آزمایشگاه، و از ورید بازویی آزمودنی ها در حالت نشسته و به مقدار ۱۰ سی سی بود. لوله های آزمایش با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سرم های جداشده تا زمان اندازه گیری در فریز ۸۰- نگهداری شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام با استفاده از روش FRAP^۵ (Benzie & Strain, 1996) مالون دی‌آلدئید با استفاده از روش تیوباربیتوریک اسید^۶ (Esterbauer & Cheeseman, 1990) و اسید اوریک با استفاده از روش بیوشیمیایی کیت شرکت Bionik با حساسیت (۳/۵ تا ۵ mg/dl) بین نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان کمی پروتئین واکنش پذیر C از کیت سنجش با حساسیت بالا ELISA ساخت شرکت بيو تکنو (Techno-Bio) استفاده شد. سنجش مقدار کراتین کیناز با استفاده از کیت CK MB- شرکت پیش‌تاز طب انجام گرفت.

روش‌های آماری

برای توصیف یافته‌های تحقیق از روش‌های آماری توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون‌های شاپیروویلک استفاده شد. برای مقایسه میانگین متغیرها در سه زمان بین گروه مکمل و دارونما از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۳ و در سطح معناداری $P \leq 0/05$ بررسی شد.

یافته‌ها

در جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و BMI ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثر گروه ($F=4/85, P=0/014$)، زمان ($F=9/699, P=0/002$) و تعامل آنها ($F=4/919, P=0/016$) برای مالون دی‌آلدئید معنادار بود. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود پس از ۷ روز مصرف مکمل رسوراترول، مقدار مالون دی‌آلدئید نسبت به قبل از مکمل سازی، تفاوت معنادار داشت ($p=0/015$). مقدار مالون دی‌آلدئید در گروه مکمل قبل از فعالیت مقاومتی و پس از فعالیت مقاومتی، کمتر از گروه دارونما بود ($p=0/022$).

نتایج تحلیل واریانس مکرر نشان داد که اثر گروه ($F=3/719, P=0/035$)، زمان ($F=3/25, P=0/045$) و تعامل آنها ($F=0/22, P=0/802$) بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام معنادار بود. نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که در گروه مکمل، ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی تام بعد از ۷ روز استفاده از رسوراترول نسبت به قبل از مکمل سازی افزایش معنادار نشان داد ($p=0/018$) همچنین مقدار آن در گروه دارونما، قبل و پس از فعالیت مقاومتی کمتر از گروه مکمل بود ($p=0/002$).

همچنین مشاهده شد که اثر گروه ($F=3/919, P=0/044$)، زمان ($F=4/21, P=0/045$) و تعامل آنها ($F=4/345, P=0/049$) بر مقدار کراتین کیناز معنادار بود و مقدار آن در گروه دارونما بعد از ورزش مقاومتی بیشتر از گروه مکمل و نیز بیشتر از قبل از تمرین مقاومتی بود ($p=0/047$).

همچنین اثر تعاملی گروه، زمان و تعامل برای اسید اوریک و پروتئین واکنشی C معنادار نبود. و مقدار آن‌ها بعد از ۷ روز مصرف مکمل رسوراترول تغییر معناداری نداشت ($P=0/257$).

⁵. Ferric Reducing-Antioxidant Power

⁶. Thiobarbituric acid

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار مشخصات اولیه آزمودنی‌ها در دو گروه

متغیر	گروه مکمل (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	گروه دارونما (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	P
سن (سال)	۲۴/۶۸ $\pm$ ۳/۴۴	۲۴/۳۵ $\pm$ ۳/۶۲	۰/۱۵۶
قد (سانتی‌متر)	۱۶۱/۸۱ $\pm$ ۶/۲۳	۱۶۰/۶۲ $\pm$ ۵/۷۴	۰/۱۴۲
وزن (کیلوگرم)	۶۱/۸۸ $\pm$ ۸/۳۷	۶۱/۴۷ $\pm$ ۷/۶۴	۰/۲۵۴
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۳/۶۳ $\pm$ ۱/۶	۲۳/۸۳ $\pm$ ۱/۸	۰/۳۵۲

جدول ۲. سطوح متغیرهای تحقیق قبل و پس از مکمل سازی در دو شرایط مکمل و دارونما

متغیر	مراحل اندازه‌گیری	گروه مکمل (انحراف معیار $\pm$ میانگین)	گروه دارونما (انحراف معیار $\pm$ میانگین)
مالون دی آلدئید (میکرومول بر لیتر)	قبل از مکمل سازی	۵/۵۳ $\pm$ ۱۵/۳۰	۵/۷۶ $\pm$ ۹/۲۱
	قبل از تمرین مقاومتی	۵/۲۸ $\pm$ ۶/۷۴ ^b	۵/۴۳ $\pm$ ۱۳/۱۷ ^a
	بلافاصله پس از تمرین مقاومتی	۵/۵۶ $\pm$ ۷/۵۴	۶/۲۲ $\pm$ ۸/۲۰ ^{a c}
	قبل از مکمل سازی	۴۸۳/۴ $\pm$ ۰/۱۰۳	۵۰۲/۲ $\pm$ ۰/۰۹۶

۴۹۳/۳ ± ۰/۰۸۷ ^a	۵۵۵/۶ ± ۰/۱۰۰ ^b	قبل از تمرین مقاومتی	ظرفیت آنتی اکسیدانی کل (میکرو مول بر لیتر)
۴۲۶/۴ ± ۰/۰۸۹ ^{a c}	۵۲۴/۴ ± ۰/۱۰۴	بلافاصله پس از تمرین مقاومتی	
۴/۷۸ ± ۰/۲۵	۴/۷۵ ± ۰/۳۴	قبل از مکمل سازی	اسید اوریک (میلی گرم بر دسی لیتر)
۴/۸۵ ± ۰/۳۶	۴/۳۵ ± ۰/۱۴	قبل از تمرین مقاومتی	
۴/۹۸ ± ۰/۵	۴/۷۲ ± ۰/۴۶	بلافاصله پس از تمرین مقاومتی	
۳/۸۵ ± ۰/۲۱	۳/۷۱ ± ۰/۲۲	قبل از مکمل سازی	پروتئین واکنش پذیر C (میکروگرم بر لیتر)
۳/۸۸ ± ۰/۱۳	۳/۶۵ ± ۰/۱۵	قبل از تمرین مقاومتی	
۳/۹۱ ± ۰/۲۰	۳/۷۹ ± ۰/۳۸	بلافاصله پس از تمرین مقاومتی	
۴۴۲/۴ ± ۰/۱۰۳	۴۳۵/۴ ± ۰/۱۰۳	قبل از مکمل سازی	کراتین کیناز (واحد بین المللی بر لیتر)
۴۳۳/۵ ± ۰/۵۳	۴۱۶/۲ ± ۰/۵۵	قبل از تمرین مقاومتی	
۵۲۳/۴ ± ۰/۱۷ ^{c a}	۴۶۳/۱ ± ۰/۵۸	بلافاصله پس از تمرین مقاومتی	

a: تفاوت معنادار با گروه مکمل

b: تفاوت معنادار با قبل از مکمل سازی

c: تفاوت معنادار با قبل از فعالیت مقاومتی

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ۷ روز مصرف رسوراترول، در گروه مکمل می تواند باعث افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و کاهش مالون دی آلدئید نسبت به قبل از دوره مکمل سازی شود ($p \leq ۰/۰۱$). همچنین مصرف مکمل رسوراترول توانست مانع افزایش معنادار کراتین کیناز و کاهش معنادار ظرفیت آنتی اکسیدانی تام بعد از فعالیت مقاومتی گردد ($p < ۰/۰۵$).

فعالیت ورزشی شدید موجب افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و عدم تعادل بین سطوح آنتی اکسیدان‌ها می‌شود که به عنوان استرس اکسایشی شناخته می‌شود (Bloomer, 2008). به نظر می‌رسد که فعالیت‌هایی از قبیل ورزش های مقاومتی که دارای جز اکستریک می‌باشند، دارای پتانسیل بالایی در افزایش آسیب های عضلانی است و این امر، احتمالاً با افزایش پراکسیداسیون لیپید همراه می‌باشد (Goldfarb, Bloomer, & McKenzie, 2005; Saxton, Donnelly, & Roper, 1994). از مکانیسم های فیزیولوژیکی مهم در افزایش استرس اکسایشی بعد از ورزش، می‌توان به انباشت زیاد کلسیم در اثر انقباض های شدید، (Silva, Silveira, Pinho, Tuon, Pizzol, & Pinho, 2008) تخلیه سطوح ATP، اسکیمی، افزایش سطوح داخل سلولی ADP اشاره کرد که در نهایت همه این موارد باعث افزایش تجزیه ADP و تبدیل زانتین دهیدروژناز به زانتین اکسیداز و تولید رادیکال سوپراکسید می‌شود (Bloomer, 2008). از طرف دیگر در سایر تحقیقات نیز کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی تام، همراه

با افزایش فشار اکسیداتیو گزارش شده است (Steinberg, Delliaux, & Jammes, 2006; Watson, Callister, Taylor, Sibbritt, MacDonald-Wicks, & Garg, 2005). از علل کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی تام طی فعالیت عضلانی شدید، می توان به چالش جریان اکسیژن بیشتر برای تولید ATP در عضلات، افزایش آسیب عضلانی، افزایش پاسخ‌های التهابی و در نتیجه افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن اشاره کرد (Ji & Zhang, 2014).

در تحقیق حاضر مصرف مکمل رسوراترول مانع از افزایش معنادار نشانگرهای استرس اکسایشی مانند مالون دی آلدئید و کراتین کیناز بعد از فعالیت مقاومتی شدید شد. در همین راستا نصیری و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی اثرات مکمل رسوراترول بر پاسخ‌های ضد اکسیداسیون و پراکسیداسیون لیپیدی به ورزش در موش‌های صحرایی نر نژاد ویستار پرداختند. آن‌ها بیان کردند که مکمل رسوراترول سطوح مالون دی آلدئید ناشی از ورزش شدید را کاهش می دهد (Nasiri, Ahmadizad, Hedayati, Zarekar, Seydyousefi, & Faghfoori, 2021) که با تحقیق حاضر همسو می باشد. اما در تحقیق تساو^۷ و همکاران (۲۰۲۱)، مصرف ۴ روز مکمل رسوراترول، نتوانست قابلیت‌های آنتی اکسیدانی و ضد التهابی را بهبود ببخشد (Tsao, Liu, Wang, Bernard, Huang, & Cheng, 2021). از دلایل عدم همسویی می توان به دوز و مدت زمان مکمل دهی به عنوان عوامل مهم اشاره کرد. همچنین در برخی تحقیقات گذشته نیز دیده شد که مصرف رسوراترول مانع افزایش کراتین کیناز بعد از ورزش شدید می گردد (Xiao, 2015).

نتایج تحقیقات گذشته نشان می دهد که رسوراترول ویژگی‌های استرس آنتی اکسیدانی خود را عمدتاً از طریق چندین مسیر سیگنال اعمال می کند و همچنین آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را در این مسیرها فعال می کند. رسوراترول Nrf2 را فعال می کند و بیان ژن‌های آنزیم آنتی اکسیدانی پایین دست را القا می کند. فاکتور ۲ مرتبط با فاکتور هسته ای-اریتروئید ۲ (Nrf2)^۸ یک فاکتور رونویسی است که سطح بیان ژن‌های آنتی اکسیدانی را تنظیم می کند و از سلول‌ها در برابر آسیب استرس اکسیداتیو محافظت می کند (Gu, Wang, Wu, Ge, & Chen, 2021). NF-kB یک فاکتور رونویسی هسته ای است که به محل kB ژن زنجیره سبک کاپا سلول‌های B متصل می شود (Sen & Baltimore, 1986) و عمدتاً در تنظیم بیان ژن‌ها در هنگام التهاب و آپوپتوز نقش دارد. رسوراترول فعال‌سازی NF-kB ناشی از TNF و H₂O₂ را به روشی وابسته به دوز و زمان مهار می کند، که همگی در رده‌های سلولی مختلف تأیید شدند مهار NF-kB توسط رسوراترول باعث کاهش پاسخ‌های التهابی در شرایط استرس و فعالیت ورزشی می شود. این مکانیسم‌ها می توانند از آسیب‌های عضلانی ناشی از فعالیت‌های شدید جلوگیری کنند (Manna, Mukhopadhyay, & Aggarwal, 2000).

ظرفیت آنتی اکسیدان تام به معنای توانایی آنتی اکسیدانهای دریافتی، برای برداشت رادیکالهای آزاد می باشد (Pandey & Rizvi, 2009) به نظر می رسد که یکی از سازوکارهای تأثیر رسوراترول بر ظرفیت اکسیدانی تام وجود مقادیر زیادی پلی فنل‌ها در آن می باشد و طبق یافته‌های تحقیقات گذشته، پلی فنل‌ها آنتی اکسیدان‌های قوی هستند که می توانند ظرفیت آنتی اکسیدانی تام را افزایش داده و رادیکال‌های آزاد را خنثی نموده و اثرات مضر این ترکیبات مهاجم را کاهش دهند (Heo &

7 - Tsao

⁸ Nuclear factor-erythroid 2-related factor 2 (Nrf2)

(Lee, 2005). نتایج تحقیق حاضر از پتانسیل فعالیت آنتی اکسیدانی رسوراترول برای افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی تام در پلاسما پشتیبانی می‌کند. این یافته با نتایج تحقیقات گذشته مطابقت دارد (Asadi et al., 2015). طبق آزمایشات سلولی، مکمل رسوراترول باعث افزایش تعداد میتوکندری‌های عضلانی در سلول‌های اندوتلیال می‌شود (Csiszar et al., 2009) و می‌تواند استرس اکسیداتیو را با مهار تولید گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر کاهش دهد و کاهش استرس اکسیداتیو ممکن است بازسازی و پتانسیل ترمیمی عضلات اسکلتی را بهبود بخشد (Hsu, Ho, Lee, Ho, Huang, & Kan, 2020). رسوراترول، یک آنتی اکسیدان طبیعی، با فعال سازی SIRT1، اثرات ضد آپوپتوز و ضد کاتابولیک در آسیب عضلات اسکلتی است (Sin et al., 2015). بنابراین، مکمل رسوراترول ممکن است اثرات بالقوه‌ای در افزایش ظرفیت بازسازی عضلات اسکلتی پس از آسیب عضلانی ناشی از ورزش شدید داشته باشد.

همچنین نتایج تحقیق حاضر عدم تغییر معنادار سطح اسید اوریک و پروتین واکنش C را به دنبال فعالیت مقاومتی در هردو گروه رسوراترول و دارونما نشان داد. این یافته‌ها نشان داد که مصرف ۷ روز مکمل رسوراترول تأثیر معناداری بر این دو فاکتور ندارد. این نتایج با برخی تحقیقات همسو (Malekyian-Fini, Kaviani-Nia, & Mahmoudi, 2015; Zhang et al., 2014) و با برخی ناهمسو (TOFIGHI, 2011) بود. مطالعاتی که به تأثیر رسوراترول بر اسید اوریک و پروتین واکنشی C پرداخته‌اند نشان می‌دهند که این اثرات ممکن است وابسته به مدت زمان مصرف و دوز آن باشد. به عنوان مثال، نتایج تحقیقی نشان داد که مصرف رسوراترول به مدت کوتاه نمی‌تواند تغییرات معناداری در سطح اسید اوریک و پروتین واکنشی C ایجاد کند (Steiner, Balez, Karunaweera, Lind, Münch, & Ooi, 2016). در عین حال، دوره‌های طولانی‌تر مکمل‌یاری (۶ هفته)، نتایج مثبتی را در کاهش پروتین واکنشی C نشان داده‌اند (انسیه، آمنه، & محمد، ۲۰۲۱). لذا انجام تحقیقات بیشتری درباره مدت زمان مناسب برای اثر بخشی مکمل رسوراترول بر این متغیرها نیاز هست.

در تحقیق حاضر، محدودیت‌هایی مانند کم بودن تعداد آزمودنی‌ها و استفاده از دامنه سنی و جنسیت خاص، باعث کاهش توانایی تعمیم دادن نتایج می‌شود. از طرف دیگر عدم امکان کنترل دقیق رژیم غذایی آزمودنی‌ها یکی دیگر از محدودیت‌های این تحقیق است. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات آینده از گروه‌های بزرگ‌تر و یا در سنین متفاوت استفاده شود تا تأثیر مکمل رسوراترول در سایر افراد بررسی شود. همچنین از محدودیت‌های تحقیق عدم امکان بررسی سایر فاکتورهای استرس اکسیداتیو بود که پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به تأثیر این مکمل بر سایر متغیرهای فیزیولوژیکی پرداخته شود تا درک عمیق‌تری و کامل‌تری از این مکمل بر فاکتورهای استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش به دست آید.

نتیجه‌گیری

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که مکمل رسوراترول از طریق کاهش مالون دی‌آلدئید و کراتینین کیناز و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی تام، اثرات محافظتی در برابر آسیب اکسیداتیو ناشی از ورزش مقاومتی شدید در زنان جوان دارد. این اثرات احتمالاً به فعالیت‌های آنتی اکسیدانی رسوراترول نسبت داده می‌شود که از طریق فعال‌سازی مسیرهای Nrf2 و مهار NF-kB صورت می‌گیرد. این اطلاعات می‌تواند برای کاربردهای دارویی در جلوگیری از آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو مفید باشد و پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده مدت زمان و دوزهای مختلف مکمل رسوراترول بررسی شود.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچگونه تضاد منافع‌ی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

این کار بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده مسئول بود. طرح پژوهشی به تصویب کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد (IR.IAU.SHK.REC.1401.029) رسید. نویسندگان مایل اند از کلیه آزمودنی‌هایی که در این تحقیق شرکت نموده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

انسیه، ی.، آمنه، پ. ق.، & محمد، ا. ب. (۲۰۲۱). تاثیر تعاملی تمرین هوازی و مکمل یاری رزوراترول بر برخی از شاخص‌های التهابی و مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲.

Asadi, S., Goodarzi, M. T., Saidijam, M., Karimi, J., Azari, R. Y., Farimani, A. R., & Salehi, I. (2015). Resveratrol attenuates visfatin and vaspin genes expression in adipose tissue of rats with type 2 diabetes. *Iranian journal of basic medical sciences*, 18(6), 537.

Aversa, R., Petrescu, R. V., Apicella, A., & Petrescu, F. I. (2016). One can slow down the aging through antioxidants. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(4).

Badria, F. A. (2015). *Evidence-based strategies in herbal medicine, psychiatric disorders and emergency medicine: BoD—Books on Demand*.

Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.

Bloomer, R. J. (2008). Effect of exercise on oxidative stress biomarkers. *Advances in clinical chemistry*, 46, 1-50.

Brzycki, M. (1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of physical education, recreation & dance*, 64(1), 88-90.

Chang, W.-H., Hu, S.-P., Huang, Y.-F., Yeh, T.-S., & Liu, J.-F. (2010). Effect of purple sweet potato leaves consumption on exercise-induced oxidative stress and IL-6 and HSP72 levels. *Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1710-1715.

Csiszar, A., Labinskyy, N., Pinto, J. T., Ballabh, P., Zhang, H., Losonczy, G., . . . Zhang, C. (2009). Resveratrol induces mitochondrial biogenesis in endothelial cells. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 297(1), H13-H20.

da Silva, W., Machado, Á. S., Souza, M. A., Mello-Carpes, P. B., & Carpes, F. P. (2018). Effect of green tea extract supplementation on exercise-induced delayed onset muscle soreness and muscular damage. *Physiology & behavior*, 194, 77-82.

Esterbauer, H., & Cheeseman, K. H. (1990). [42] Determination of aldehydic lipid peroxidation products: malonaldehyde and 4-hydroxynonenal. In *Methods in enzymology* (Vol. 186, pp. 407-421): Elsevier.

- Goldfarb, A. H., Bloomer, R. J., & McKenzie, M. J. (2005). Combined antioxidant treatment effects on blood oxidative stress after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 37(2), 234-239.
- Gu, T., Wang, N., Wu, T., Ge, Q., & Chen, L. (2021). Antioxidative stress mechanisms behind resveratrol: A multidimensional analysis. *Journal of Food Quality*, 2021.
- Gülçin, İ. (2010). Antioxidant properties of resveratrol: A structure–activity insight. *Innovative food science & emerging technologies*, 11(1), 210-218.
- Heo, H. J., & Lee, C. Y. (2005). Strawberry and its anthocyanins reduce oxidative stress-induced apoptosis in PC12 cells. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(6), 1984-1989.
- Hsu, Y.-J., Ho, C.-S., Lee, M.-C., Ho, C.-S., Huang, C.-C., & Kan, N.-W. (2020). Protective effects of resveratrol supplementation on contusion induced muscle injury. *International Journal of Medical Sciences*, 17(1), 53.
- Ji, L. L. (1999). Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Proceedings of the Society for experimental Biology and Medicine*, 222(3), 283-292.
- Ji, L. L., & Zhang, Y. (2014). Antioxidant and anti-inflammatory effects of exercise: role of redox signaling. *Free Radical Research*, 48(1), 3-11.
- khoramdel, m., & rezaeian, n. (2021). Effect of Resveratrol Supplementation on Changes in Serum Levels of Ceruloplasmin and Malondialdehyde in Response to One Session of High Intensity Exercise in Sedentary Young Overweight Men. *Sport Sciences Quarterly*, 13(43), 85-104. Retrieved from https://ssqj.karaj.iau.ir/article_689148_3137f4dea326f8f5ae83498a16bc409f.pdf
- Koushki, M., Lakzaei, M., Khodabandehloo, H., Hosseini, H., Meshkani, R., & Panahi, G. (2020). Therapeutic effect of resveratrol supplementation on oxidative stress: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Postgraduate medical journal*, 96(1134), 197-205.
- Malekyian-Fini, E., Kaviani-Nia, A., & Mahmoudi, F. (2015). The interactive effect of aerobic training and resveratrol supplementation on C-reactive protein and metabolic profiles in women with type 2 diabetes. *Feyz Medical Sciences Journal*, 19(5), 372-381.
- Manna, S. K., Mukhopadhyay, A., & Aggarwal, B. B. (2000). Resveratrol suppresses TNF-induced activation of nuclear transcription factors NF-κB, activator protein-1, and apoptosis: potential role of reactive oxygen intermediates and lipid peroxidation. *The Journal of Immunology*, 164(12), 6509-6519.
- McBRIDE, J. M., Kraemer, W. J., Triplett-McBride, T., & Sebastianelli, W. (1998). Effect of resistance exercise on free radical production. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(1), 67-72.
- Medicine, A. C. o. S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 687-708.
- Nasiri, M., Ahmadizad, S., Hedayati, M., Zarekar, T., Seydyousefi, M., & Faghfoori, Z. (2021). Trans-resveratrol supplement lowers lipid peroxidation responses of exercise in male Wistar rats. *Int. J. Vitam. Nutr. Res*, 91, 507-512.
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2(5), 270-278.
- Powers, S. K., Radak, Z., & Ji, L. L. (2016). Exercise-induced oxidative stress: past, present and future. *The Journal of physiology*, 594(18), 5081-5092.

- Quindry, J., Dumke, C., Slivka, D., & Ruby, B. (2016). Impact of extreme exercise at high altitude on oxidative stress in humans. *The Journal of physiology*, 594(18), 5093-5104.
- Rahimi, R., & Nejad, H. S. (2017). Effects of β -Hydroxy- β -Methylbutyrate Supplementation on IL-4, IL-10 and TGF- β 1 during Resistance Exercise in Athletes.
- Saxton, J., Donnelly, A., & Roper, H. (1994). Indices of free-radical-mediated damage following maximum voluntary eccentric and concentric muscular work. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 68(3), 189-193.
- Sen, R., & Baltimore, D. (1986). Inducibility of κ immunoglobulin enhancer-binding protein NF- κ B by a posttranslational mechanism. *Cell*, 47(6), 921-928.
- Silva, L. A., Silveira, P. C., Pinho, C. A., Tuon, T., Pizzol, F. D., & Pinho, R. A. (2008). N-acetylcysteine supplementation and oxidative damage and inflammatory response after eccentric exercise. *International journal of sport nutrition*, 18(4), 379.
- Sin, T. K., Yung, B. Y., Yip, S. P., Chan, L. W., Wong, C. S., Tam, E. W., & Siu, P. M. (2015). SIRT1-dependent myoprotective effects of resveratrol on muscle injury induced by compression. *Frontiers in Physiology*, 6, 293.
- Smoliga, J. M., Baur, J. A., & Hausenblas, H. A. (2011). Resveratrol and health—a comprehensive review of human clinical trials. *Molecular nutrition & food research*, 55(8), 1129-1141.
- Steinberg, J. G., Delliaux, S., & Jammes, Y. (2006). Reliability of different blood indices to explore the oxidative stress in response to maximal cycling and static exercises. *Clinical physiology and functional imaging*, 26(2), 106-112.
- Steiner, N., Balez, R., Karunaweera, N., Lind, J. M., Münch, G., & Ooi, L. (2016). Neuroprotection of Neuro2a cells and the cytokine suppressive and anti-inflammatory mode of action of resveratrol in activated RAW264. 7 macrophages and C8–B4 microglia. *Neurochemistry International*, 95, 46-54.
- Swamy, M. S., Sivanna, N., Tamatam, A., & Khanum, F. (2011). Effect of poly phenols in enhancing the swimming capacity of rats. *Functional Foods in Health and disease*, 1(11), 482-491.
- Thirupathi, A., Wang, M., Lin, J. K., Fekete, G., István, B., Baker, J. S., & Gu, Y. (2021). Effect of different exercise modalities on oxidative stress: a systematic review. *BioMed Research International*, 2021.
- TOFIGHI, A. (2011). EFFECT OF ACUTE AEROBIC TRAINING ACCOMPANIED BY VITAMIN C+ E SUPPLEMENTATION ON PLASMA INFLAMMATORY AND OXIDATIVE STRESS BIOMARKERS IN SEDENTARY OBESE WOMEN.
- Tsao, J.-P., Liu, C.-C., Wang, H.-F., Bernard, J. R., Huang, C.-C., & Cheng, I.-S. (2021). Oral Resveratrol supplementation attenuates exercise-induced Interleukin-6 but not Oxidative Stress after a high intensity cycling challenge in adults. *International Journal of Medical Sciences*, 18(10), 2137.
- Watson, T. A., Callister, R., Taylor, R. D., Sibbritt, D. W., MacDonald-Wicks, L. K., & Garg, M. L. (2005). Antioxidant restriction and oxidative stress in short-duration exhaustive exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(1), 63-71.
- Wu, R.-E., Huang, W.-C., Liao, C.-C., Chang, Y.-K., Kan, N.-W., & Huang, C.-C. (2013). Resveratrol protects against physical fatigue and improves exercise performance in mice. *Molecules*, 18(4), 4689-4702.

Xiao, N.-N. (2015). Effects of resveratrol supplementation on oxidative damage and lipid peroxidation induced by strenuous exercise in rats. *Biomolecules & Therapeutics*, 23(4), 374.

Zhang, X.-G., Zhang, Y.-Q., Zhao, D.-K., Wu, J.-X., Zhao, J., Jiao, X.-M., . . . Lv, X.-F. (2014). Relationship between blood glucose fluctuation and macrovascular endothelial dysfunction in type 2 diabetic patients with coronary heart disease. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 18(23).