



Effects of Elastic Resistance Training and Traditional Weight Training on Antioxidant and Oxidative Stress Markers in Untrained Men

Fardin Kalvandi¹, Kamal Azizbeigi*² , Mohammad Ali Azarbayjani³ 

1. PhD Candidate in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sports Science, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran
2. Associate Professor in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sports Science, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran
3. Professor in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Tehran Central Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 2018. November.28

Revised: 2019.January.11

Accepted: 2019.February.04

Abstract

Background and Aims: Resistance Training (RT) is very various and diverse. Although RT with weights has positive influence on antioxidant status, the effect of elastic resistance training (ERT) on the antioxidant and oxidative stress status has not been investigated. The aim of the present study was to compare effects of traditional Resistance training (TRT) and ERT on oxidative stress and antioxidant in untrained men.

Materials and Methods: A total of 30 untrained male students in Islamic Azad University, Sanandaj Branch, with no experience in RT, voluntarily participated in the present study in 2016 and randomly assigned into ERT (n=10), TRT (n=10), and control (n=10) groups. Blood samples were obtained prior to the study, and was repeated 72 hr after the last training session. Then, total antioxidant capacity (TAC), Superoxide dismutase (SOD), Glutathione peroxidase (GPX) as antioxidant indices, and Malondialdehyde (MDA), as oxidative stress index, were measured in the plasma.

Results: SOD activity significantly increased in TRT compared with control group ($p=0.016$), while GPX significantly increased in ERT compared with control group ($p=0.014$). Also, compared with control group, MDA significantly decreased in ERT after training ($p=0.045$). Moreover, TAC did not change significantly ($p>0.05$). However, we did not found a significant difference in variables mentioned between ERT and TRT ($p>0.05$).

Conclusion: According to the results, two traditional and elastic resistance training protocols can affect oxidative stress and antioxidant indices selectively. However, none of them has advantages over the other. Therefore, it is recommended that considering the conditions and facilities, elastic and traditional resistance training be used for improving antioxidant status.

Keywords: Elastic band training; Weight training; Superoxide dismutase; Malondialdehyde

Cite this article as: Kalvandi F, Azizbeigi K, Azarbayjani MA. Effect of elastic resistance training and traditional weight training on antioxidant and oxidative stress markers in untrained men. *J Rehab Med.* 2019; 8(3): 57-65.

* **Corresponding Author:** Associate Professor in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sports Science, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran
Email: kazizbeigi@gmail.com

DOI: 10.22037/jrm.2019.111070.1737

تأثیر تمرینات مقاومتی الاستیک و سنتی با وزنه بر شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی و فشار اکسیداتیو در مردان تمرین‌نکرده

فردین کلوندی^۱، کمال عزیزبیگی^{۲*}، محمدعلی آذربایجانی^۳

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران
 ۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران
 ۳. استاد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

پذیرش مقاله ۱۳۹۷/۱۱/۱۵ *

بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۱۰/۲۱

* دریافت مقاله ۱۳۹۷/۰۹/۰۷

چکیده

مقدمه و اهداف

تمرینات مقاومتی از تنوع گسترده‌ای برخوردار است. اگرچه تمرینات مقاومتی با وزنه تأثیر مثبتی بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی بدن دارد، با این وجود، تأثیر تمرینات مقاومتی الاستیک بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و فشار اکسیداتیو مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف تحقیق حاضر مقایسه تأثیر تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه و الاستیک بر شاخص‌های فشار اکسیداتیو و آنتی‌اکسیدان‌ها در مردان تمرین‌نکرده بود.

مواد و روش‌ها

آزمودنی‌ها ۳۰ دانشجوی پسر دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج (سال ۹۵) بدون سابقه تمرینات مقاومتی بودند که از طریق فراخون و به طور داوطلبانه در تحقیق حاضر شرکت کردند و به طور تصادفی در سه گروه تمرینات مقاومتی الاستیک ($n=10$)، گروه تمرینات مقاومتی سنتی ($n=10$) و گروه کنترل ($n=10$) قرار گرفتند. نمونه‌گیری از خون قبل از اعمال تمرینات صورت گرفت و بعد از ۷۲ ساعت فاصله نسبت به آخرین جلسه تمرینات مقاومتی مجدداً تکرار گردید. سپس ظرفیت آنتی‌اکسیدان تام پلاسما، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز به عنوان شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی و غلظت مالون دی‌آلدئید به عنوان شاخص پراکسیداسیون چربی (فشار اکسیداتیو) اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها

نتایج نشان داد فعالیت آنزیم سوپر اکسید دسموتاز در گروه تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه در مقایسه با گروه کنترل به طور معناداری افزایش یافت ($p=0/016$). همچنین در فعالیت گلوکاتایون پراکسیداز تفاوت معناداری بین گروه الاستیک با کنترل مشاهده شد ($p=0/014$)؛ در حالی که مالون دی‌آلدئید در گروه مقاومتی الاستیک در مقایسه با گروه کنترل به طور معناداری کاهش یافته بود ($p=0/045$). هرچند ظرفیت آنتی‌اکسیدان تام پلاسما تحت تأثیر هیچ‌کدام از تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه و الاستیک قرار نگرفت ($p>0/05$). در هر حال بین دو گروه تمرینات مقاومتی الاستیک و مقاومتی سنتی با وزنه بین هیچ‌کدام از متغیرهای مذکور اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p>0/05$).

نتیجه‌گیری

هر دو تمرینات مقاومتی سنتی و الاستیک به طور انتخابی بر عوامل آنتی‌اکسیدانی و فشار اکسیداتیو موثر می‌باشد، در حالی که هیچ‌کدام بر دیگری برتری ندارد؛ بنابراین توصیه می‌شود با توجه به شرایط و امکانات در مواقع لزوم در جهت بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی از تمرینات الاستیک و یا مقاومتی با وزنه استفاده شود.

واژه‌های کلیدی

تمرین با باند کششی؛ سوپر اکسید دسموتاز؛ مالون دی‌آلدئید

نویسنده مسئول: کمال عزیزبیگی، دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، خیابان پاسداران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، سنندج، کردستان، ایران

آدرس الکترونیکی: kazizbeigi@gmail.com

مقدمه و اهداف

تاثیر نامطلوب رادیکال‌های آزاد بر فعالیت سالم و زندگی سلول‌ها به خوبی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. رادیکال‌های آزاد مولکول بسیار واکنش‌پذیری می‌باشد که به سبب الکترون جفت‌نشده به محض تولید انتشار یافته و میل بسیار زیادی برای ترکیب شدن با بیومولکول‌های ساختار سلولی نشان خواهد داد.^[۱] ترکیب رادیکال‌های آزاد با ساختاری پروتئینی، لیپیدی‌های غیراشباع غشایی و حتی DNA هسته سلول‌ها موجب ایجاد واکنش‌های زنجیره‌ای شده و شرایطی را به نام فشار اکسیداتیو به وجود خواهد آورد.^[۲] به سبب اینکه رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژنی حتی در شرایط استراحتی نیز تولید می‌شوند، سلول‌ها دارای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی بوده و در شرایط طبیعی توانایی پاکسازی محیط سلول‌ها را از رادیکال‌های آزاد خواهند داشت.^[۳] با این وجود، طی فعالیت‌های ورزشی با افزایش نشت الکترون از مسیرهای تولید انرژی بیش از قدرت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی، توانایی این سیستم‌ها در پاکسازی رادیکال‌های آزاد کاهش خواهد یافت.^[۴] بر همین اساس ایجاد شرایط محرک جهت تقویت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی درون‌زا جهت مقابله با فشار اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های آزاد همواره مورد توجه بوده است. یکی از مهمترین راهبردهای تقویت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز، گلوکاتایون پراکسیداز و نیز ظرفیت آنتی‌اکسیدان تام پلاسما که در نهایت موجب کاهش فشار اکسیداتیو می‌شود، استفاده از تمرینات و فعالیت‌های ورزشی و جسمانی منظم است.^[۵] گزارش شده است که تمرینات ورزشی می‌تواند قدرت آنتی‌اکسیدانی آنزیم‌هایی مانند سوپر اکسید دیسموتاز را افزایش دهد و موجب کاهش غلظت مالون دی‌آلدئید گردد و نهایتاً فشار اکسیداتیو را کاهش دهد.^[۶] با این وجود، امروزه تمرینات ورزشی از پروتکل‌های متنوع‌تر و پیچیدگی‌های بیشتری برخوردار می‌باشد، به خصوص زمانی که ورزشکاران تمرینات مقاومتی را در برنامه تمرینات خود قرار داده باشند. در کنار همه پیچیدگی‌های تمرینات مقاومتی و متغیرهای تاثیرگذار بر سازگاری‌های فیزیولوژیکی، تمرینات مقاومتی به سبب افزایش قدرت، توان و هایپرتروفی عضلانی و نقش مهمی که در افزایش آمادگی جسمانی دارند، همواره مورد توجه مربیان و ورزشکاران قرار دارد.^[۷] تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی فزاینده سنتی با وزنه طی هشت هفته می‌تواند در مردان تمرین‌نکرده مالون دی‌آلدئید را به عنوان شاخص فشار اکسیداتیو (پراکسیداسیون چربی) کاهش دهد و موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز شود.^[۸] و شدت اجرای تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه در کاهش فشار اکسیداتیو و التهاب و افزایش شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی بی‌تاثیر است.^[۷] هرچند برخی از محققان به تازگی گزارش داده‌اند که تمرینات مقاومتی با شدت متوسط در مقایسه با تمرینات مقاومتی با شدت بالا در کاهش آسیب DNA ناشی از فشار اکسیداتیو مفیدتر است.^[۸] با این وجود، ورزشکاران تمرینات مقاومتی را تنها کار با وزنه‌های آزاد و ماشین‌های مقاومتی سنتی می‌شناسند و کمتر به دیگر پروتکل‌های تمرینات مقاومتی مانند تمرینات با باندهای کششی مرسوم به تمرینات الاستیک توجه نموده‌اند.^[۹] در حال با وجود اینکه تمرینات مقاومتی سنتی تاثیر مطلوبی بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش فشار اکسیداتیو دارند، باید اذعان کرد که کار با وزنه‌های آزاد و ماشین‌های مقاومتی از ریسک آسیب‌پذیری زیادی برخوردار بوده^[۱۰] و این وزنه‌ها و دستگاه‌ها علاوه بر تحمیل هزینه‌های اقتصادی زیاد و حجیم بودن در مقایسه با تمرینات الاستیک به سبب اینکه وابسته به نیروی گرانش می‌باشند، با محدودیت‌هایی از نظر الگوهای حرکتی مواجه می‌باشند و به راحتی نمی‌توان الگوهای حرکتی رشته‌های ورزشی را اجرا کرد.^[۱۱-۱۲] بر این اساس امروزه استفاده از تمرینات مقاومتی الاستیک با استفاده از باندهای کشی توسط ورزشکاران حرفه‌ای، آماتور و همچنین مربیان و تکنسین‌های ورزشی و توانبخشی به خوبی مورد قبول واقع شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد و حتی استفاده از باندهای کششی در زمینه توانبخشی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با وجود روند رو به رشد استفاده از تمرینات مقاومتی الاستیک، هنوز بسیاری از جنبه‌ها، آثار و ویژگی‌های این نوع از تمرینات مورد بررسی قرار نگرفته و پژوهش‌ها در این زمینه بسیار محدود است؛ به طوری که پاسخ و سازگاری‌های فیزیولوژیکی احتمالی در مقایسه با تمرینات مقاومتی سنتی مورد بحث است. به همین سبب محققین در نظر دارند تاثیر این نوع از تمرینات مقاومتی را مورد بررسی قرار دهند و مقایسه‌ای بین تاثیر تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه و تمرینات مقاومتی الاستیک بر آنتی‌اکسیدان‌های پلاسمایی و فشار اکسیداتیو انجام دهند و به این پرسش پاسخ دهند که آیا تاثیر تمرینات مقاومتی الاستیک در مقایسه با تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه بر تغییرات آنتی-اکسیدان‌های پلاسمایی و شاخص‌های فشار اکسیداتیو متفاوت است یا خیر.

مواد و روش‌ها

تحقیق نیمه‌تجربی حاضر با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون می‌باشد. جهت بررسی تاثیر و مقایسه تمرینات مقاومتی الاستیک و سنتی با وزنه، تعداد ۳۰ دانشجوی مرد تمرین‌نکرده دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج در نیمسال اول ۹۷-۹۶ از طریق فراخوان در دانشکده‌ها و خوابگاه‌ها به طور داوطلبانه در پژوهش حاضر شرکت کردند و مطابق با معیارهای ورود و خروج انتخاب شدند و به طور تصادفی در یکی از گروه‌های تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه ($n=10$)، تمرینات مقاومتی الاستیک ($n=10$) و گروه کنترل ($n=10$) قرار گرفتند. ابتدا اطلاعات و آگاهی‌های لازم درباره چگونگی انجام پژوهش و مراحل آن در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت و شرکت‌کنندگان از هدف، فواید و خطرات احتمالی پژوهش مطلع شدند. سپس معیارهای ورود به تحقیق برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شد و چهار نفر از شرکت‌کنندگان که شرایط و

ضوابط ورود به پژوهش را نداشتند، از مطالعه کنار گذاشته شدند. معیار ورود آزمودنی‌ها عدم سابقه انجام تمرینات مقاومتی از هر شکل و نوعی در شش ماه گذشته، عدم اعتیاد به دخانیات، عدم سابقه بیماری‌های متابولیکی و قلبی-عروقی (بر اساس سوابق پزشکی) و عدم استفاده از داروی ضد درد التهابی استروئیدی و غیراستروئیدی بود. سپس بر اساس شاخص توده بدنی شرکت‌کنندگانی که وضعیت سلامتی آنها خارج از محدوده سلامت بود، حذف شدند؛ به طوری که هر آزمودنی که شاخص توده بدنی خارج از دامنه ۱۸/۵-۲۴/۹ کیلوگرم بر مترمربع داشت، از شرکت در تحقیق کنار گذاشته شد. لازم به ذکر است غیبت بیش از ۲ جلسه در طول تحقیق، ابتلا به بیماری عفونی، استفاده از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی شیمیایی و گیاهی، فعالیت جسمانی روزانه بیشتر از ۲۰ دقیقه معیار خروج آزمودنی‌ها از تحقیق بود. بعد از تعیین آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه در اختیار شرکت‌کنندگان قرار گرفت و قبل از شروع کار و هرگونه مداخله‌ای فرم را تکمیل و امضا کردند.

اندازه‌گیری‌های ویژگی‌های آنروپومتریکی و عملکردی آزمودنی‌ها

قد و وزن افراد با استفاده از قدسنج دیواری (مدل ۴۴۴۴۰ شرکت کاوه، ایران) با دقت ± 0.1 سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. درصد چربی بدن آزمودنی‌ها با استفاده از ضخامت چین پوستی از طریق کالیپر (هارپندن، مدل C-136، آمریکا) و توسط تکنسین ماهر از طرف راست بدن بعد از سه بار اندازه‌گیری با فواصل زمان ۵ دقیقه انجام شد و میانگین مقادیر به دست آمده از طریق فرمول مربوطه به درصد چربی بدن^[۱۳] تبدیل گردید. شاخص توده بدنی از تقسیم وزن فرد (کیلوگرم) به مجذور قد (متر) محاسبه شد. به منظور حذف خطای فردی همه اندازه‌گیری‌ها توسط یک فرد انجام شد. برای بررسی تغییرات قدرت اندام فوقانی و تحتانی از آزمون اسکات (پرس پا) با استفاده از دستگاه پرس پا و همچنین پرس سینه از طریق روش تخمینی استفاده شد. به همین منظور در یک روز آموزش‌های لازم در مورد نحوه انجام آزمون هدف و نحوه صحیح حرکت برای تمامی آزمودنی‌ها توضیح داده شد و چند بار بدون بار و وزنه حرکت توسط آزمودنی‌ها تکرار گردید و نکات لازم بازخورد داده شد. سپس در جلسه دوم همان روز طبق برآورد خود آزمودنی‌ها مقادیر وزنه انتخاب شده، تعداد هر حرکت در صورتی که بین ۵-۷ بار بیشینه انجام گردید، ثبت شد. مقادیر به دست آمده از طریق فرمول برزیسکی به مقادیر یک تکرار بیشینه تبدیل گردید^[۱۴]

$$1-RM = 100 * \text{load rep} / (102.78 - 2.78 * \text{rep})$$

لازم به ذکر است چون شرکت‌کنندگان همگی از غذای دانشگاه به طور مشابه استفاده می‌کردند، بنابراین دارای رژیم غذایی مشابه بودند. البته جهت اطمینان عادات غذایی و مقادیر آنتی‌اکسیدان دریافتی رژیم غذایی در دو روز مجزا کنترل شد. ابتدا در سه گروه، یک روز قبل از شروع برنامه تمرینات مقاومتی مقادیر کل مواد غذایی دریافتی از طریق فرم یادآمد خوراکی ثبت و یادداشت شد و همچنین یک روز قبل از پایان دوره تمرینات دوباره از طریق فرم مربوطه مجدداً ثبت گردید. از آزمودنی‌ها خواسته شد هر آنچه در طول ۲۴ ساعت مواد غذایی و نوشیدنی مصرف می‌کردند، در فرم یادآمد خوراکی ثبت و به طور تقریبی از لحاظ وزنی یادداشت کنند.

برنامه تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه و الاستیک

تمرینات مقاومتی به صورت سه روز متناوب در هفته به مدت هشت هفته در ساعات ۱۸-۱۵ با استفاده از وزنه‌های آزاد و دستگاه در گروه مقاومتی سنتی و همچنین با استفاده از کش‌های الاستیک در گروه مقاومتی الاستیک انجام شد. گروه تمرینات مقاومتی سنتی از هشت حرکت اسکات، پرس پا با دستگاه، پرس سینه با هالتر، سیم‌کشی، جلو بازو و پشت بازو با هالتر، جلو پا و پشت پا با دستگاه و تمرین شکم (درازنشست) تشکیل می‌شد، در حالی که همین حرکات به طور شبیه‌سازی شده با استفاده از کش‌های الاستیکی در گروه تمرینات الاستیک به همین منوال انجام می‌گردید. برای این منظور کش‌های مورد نظر با استفاده از گیره و مواد لازم محکم به فضای سالن ورزشی متصل شده، به طوری که آزمودنی‌ها به طور راحت حرکات مورد نظر را انجام می‌دادند. در موارد لازم از میز و نیمکت‌های ورزشی استفاده می‌شد. لازم به ذکر است اصل اضافه بار از طریق کاهش تعداد تکرار بیشینه و افزایش تعداد ست‌ها انجام می‌شد، زیرا در تمرینات الاستیک نمی‌توان یک تکرار بیشینه را محاسبه کرد؛ بنابراین برای اینکه دو پروتکل تمرین مقاومتی دقیقاً مشابه باشند، در هر دو گروه از طریق کاهش تعداد تکرار بیشینه استفاده شد. همچنین با استفاده از مقیاس درک فشار امنی^۱ قبل و در آغاز هر هفته میزان شدت تمرینات در هر دو گروه مورد سنجش قرار گرفت و از برابر بودن شدت تمرینات در دو گروه اطمینان حاصل شد.^[۱۵] همچنین لازم است اشاره شود در پایان هر هفته و در شروع هفته بعد برای اینکه مقاومت کش افزوده گردد، مقداری از طول کش کاسته شد تا بر اساس جدول یک. حداکثر تکرار بیشینه مقدر گردد.^[۱۶] جزئیات تمرینات مقاومتی الاستیک و مقاومتی سنتی با وزنه در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین ۱۰ دقیقه گرم کردن (دویدن آرام، حرکات کششی و نرمش) قبل از شروع برنامه اصلی و متعاقب آن ۲۵-۲۰ تکرار نیز برای گرم کردن اختصاصی قبل از انجام هر حرکت انجام شد.

^۱ OMNI Resistance Exercise Scale

فصلنامه علمی - پژوهشی طب توانبخشی *

جدول ۱: برنامه تمرینات مقاومتی الاستیک و مقاومتی سنتی با وزنه

هفته	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
تکرار	۱۶	۱۶	۱۴	۱۴	۱۲	۱۲	۱۰	۱۰
ست	۳	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۴
فاصله استراحتی (ثانیه)	۶۰	۶۰	۸۰	۸۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰

نمونه‌گیری خون، آماده‌سازی پلاسما و روش‌های بیوشیمیایی

برای بررسی متغیرهای بیوشیمیایی نمونه‌گیری در طی دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون (با فاصله ۷۲ ساعت نسبت به آخرین جلسه تمرینات) به عمل آمد. نمونه‌گیری در هر دو وضعیت پیش‌آزمون و پس‌آزمون از ورید پیش‌آرنجی دست راست و در حالت نشسته به مقدار ۱۰ سی‌سی بعد از ۱۰ ساعت ناشتایی در ساعات ۸ الی ۱۰ صبح تقریباً بعد از ۵ دقیقه استراحت انجام شد. به منظور جداسازی پلاسما از سلول‌ها نمونه خون به مدت ۱۰ دقیقه در ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و سپس پلاسما از سلول‌ها جدا شد.^[۶] پلاسما به دست آمده جهت سنجش شاخص‌های بیوشیمیایی مورد مطالعه استفاده گردید. همچنین فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دسموتاز (Cat No SD (125, Ransel, UK) و گلوکاتایون پراکسیداز (Cat No RS 504, Ransel, UK) با استفاده از کیت‌های تخصصی با روش بیوشیمیایی سنجش شد و به صورت واحد بین‌المللی در لیتر بیان شد، در حالی که ظرفیت آنتی‌اکسیدان تام پلاسما (Cat No NX (2332, Randox, UK) از کیت تخصصی صورت گرفت و به صورت میلی‌مول در لیتر بیان گردید. مالون دی‌آلدئید به عنوان شاخص پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع از روش بیوگ و اویست (۱۹۷۸) و با استفاده از محلول تهیه‌شده سنجش شد و به صورت میلی-مول در میلی‌لیتر بیان شد.

از آزمون آماری کلموگروف-اسمیرنوف جهت طبیعی بودن توزیع داده‌ها استفاده شد. بعد از مشخص شدن طبیعی بودن توزیع از آزمون آماری ANOVA با اندازه‌های مکرر برای بررسی تغییرات متغیرهای مورد مطالعه و بررسی تاثیر تمرینات مقاومتی در دو گروه استفاده شد. همچنین همگن بودن برخی از متغیرهای فیزیولوژیکی و عملکردی قبل از شروع برنامه تمرینات از آزمون آماری تحلیل واریانس یک-طرفه مورد بررسی قرار گرفت. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ در محیط ویندوز انجام شد. همچنین سطح معناداری نیز $p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های توصیفی و عملکردی آزمودنی‌ها در سه گروه مورد مطالعه قبل و بعد از تمرینات در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای توصیفی، فیزیولوژیکی و عملکردی آزمودنی‌ها قبل از تمرین

متغیر	مقاومتی سنتی با وزنه	مقاومتی الاستیک	کنترل
سن (سال)	۲۱/۱±۲/۲	۲۰/۲±۱/۲	۲۱/۵±۲/۲
وزن (کیلوگرم) قبل از تمرین	۷۱/۷±۳/۲	۷۰/۳±۲/۴۲	۷۳/۸۴±۳/۶۲
قد (سانتی‌متر)	۱۷۴/۳±۲/۲	۱۷۲/۴۰±۲/۱	۱۷۶±۱/۳۲
درصد چربی بدن قبل از تمرین	۲۰/۵±۲/۵	۲۱/۷±۳/۲	۲۰/۱۰±۲/۵۷
درصد چربی بدن بعد از تمرین	۲۰/۱±۱/۱	۲۰/۸±۲/۵	۲۰/۲±۲/۲
یک تکرار بیشینه پرس سینه قبل از تمرین (کیلوگرم)	۲۵/۲±۵/۵	۲۴/۳±۲/۲	۲۳/۲±۲/۸۵
یک تکرار بیشینه پرس سینه بعد از تمرین (کیلوگرم)	۳۲/۷۶±۲/۴	۳۰/۱±۳/۵	۲۴/۴±۳/۳
یک تکرار بیشینه اسکات (پرس پا) قبل از تمرین (کیلوگرم)	۵۲/۳±۴/۵	۵۲/۱±۷/۵	۵۱/۱±۵/۵۸
یک تکرار بیشینه اسکات (پرس پا) بعد از تمرین (کیلوگرم)	۶۶/۷۶±۶/۶	۶۴/۸۶±۵/۴	۵۲/۳±۴/۷

نتایج نشان داد قبل از انجام تمرینات مقاومتی اختلاف معناداری بین گروه‌های مورد مطالعه در قدرت بیشینه اندام فوقانی و تحتانی وجود نداشت ($p > 0.05$). همچنین مشاهده شد اختلاف درصد چربی بدن قبل از شروع دوره تمرینات بین سه گروه از لحاظ آماری معنادار نبود ($p > 0.05$). مشاهده شد درصد چربی بدن تحت تاثیر هیچ‌کدام از تمرینات مقاومتی سنتی و الاستیک قرار نگرفتند ($p > 0.05$). با این

وجود، تغییرات در قدرت اندام فوقانی ($p \leq 0.001$) و تحتانی ($p \leq 0.001$) بعد از دوره تمرینات مقاومتی افزایش معنادار یافت، ولی بین دو گروه مقاومتی و الاستیک اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p > 0.05$) (جدول ۲).

جدول ۳: نتایج متغیرهای بیوشیمیایی قبل و بعد از اعمال تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه و الاستیک

متغیر	مقاومتی الاستیک	مقاومتی سنتی با وزنه	کنترل	زمان در گروه (p)
سوپر اکسید دسموتاز (U/ml)	پیش‌آزمون	۱۸۰/۶±۲۰/۵	۱۸۴/۸±۱۵/۰۱	۰/۰۰۲*
	پس‌آزمون	۲۰۹/۳±۱۷/۳	۱۹۲/۳±۲۰/۷	
گلوکاتایون پراکسیداز (U/ml)	پیش‌آزمون	۴۵۸۵/۲±۱۱۵۱	۴۵۹۳/۶±۱۱۲۰/۴	۰/۰۴۵*
	پس‌آزمون	۵۹۷۹/۹±۱۸۸/۳	۵۶۴۷/۵±۱۰۵۱/۲	
ظرفیت آنتی‌اکسیدان تام پلاسما (mmol/l)	پیش‌آزمون	۱/۳۵±۰/۲۴	۱/۳۸±۰/۱۲	۰/۲۰۴
	پس‌آزمون	۱/۵۳±۰/۲۱	۱/۴۷±۰/۱۹	
مالون دی‌آلدئید (mmol/ml)	پیش‌آزمون	۲/۰۴±۰/۵۹	۱/۹±۰/۳۶	۰/۰۰۳*
	پس‌آزمون	۱/۲±۰/۳۵	۱/۲±۰/۳۴	

* نشان‌دهنده تفاوت معناداری در سطح $p \leq 0.05$ می‌باشد.

همچنین نتایج نشان داد که در آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز ($p = 0.002$) و مالون دی‌آلدئید ($p = 0.003$) اثر زمان در گروه معناداری بود. مشاهده شده است که فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در گروه تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه نسبت به گروه کنترل به طور معناداری افزایش یافته بود. همچنین نتایج بیانگر آن بود که مالون دی‌آلدئید در گروه مقاومتی الاستیک نسبت به گروه کنترل به طور معناداری کاهش یافته بود. از طرفی دیگر، فعالیت گلوکاتایون پراکسیداز در گروه مقاومتی الاستیک در مقایسه با گروه کنترل به طور معناداری بیشتر بود ($p = 0.045$). با این وجود، تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدان تام پلاسما و نسبت به زمان در گروه معنادار نبود ($p > 0.05$). در هر حال بین دو گروه مقاومتی الاستیک و سنتی بین هیچ‌کدام از متغیرهای مذکور اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p > 0.05$). تغییرات متغیرهای مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است.

بحث

هدف از تحقیق حاضر مقایسه تاثیر دو پروتکل تمرینات مقاومتی به روش سنتی با استفاده از هالتر و وزنه‌های آزاد و تمرینات مقاومتی الاستیک با استفاده از باند کششی بر وضعیت آنتی‌اکسیدان‌های پلاسمایی و فشار اکسیداتیو بود.

تغییرات قدرت در اندام فوقانی در گروه تمرینات مقاومتی سنتی به میزان ۳۰/۳ درصد افزایش یافت، در حالی که افزایش قدرت اندام فوقانی در گروه الاستیک ۲۸/۲ درصد بود. همچنین قدرت اندام تحتانی نیز تحت تاثیر تمرینات مقاومتی قرار گرفت و به ترتیب ۲۵/۳ درصد و ۲۴/۵ درصد در گروه تمرینات مقاومتی سنتی و الاستیک افزایش معناداری یافت. در بررسی دقیق‌تر مشاهده شد این تغییرات در دو گروه تفاوت معناداری نداشتند. به نظر می‌رسد مکانیزم‌های مرتبط با بهبود قدرت مانند مکانیزم‌های عصبی و هورمونی به طور مشابهی تحت تاثیر دو نوع متفاوت تمرینات مقاومتی قرار گرفته‌اند. Kraemer و همکاران گزارش دادند زمانی که تمرینات الاستیک دارای مدل‌های قوی و مناسب باشد و به طور صحیح طراحی شود، می‌توان تمرینات با کیفیتی مانند آنچه از تمرینات مقاومتی دیده می‌شود، داشت و سازگاری‌های بسیار مطلوب در سطح بالایی از تمرینات مقاومتی الاستیک عاید خواهد شد.^[۱۷]

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که درصد چربی بدن آزمودنی‌ها تغییر معناداری نکرد و بین دو گروه نیز تفاوتی مشاهده نشد. بخشی از تغییرات مرتبط با فشار اکسیداتیو و رادیکال‌های آزاد را می‌توان ناشی از تجمع بافت آدیپوز دانست، چراکه گزارش شده است فشار اکسیداتیو در افراد چاق بیش از افرادی است که دارای درصد چربی بدن طبیعی می‌باشد.^[۱۸] در هر حال متغیر مداخله‌گر درصد چربی و همچنین سن بدن قبل از شروع تمرینات مقاومتی بین سه گروه همگن شد و عدم تغییرات این متغیرها به این معنی است تغییرات فشار اکسیداتیو که در اینجا از طریق تغییرات غلظت مالون دی‌آلدئید ارزیابی می‌شود، تحت تاثیر این متغیرها قرار نگرفته است.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که آنزیم سوپر اکسید دسموتاز تنها در گروه تمرینات مقاومتی سنتی افزایش یافت. هرچند اختلاف معناداری بین دو گروه مقاومتی مشاهده نشد. همسو با نتایج تحقیق حاضر گزارش شده است آنزیم سوپر اکسید دسموتاز بعد از هشت هفته تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه در گلبول‌های قرمز افزایش معنادار یافت.^[۱۶] هرچند در تحقیق حاضر تغییرات آنزیم سوپر اکسید دسموتاز در پلاسما ارزیابی شده و در تحقیق قبلی در گلبول‌های قرمز مورد سنجش قرار گرفته و تا حدودی مقایسه تحقیقات را سخت‌تر و محدودتر می‌کند،

ولی در حال باید اشاره شود آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اولین سد دفاعی در برابر تهاجم رادیکال‌های آزاد بوده و موجب دیسموتاسیون رادیکال سوپر اکسید به مولکول اکسیژن خواهد شد.^[۱۹] اینکه این آنزیم تنها در گروه تمرینات مقاومتی سنتی افزایش یافته است، به این معنی است در این گونه از تمرینات تجمع رادیکال سوپر اکسید از غلظت بالایی برخوردار بوده که موجب تحریک فعالیت این آنزیم گردیده است. از طرفی دیگر، به نظر می‌رسد انفجار تنفسی نوتروفیل‌ها نیز در این زمینه دخیل می‌باشد. به سبب اینکه تمرینات مقاومتی سنتی از ویژگی آسیب‌زایی زیادتری برخوردار می‌باشد.^[۱۰] و تمرینات الاستیک دارای قدرت آسیب‌زایی کمتری برخوردار می‌باشد.^[۹] و خود بافت‌ها و پدیده کموتاکسی موجب فراخوانی نوتروفیل‌ها به محیط آسیب‌دیده شده و با تولید رادیکال سوپر اکسید و ایجاد شرایطی به نام انفجار تنفسی موجب فشار اکسیداتیو موقت می‌گردد. به سبب وجود این پدیده به نظر می‌رسد سلول‌ها چون مدام در برابر این شرایط قرار گرفته‌اند، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دسموتاز را افزایش داده‌اند.^[۲۰] در هر حال این مساله نیاز به بررسی بیشتری دارد.

همچنین نتایج تحقیق نشان داد که آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز تنها در گروه تمرینات مقاومتی الاستیک افزایش معناداری یافت و تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه تأثیری بر تغییرات این آنزیم نداشت. بعضی پژوهش‌ها در این ارتباط نشان دادند که تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه تأثیری بر تغییرات آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز در گلبول‌های قرمز ندارد.^[۶]؛ در حالی که در پژوهشی دیگر مخالف با نتایج تحقیق حاضر گزارش شد که تمرینات مقاومتی سنتی با وزنه به طور معناداری آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز را افزایش داد.^[۷] لازم به ذکر است آنزیم‌های گلوکاتایون پراکسیداز و کاتالاز عمل مشابهی بر روی پر اکسید هیدروژن انجام می‌دهند، اما گلوکاتایون پراکسیداز با تجمع بالایی از گونه‌های فعال اکسیژن کارایی دارد و اهمیت عمل کاتالاز با تجمع پایین ROS انجام می‌گیرد.^[۲۱] اینکه تمرینات مقاومتی الاستیک موجب افزایش فعالیت این آنزیم شده است نشان می‌دهد که غلظت پراکسید هیدروژن در محیط سلول‌ها زیاد بود و محرک مناسبی برای افزایش فعالیت این آنزیم بوده است. از طرفی دیگر، گزارش شده است که آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز بیشتر در گلبول‌های قرمز بیان می‌شود.^[۲۲] هرچند گلوکاتایون پراکسیداز در انسان دارای هشت ایزوفرم می‌باشد.^[۲۳] و در تحقیق حاضر به شکل توتال (مجموع فعالیت ایزو فرم‌های مختلف گلوکاتایون پراکسیداز در پلاسما) فعالیت این آنزیم در پلاسما محاسبه شده است و این مساله مقایسه تأثیرپذیری گلوکاتایون پراکسیداز را در سلول‌های قرمز و بافت‌های متفاوت و پلاسما با محدودیت مواجه می‌سازد، اما به نظر می‌رسد شرایط و استرس ناشی از تمرینات مقاومتی سنتی و الاستیک کاملاً با هم متفاوت بوده؛ به طوری که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به طور انتخابی تحت تأثیر قرار گرفته است. با این وجود، باید اذعان نمود به سبب عدم وجود تحقیقات مرتبط با اثر تمرینات الاستیک بر تغییرات آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز بررسی و توجیه دقیق رفتار آنزیم را نسبت به این گونه از تمرینات با محدودیت بیشتری مواجه خواهد کرد.

همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ظرفیت آنتی‌اکسیدان تام پلاسما تحت هیچ‌کدام از دو نوع تمرین مقاومتی قرار نگرفت؛ در حالی که مالون دی آلدئید در گروه مقاومتی الاستیک کاهش معناداری یافته بود. اینکه چرا ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پلاسما تغییر معناداری نکرده است و تحت تأثیر هیچ‌کدام از تمرینات مقاومتی قرار نگرفته است، مشخص نیست. در هر حال به نظر می‌رسد افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپر اکسید دیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز نیاز به افزایش آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی را کاهش داده و تطابق دیگر مسیرهای آنتی‌اکسیدانی موجب همین مساله شده باشد.

همچنین مشاهده شد که مالون دی آلدئید تنها در گروه مقاومتی الاستیک به طور معناداری نسبت به گروه کنترل کاهش یافت، هرچند در نهایت و در مجموع تغییرات به وجود آمده تفاوتی در میزان کاهش غلظت مالون دی آلدئید در دو گروه مقاومتی سنتی و الاستیک مشاهده نشد. در گروه مقاومتی الاستیک بعید به نظر می‌رسد کاهش غلظت مالون دی آلدئید ناشی از کاهش فشار اکسیداتیو حاصل از افزایش قدرت آنتی‌اکسیدانی‌هایی مانند گلوکاتایون پراکسیداز باشد. شاید افزایش مقاومت سلول‌ها در برابر نشات الکترون‌ها و افزایش مقاومت غشای سلول‌ها در برابر تهاجم رادیکال‌های آزاد موجب این پدیده شده باشد، چرا که گزارش شده است فعالیت جسمانی می‌تواند حساسیت سلول‌ها به ویژه گلبول‌های قرمز نسبت به فشار اکسیداتیو را کاهش دهد.^[۲۴] مخالف با نتایج تحقیق حاضر Cakir-Atabek (۲۰۱۰) گزارش دادند حتی بعد از شش هفته تمرینات مقاومتی کاهش معناداری در میزان مالون دی آلدئید پلاسمایی نسبت به دو شدت ۷۰ و ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه مشاهده شد.^[۲۵] به نظر می‌رسد آنچه موجب این اختلاف در نتایج شده است شدت به کار رفته در تحقیقات مذکور باشد، چرا که در بیشتر تحقیقاتی که اثرات مثبت تمرینات مقاومتی را بر فشار اکسیداتیو گزارش کرده‌اند از شدت‌های بالاتری استفاده کرده‌اند.^[۲۵] در تحقیق حاضر تا هفته پنجم تعداد تکرارها بیشتر از ۱۲ تکرار بیشینه بود که این مساله بیان می‌کند شدت به کار رفته کمتر از مقدار پروتکل هایپرتروفی می‌باشد (یعنی شدت تمرینات کمتر از ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه) و تنها چهار هفته آخر برنامه تمرینی در محدوده هایپرتروفی و شدت متوسط تمرینات مقاومتی انجام شده است؛ بنابراین به نظر می‌رسد شدت عامل تأثیرگذاری بوده است و موجب این تناقضات گردیده است. از طرفی دیگر، ماهیت آسیب‌زایی این گونه از تمرینات (مقاومتی سنتی با وزنه) که پدیده فشار اکسیداتیو ناشی از آسیب‌های ثانویه حاصل از انفجار تنفسی نوتروفیل‌ها است، موجب می‌شود میزان آسیب‌ها چند روز به طول انجامد و موجب تلاطم‌هایی در وضعیت ردوکس و فشار اکسیداتیو گردد و سطح مالون دی آلدئید را در دوره پس‌آزمون همچنان در سطوح بیش از مقدار استراحتی نگه دارد؛ به طوری که کاهشی در غلظت مالون دی آلدئید مشاهده نشود. با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر تنها مالون دی آلدئید به عنوان

شاخص پراکسیداسیون چربی ناشی از فشار اکسیداتیو اندازه‌گیری شد. بهتر است میزان پروتئین کربونیل‌شده و نیز 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) به عنوان شاخص آسیب DNA مورد ارزیابی قرار گیرد تا جنبه‌های بیشتری از فشار اکسیداتیو مورد مطالعه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

یافته‌ها نشان داد که هر دو تمرینات مقاومتی سنتی و الاستیک به طور انتخابی بر عوامل آنتی‌اکسیدانی و فشار اکسیداتیو موثر می‌باشد؛ در حالی که هیچ‌کدام بر دیگری برتری ندارد. بنابراین توصیه می‌شود با توجه به موقعیت موجود در مواقع لزوم و بسته به شرایط و امکانات حاضر در جهت بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی از تمرینات الاستیک و یا مقاومتی سنتی به دلخواه استفاده شود.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری آقای فردین کلوندی می‌باشد. از تمامی شرکت‌کنندگان که به عنوان آزمودنی در تحقیق حاضر شرکت کردند، نهایت تشکر را داریم.

منابع

1. Lobo V, Patil A, Phatak A, Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacogn Rev.* 2010; 4(8): 118–126.
2. Singh R, Devi S, Gollen R. Role of free radical in atherosclerosis, diabetes and dyslipidaemia: larger-than-life. *Diabetes Metab Res Rev.* 2015;31(2):113-26
3. Macásek J, Zeman M, Vecka M, Vávrová L, Kodydková J, Tvrzická E, Zák A. Reactive oxygen and nitrogen species in the clinical medicine *Cas Lek Cesk.* 2011; 150(8):423-32.
4. Bailey DM, McEneny J, Mathieu-Costello O, Henry RR, James PE, McCord JM, Pietri S, Young IS, Richardson RS. Sedentary aging increases resting and exercise-induced intramuscular free radical formation. *J Appl Physiol* (1985). 2010; 109(2):449-56.
5. Pingitore A, Lima GP, Mastorci F, Quinones A, Iervasi G, Vassalle C3 Exercise and oxidative stress: potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition.* 2015;31(7-8):916-22
6. Azizbeigi K, Azarbayjani MA, Peeri M, Agha-alinejad H, Stannard S. The effect of progressive resistance training on oxidatid stress and antioxidant enzyme activity in erythrocytes in untrained men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2013; 23(3):230-8
7. Azizbeigi K, Azarbayjani MA, Atashak S, Stannard SR. Effect of moderate and high resistance training intensity on indices of inflammatory and oxidative stress. *Res Sports Med.* 2015; 23(1):73-87.
8. Gargallo P, Colado JC, Juesas A, Hernando-Espinilla A, Estañ-Capell N, Monzó-Beltran L, et al. The Effect of Moderate- Versus High-Intensity Resistance Training on Systemic Redox State and DNA Damage in Healthy Older Women. *Biol Res Nurs.* 2018; 20(2):205-217.
9. Ellenbecker, T & Page, P. *Strength Band Training.* 2nd edition. Human Kinetics. Champaign, Illinois. 2011; 25-29.
10. Mazur LJ, Yetman RJ, Risser WL. Weight-training injuries. Common injuries and preventative methods. *Sports Med.* 1993; 16(1):57-63.
11. Dishman, RK, Washburn, RA, and Heath, GW. *Physical Activity Epidemiology.* Champaign, IL: Human Kinetics, 2004.
12. Colado JC, and Triplett NT. Effect of a short-term resistance program using elastic band versus weight machines for sedentary meddle-age women. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2008; 22(5):1441–1448.
13. Jackson AS, and Pollock. Practical assessment of body composition. *The Physician and Sportsmedicine.* 1985; 13:76-90.
14. Brzycki, M. Strength testing-predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *JOPERD,* 1993; 64, 88-90.
15. Naclerio F, Rodríguez-Romo G, Barriopedro-Moro MI, Jiménez A, Alvar BA, Triplett NT. Control of resistance training intensity by the OMNI perceived exertion scale. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(7):1879-88.
16. Karimi K, Azizbeigi K, Bakhtiyari N. Effect of resistance training with elastic band on uric acid, bilirubin and C reactive protein changes in untrained men. *J Clin Res Paramed Sci* 2017; 6(1):34-42.
17. Kraemer WJ, Keuning M, Ratamess NA, Volek JS, McCormick M, Bush JA, et al. Resistance training combined with bench-step aerobics enhances women's health profile. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33 (2): 259–269.
18. Huang CJ, McAllister MJ, Slusher AL, Webb HE, Mock JT, Acevedo EO. Obesity-Related Oxidative Stress: the Impact of Physical Activity and Diet Manipulation. *Sports Med Open.* 2015; 1: 32.
19. Fukai T, Ushio-Fukai M. Superoxide dismutases: role in redox signaling, vascular function, and diseases. *Antioxid Redox Signal.* 2011; 15;15(6):1583-606.

20. Dahlgren C, Karlsson A. Respiratory burst in human neutrophils. *J Immunol Methods*. 1999; 17;232(1-2):3-14.
21. Jenkins RR, Goldfab A. International oxidant stress, aging and exercise. *Med Sci sport Exerc*. 1993; 25(2):210-212.
22. Brigelius-Flohé R. Tissue-specific functions of individual glutathione peroxidases. *Free Radic Biol Med*. 1999;27:951–965.
23. Muller FL, Lustgarten MS, Jang Y, Richardson A, Van Remmen H. Trends in oxidative aging theories. *Free Radic Biol Med*. 2007; 43 (4): 477–503.
24. Petibois C, and Deleris G. Erythrocytes adaptation to oxidative stress in endurance training. *J Sci Med*. 2005; 36:524-531
25. Cakir-Atabek H, Demir S, Pinarbaşili RD, Gündüz N. Effects of different resistance training intensity on indices of oxidative stress. *J Strength Cond Res*. 2010; 24(9):2491-7.