علوم زیستی ورزشی ـ زمستان ۱۳۹۰
شمارهٔ ۱۱ – ص ص : ۱۲۱– ۱۰۳
تاریخ دریافت : ۲۳ / ۰۳ / ۹۰
تاریخ تصویب : ۰۴ /۰۷ / ۹۰

نقش تمرین مقاومتی و مکمل پروتئینی whey بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی در مردان جوان دارای اضافه وزن

۱.فرهاد احمدی کانی گلزار–۲.داریوش شیخ الاسلامی وطنی[1] – ۳.حسین مجتهدی –۴. سیدمحمد مرندی –۵. مسعود مشهدی اکبر بوجار

۱.کارشناس ارشد دانشگاه اصفهان، ۲.استادیار دانشگاه کردستان، ۳.استادیار دانشگاه اصفهان، ۴.دانشیار دانشگاه اصفهان، ۵.دانشیار دانشگاه تربیت معلم

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر مصرف مکمل پروتئین وی ایزولات بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی طی تمرین مقاومتی در مردان جوان دارای اضافه وزن بود. برای این منظور ۳۰ نفر با نمایهٔ تودهٔ بدنی بین ۳۰ - ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع در نظر گرفته شدند. سپس به شکل تصادفی به ۳ گروه ۱۰ نفری: گروه تجربی ۱ (مصرف مکمل وی + ۶ هفته تمرین مقاومتی) (W)، گروه تجربی ۲ (مصرف دارونما + ۶ هفته تمرین مقاومتی) (P) و گروه کنترل (C) تقسیم شدند. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) در گروه مکمل وی در پس‌آزمون، نسبت به پیش‌آزمون به طور معناداری افزایش یافت ($p< ۰/۰۵$). سطوح گلوتاتیون (GSH) و ویتامین C در هر دو گروه مکمل وی و دارونما در پس‌آزمون افزایش معنی‌داری را نشان داد ($p< ۰/۰۵$). نتایج این تحقیق نشان داد که فعالیت ورزشی به‌تنهایی دستگاه آنتی‌اکسیدانی را تقویت می‌کند، اما ترکیب فعالیت مقاومتی همراه با مصرف پروتئین وی اثربخشی بیشتری دارد.

واژه‌های کلیدی

پروتئین وی ایزولات، وضعیت آنتی‌اکسیدانی، تمرین مقاومتی، مردان جوان دارای اضافه وزن.

۱- نویسندهٔ مسئول : تلفن : ۰۹۱۲۲۲۵۰۷۲۴

Email:d.vatani@uok.ac.ir

مقدمه

رادیکال‌های آزاد[1]، موادی هستند که یک یا چند الکترون جفت‌نشده دارند و تولید این رادیکال‌ها فرایند طبیعی واکنش‌های متابولیسمی بدن است (۸). در دهه‌های اخیر نقش آنتی‌اکسیدان‌ها در پیشگیری از پیدایش و پیشرفت استرس‌های اکسیداتیو مطرح شده است (۲۷). با توجه به اینکه فعالیت ورزشی شدید می‌تواند مصرف اکسیژن را تا ۱۰۰ برابر افزایش دهد، تولید رادیکال‌های آزاد پس از ورزش افزایش می‌یابد (۳۱). با اینکه برخی شواهد تولید رادیکال‌های آزاد و بروز صدمات سلولی پس از ورزش‌های شدید و سنگین را تأیید می‌کنند، اعتقاد بر آن است که تمرینات بدنی منظم و متوسط، موجب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی بدن و کاهش رادیکال‌های آزاد تولیدی در بدن شده و از این راه، صدمات سلولی کنترل می‌شوند (۱۷).

استرس اکسیداتیو[2] عبارت است از عدم تعادل بین سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان بدن و تولید عوامل پیش-اکسیدان مانند رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن[3]. این فرایند که در حین سوخت‌وساز اتفاق می‌افتد، به تولید پیش از حد رادیکال‌های آزاد، آسیب بسیاری از ماکرومولکول‌ها و ضعف سیستم دفاعی بدن منجر می‌شود (۳۰). در افراد با وزن طبیعی، افزایش رادیکال‌های آزاد با سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان بدن مواجه است، درحالی-که در افراد چاق این سیستم تحت تأثیر منابع چندگانهٔ تولید رادیکال‌های آزاد از جمله چربی بدن قرار می‌گیرد (۳۴). نتایج پژوهشی نشان می‌دهد که به‌دنبال فعالیت بدنی، استرس اکسیداتیو در مردان و زنان چاق در مقایسه با افراد با وزن طبیعی بیشتر افزایش می‌یابد (۳۷). چربی پلاسمایی افراد چاق در مقایسه با افراد با وزن طبیعی با سرعت و مقدار بیشتری اکسید می‌شود (۳۷). در افراد چاق به‌دلیل افزایش چربی تجمعی در منابع بافت چربی و خون، لیپیدها مورد هدف رادیکال‌های آزاد هستند (۱۳).

دامنهٔ ضداکسایش‌های فعال در بدن شامل ضداکسایش‌های آنزیمی درون‌زا و ضداکسایش‌های غیرآنزیمی است (۲۹). آنزیم‌های ضداکسایشی شامل سوپراکسید دیسموتاز (SOD)[4]، کاتالاز (CAT) [5]، گلوتاتیون

1- Free radical
2- Oxidative Stress
3- Reactive Oxygen Species
4- Superoxide dismutase
5- Catalase

پراکسیداز (GPx)[1] و ضداکسایش‌های غیرآنزیمی شامل ویتامین‌های A، C، E، فلاونوئیدها، گلوتاتیون (GSH)[2]، یوبی کوینون (Q_{10} ubiquinone)، اسید اوریک، بیلی روبین، فریتین و ریزمغذی‌ها (آهن، مس، روی، سلنیوم و منگنز) هستند که به‌عنوان کوفاکتور آنزیمی عمل می‌کنند (۹). تحقیقات نشان داده‌اند که کاهش آنتی‌اکسیدان‌ها بلافاصله بعد از ورزش اتفاق می‌افتد و مکمل‌سازی آنتی‌اکسیدان‌ها در رژیم غذایی اثر حفاظتی در مقابل استرس‌اکسیداتیو ایجادشده از طریق ورزش دارد. براساس نظریهٔ اکسیداسیون در بیماری‌های قلبی - عروقی، امروزه به عوامل آنتی‌اکسیدان در رژیم غذایی توجه خاصی می‌شود (۲).

پروتئین وی[3]، منبع پروتئینی با کیفیت بالا و مکمل رایج در جامعهٔ ورزشی است (۱۰). پروتئین وی و مکمل‌های اسید آمینه به‌دلیل کیفیت ساخت پروتئین و اسید آمینه در محصولاتشان، موقعیت خوبی در بازار تغذیهٔ ورزشی دارند. پروتئین وی در مقایسه با انواع منابع پروتئین گیاهی مانند سویا، ذرت و گلوتن گندم، دارای همهٔ اسید آمینه‌های ضروری در غلظت‌های بیشتر است. علاوه‌بر داشتن دامنهٔ کاملی از اسیدهای آمینه، اسیدهای آمینهٔ موجود در پروتئین وی نسبت به اسیدهای آمینهٔ آزاد محلول به‌طور مؤثرتری جذب و استفاده می‌شوند. اسید آمینه‌های مهم موجود در پروتئین وی (گلوتامین، سیستئین و گلیسین) موجب خنثی‌سازی سموم در بدن می‌شوند، همچنین پیش‌ساز گلوتاتیون هستند که مهم‌ترین ترکیب دفاعی بدن در برابر ایجاد سرطان و بیماری‌های حاصل از کهولت سن مانند آلزایمر، پارکینسون و تصلب شرائین محسوب می‌شود (۱۵، ۲۳). اجزای بیولوژیکی وی، شامل لاکتوفرین[4]، بتالاکتوگلوبولین[5]، آلفالاکتاآلبومین[6]، گلیکوماکروپپتید[7] و ایمنوگلوبولین‌ها[8]، توانایی سیستم ایمنی بدن را افزایش می‌دهد. گفته شده است که پروتئین وی می‌تواند به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان، ضد فشار خون، ضد تومور، کاهش‌دهندهٔ چربی خون، ضدویروس و ضد باکتری عمل کند (۲۳، ۲۲).

1 - Glutathione peroxidase
2 - Glutathione
3 - Whey protein
4 - Lactoferrin
5 - Beta-Lactoglobulin
6 - Alpha-Lactalbumin
7 - Glycomacropeptide
8 - Immunoglobulins

پروتئین وی بخشی از پروتئین شیر محسوب می‌شود. این پروتئین شامل غلظت زیادی از اسید آمینه‌های ضروری و منبع غنی از اسید آمینه‌های شاخه‌دار[1]، به‌ویژه پروتئین لوسین است. پروتئین وی به علت دارا بودن غلظت بالای سیستئین که برای تولید گلوتاتیون داخل سلولی (مهم‌ترین پاک‌کننده رادیکال‌های آزاد) ضروری است، ممکن است خواص آنتی‌اکسیدانی داشته باشد (۳۵). محققان عقیده داشتند سازوکاری که پروتئین وی از طریق آن، روی رادیکال‌های آزاد اثر می‌کند، تبدیل درون‌سلولی اسید آمینهٔ سیستئین به گلوتاتیون (آنتی-اکسیدان درون‌سلولی قوی) است (۲۳). گلوتاتیون بهترین آنتی‌اکسیدان سلولی است. اگر آنتی‌اکسیدان‌ها را مانند یک چرخ در نظر بگیریم، گلوتاتیون مرکز چرخ و ویتامین‌های A، C، E، N- استیل- L- سیستئین، سوپراکسید دیسموتاز و سلنیوم پره‌های آنند. این ارتباط آنتی‌اکسیدان‌ها را در جنگ با رادیکال‌های آزاد قدرتمند می‌سازد (۳۵). از سوی دیگر، ویتامین C ویتامینی محلول در آب است که در بخش سیتوپلاسمی سلول و در مایع برون‌سلولی قرار دارد. ویتامین C به‌صورت مستقیم با رادیکال سوپراکسید و هیدرواکسیل وارد واکنش می‌شود. علاوه‌بر این، ویتامین C رادیکال ویتامین E را به ویتامین E تبدیل می‌کند و خود به رادیکال سمی دهیدرواسکوربات اکسید می‌شود (۱۲). مقدار ویتامین C که به‌صورت بالقوه خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارد، پس از فعالیت افزایش می‌یابد (۱۱). ویتامین C از آنتی‌اکسیدان‌های مهمی است که نقش بارزی در عملکرد سلول، فرایند مرتبط با پیری شامل آسیب عروقی، عوامل التهابی و عصبی دارد (۲۸، ۱۲).

در زمینهٔ تأثیر ترکیب تمرین مقاومتی با مکمل پروتئینی بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی در انسان تحقیقات اندکی انجام گرفته و یافته‌های آنها نیز متناقض است. به‌طوری‌که طی تحقیقی کریب[2] و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند مصرف پروتئین وی ایزولات در مقایسه با کازئین در ترکیب با ۱۰ هفته تمرینات شدید مقاومتی در مردان ورزشکار به تغییرات معنی‌داری در گلوتامین پلاسما منجر نمی‌شود (۶). درحالی‌که گاد[3] و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی با هدف بررسی اثر پروتئین وی بر رادیکال‌های آزاد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در موش‌های صحرایی گزارش کردند که پروتئین وی دارای خاصیت پاک‌کنندگی رادیکال‌های آزاد است، همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد (۱۴). کورنیش[4] و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی نشان دادند ترکیب اسید

1 - BCAAs
2 - Cribb
3 - Gad
4 - Cornish

لینولئیک، کراتین و پروتئین وی در جریان تمرین مقاومتی سبب تغییرات در استرس اکسیداتیو نخواهد شد (۵). در کل هنوز در زمینهٔ تأثیرات احتمالی مکمل وی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن اتفاق نظر وجود ندارد و در این زمینه تحقیقات بیشتری باید انجام گیرد. بر این اساس پژوهش حاضر به‌دنبال آزمون این فرضیه است که آیا انجام تمرین مقاومتی (به مدت ۶ هفته، هفته‌ای ۳ جلسه) به‌همراه مصرف مکمل پروتئین وی ایزولات قادر است وضعیت آنتی‌اکسیدانی بدن شامل گلوتاتیون، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام پلاسما (TAC)[1] و ویتامین C را در مردان دچار اضافه وزن تغییر دهد یا خیر؟

روش تحقیق

جامعهٔ آماری پژوهش، دانشجویان پسر دانشگاه کردستان بودند. در این پژوهش یکسویهٔ کور،۳۰ نفر از افرادی که دارای اضافه وزن (نمایهٔ تودهٔ بدنی بین ۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع) و واجد شرایط بودند (از طریق اطلاعات موجود در پرسشنامه) و در دامنهٔ سنی ۲۶ – ۱۹ سال قرار داشتند، به‌صورت تصادفی هدفدار انتخاب شدند. تمام افراد براساس پرسشنامهٔ اطلاعات پزشکی سالم بودند و عارضهٔ خاصی نداشتند. در ضمن هیچ‌گونه مکمل ورزشی در شش ماه گذشته مصرف نکرده بودند.

در تحقیق حاضر افراد کم‌تحرک شرکت داشتند که دست کم شش ماه قبل از تحقیق فعالیت بدنی منظم نداشتند. همهٔ آزمودنی‌ها پس از تکمیل برگهٔ رضایت‌نامهٔ کتبی شرکت در پژوهش، طی جلسه‌ای با پروتکل کار و اجرای صحیح حرکات آشنا شدند. سپس در جلسه‌ای قدرت بیشینهٔ آنها در حرکات اسکات پا، پرس سینه، زیر بغل کشش ماشین، جلو بازو هالتر، پشت بازو ماشین، سرشانهٔ هالتر از پشت، از طریق آزمون یک تکرار بیشینه با استفاده از فرمول برزیسکی[2] {[(۰/۰۲۷۸× تعداد تکرار تا خستگی)- ۱/۰۲۷۸] / وزنهٔ جابه‌جا شده (کیلوگرم) = یک تکرار بیشینه} اندازه‌گیری شد (۱۰) تا هنگام جلسات تمرین براساس درصد مورد نظر آن شدت کار کنترل شود. سپس به شکل تصادفی به ۳ گروه مکمل (سن: ۲/۳۸ ± ۲۲/۷۷سال، قد: ۴/۱۵ ± ۱۷۷/۳سانتی‌متر، وزن: ۵/۸۵ ± ۸۳/۴ کیلوگرم، BMI: ۱/۱۷ ± ۲۶/۵۰ کیلوگرم بر مترمربع)، دارونما (سن: ۱/۰۳ ± ۲۱/۲۰ سال، قد:

1 - Total antioxidant capacity
2 - Brzycki

۳/۹۱ ± ۱۷۶/۸سانتی‌متر، وزن: ۶/۱۸ ± ۸۵/۱ کیلوگرم، BMI: ۱/۵۹ ± ۲۷/۱۹) و کنترل (سن: ۱/۴۵ ± ۲۱/۱۱سال، قد: ۶/۶۱ ± ۱۷۳/۷ سانتی‌متر، وزن: ۸/۶۹ ± ۸۰/۵۶ کیلوگرم، BMI: ۲/۹۰ ± ۲۶/۸۷) تقسیم شدند.

یک برنامهٔ تمرینی شش‌هفته‌ای، هر هفته ۳ جلسه برای آزمودنی‌ها طراحی شد که در جدول ۱ آورده شده است. شدت تمرین در طول ۶ هفته بین ۶۰ تا ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه متغیر بود (۱۹). در طول دورهٔ تمرین، اصول اضافه‌بار و مقاومت فزاینده رعایت شد. گروه کنترل تنها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارزیابی شدند و هیچ ماده‌ای مصرف نکردند، و برنامهٔ تمرینی برای آنها در نظر گرفته نشد و از آنها خواسته شد تا همچون قبل، در طول دوره از فعالیت‌های بدنی سنگین پرهیز کنند. از شرکت‌کنندگان طی دو مرحله (۲۴ ساعت قبل از شروع دوره، و ۲۴ ساعت قبل از اتمام دوره) یادآمد ۲۴ ساعتهٔ رژیم غذایی گرفته شد و در دو مرحله براساس جدول ترکیبات غذایی (۲۴) مقدار دریافت هریک از مواد مغذی مورد نظر برآورد شد (جدول ۲). در نهایت ۲۸ نفر از آزمودنی‌ها تا پایان تحقیق باقی ماندند و ۲ نفر از آنها از تحقیق کنار گذاشته شدند (۱نفر به‌دلیل مصرف مکمل‌های دیگر همراه با مکمل وی و ۱ نفر به‌علت غیبت بیش از ۲ جلسه). افراد مورد بررسی در گروه‌های تجربی به‌طور تصادفی به دو گروه مصرف‌کنندهٔ مکمل و دارونما تقسیم شدند که هر دو به شکل پودر تهیه شده بود. دارونمای استفاده‌شده نشاسته و مکمل پروتئینی «وی» محصول شرکت پویان[1] و مورد تأیید وزارت بهداشت بود. به مکمل و دارونما به مقدار مساوی پودر شربت پرتقال اضافه شد تا هر دو از نظر رنگ و طعم یکسان باشند. تحقیق حاضر به‌صورت یکسویهٔ کور انجام گرفت و از افراد خواسته شد که روزانه بسته‌های داده-شده را که ۳۵ گرم (۳۰ گرم پروتئین یا دارونما و ۵ گرم پودر شربت) بود، به‌همراه داشته باشند و در میان وعده‌های غذایی ناهار و شام و بلافاصله بعد از تمرین‌ها مصرف کنند. مصرف مکمل و دارونما زیر نظر مربی بود، و تنها در روزهای تعطیل بدون نظارت انجام گرفت. همچنین مجری طرح تعداد بسته‌های مصرف‌شده توسط افراد را در پایان هفته کنترل می‌کرد. ترکیب مواد غذایی موجود در پروتئین وی ایزولات در جدول ۳ نشان داده شده است. شاخص تودهٔ بدن (BMI) از طریق فرمول وزن (کیلوگرم) بر توان دوم قد (متر) محاسبه شد. نمونه-های خونی به‌منظور تعیین سطوح استراحتی گلوتاتیون، TAC و ویتامین C در دو مرحلهٔ پیش‌آزمون (۲۴

1- Pooyan CO

ساعت قبل شروع دورهٔ تمرینی) و پس‌آزمون (۲۴ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین) در دمای عادی اتاق جمع‌آوری شد. برای کنترل تأثیرات چرخهٔ زیستی، خون‌گیری در ساعت ۹-۸ صبح انجام گرفت که آزمودنی‌ها ۱۲ ساعت ناشتا بودند. خون‌گیری به مقدار ۱۰ سی‌سی خون سیاهرگی از دست چپ آزمودنی‌ها جهت استخراج پلاسما گرفته شد. نمونه‌های خون به مدت ۱۰ دقیقه در دور rpm ۳۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. برای تعیین TAC پلاسما از روشTRAP (total radical-trapping antioxidant parameter) به کمک کیت شرکت (Darmstadt, Germany) استفاده شد (۳۶، ۳۸). به‌منظور اندازه‌گیری گلوتاتیون پلاسما پس از تهیهٔ محلول استاندارد و نمونه‌ها، بلافاصله جذب آن با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موجnm ۴۱۲ اندازه‌گیری و غلظت GSH نمونه‌ها از روی منحنی استاندارد محاسبه شد (۳۲). به‌منظور نشان دادن غلظت ویتامین C از روش اسپکتروفتومتری استفاده شد (۱۶). درصد تغییرات درون‌آزمونی (CV) برایTAC در گروه مکمل (به‌ترتیب پیش‌آزمون و پس‌آزمون): حدود ۵ و۶، گروه دارونما: ۴/۵ و ۴، گروه کنترل: ۴ و۴ بود. در مورد GSH گروه مکمل: ۱۱ و ۱۳، گروه دارونما: ۱۵ و ۱۶، گروه کنترل: ۱۴ و ۱۳/۵ محاسبه شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

با توجه به توزیع تصادفی آزمودنی‌ها در گروه‌های سه‌گانه، و نیز اطمینان از نرمال بودن داده‌ها (با استفاده از آزمون کلموگروف- اسمیرنف)، از آزمون آنوا با اندازه‌گیری مکرر به‌منظور بررسی تغییرات سه گروه طی پیش-آزمون و پس‌آزمون استفاده شد. چنانچه اثر زمان معنی‌دار بود (تغییرات درون‌گروهی)، از آزمون t همبسته و درصورتی‌که اثر گروه معنی‌دار بود (تغییرات بین‌گروهی)، از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه و در صورت لزوم از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معنی‌داری آماری $\alpha \leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۵ برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات آماری استفاده شد (۱۰).

نتایج و یافته‌های تحقیق

جدول ۲ ترکیب مواد غذایی مصرفی توسط افراد مورد بررسی در سه گروه مصرف‌کنندهٔ مکمل وی، دارونما و کنترل را در پس‌آزمون نشان می‌دهد. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، مقدار دریافت انرژی، کربوهیدرات، پروتئین و چربی بین سه گروه تفاوت معنی‌داری نداشت. در جدول ۴ سطوح گلوتاتیون، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و ویتامین C هر سه گروه مکمل وی، دارونما و کنترل در مراحل مختلف پیش‌آزمون و پس‌آزمون مقایسه شده است.

TAC: مقدار TAC گروه مکمل وی در پس‌آزمون، نسبت به پیش‌آزمون (تغییرات درون‌گروهی) به طور معنی‌داری افزایش یافت (p= ۰/۰۰۵) و در مقایسه با گروه کنترل نیز به‌طور معنی‌داری تفاوت داشت (تغییرات بین‌گروهی). این در حالی بود که مقادیر TAC در گروه‌های دارونما (p= ۰/۲۸۵) و کنترل (p= ۰/۴۶۵) تغییر معنی‌داری نکرد.

GSH: سطوح GSH در هر دو گروه مکمل وی و دارونما در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش معنی‌داری را نشان داد (به‌ترتیب، p=۰/۰۰۰ و p=۰/۰۱۵). افزایش GSH در گروه مکمل وی بیشتر بود، اما میان دو گروه تجربی اختلاف معناداری دیده نشد (p>۰/۰۵). گروه مکمل وی نسبت به گروه کنترل نیز تفاوت معنی‌داری داشت (p=۰/۰۴۴)، درحالی‌که بین گروه دارونما و کنترل تفاوتی دیده نشد (p=۰/۲۹۱). در هر حال، GSH در گروه کنترل تغییری نکرد (p= ۰/۵۰۷).

ویتامین C: افزایش مقادیر ویتامین C نیز در هر دو گروه مکمل وی و دارونما نسبت به پیش‌آزمون معنی‌دار بود (به‌ترتیب، p= ۰/۰۰۰ و p= ۰/۰۴۲)، اگرچه این افزایش در گروه وی چشمگیرتر بود. در هر حال، تفاوت درون‌گروهی دیده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری

تأثیر مثبت تمرینات بدنی منظم و اجراهای ورزشی مشخص شده است، هرچند براساس برخی شواهد تمرینات بدنی گونه‌های فعال اکسیژن را در عضلات فعال افزایش می‌دهند (۲). کاهش آنتی‌اکسیدان‌ها بلافاصله بعد از ورزش اتفاق می‌افتد و مکمل‌سازی آنتی‌اکسیدان‌ها در رژیم غذایی، اثر حفاظتی در مقابل استرس-اکسیداتیو ایجادشده از طریق ورزش دارد (۲).

به‌خوبی معلوم شده که TAC شامل آنزیم‌هایی مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و ماکرومولکول‌هایی مانند آلبومین، سروپلاسمین و فریتین است (۱۴). اندازه‌گیری TAC ممکن است اطلاعات بیشتری را نسبت به اندازه‌گیری تک تک اجزای آن در اختیار ما قرار دهد، زیرا TAC برآیند فعالیت کل آنزیم-های آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌اکسیدان‌های موجود در پلاسما و خون است (۲۰). یافته‌های این تحقیق حاکی از آن بود که مقادیر TAC در گروه مکمل وی نسبت به پیش‌آزمون بعد از ۶ هفته تمرین مقاومتی افزایش یافت. TAC در گروه وی افزایش مطلوبی به اندازهٔ ۴/۲ درصد (۲۹/۷۷ میلی‌مول بر لیتر) داشت، درحالی‌که در گروه دارونما به مقدار ۱/۲ درصد و در گروه کنترل تنها به مقدار ۰/۹ درصد افزایش مشاهده شد که از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. این موضوع نشان می‌دهد که مکمل وی در ترکیب با تمرینات مقاومتی می‌تواند موجب تغییرات مطلوبی در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام پلاسما و کاهش اثر تخریبی رادیکال‌های آزاد شود.

در پژوهشی مشابه با تحقیق حاضر، چیتاپاناروکس[1] و همکاران (۲۰۰۹) که اثر مکمل وی ایزولات غنی‌شده با سیستئین را در بیماران هپاتیت غیرالکلی بررسی کردند، افزایش معنی‌داری را در سطوح TAC بعد از ۱۲ هفته مشاهده کردند (۴). گاد و همکاران (۲۰۱۰) نیز در تحقیقی با هدف بررسی اثر پروتئین وی بر رادیکال‌های آزاد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در موش‌های صحرایی، گزارش کردند که پروتئین وی دارای خاصیت پاک‌کنندگی رادیکال‌های آزاد است و مقدار TAC را افزایش می‌دهد (۱۴). آنها پیشنهاد کردند که محتوای سیستئین موجود در وی مسئول بخشی از افزایش TAC به‌وسیلهٔ افزایش در گلوتاتیون است. سازوکار حفاظتی پیشنهادشده برای اثر حفاظتی پروتئین وی به افزایش غلظت گلوتاتیون در خون و بافت مربوط می‌شود که این

1 - Chitapanarux

موجب از بین بردن تولیدات رادیکال‌های آزاد می‌شود (۱۴). یافته‌های مذکور با نتایج حاصل از تحقیق حاضر هماهنگی دارد. از طرف دیگر، براون[1] و همکاران (۲۰۰۴) کاهش چشمگیری را در TAC بعد از ۹ هفته تمرین قدرتی و مصرف مکمل وی مشاهده کردند (۳) که با یافته‌های موجود همخوانی ندارد. آنها دلیل کاهش TAC را مصرف آنتی‌اکسیدان‌های بدن برای مقابله با رادیکال‌های آزاد ایجادشدهٔ ناشی از تمرین عنوان کردند. دلیل تناقض را می‌توان تفاوت در روش‌های اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان‌ها، نوع و مقدار پروتئین مصرفی، تفاوت‌های فردی در جذب روده‌ای پروتئین وی، سطح آمادگی آزمودنی‌ها، مدت تمرین و شدت تمرین دانست.

در مورد تأثیر فعالیت ورزشی بر آنتی‌اکسیدان‌ها، ثابت شده است که چنانچه مدت و شدت فعالیت ورزشی به اندازهٔ کافی باشد، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تغییر خواهد یافت (۱). تحقیقات زیادی دربارهٔ پاسخ اکسایشی و ضداکسایشی به انواع فعالیت‌های ورزشی در انسان و حیوانات انجام گرفته است. شیخ‌الاسلامی وطنی و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر یک دوره تمرین سرعتی تناوبی و بی‌تمرینی را بر پراکسیداسیون لیپید و دستگاه ضداکسایشی موش‌های نژاد ویستار بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که یک دوره تمرین سرعتی (به مدت ۱۲ هفته) موجب ایجاد سازگاری نسبی در دستگاه ضداکسایشی و اکسایش لیپید می‌شود، اما در اثر بی‌تمرینی نتایج معکوس خواهد شد (۳۳). شاید در تحقیق حاضر کوتاه بودن مدت دوره و استفاده از تمرین مقاومتی موجب شده است که در گروه دارونما تغییرات چشمگیری در TAC رخ ندهد.

نتایج این پژوهش حاکی از تغییر (در مقایسه با پیش‌آزمون) سطوح گلوتاتیون پلاسما در هر دو گروه مکمل وی و دارونما طی ۶ هفته تمرین مقاومتی است. مقادیر گلوتاتیون در گروه‌های مکمل و دارونما به‌ترتیب ۱۲/۳ و ۸/۹ درصد افزایش داشت، درحالی‌که در گروه کنترل تقریباً بدون تغییر باقی ماند. گلوتاتیون در هر دو گروه مکمل و دارونما افزایش یافت، اما باید توجه داشت که سطوح گلوتاتیون در گروه مکمل تغییر چشمگیرتری داشته است. احتمالاً با مداخلهٔ طولانی‌تر مکمل وی می‌توانستیم شاهد تغییرات مطلوب‌تری باشیم. این موضوع نشان می‌دهد که تمرین مقاومتی به مدت ۶ هفته، به‌تنهایی افزایش مطلوبی را در سطوح گلوتاتیون پلاسما ایجاد می‌کند. البته شاید بااحتیاط بتوان نتیجه گرفت که مکمل وی ایزولات اثر مضاعفی داشته و موجب افزایش بیشتر گلوتاتیون در گروه وی نسبت به گروه دارونما شده است. گلوتاتیون، یک بازیگر مرکزی در سیستم دفاعی

1 - Brown

آنتی‌اکسیدان‌هاست. این ماده تری‌پپتیدی از ۳ آمینواسید گلوتامات، سیستئین و گلیسین است. گلوتاتیون در واقع تنظیم‌کنندهٔ آنتی‌اکسیدان‌های دیگر است. بدون گلوتاتیون آنتی‌اکسیدان‌های مهم دیگری مانند ویتامین-های C و E پایداری ندارند (۲۲). سیستئین حاوی گروه تیول (سولفیدریل) است که به‌عنوان عامل کاهنده در جلوگیری از اکسیداسیون و آسیب بافت کاربرد دارد. گلوتاتیون به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان بیشترین تأثیر را در شکل احیای آن دارد. ریبوفلاوین، نیاسین آمید و گلوتاتیون ردوکتاز کوفاکتورهای ضروری در کاهش گلوتاتیون هستند (۲۳). پروتئین وی فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارد، و شاید این مسئله به‌واسطهٔ پروتئین‌های غنی از سیستئین باشد که به سنتز گلوتاتیون کمک می‌کند (۴۰).

در تحقیقات مشابه با پژوهش حاضر، تأثیر مکمل وی به‌صورت مستقل یا در ترکیب با تمرین مقاومتی بر سطوح گلوتاتیون بررسی شده که یافته‌های گوناگونی گزارش شده است. به‌طور مثال ناسیمنتو[1] و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی اعلام کردند که مصرف ۵ روز مکمل وی موجب افزایش سطوح گلوتاتیون می‌شود (۷). همچنین زاورسکی[2] و همکاران (۲۰۰۷) طی تحقیقی روی مردان و زنان سالم که به مدت ۲ هفته مکمل پروتئینی وی ایزوله مصرف کرده بودند، نشان دادند که ارتباط معناداری بین مقدار مکمل‌گیری و تغییرات سطوح GSH وجود دارد. علاوه‌براین، افزایش در GSH ارتباط خطی با مقدار مصرف پروتئین دارد. بارگیری مکمل پروتئینی ۴۵ گرم در روز به مدت ۲ هفته می‌تواند GSH را حدود ۲۴ درصد افزایش دهد (۳۹). نلسون[3] و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند مصرف پروتئین وی ایزولات در ترکیب با ۱۲ هفته تمرین مقاومتی در مردان و زنان ورزشکار موجب افزایش سطوح گلوتاتیون درون‌سلولی می‌شود (۲۶). در تحقیق دیگری میکه[4] و همکاران (۲۰۰۲) تأثیر مکمل‌گیری طولانی‌مدت با پروتئین وی را بر سطوح گلوتاتیون بیماران مبتلا به ایدز ارزیابی، و اعلام کردند که مصرف مکمل وی موجب افزایش معنادار سطوح گلوتاتیون پلاسما بعد از شش ماه می‌شود (۲۵). این نتایج با یافته‌های تحقیق حاضر همسوست.

در تحقیق کریب و همکاران (۲۰۰۶) که اثر مکمل پروتئینی وی و تمرین مقاومتی بر گلوتامین پلاسما را ارزیابی کردند، دیده شد مکمل وی تأثیر معنی‌داری بر گلوتامین پلاسما ندارد (۶). کریب و همکاران گزارش

1 - Nascimento
2 - Zavorsky
3 - Nelson
4 - Micke

کردند که عدم تغییر گلوتامین پلاسما به‌دلیل تعداد اندک آزمودنی‌ها بوده است. همچنین کورنیش و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی ثابت کردند که ترکیب اسید لینولئیک، کراتین و پروتئین وی در جریان تمرین مقاومتی سبب تغییرات در استرس اکسیداتیو نخواهد شد (۵). دلیل همسو نبودن یافته‌های ما با تحقیق کورنیش و همکاران ممکن است سطح آمادگی اولیهٔ آزمودنی‌ها باشد. شرکت‌کنندگان در تحقیق آنها ۱۲ ماه قبل از تحقیق ورزش کرده بودند، درحالی‌که در تحقیق حاضر افراد غیرفعال دارای اضافه وزن شرکت داشتند که دست کم شش ماه قبل از تحقیق فعالیت بدنی منظم نداشتند.

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که مقادیر ویتامین C در هر دو گروه مکمل و دارونما طی ۶ هفته تمرین مقاومتی به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که مقادیر ویتامین C در هردو گروه مکمل و دارونما به‌ترتیب ۱۹/۳۴ و ۱۰/۶۶ درصد افزایش نشان داد و در گروه کنترل تقریباً بدون تغییر باقی ماند. باید به این نکته توجه داشت که سطوح ویتامین C در گروه وی افزایش بیشتری نسبت به گروه دارونما داشته است. شاید بتوان گفت که درصورت مصرف مکمل وی به مدت طولانی، احتمالاً تأثیر چشمگیرتری در سطوح ویتامین C مشاهده می‌شد. آسکوربات شکل احیای ویتامین C است و یک آنتی‌آکسیدان بسیار عالی در سلول، نه تنها به‌دلیل غلظت به نسبت زیاد آن، بلکه به علت سرعت پایدار آن در واکنش با رادیکال‌های آزاد محسوب می‌شود. آسکوربات با رادیکال‌های گلوتاتیون در فاز آبی واکنش نشان می‌دهد. محققان ارتباط نزدیک بین آسکوربات و گلوتاتیون را نشان داده‌اند (۲۱). به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های محلول در آب، گلوتاتیون و آسکوربات نقش مرکزی را در حفاظت از سلول‌ها در برابر آسیب اکسیدان‌ها برعهده دارند و کاهش آسکوربات با کاهش گلوتاتیون پلاسما همراه است. گلوتاتیون خواص آنتی‌اکسیدانی اسکوربات را از طریق حفظ این ماده در حالت احیا ترفیع می‌دهد. کاهش غلظت گلوتاتیون بافت با آسیب سلولی، کاهش ایمنی و پیشرفت پیری مرتبط است. تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که ویتامین C از کاهش گلوتاتیون جلوگیری می‌کند (۱۸). با توجه به اینکه تحقیقات مشابهی که تأثیر مصرف مکمل وی و برنامه‌های ورزشی را بر سطوح ویتامین c بررسی کرده باشند، یافت نشد، نمی‌توان با قاطعیت یافته‌های حاضر را تفسیر کرد، اما، نظر به ارتباط بین گلوتاتیون و ویتامین c، افزایش بیشتر سطوح ویتامین C به‌واسطهٔ افزایش گلوتاتیون و TAC در گروه وی منطقی به‌نظر می‌رسد.

در مجموع پژوهش حاضر نشان داد اگرچه فعالیت ورزشی به‌تنهایی موجب تقویت دستگاه آنتی‌اکسیدانی در آزمودنی‌های دارای اضافه وزن شده، اما ترکیب فعالیت مقاومتی همراه با مصرف پروتئین وی اثربخشی بیشتری داشته است. افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن می‌تواند موجب کاهش رادیکال‌های آزاد تولیدی در بدن شود که عامل بسیاری از بیماری‌های مزمن است.

جدول۱- برنامهٔ کار با وزنه برای گروه‌های تمرینی

جلسات تمرینی	حرکات تمرینی				
۱. سینه و جلو بازو	پرس سینه، پرس بالای سینه، قفسهٔ سینه با دمبل روی سطح صاف، قفسه سینه با دمبل روی سطح شیبدار، جلو بازو ایستاده، جلو بازو لاری، جلو بازو با دمبل متناوب				
۲. پشت و پشت بازو	بارفیکس، زیربغل پارویی، لت پول، پشت بازو کابل، پشت بازو با هالتر خوابیده، پشت بازو با دمبل نشسته				
۳. پاها و شانه	اسکات، جلو ران با دستگاه، پشت ران با دستگاه، پشت ساق ایستاده، سرشانه با هالتر از پشت، سرشانه دمبل، شراگ، بالا بردن دمبل از طرفین				
هفتهٔ اول	۴ دوره	۱۲-۱۰ تکراری	٪۶۰ 1RM	۱ دقیقه استراحت بین دوره ها	
هفتهٔ دوم	۴ دوره	۱۰-۸ تکراری	٪۶۵ 1RM	۱/۵ دقیقه استراحت بین دوره ها	
هفتهٔ سوم	۵ دوره	۸-۶ تکراری	٪۷۰ 1RM	۲ دقیقه استراحت بین دوره ها	
هفتهٔ چهارم	۴ دوره	۱۰-۸ تکراری	٪۷۰ 1RM	۲ دقیقه استراحت بین دوره ها	
هفتهٔ پنجم	۴ دوره	۱۲-۱۰ تکراری	٪۷۰ 1RM	۱/۵ دقیقه استراحت بین دوره ها	
هفتهٔ ششم	۴ دوره	۱۲-۱۰ تکراری	٪۷۰ 1RM	۱ دقیقه استراحت بین دوره ها	

جدول۲ –ترکیب مواد غذایی مصرفی افراد مورد بررسی در سه گروه مصرف‌کنندهٔ مکمل whey، دارونما و کنترل

متغیرها	Whey (تعداد= ۹)	دارونما (تعداد= ۱۰)	کنترل (تعداد= ۹)	مقدار P
انرژی کل (کیلوکالری)	۲۳۷۴/۰ ± ۱۳۵ /۷	۲۲۸۳/۱ ± ۲۹۱/۰	۲۱۶۲/۱ ± ۱۲۵/۳	۰/۱۴۴
پروتئین کل (گرم در روز)	۱۱۴/۱ ± ۱۸/۲	۱۰۸/۲ ± ۲۲/۸	۱۰۱/۷ ± ۱۸/۶	۰/۱۱۶
پروتئین (گرم بر کیلوگرم وزن بدن)	۱/۲ ± ۰/۳	۱/۱ ± ۰/۳	۱/۱ ± ۰/۲	۰/۱۱۲
پروتئین کل (درصد کیلوکالری)	۱۹/۵ ± ۳/۰	۲۰/۱ ± ۵/۷	۱۹/۳ ± ۳/۸	۰/۲۲۱
کربوهیدرات کل (گرم در روز)	۳۱۶/۳ ± ۱۹/۷	۲۴۳/۹ ± ۲۷/۰	۲۴۴/۸ ± ۲۱/۸	۰/۳۲۵
کربوهیدرات کل (درصد کیلوکالری)	۵۲/۶ ± ۷/۸	۴۸/۰ ± ۷/۱	۴۹/۳ ± ۷/۳	۰/۲۵۴
چربی کل (گرم در روز)	۷۶/۰ ± ۲۸/۵	۷۷/۷ ± ۳۵/۱	۶۶/۱ ± ۱۹/۰	۰/۴۶۱
چربی کل (درصد کیلوکالری)	۲۸/۵ ± ۷/۵	۳۰/۰ ± ۶/۶	۳۰/۱ ± ۶/۳	۰/۲۲۵

جدول ۳- ترکیب مواد مغذی موجود در پروتئین whey/ایزولات

اندازهٔ مصرف: ۱ پیمانه (۲۴ گرم)	
کالری	۹۳
پروتئین (گرم)	۲۲
چربی کل (گرم)	۰/۴
چربی اشباع (گرم)	۰
کلسترول (میلی‌گرم)	۰
کربوهیدرات کل (گرم)	۰/۳
فیبر غذایی (گرم)	۰
قند (گرم)	۰/۳
سدیم (میلی‌گرم)	۳۰

جدول ۴- تغییرات TAC، گلوتاتیون و ویتامین C قبل و پس از دورهٔ تمرینی
(اطلاعات براساس میانگین ± انحراف معیار است)

متغیر و گروه	مراحل	پیش‌آزمون (M±SD)	پس‌آزمون (M±SD)	P
TAC (میلی‌مول در لیتر)	مکمل	۷۰۵/۶ ± ۳۴/۲۸	§†۷۳۵/۴ ± ۴۴/۵۳	۰/۰۰۵
	دارونما	۷۱۳/۲ ±۳۰/۲۲	۷۲۲/۰ ±۲۸/۶۸	۰/۲۸۵
	کنترل	۶۹۳/۲±۲۸/۰۰۳	۶۹۹/۸±۲۸/۴۸	۰/۴۶۵
گلوتاتیون (نانو مول در لیتر)	مکمل	۱۵۳/۷۰±۱۶/۹۱	§† ۱۷۲/۷۰±۲۲/۱۸	۰/۰۰
	دارونما	۱۴۹/۲۰±۲۲/۴۳	†۱۶۲/۶±۲۶/۰۴	۰/۰۱۵
	کنترل	۱۴۸/۱±۲۰/۸۳	۱۴۴/۴±۱۹/۶۵	۰/۵۰۷
ویتامین C (میکرو مول در لیتر)	مکمل	۵۴/۵۵±۱۰/۸۱	†۶۵/۱۱±۱۰/۷۷	۰/۰۰
	دارونما	۵۲/۵۰±۱۱/۳۳	†۵۸/۱۰±۱۱/۵۲	۰/۰۴۲
	کنترل	۵۸/۵۵±۱۰/۶۹	۵۵/۴۴±۱۳/۰۹	۰/۳۳۵

†: تفاوت معنادار با پیش‌آزمون. معناداری در سطح ۰/۰۵

§: تفاوت با گروه کنترل. معناداری در سطح ۰/۰۵

منابع و مآخذ

۱. گائینی، عباسعلی. شیخ الاسلامی وطنی، داریوش. علامه، عبدالامیر. رواسی، علی‌اصغر. کردی، محمدرضا. مقرنسی، مهدی. دادخواه، ابوالفضل. (۱۳۸۷). "تأثیر تمرین استقامتی و بی‌تمرینی بر پراکسیداسیون لیپید و دستگاه ضداکسایشی موش‌های نژاد ویستار". علوم حرکتی و ورزش، ۱۱: ۶۳-۵۱.

2. Balakrihnan, S.D., Anuradha, C.V. (1998). "Exercise, Depletion of Antioxidants and Antioxidant Manipulation". Cell Biochem Funct, 16(4), PP: 269-75.

3. Brown, E.C., DiSilvestro, R.A., Babaknia, A., Devor, S.T. (2004). "Soy versus whey protein bars: Effect on exercise training impact on lean body mass and antioxidant status". Nutr J, 3, PP: 22.

4. Chitapanarux, T., Tienboon, P., Pojchamarnwiputh, S., Leelarungrayub, D. (2009). "Open-labeled pilot study of cysteine-rich whey protein isolate supplementation for nonalcoholic steatohepatitis patients". J GastroenterolHepatol. 24(6), PP: 1045-50.

5. Cornish, S.M., Candow, D.G., Jantz, N.T., Chilibeck, P.D., Little, J.P., Forbes, S., Abeysekara, S., Zello, G.A. (2009). "Conjugated linoleic acid combined with creatine monohydrate and whey protein supplementation during strength training". Int J Sport Nutr Exerc Metab. 19(1), PP: 79-96.

6. Cribb, P.J., Williams, A.D., Carey, M.F., Hayes, A. (2006). "The effect of whey isolate and resistance training on strength, body composition and plasma glutamine" .Int J Sport Nutr Exerc Metab. 16(5), PP: 494-509.

7. de Aguilar-Nascimento, J.E., Prado, B.R., Dock-Nascimento, D.B. (2011). "Early enteral nutrition with whey protein or casein in elderly patients with acute ischemic stroke: A double-blind randomized trial". Nutrition. 27(4), PP: 440-4.

8. Deaton, C.M., Marlin, D.J. (2003). "Exercise-Associated Oxidative Stress". Clinical Techniques in Equine Practice. 2(3), PP: 278-291.

9. Dekkers, J.C., Van Doormen, L.I., Kemper, H.C. (1996). "The role of antioxidant vitamins and enzymes in the prevention of exercise- induced muscle damage". Sports Med. 21(3), PP: 213-38.

10. Denysschen, C.A., Burton, H.W., Horvath, P.J., Leddy, J.J., Browne, R.W. (2009). "Resistance training with soy vs whey protein supplements in hyperlipidemic males". J IntSoc Sports Nutr. 11(1), PP: 6-8.

11. Evans, W.J. (2000). "Vitamin E, vitamin C, and exercise". Am J Clin Nutr. 72(2 Suppl), PP: 647S-52S.

12. Fumeron, C., Nguyen-Khoa, T., Saltiel, C., Kebede, M., Buisson, C., Drüeke, T.B., Lacour, B., Massy, Z.A. (2005). "Effects of oral vitamin C supplementation on oxidative stress and inflammation status in haemodialysis patients". Nephrol Dial Transplant. 20(9), PP: 1874-9.

13. Furukawa, S., Fujita, T., Shimabukuro, M., Iwaki, M., Yamada, Y., Nakajima, Y., Nakayama, O., Makishima, M., Matsuda, M.S., (2004). Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. J Clin Invest. 114(12), PP: 1752-61.

14. Gad, A.S., Khadrawy, Y.A., El-Nekeety, A.A., Mohamed, S.R., Hassan, N.S., Abdel-Wahhab, M.A. (2011). "Antioxidant activity and hepato protective effects of whey protein and Spirulina in rats". Nutrition. 27(5), PP: 582-9.

15. Ha, E., Zemel, M.B. (2003). "Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people (Review)". J NutrBiochem. 14(5), PP: 251-8.

16. Jacob, R.A. (1990). "Assessment of human vitamin C status". J Nutr. 120 Suppl 11, PP: 1480-5.

17. Ji, L.L. (1999). "Antioxidants and oxidative stress in exercise". Proc Soc Exp Biol Med. 222(3), PP: 283-92.

18. Johnston, C.S., Meyer, C.G., Srilakshmi, J.C. (1993). "Vitamin C elevates red blood cell glutathione in healthy adults". Am J Clin Nutr. 58(1), PP: 103-5.

19. Kraemer, W.J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G.A., Dooly, C., & Feigenbaum, M.S., ACSM. American College of Sports Medicine position stand. (2002). Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc, 34(2), PP: 364-80.

20. Leaf, D.A., Kleinman, M.T., Hamilton, M., Deitrick, R.W. (2005). "The exercise induced oxidative stress paradox: the effects of physical exercise training". Am J Med Sci. 317(5), PP: 295-300.

21. Lenton, K.J., Sané, A.T., Therriault, H., Cantin, A.M., Payette, H., Wagner, J.R. (2003). "Vitamin C augments lymphocyte glutathione in subjects with ascorbate deficiency". Am J Clin Nutr. 77(1), PP: 189-95.

22. Madureira, R.A., Pereira, C.I., Gomes, A.M., Pintado, M.E., Malcata, F.X. (2007). Bovine whey proteins – Overview on their main biological properties. Food Research Int. 40(10), PP: 1197-1211.

23. Marshall, K. (2004). "Therapeutic Application of Whey Protein". Altern Med Rev. 9(2), PP: 136-56.

24. McCance, R.A., Widdowson, E.M. (2002). "Food Standards Agency, AFRC Institute of Food Research McCance and Widdowson's The composition of foods". 6th ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry.

25. Micke, P., Beeh, K.M., Buhl, R. (2002). "Effects of long-term supplementation with whey proteins on plasma glutathione levels of HIV-infected patients". Eur J Nutr. 41(1), PP: 12-8.

26. Nelson, L.A., Colker, C.M., Kalman, D.S., Swain, M. (2002). "A double blind comparative pilot trial evaluating the effect of whey protein isolate and isolated soy protein in healthy adults". Davisco Foods International, Inc. 34 (2), PP: 124- 135.

27. Penckofer, S., Schwertz, D., Florczak, K. (2002). "Oxidative stress and cardiovascular disease in type 2 diabetes: the role of antioxidants and prooxidants". J Cardiovasc Nurs. 16(2), PP: 68-85.

28. Powers, S.K., DeRuisseau, K.C., Quindry, J., Hamilton, K.L. (2004). "Dietary antioxidants and exercise". J Sports Sci. 22(1), PP: 81-94.

29. Powers, S.K., Lennon, S.L. (1999). "Analysis of cellular responses to free radicals: focus on exercise and skeletal muscle". Proc Nutr Soc. 58(4), PP: 1025-33.

30. Powers, S.K., Nelson, W.B., Hudson, M.B. (2011). "Exercise-induced oxidative stress in humans: Cause and consequences". Free RadicBiol Med. 51(5), PP: 942-50.

31. Sachdev, S., Davies, K.J. (2008). Production, detection, and adaptive responses to free radicals in exercise. Free RadicBiol Med. 44(2), PP: 215-23.

32. Sedlak, J., Lindsay, R.H. (1968). Estimation of total protein bound and non-protein sulfuric groups in tissue with Elman's reagent. Anal Biochem. 25(1), PP: 192-205.

33. Sheikholeslami-Vatani, D., Gaeini, A.A., Rahnama, N. (2008). "Effect of acute and prolonged sprint training and a detraining period on lipid peroxidation and antioxidant response in rats". Sport Sci Health. 3(3), PP: 57-64.

34. Strauss, R.S. (1999). "Comparison of serum concentrations of alphatocopherol and beta-carotene in a crosssectional sample of obese and nonobese children (NHANES III): National Health and Nutrition Examination Survey". J Pediatr. 134(2), PP: 160-5.

35. Traverso, N., Balbis, E., Sukkar, S.G., Furfaro, A., Sacchi-Nemours, A.M., Ferrari, C., et al. (2010). "Oxidative stress in the animal model: the possible protective role of milk serum protein". Mediterr J NutrMetab. 3, PP: 173–178.

36. Uotila, J.T., Kirkkola, A.L., Rorarius, M., Tuimala, R.J., Metsä-Ketelä, T. (1994). "The total peroxyl radical-trapping ability of plasma and cerebrospinal fluid in normal and preeclampticparturients". Free RadicBiol Med. 16(5), PP: 581-90.

37. Vincent, H.K., Morgan, J.W., Vincent, K.R. (2004). "Obesity exacerbates oxidative stress levels after acute exercise". Med Sci Sports Exerc. 36(5), PP: 772-9.

38. Wayner, D.D., Burton, G.W., Ingold, K.U., Locke, S. (1985). "Quantitative measurement of the total, peroxyl radical-trapping antioxidant capability of human blood plasma by controlled peroxidation. The important contribution made by plasma proteins". FEBS Lett. 187(1), PP: 33-7.

39. Zavorsky, G.S., Kubow, S., Grey, V., Riverin, V., Lands, L.C. (2007). "An open label dose-response study of lymphocyte glutathione levels in healthy men and women receiving pressurized whey protein isolate supplements". Int J Food Sci Nutr. 58(6), PP: 429-36.

40. Zulueta, A., Maurizi, A., Frıgola, A., Esteve, M.J., Coli, R., Burini, G. (2009). Antioxidant capacity of cow milk, whey and deproteinized milk. Int Dairy J. 19(6/7), PP: 380-85.