

اثر دو هفته مصرف مکمل مایتوکیو (MitoQ) و تمرین استقامتی بر هورمون استرسی و عملکرد هوازی و بی‌هوازی نیروهای یگان ویژه شهر کرمان

سهیل امینی زاده،^۱ علی پورنخعی^۲، حامد اسد پور^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: از پژوهش حاضر بررسی اثر مکمل مایتوکیو و تمرین استقامتی بر آمادگی جسمانی و سطح استرس نیروهای یگان ویژه استان کرمان بود. در تحقیق حاضر، توان هوازی، بی‌هوازی و شاخص‌های تستوسترون و کورتیزول مورد بررسی قرار گرفتند.

روش اجرا: در این تحقیق دو گروه اصلی ۱۰ نفره از نیروهای یگان ویژه مورد بررسی قرار گرفتند که شامل گروه Placebo + تمرین استقامتی و گروه MitoQ + تمرین استقامتی بودند. هر دو گروه به مدت دو هفته تمرین استقامتی را روی دوچرخه کارسنج انجام دادند و یکی از گروه‌ها مکمل مایتوکیو و گروه دیگر دارونما دریافت کرد و سپس داده‌های مورد نظر شامل توان هوازی، توان بی‌هوازی، سطوح هورمون تستوسترون و کورتیزول اندازه‌گیری شدند.

نتیجه: نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرین استقامتی باعث بهبود چشم‌گیری در توان هوازی نیروها شد به طوری که در بازه زمانی بسیار کم (۲ هفته تمرین استقامتی)، گازهای تنفسی مورد ارزیابی بهبود در مکانیسم هوازی و بهبود نسبت تبادل تنفسی را در نیروها دارد نشان دادند. علاوه بر این، نیروهایی که مکمل مایتوکیو را مصرف کرده بودند میزان کورتیزول کمتری را در خون خود نشان دادند که نشان دهنده اثر مثبت این مکمل و تمرین استقامتی در کاهش استرس جسمانی نیروهای یگان ویژه دارد.

واژگان کلیدی: مکمل مایتوکیو، تمرین استقامتی، آمادگی جسمانی، سطح استرس، نیروهای یگان ویژه

۱ - دکتری فیزیولوژی ورزش، عضو پژوهشگران دفتر تحقیقات کاربردی فرماندهی انتظامی، کرمان، ایران، (نویسنده مسئول)، - تلفن: ۰۹۱۳۲۴۷۴۲۹۳ .sohielaminizadeh@gmail.com

۲ - کارشناس علوم انتظامی، عضو پژوهشگران دفتر تحقیقات کاربردی فرماندهی انتظامی استان کرمان، ایران، ۰۹۱۳۱۹۶۹۹۰۷

۳ - دکتری علوم اجتماعی، عضو پژوهشگران دفتر تحقیقات کاربردی فرماندهی انتظامی، کرمان، ایران.

مقدمه و بیان مسئله

ارتباط بین استرس و مأموریت‌های دشوار و سلامت روانی در نیروهای نظامی به خوبی اثبات شده است (بریت^۱، لفلر^۲، ۱۹۹۹). استرس، نوعی واکنش روانی- فیزیولوژیک است که فرد، هنگام عدم برقراری تعادل بین «تقاضاها و نیازهای محیط» و «ظرفیت مواجه شدن با این نیازها» در خود احساس می‌کند (رنتز^۳، ۲۰۰۸). به عبارت دیگر، استرس، درجه سوخت و ساز بدن در فشارهای مختلف محیطی است. مطالعات نشان می‌دهد که استرس و فشار روانی در بعضی محیط‌ها و موقعیت‌ها، مانند شرایط کاری دشوار، آب و هوای نامساعد، دوری از خانواده برای مدت طولانی و نیز مواجهه با خطرات جسمی و روانی افزایش می‌یابد. از جمله این محیط‌ها، می‌توان به محیط‌های نظامی اشاره کرد (پی فلانتز^۴، ۲۰۰۲) که به دلیل حساسیت ویژه و مخاطراتی که در این گونه مراکز وجود دارد، زمینه استرس و فشار روانی افزایش می‌یابد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که حدود ۲۶ درصد از پرسنل نیروهای نظامی از استرس شدید کاری رنج می‌برند (پی فلانتز^۵، ۲۰۰۱)، به طوری که بسیاری از کارکنان در ارگان‌های نظامی از استرس شغلی خود شکایت دارند (پی فلانتز^۶، ۲۰۰۲، ووتن^۶، ۲۰۱۵). بسیاری از بیماری‌های ذهنی و روانی در نیروهای نظامی با کاهش بهره‌وری، افزایش غیبت، افزایش درگیری‌ها و برخوردها، افزایش بیکاری و انگیزه پایین‌تر در ارتباط هستند (ووتن^۹، ۲۰۱۵، الینسون^۷، ۲۰۰۴). کاهش بهره‌وری در اثر افسردگی و اضطراب باعث تحمیل هزینه ۴۴ بیلیون دلاری در سال به ارگان‌های نظامی می‌شود که ۸۱ درصد آن با کاهش بهره‌وری و ۱۹ درصد آن بر اثر غیبت افراد تحمیل

^۱ - Britt^۲ - Leffler^۳ - Rentz^۴ - Pflantz^۵ - Pflantz^۶ - Wooten^۷ - Elinson

می‌گردد (استوارت^۱، ۲۰۰۳). بنابراین، متعاقب بررسی ارتباط بین استرس شغلی و بیماری‌های ذهنی و روانی در افراد نظامی، بسیاری از محققان علوم نظامی به دنبال راه‌حلهایی برای کاهش استرس شغلی و نهایتاً کاهش بیماری‌های ذهنی در پرسنل نظامی هستند (پی‌فلانتز^۲، ۲۰۰۶، متسیوز^۳، ۲۰۱۵).

در این بین، نیروهای نظامی چالش‌های فیزیکی و ذهنی زیادی را در مأموریت‌های مختلف تحمل می‌کنند که این عوامل آن‌ها را ملزم به رعایت رژیم‌های غذایی و آمادگی جسمانی خاص، حفظ چابکی ذهنی زیاد در شرایط سخت و حفظ آمادگی دائمی برای اعزام در بازه‌های زمانی مختلف می‌کند (هودبک^۴، ۲۰۱۵). این استرس‌های مزمن عملکرد را به طور مستقیم و غیر مستقیم کاهش می‌دهند که نهایتاً می‌تواند منجر به اختلال سیستم ایمنی، کاهش زمان عکس‌العمل، کاهش تیزهوشی ذهنی، افزایش استرس‌های اکسیداتیو مانند گونه‌های اکسیژنی فعال و مصرف ناکافی مواد غذایی شوند و به همین خاطر، بسیاری از سربازان به سمت بسته‌های غذایی به امید بهبود عملکرد سوق پیدا می‌کنند. افزایش تحقیقات در این زمینه نشان می‌دهد که بسته‌های غذایی‌های مختلف ممکن است توانایی فیزیکی، سلامت و شرایط ریکاوری سریع‌تر را در مواجهه با موقعیت‌های روانی و جسمانی خطرناک و سخت افزایش دهد (هودبک^۵، ۲۰۱۵).

بسته‌های غذایی مایتوکیو (MitoQ) یک تکنولوژی آنتی‌اکسیدانی پیشرفته است که طول دهه اخیر بسیار مورد تحقیق قرار گرفته است این آنتی‌اکسیدان کاملاً طبیعی است و در میوه‌هایی نظیر هویج، کلم بروکلی و همچنین عسل طبیعی یافت می‌شود. این بسته‌های غذایی میتوکندری را که موتور تولید انرژی در بدن است حفاظت می‌کند. این بسته‌های

^۱ -Stewart

^۲ -Pflantz

^۳ -Matioz

^۴ -Hoedebecke

^۵ -Hoedebecke

غذایی از میتوکندری در برابر رادیکال‌های آزاد که در جریان تولید انرژی در بدن تولید می‌شوند محافظت می‌کند. تحقیقات نشان می‌دهد که مصرف این بسته‌های غذایی باعث افزایش انرژی بدن، استرس کمتر، بهبود خواب و افزایش استقامت فرد می‌شود. آنتی‌اکسیدان موجود در بسته‌های غذایی مایتوکیو (MitoQ) طوری طراحی شده است که در سطح ماتریکس میتوکندریایی سلول تجمع می‌یابد و نهایتاً اثرات مفیدی را از طریق کاهش اکسیدان‌های مضر در میتوکندری و همچنین کاهش الکترون‌ها و نهایتاً کاهش شکل‌گیری ROSها در میتوکندری اعمال می‌کند (اسمیت^۱، ۲۰۱۰).

یکی از هورمون‌هایی که نقش مهمی در بروز اضطراب و استرس دارد کورتیزول است، این هورمون یک هورمون گلوکوکورتیکوئیدی است که توسط کورتکس آدرنال در پاسخ به استرس‌های جسمانی، روانی یا فیزیولوژیکی ترشح می‌شود (هاکنی^۲، ۲۰۰۶). زمانی که این هورمون ترشح می‌شود، طیف وسیعی از بافت‌ها مانند عضله اسکلتی، بافت چربی و کبد آن را برداشت می‌کنند. حضور کورتیزول فرآیندهای فیزیولوژیکی بحرانی که به ظرفیت تمرینی و ریکاوری کمک می‌کنند مانند شکسته شدن پروتئین‌ها به آمینو اسیدها و تری‌گلیسیریدها به اسیدهای چرب آزاد و گلیسرول را جهت آزاد کردن انرژی میانجی‌گری می‌کند (ویرو^۳، ۲۰۰۴). اگرچه هورمون کورتیزول یکی از هورمون‌های کاتابولیک و مهم در بدن برای افزایش سطوح انرژی محسوب می‌شود اما سطوح بالای این هورمون در شرایط محیطی استرس‌زا می‌تواند عواقب جبران‌ناپذیری را از لحاظ روانی و جسمانی ایجاد کند. در تحقیقات مختلف که روی بیماران دچار افسردگی و سالم انجام شده است نشان داده شده است که کورتیزول ممکن است یک معیار مفید در ارزیابی میزان استرس و

^۱ -Smith

^۲ -Hackney

^۳ -Viru

افسردگی افراد باشد (شارپلی^۱، ۲۰۱۷) به طوری که افسردگی این افراد با واکنش پذیری کند هورمون کورتیزول و ریکاوری استرس ضعیف در افراد سالم در ارتباط است و همچنین این الگوی رفتاری کورتیزول در افراد سالمند و دچار افسردگی شدیدتر بیشتر خودنمایی می‌کند (بورک^۲، ۲۰۰۵).

از نظر فیزیولوژیکی، تحقیقات نشان می‌دهد که کورتیزول از طریق مسیرهای سیگنالینگ غیر ژنومیک منجر به تولید ROS می‌شود و در نهایت از طریق فعال کردن مسیر سیگنالینگ ERK/CREB/PGC- α به عنوان مکانیسم‌های جبرانی استرس مشارکت می‌کند؛ لذا کورتیزول یکی از هورمون‌هایی است که می‌تواند عملکرد میتوکندریایی را با القا تولید ROS تحت تأثیر قرار دهد و متعاقباً میزان تولید انرژی را در بدن دچار اختلال کند (اسپینوزا^۳، ۲۰۱۷).

یکی دیگر از هورمون‌هایی که کاهش آن در بدن با افزایش استرس اکسیداتیو قلبی-عروقی و افزایش افسردگی همراه است تستوسترون است (زاروف^۴، ۲۰۰۹ و توستس^۵، ۲۰۱۶). تحقیقات نشان می‌دهد که سطوح پایین این هورمون در بدن با افسردگی و استرس در ارتباط است (جانگ^۶، ۲۰۱۶). از نظر فیزیولوژیکی، سطوح تستوسترون استرس اکسیداتیو را تحت تأثیر قرار می‌دهد (جانگ، ۲۰۱۶). از آنجایی که ROS میتوکندریایی نقش مهمی در اختلال عملکرد میتوکندریایی دارد (سدلاک^۷، ۲۰۱۷) لذا افزایش در سطوح ROS بعد از استرس‌های اکسیداتیو مانند فعالیت‌های استقامتی می‌تواند منجر به آزاد شدن سیتوکرم C و نهایتاً مرگ سلولی می‌شود که در این فرآیند تستوسترون نقش حفاظتی ایفا

^۱-Sharpley

^۲-Burke

^۳-Espinoza

^۴-Zarriuf

^۵-Tostes

^۶-Jung

^۷-Sedlak

می‌کند (لی^۱، ۲۰۱۷). بنابراین، تستوسترون با حفظ عملکرد مناسب میتوکندریایی نقش مهمی در حفظ کارایی میتوکندری بازی می‌کند (کانگ^۲، ۲۰۱۸).

تاکنون تحقیقات معدودی از بسته‌های غذایی مایتوکیو (MitoQ) به عنوان کمک کننده استفاده کرده‌اند. به عنوان مثال، مطالعات و تحقیقات حیوانی و آزمایشگاهی (In Vitro) نشان می‌دهد که تزریق مایتوکیو استرس‌های اکسیداتیو PBMC درون سلولی را کاهش می‌دهد، و از مرگ سلولی آندوتلیال جلوگیری می‌کند و عملکرد عروق را در بیماری‌های مختلف به حالت نرمال بر می‌گرداند (مارتاندان، ۲۰۱۱). با این حال، اثر بخشی بسته‌های غذایی مایتوکیو نامشخص است (پولی^۳، ۲۰۱۶) و تنها در سال ۲۰۱۶ اثر این بسته‌های غذایی مایتوکیو در ترکیب با تمرین استقامتی روی ورزشکاران مرد مورد بررسی قرار گرفت که نشان داد این بسته‌های غذایی مایتوکیو ظرفیت اکسیداتیو عضله اسکلتی را در مقایسه با گروهی که فقط تمرین کرده‌اند را افزایش می‌دهد (پولی، ۲۰۱۶).

در مجموع تحقیقات نشان می‌دهد بسته‌های غذایی‌های آنتی اکسیدانی سازگاری‌های تمرینی را تغییر می‌دهند، اما اینکه این بسته‌های غذایی اثر بخشی بر هورمون‌هایی نظیر کورتیزول و تستوسترون دارند هنوز مشخص نیست؛ لذا هدف اول از تحقیق حاضر بررسی نقش بسته‌های غذایی مایتوکیو بر سطوح سرمی هورمون‌های کورتیزول و تستوسترون است و همچنین اثر این بسته‌های غذایی بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی آزمودنی هاست و در گام بعدی، اثر این بسته‌های غذایی بر فاکتورهای فیزیولوژیکی نظیر فشار خون، ضربان قلب و میزان اشباع اکسیژن مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

^۱ - Li

^۲ - Kang

^۳ - Polley

ضرورت و اهمیت انجام پروژه

با افزایش روز افزون میزان استرس و اضطراب در نیروهای نظامی و چالش‌هایی که این ارگان‌ها در مواجهه با شرایط سخت با آن روبرو هستند؛ لذا انجام تحقیقاتی که باعث کاهش اضطراب و استرس در نیروهای نظامی شود، اهمیت پیدا می‌کند. در بسیاری از کشورها تحقیقات گسترده‌ای در جهت کاهش استرس و اضطراب نیروهای نظامی انجام شده است به طوری که در کشور آمریکا و تایوان به دنبال افزایش خودکشی در نیروهای نظامی نگرانی‌های شدیدی به وجود آمد. بعد از انجام تحقیقات روی سربازان آمریکایی که در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۸ انجام گرفت نشان داد که افسردگی و اضطراب در طول ۶ سال فعالیت نیروهای آمریکایی به میزان ۷ برابر افزایش یافته است (از ۳.۲٪ در سال ۲۰۰۲ به ۱۷.۴٪ در سال ۲۰۰۸)؛ لذا، تمرینات ویژه‌ای برای بهبود عملکرد در جنگ‌ها و کاهش مشکلات ذهنی شامل افسردگی، اختلالات استرسی پس از عملیات‌های نظامی و خودکشی در دستور کار ارتش آمریکا قرار گرفت، به طوری که، نیروهای فعال آمریکایی، نیروهای ذخیره و نیروهای گارد ملی تمرینات را دریافت کردند و از سال ۲۰۰۹ به بعد این تمرینات و برنامه‌های ویژه در دستور کار ارتش آمریکا قرار گرفت. متأسفانه اضطراب و استرس جزء مواردی محسوب می‌شوند که می‌توانند باعث ایجاد صدمات جبران ناپذیری به خود افراد و تحمیل هزینه‌های زیادی به ارگان‌های نظامی شوند. وجود تنش و فشار عصبی و استرس شغلی، باعث کاهش سطح هوشیاری و اختلال در عملکرد نیروهای نظامی می‌شود. از طرف دیگر، هنگامی که از فرد انتظار می‌رود که چند نقش متعارض با یکدیگر را ایفا کند، فرد دچار تعارض می‌شود که این تعارضات، در بعضی محیط‌ها مانند مراکز نظامی، انتظامی و حرفه‌هایی که کشیک شب دارند بیشتر است؛ لذا، علاوه بر فاکتورهای روحی - روانی و آموزش‌هایی که در این زمینه به پرسنل نظامی داده می‌شود، بحث بسته‌های غذایی و تغذیه صحیح نیز اهمیت پیدا می‌کند و می‌تواند باعث بهبود عملکرد افراد در شرایط مختلف شود.

پیشینه و مفاهیم

فعالیت هوازی: فعالیت‌هایی که از منابع چربی برای تولید انرژی در آن‌ها استفاده می‌شود و در آن مسیر اکسیداسیون لیپید و چرخه کربس فعال است. فعالیت غیر هوازی: فعالیت‌هایی گفته می‌شود که در آن‌ها از منابع کربوهیدرات و فسفوکراتین برای تولید انرژی استفاده می‌شود و مسیر گلیکولیتیک در این گونه فعالیت‌ها فعال می‌شود.

گراهام^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۹، نقش مکمل MitoQ بعنوان یک مکمل آنتی‌اکسیدانی هدف گذاری شده بر روی میتوکندری در بهبود عملکرد اندوتلیال و کاهش هایپرتروفی قلبی بررسی کردند. آن‌ها نقش استرس اکسیداتیو میتوکندریایی در حین گسترش پرفشارخونی در رت‌های مستعد به سکنه مغزی را بررسی کردند. یک گروه از آن‌ها رت‌های نر با ۸ هفته سن که مستعد به سکنه مغزی بودند و خود به خود فشار خون داشتند را به وسیله مکمل MitoQ تحت درمان قرار دادند. گروه دیگر، گروه کنترل ترکیب دسیل تری فنیل فسفونیوم بود. آن‌ها در نهایت نشان دادند که درمان توسط MitoQ بطور معناداری باعث بهبود نیتریک اکساید در دسترس زیستی در آئورت توراسیک شد. و همچنین گزارش کردند که MitoQ از گسترش فشار خون محافظت می‌کند، عملکرد اندوتلیال را بهبود می‌بخشد و باعث کاهش هایپرتروفی قلبی در رت‌های جوان مستعد به سکنه مغزی که خود به خود فشار خون داشتند می‌شود (گراهام و همکاران، ۲۰۰۹).

^۱ - Graham

جویسکا رایان^۱ و همکاران در سال ۲۰۱۴، اثربخشی مکمل MitoQ بعنوان یک مکمل آنتی اکسیدانی هدف گذاری شده بر روی میتوکندری در بهبود اندوتلیال عروق موش‌های پیر بررسی کردند. این محققان ۴۵ موش در چهار گروه تمرینی موش‌های جوان هشت ماهه تحت درمان با مکمل MitoQ، موش‌های پیر تحت درمان با مکمل MitoQ ۲۷ ماهه، گروه کنترل موش‌های جوان ۸ ماهه و گروه کنترل موش‌های پیر ۲۷ ماهه را برای مدت ۴ هفته مورد مطالعه قرار دادند. MitoQ با بهبود دسترسی به نیتریک اکساید، اتساع وابسته به اندوتلیوم شریان را به طور کامل در موش‌های مسن ترمیم کرد. به طور کلی تحقیقات آن‌ها نشان داد که بهبود عملکرد اندوتلیال با مکمل دهی MitoQ با نرمال‌سازی مارکرهای استرس اکسیداتیو و همچنین افزایش مارکرهای مربوط به سلامت میتوکندریایی عروقی همراه بوده است (جویسکا رایان و همکاران، ۲۰۱۴).

جی یانگ هان^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۴، نقش عملکردی نیتریک اکساید سنتتاز عصبی (nNOS) در حین میتوفاژی را با القای نیتریک اکساید (NO) بر روی جا به جایی Parkin در غیاب PINK₁ بررسی کردند. این محققان بر اساس روش اندازه‌گیری بیان ژن و بررسی میزان فعالیت آنزیمی، فعالیت فاکتورهای مختلف درگیر در فرایند میتوفاژی از جمله Parkin, PINK₁, cytochrome c و TOM را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در نهایت نشان دادند که تعامل nNOS با تمام طول PINK₁ عاملی کلیدی در بکارگیری Parkin می‌باشد و بکارگیری Parkin از طریق تعامل بین nNOS با تمام

^۱ - Gioscia- Ryan

^۲ - Ji- Young Han

طول PINK^۱ در حین میتوفاژی، ناشی از القای CCCP می‌باشد (جی یانگ هان و همکاران، ۲۰۱۴).

علی‌اصغر فلاحی و همکاران در سال ۲۰۱۵، تأثیر تمرین HIIT را بر روی نیتریک اکساید و متابولیت‌های آن و همچنین نقش محافظتی آن‌ها از قلب و اندازه انفارکتوس میوکارد بعد از آسیب ایسکمی / پرفیوژن (I/R) را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها رت‌ها را به ۴ گروه: کنترل، کنترل IR، HIIT + IR و کنترل IR+ تقسیم کردند. هر جلسه از برنامه تمرینی HIIT شامل ۱ ساعت ورزش در سه مرحله بود: ۶ دقیقه دویدن با ۵۰-۶۰٪ VO₂max برای گرم کردن. ۷ تکرار ۷ دقیقه‌ای دویدن روی تردمیل با شیب ۵ تا ۲۰ درجه (۴ دقیقه با شدت ۸۰-۱۰۰٪ VO₂max و ۳ دقیقه با ۵۰-۶۰٪ VO₂max)؛ و ۵ دقیقه دویدن در ۵۰-۶۰٪ VO₂max برای سرد کردن. آن‌ها در نهایت نشان دادند که تمرین HIIT می‌تواند با تغییرات افزایشی در NO آثار محافظتی بر روی قلب داشته باشد (فلاحی، ۲۰۱۵).

روش شناسی

این تحقیق به صورت تجربی و از نوع کاربردی است ابتدا طی هماهنگی با فرماندهی یگان ویژه استان و حفاظت اطلاعات یگان ویژه از نیروهای یگان ویژه استان کرمان فراخوانی به عمل آمده و سپس طی ۳ روز متوالی تست شاتل ران از آن‌ها گرفته شد و افرادی که واجد شرایط برای شرکت در تست بودند، انتخاب شده و در این تحقیق شرکت کردند، بعد از پرکردن فرم رضایت نامه، سپس پرسشنامه همکاری و اطلاعات فردی (مبنی

^۱ - High Intensity Exercise Training

بر علاقه شرکت در آزمون، مشخصات فردی، عدم مصرف سیگار و هرگونه مواد مخدر دیگر، عدم ابتلاء به هرگونه بیماری قلبی و تنفسی و عفونی و سیستم ایمنی...، عدم قرارگیری در محیط‌های آلاینده و تحریک کننده دستگاه تنفسی، محیط شغلی، خانوادگی و محیط سرد و گرم...، سابقه فعالیت ورزشی در طول زندگی یا چند ساله اخیر) از آنان گرفته شد. سپس، از افراد واجد شرایط و علاقه‌مند شرکت در تحقیق معاینه پزشکی توسط پزشک یگان ویژه (دکتر اسد پور) مبنی بر سلامت آن‌ها بعمل آمد. سپس بوسیله دستگاه اندازه‌گیری کننده ترکیب بدنی (Bodycomposition) میزان شاخص توده‌ی بدنی (BMI)، درصد چربی و تیپ بدنی افراد اندازه‌گیری شد و از طریق آزمون فرآینده دوچرخه، دامنه حداکثر اکسیژن مصرفی VO_{2max} آن‌ها محاسبه گردید و ۲۰ نفر از افرادی که دارای بالاترین VO_{2max} بودند جهت شرکت در آزمون اصلی انتخاب شدند که میانگین VO_{2max} این افراد بالاتر از ۳۵ میلی لیتر برکیلوگرم در دقیقه بود.

در طول پروتکل‌های تمرینی و تست‌ها، اطلاعات محیطی (دما و رطوبت آزمایشگاه) هر لحظه ثبت گردید و سپس قبل از آزمون گازهای تنفسی (به جزء گاز نیتروژن) و برخی از شاخص‌های تهویه در محیط سنجیده شد و پس از ۳ دقیقه گرم کردن و تمرینات کششی سبک، آزمون هوازی شدت بالا روی دوچرخه کارسنج بعمل آمد و در زمان تست گازهای تنفسی اندازه‌گیری شد. بعد از دو هفته، برای کنترل تغییرات معنی‌دار در VO_{2max} ، وزن و قد آزمودنی‌ها دوباره این شاخص‌ها اندازه‌گیری شدند.

نحوه کنترل دما و رطوبت محیط و تعیین روزهای اجرای آزمون

کنترل دما و رطوبت نسبی محیط: ابتدا دمای محیطی و رطوبت نسبی از مقالات استخراج شدند که بر اساس این مقالات می‌بایست دمای محیط ۲۵ درجه سانتیگراد باشد. کنترل دما و رطوبت در محیط آزمایشگاه: دما و رطوبت علاوه بر اعلام از مرکز هواشناسی شهر کرمان، توسط دماسنج‌های واقع در آزمایشگاه نیز اندازه‌گیری و ثبت شد و نتایج حاصله با رطوبت و دمای هواشناسی مقایسه شد (دماسنج و رطوبت سنج دیجیتال مدل Thermo Pro ساخت کشور آمریکا با دقت یک صدم).

جامعه و نمونه آماری: جامعه آماری در این تحقیق نیروهای یگان ویژه استان کرمان بودند. نمونه آماری: ۲۰ نفر از نیروهای یگان ویژه با VO_{2max} حداکثر اکسیژن مصرفی بالاتر از 35 ml/kg. min میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه می‌باشد.

آزمون Vo_{2max} : آزمون هوازی دوچرخه^۱ که برای تعیین حجم Vo_{2max} در نظر گرفته شد، مدت زمان اجرای آن حداقل ۱۵ دقیقه بوده و با توجه به پاسخ ضربان قلب، ممکن است بیشتر از این زمان نیز طول بکشد. آزمودنی‌ها ابتدا با بستن سنسور دیجیتالی ضربان سنج در ناحیه جناغ سینه، بر روی دوچرخه قرار می‌گرفتند. بار کار ابتدایی که بر اساس پروتکل آزمون برای مردان جوان سالم در نظر گرفته می‌شود، به میزان ۶۰ وات می‌باشد که به صورت هر دو دقیقه ۳۰ وات به آن اضافه می‌شود تا زمانی که آزمودنی به واماندگی برسد.

نحوه اندازه‌گیری ضربان قلب: ابتدا داده‌های مربوط به سن، قد و وزن داده شده و گیرنده دیجیتالی سینه‌بند روی قفسه‌سینه و در ناحیه جناغ بسته می‌شد و از طریق سیستم

^۱ - Incremental

کنترل از راه دور دستگاه ارگواسپیرومتر که با سینه‌بند ارتباط داشت، ضربان قلب در تمام مراحل اجرایی آزمون (استراحت، حین و بعد تمرین) کنترل و ثبت می‌شد.

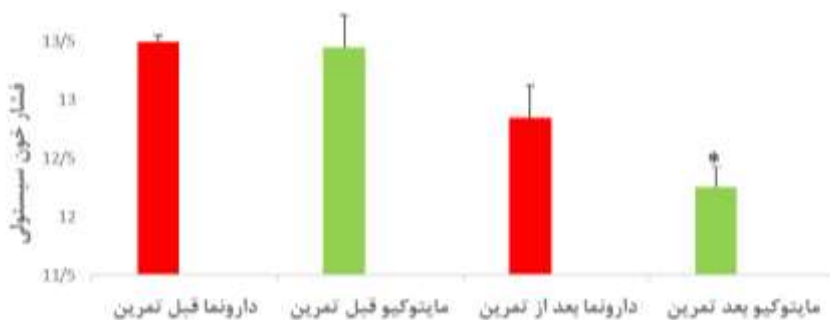
روش آماری: در این تحقیق از روش‌های آماری توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف معیار داده‌های توصیفی نظیر سن، قد، وزن، ضربان قلب و گازهای تنفسی استفاده شده است و همچنین از آمار استنباطی برای مقایسه بین تغییرات شاخص‌ها در قبل و بعد از پروتکل تمرینی استفاده شد. برای مقایسه نتایج پیش از آزمون و پس از آزمون از t وابسته و مستقل استفاده شد. لازم به ذکر است که جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شده است و نمودارهای مربوطه توسط برنامه اکسل ۲۰۱۷ طراحی شده‌اند.

یافته‌ها

برای مقایسه بین دو شرایط قبل تمرین از آماره t وابسته استفاده شده است اگر چه میانگین SBP در گروه مصرف کننده مایتوکینو نسبت به بقیه گروه‌ها کاهش یافته با اطمینان ۹۵٪ می‌توان گفت که این اختلاف معنی‌دار بوده و فرضیه مورد نظر پذیرفته می‌شود ($df=9$, $p<0.001$).

شکل شماره (۱): داده‌های فشار خون سیستولیک قبل و بعد از پروتکل. * معنی‌دار نسبت به گروه

مایتوکینو قبل تمرین. $p<0.05$ معنی‌دار در نظر گرفته می‌شود.



چه میانگین کورتیزول در گروه مصرف کننده مایتوکیو نسبت به بقیه گروه‌ها کاهش یافته با اطمینان ۹۵٪ می‌توان گفت که این اختلاف معنی‌دار بوده و فرضیه مورد نظر پذیرفته می‌شود ($p < 0.001, df=9$).

شکل شماره (۲): داده‌های سطوح سرمی کورتیزول قبل و بعد از پروتکل. * معنی‌دار نسبت به گروه مایتوکیو قبل تمرین. $p < 0.05$ معنی‌دار در نظر گرفته می‌شود.



چه میانگین تستوسترون در گروه مصرف کننده مایتوکیو نسبت به بقیه گروه‌ها تفاوت معنی‌داری نشان نداد لذا، فرضیه مذکور رد می‌شود ($df=9$).

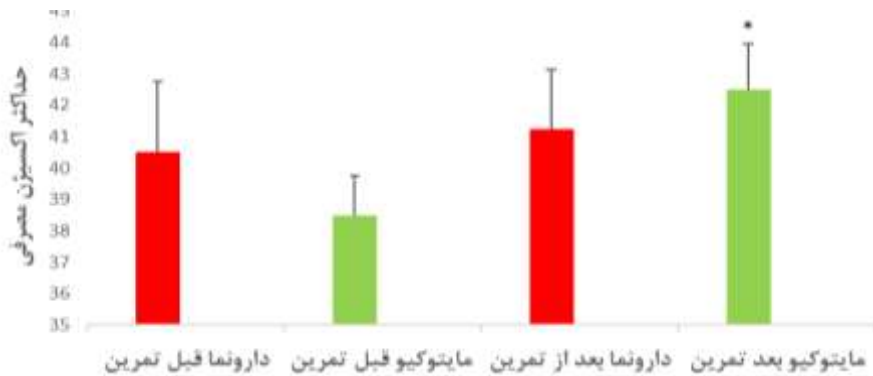
شکل شماره (۳) داده‌های سطوح سرمی تستوسترون قبل و بعد از پروتکل



اثر دو هفته مصرف مکمل مایتوکیو (MitoQ) و تمرین استقامتی / ۳۱

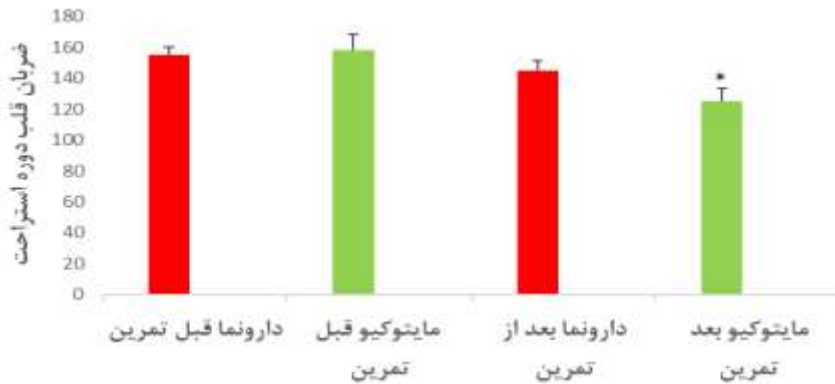
میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه مصرف کننده مایتوکیو نسبت به بقیه گروه‌ها افزایش یافته با اطمینان ۹۵٪ می‌توان گفت که این اختلاف معنی‌دار بوده و فرضیه مورد نظر پذیرفته می‌شود ($p < 0.05, df=9$).

شکل شماره (۴) داده‌های حداکثر اکسیژن مصرفی قبل و بعد از پروتکل. * معنی‌دار نسبت به گروه مایتوکیو قبل تمرین. $p < 0.05$ معنی‌دار در نظر گرفته می‌شود.



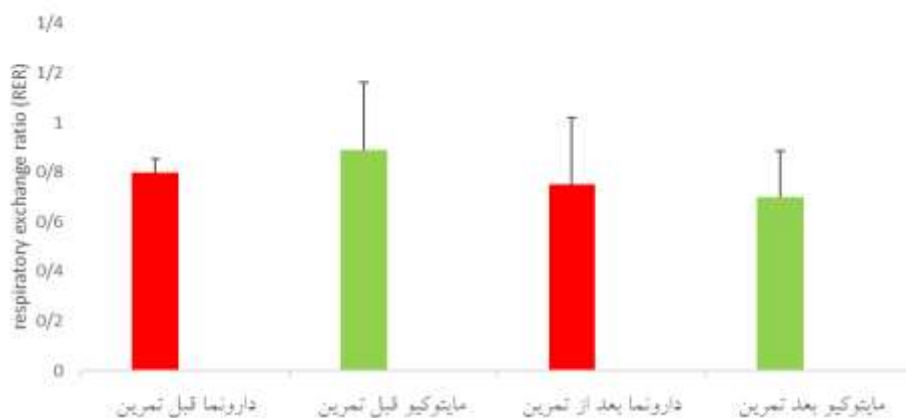
میانگین ضربان قلب در گروه مصرف کننده مایتوکیو نسبت به بقیه گروه‌ها کاهش یافته با اطمینان ۹۵٪ می‌توان گفت که این اختلاف معنی‌دار بوده و فرضیه مورد نظر پذیرفته می‌شود ($p = 0.01, df=9$).

شکل شماره (۵) داده‌های ضربان قلب در دوره استراحت قبل و بعد از پروتکل. * معنی‌دار نسبت به گروه مایتوکیو قبل تمرین. $p < 0.05$ معنی‌دار در نظر گرفته می‌شود.



برای مقایسه بین دو شرایط قبل تمرین از آماره t وابسته استفاده شده است اگر چه میانگین RER در گروه مصرف کننده مایتوکسیو نسبت به بقیه گروه‌ها کاهش یافته با اطمینان ۹۵٪ می‌توان گفت که این اختلاف معنی‌دار بوده و فرضیه مورد نظر پذیرفته می‌شود ($df=9$), $p=0.03$.

شکل شماره (۶) داده‌های RER در دوره استراحت قبل و بعد از پروتکل. * معنی‌دار نسبت به گروه مایتوکسیو قبل تمرین. $p < 0.05$ معنی‌دار در نظر گرفته می‌شود.

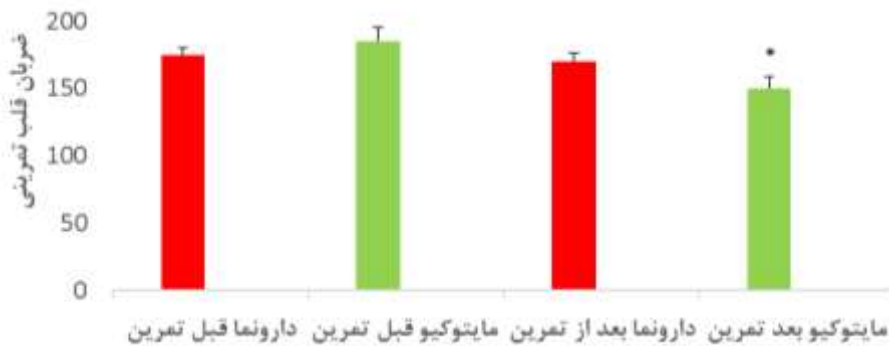


میانگین ضربان قلب تمرینی در گروه مصرف کننده مایتوکسیو نسبت به بقیه گروه‌ها کاهش یافته با اطمینان ۹۵٪ می‌توان گفت که این اختلاف معنی‌دار بوده و فرضیه مورد نظر پذیرفته می‌شود ($p=0.001, df=9$).

تمرین باعث افزایش ضربان قلب می‌شود اما با مرور زمان در شدت‌های مختلف بدن سازگاری‌هایی را ایجاد می‌کند که در مقایسه یا شرایط قبل از تمرین ضربان قلب کمتری را نشان می‌دهد. به این صورت که مثلاً در گروه‌های زیر، تمرین که با شدت ۷۰ درصد در ابتدای پروتکل شروع شده بوده است با گذشت زمان و آماده شده بدن، قلب ضربان

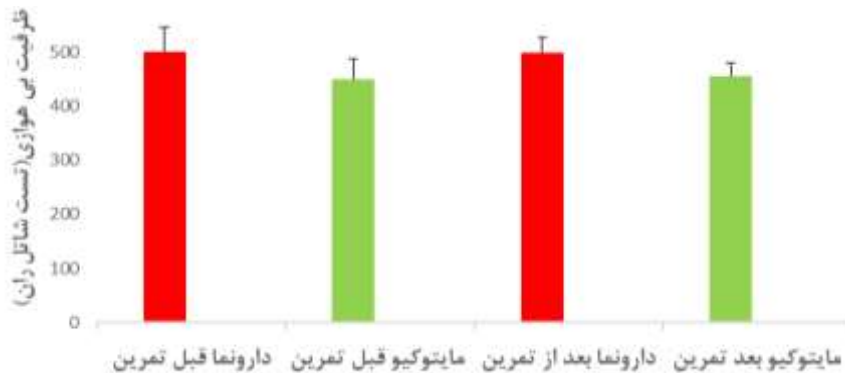
کمتری را در شدت ۷۰ درصد خواهد داشت که به این اثر، اثرات بلند مدت تمرینی گفته می‌شود.

شکل شماره (۷) داده‌های ضربان قلب تمرینی قبل و بعد از پروتکل. * معنی‌دار نسبت به گروه مایتوکویو قبل تمرین. $p < 0.05$ معنی‌دار در نظر گرفته می‌شود.



میانگین ظرفیت بی‌هوازی در گروه مصرف کننده مایتوکویو نسبت به بقیه گروه‌ها کاهش یافته با اطمینان ۹۵٪ می‌توان گفت که این اختلاف معنی‌دار نبوده و فرضیه مورد نظر پذیرفته نمی‌شود ($df=9$).

شکل شماره (۸) داده‌های ظرفیت بی‌هوازی قبل و بعد از پروتکل. * معنی‌دار نسبت به گروه مایتوکویو قبل تمرین. $p < 0.05$ معنی‌دار در نظر گرفته می‌شود.



بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، نیروهای یگان ویژه استان کرمان از آمادگی به نسبت پایینی برخوردار هستند. این پایین بودن آمادگی هوازی (VO_{2max}) در ارتباط با ماهیت نوع تمریناتی است که این نیروها انجام می‌دهند. VO_{2max} شاخص حداکثر اکسیژن مصرفی، یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی میزان آمادگی هوازی ورزشکاران است. متأسفانه دیدگاهی که در واحد تربیت بدنی یگان وجود دارد مبنی بر فقط افزایش حجم عضلانی است که تنها با وزنه زدن و ایجاد هایپرتروفی همراه است. از آنجاییکه ایجاد حجم عضلانی باعث کند شدن و به مراتب کاهش تمایل ورزشکار به انجام تمرینات هوازی می‌شود (دیدگاه کاهش حجم عضلات به دنبال تمرین هوازی)؛ لذا نیروها با توجه به شغل و استرس کاری از چابکی و توان هوازی قابل قبولی برخوردار نیستند. که در ادامه با بررسی تک تک فاکتورها به این موضوع خواهیم پرداخت.

یکی از فاکتورهای مهم برای نشان دادن میزان آمادگی هوازی نیروها شاخص حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) است. که با توجه به نتایج به دست آمده میانگین این فاکتور در نیروهای یگان با مقدار آن در دانشجویان دانشگاه باهنر برابری می‌کند که این امر نشان دهنده پایین بودن آمادگی هوازی در نیروهاست که جای تامل فراوان دارد. علت این مشکل را می‌توان در دیدگاه غلط واحد تربیت بدنی جست و جو کرد که تنها نیروها را به سمت انجام تمرینات با وزنه سوق می‌دهند که خود مزید بر علت برای کاهش آمادگی هوازی و به تبع کم بودن حداکثر اکسیژن مصرفی است. پایین بودن میزان حداکثر اکسیژن مصرفی نشان دهنده توان کم نیرو در انجام تعقیب و گریزهای طولانی مدت و همچنین انجام مأموریت‌های طولانی مدت است که این امر می‌تواند باعث فشار زیاد روی قلب و عروق شود که با توجه به استرس شغلی در بازه‌های زمانی مختلف می‌تواند باعث

بیماری‌های مزمن قلبی-عروقی و همچنین بیماری‌های روانی در نیروها شود. راهکاری که برای بهبود این فاکتور باید در نظر گرفت به کارگیری تردمیل‌ها و دوچرخه‌های کارسنج در محیط واحد تربیت بدنی یگان است تا در محیط کار نیروها بتوانند در جهت افزایش توان هوازی از این امکانات استفاده کنند. از طرفی، جلسات توجیهی باید برای واحد تربیت بدنی گذاشته شود تا به جای استفاده از مکمل‌های مضر و گاهی بدون فایده برای بدن و تمرینات صرفاً وزنه که در جهت افزایش حجم عضلانی استفاده می‌شوند، دیگر فاکتورهای مرتبط با آمادگی جسمانی (قدرت، سرعت، چابکی، استقامت عضلانی، استقامت هوازی، توان و...) را نیز مد نظر قرار دهند.

در بررسی‌های انجام گرفته قبل و بعد از پروتکل مشخص شد که نیروها به دلیل اشتباهاتی که در انجام تمرینات قدرتی دارند میزان فشار خون سیستول در زمان اعمال فشار تمرینی حداکثر به طرز عجیبی بالا می‌رود که بعد از بررسی و اعمال تمرینات هوازی به حالت نرمال بازگشت (داده‌های گزارش نشده). علت این امر را می‌توان در عدم توجه به مانور والسالوا در انجام تمرینات قدرتی و وزنه جست و جو کرد که باز نیاز به توجیه واحد تربیت بدنی دارد. در انجام تمرینات کار با وزنه باید توجه کرد که حین انجام تمرینات وزنه، باید تنفس در دم و بازدم با انجام حرکت هماهنگی داشته باشند وگرنه باعث ایجاد فشار منفی در قفسه سینه (ترویزانی^۱، ۲۰۱۸) و به تدریج باعث ایجاد فشار خون مزمن می‌شود. برای تعدیل و کاهش فشار خون نیروهای یگان ویژه باید توجه داشت که در برنامه روزانه هفتگی نیروها باید حتماً تمرینات هوازی در نظر گرفته شوند.

یکی از شاخص‌های مهمی که در تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گرفت شاخص RER بود که نشان دهنده میزان مصرف کربوهیدرات، چربی و نسبت آن‌ها در حین استراحت،

^۱ - Trevizani

تمرین و در مرحله ریکاوری است (راموس خیمنز^۱، ۲۰۰۸، آیمان^۲، ۲۰۱۹). شاخص RER در نیروهای یگان در مرحله استراحت بالا بود که این امر نشان دهنده عدم رعایت رژیم غذایی مناسب، عدم انجام تمرینات هوازی و استرس ناشی از محیط کار است. متأسفانه، برنامه غذایی نیروهای یگان متناسب با نوع وظیفه آن‌ها و میزان حساسیت کاری آن‌ها نیست، و بیشتر به سمت غذاهای سرخ کردنی با میزان چربی بالا سوق می‌یابد که این امر می‌تواند تأثیرات بسیار بدی بر وضعیت سلامتی نیروها داشته باشد. این شاخص به دنبال انجام تمرینات هوازی و مصرف مکمل مایتوکسیو بهبود پیدا کرد اما شاخص‌های مخمل مانند رژیم غذایی و در بعضی موارد استرس کاری مانع از بهبود کامل این شاخص در نیروها می‌شود.

در واحد تربیت بدنی، هنوز از شاخص‌های بسیار ابتدایی مانند BMI برای بررسی شاخص توده بدنی نیروها استفاده می‌شود که جای تعجب بسیار دارد. بنا بر تحقیقی که سرلی^۳ و همکارانش در سال ۲۰۱۷ انجام دادند به این نتیجه رسیدند که استفاده از BMI با توجه به شاخص‌های بدنی افراد و نژادهای مختلف نیاز به بازبینی و بازنگری کلی دارد که در این مقاله، نمودارها و مقیاس‌های کاملاً به روز رسانی شده‌اند و از سایر شاخص‌هایی مانند شاخص‌های آنتروپومتریکی و... برای بهبود داده‌های استفاده شده است (سرلی^۱، ۲۰۱۷، لی^۴، ۲۰۱۶). به عبارتی این شاخص برای نشان دادن میزان اضافه وزن نیروها مورد بررسی قرار می‌گیرد که می‌توان گفت مقیاس‌های این شاخص کاملاً غربی و متناسب با مردم غرب هست که باید در نیروهای نظامی کشور مورد بازبینی قرار گیرد، و در رده‌های سنی مختلف با نژادهای مختلف در ایران عزیز پایلوت شود؛ لذا پیدا کردن میزان چربی بدن،

^۱ -Ramos

^۲ -Ayman

^۳ -Serlei and colleagus

^۴ -Lee

میزان توده عضلانی و... باید بر اساس روش‌های جدید و دقیق‌تر انجام شود (استفاده از شاخص‌های آنتروپومتریکی و مفهوم فانتوم در ارزیابی شاخص‌های بدنی) که بسیار کم هزینه هستند و از دقت بیشتری برخوردار هستند (رانوس خیمز؛^۲ ۲۰۰۸، حدیدی^۱، ۲۰۱۹). ضربان قلب تمرین، ریکاوری و استراحت در نیروهای از رنج قابل قبولی برخوردار است که به تبع با توجه به کم بودن میزان آمادگی هوازی می‌تواند به سطوح پایین تری در سنین بالا نزول پیدا کند.

میزان تستوسترون در حد نرمال بود و در گروه‌های مختلف تغییری قبل و بعد از تمرین ایجاد نشد، و به نظر می‌آید این هورمون تحت تأثیر مکمل مایتوکویو و تمرین تغییر نمی‌کند اگرچه تحقیقی دیگر نشان می‌دهد که این مکمل باعث افزایش سطوح تستوسترون می‌شود که این روند در اثر بهتر شدن فرآیند تولید این هورمون از طریق محافظت از میتو کندری می‌شود (هان^۳، ۲۰۱۵). اما سطوح سرمی کورتیزول در بین گروه‌ها دچار تغییر شد به این ترتیب که در اغتشتشات نیروهایی که از مکمل مایتوکویو استفاده کرده بودند سطوح کمتر کورتیزول را نشان دادند که نشان دهنده استرس کمتر این افراد با مصرف این مکمل بوده است.

پیشنهاد

پیشنهادی که از این تحقیق بر می‌آید این است که برنامه مدون و منظمی برای تمام نیروی نظامی کشور تدوین شود تا بتوان در آینده‌ای نزدیک، نیروهایی با کارایی و توان بیشتر داشته باشیم.

^۱ -Ramos

^۲ -Hadidi

^۳ -Han

منابع

Britt, T. W. and A. B. Adler, *Stress and health during medical humanitarian assistance missions*. Mil Med, ۱۹۹۹. ۱۶۴(۴): p. ۲۷۵- ۹.

Leffler, C. T. and M. L. Dembert, *Posttraumatic stress symptoms among U. S. navy divers recovering TWA flight ۸۰۰*. J Nerv Ment Dis, ۱۹۹۸. ۱۸۶(۹): p. ۵۷۴ - ۷.

Rentz, E. D. , S. W. Marshall, S. L. Martin, D. A. Gibbs, et al. , *Occurrence of maltreatment in active duty military and nonmilitary families in the State of Texas*. Mil Med, ۲۰۰۸. ۱۷۳(۶): p. ۵۱۵- ۲۲.

Pflanz, S. and S. Sonnek, *Work stress in the military: prevalence, causes, and relationship to emotional health*. Mil Med, ۲۰۰۲. ۱۶۷(۱۱): p. ۸۷۷- ۸۲.

Pflanz, S. , *Occupational stress and psychiatric illness in the military: investigation of the relationship between occupational stress and mental illness among military mental health patients*. Mil Med, ۲۰۰۱. ۱۶۶(۶): p. ۴۵۷- ۶۲.

Wooten, N. R. , *Military Social Work: Opportunities and Challenges for Social Work Education*. J Soc Work Educ, ۲۰۱۵. ۵۱(Suppl ۱): p. S۶- S۲۵.

Greenberg, P. E. , R. C. Kessler, H. G. Birnbaum, S. A. Leong, et al. , *The economic burden of depression in the United States: how did it change between ۱۹۹۰ and ۲۰۰۰?* J Clin Psychiatry, ۲۰۰۳. ۶۴(۱۲): p. ۱۴۶۵- ۷۵.

Elinson, L. , P. Houck, S. C. Marcus, and H. A. Pincus, *Depression and the ability to work*. Psychiatr Serv, ۲۰۰۴. ۵۵(۱): p. ۲۹- ۳۴.

Stewart, W. F. , J. A. Ricci, E. Chee, S. R. Hahn, et al. , *Cost of lost productive work time among US workers with depression*. JAMA, ۲۰۰۳. ۲۸۹(۲۳): p. ۳۱۳۵- ۴۴.

Pflanz, S. E. and A. D. Ogle, *Job stress, depression, work performance, and perceptions of supervisors in military personnel*. Mil Med, ۲۰۰۶. ۱۷۱(۹): p. ۸۶۱- ۵.

Hoedebecke, K. and W. Brink, *Military- specific application of nutritional supplements: a brief overview*. F۱۰۰۰Res, ۲۰۱۵. ۴: p. ۶۱.

Han, J. - Y. , M. - J. Kang, K. - H. Kim, P. - L. Han, et al. , *Nitric Oxide Induction of Parkin Translocation in PTEN- induced Putative Kinase ۱ (PINK۱) Deficiency FUNCTIONAL ROLE OF NEURONAL NITRIC OXIDE SYNTHASE DURING MITOPHAGY*. Journal of Biological Chemistry, ۲۰۱۵. ۲۹۰(۱۶): p. ۱۰۳۲۵- ۱۰۳۳۵.

Fallahi, A. , A. Gaeini, S. Shekarfroush, and A. Khoshbaten, *Cardioprotective effect of high intensity interval training and nitric oxide metabolites (NO^{۲-}, NO^{۳-})*. Iranian journal of public health, ۲۰۱۵. ۴۴(۹): p. ۱۲۷۰.

Sawyer, B. J. , W. J. Tucker, D. M. Bhammar, J. R. Ryder, et al. , *Effects of high- intensity interval training and moderate- intensity continuous training on*

endothelial function and cardiometabolic risk markers in obese adults. Journal of Applied Physiology, ۲۰۱۶. ۱۲۱(۱): p. ۲۷۹- ۲۸۸.

Hadidi, V. , F. Daryanoosh, J. Nemati, and N. Tanideh, *The Effect of Hind Limb Immobilization on Expression of Some Genes Involved in the Regulation of Mitochondrial Processes in Soleus Muscle of Trained and Untrained Rats*. Journal of Arak University of Medical Sciences, ۲۰۱۹. ۲۲(۱): p. ۵۱- ۶۱.

Li, G. , Y. L. Chan, S. Sukjamnong, A. G. Anwer, et al. , *A Mitochondrial Specific Antioxidant Reverses Metabolic Dysfunction and Fatty Liver Induced by Maternal Cigarette Smoke in Mice*. Nutrients, ۲۰۱۹. ۱۱(۷): p. ۱۶۶۹.

Metsios, G. S. , Y. Koutedakis, J. J. Veldhuijzen van Zanten, A. Stavropoulos- Kalinoglou, et al. , *Cardiorespiratory fitness levels and their association with cardiovascular profile in patients with rheumatoid arthritis: a cross- sectional study*. Rheumatology (Oxford), ۲۰۱۵. ۵۴(۱۲): p. ۲۲۱۵- ۲۰.

Fernstrom, M. , U. Fernberg, G. Eliason, and A. Hurtig- Wennlof, *Aerobic fitness is associated with low cardiovascular disease risk: the impact of lifestyle on early risk factors for atherosclerosis in young healthy Swedish individuals - the Lifestyle, Biomarker, and Atherosclerosis study*. Vasc Health Risk Manag, ۲۰۱۷. ۱:۳ p. ۹۱- ۹۹.

Trevizani, G. A. , M. B. Seixas, P. R. Benchimol- Barbosa, J. M. Vianna, et al. , *Effect of Resistance Training on Blood Pressure and Autonomic Responses in Treated Hypertensives*. J Strength Cond Res, ۲۰۱۸. ۳۲(۵): p. ۱۴۶۲- ۱۴۷۰.

Ramos- Jimenez, A. , R. P. Hernandez- Torres, P. V. Torres- Duran, J. Romero- Gonzalez, et al. , *The Respiratory Exchange Ratio is Associated with Fitness Indicators Both in Trained and Untrained Men: A Possible Application for People with Reduced Exercise Tolerance*. Clin Med Circ Respirat Pulm Med, ۲۰۰۸. ۲: p. ۱- ۹.

Sirlei Siani Morais,* Mirena Ide, Andrea Moreno Morgan, and Fernanda Garanhani Surita. *A novel body mass index reference range - an observational study*. Clinics (Sao Paulo). ۲۰۱۷ Nov; ۷۲(۱۱): ۶۹۸-۷۰۷.

Ayman A. Ibrahim^aHeba M. Karam^aEsmat A. Shaaban^aMarwa M. Safar^{bc}Mohammed F. El- Yamany^b. *MitoQ ameliorates testicular damage induced by gamma irradiation in rats: Modulation of mitochondrial apoptosis and steroidogenesis*. Life Sciences. Volume ۲۳۲, ۱ September ۲۰۱۹, ۱۱۶۶۵۵.

Zarrouf, F. A. , S. Artz, J. Griffith, C. Sirbu, et al. , *Testosterone and depression: systematic review and meta- analysis*. J Psychiatr Pract, ۲۰۰۹. ۱۵(۴): p. ۲۸۹- ۳۰۵.

Jung, H. J. and H. S. Shin, *Effect of Testosterone Replacement Therapy on Cognitive Performance and Depression in Men with Testosterone Deficiency Syndrome*. World J Mens Health, ۲۰۱۶. ۳۴(۳): p. ۱۹۴- ۱۹۹.

Yan, W. , Y. Kang, X. Ji, S. Li, et al. , *Testosterone Upregulates the Expression of Mitochondrial ND¹ and ND² and Alleviates the Oxidative*

Damage to the Nigrostriatal Dopaminergic System in Orchiectomized Rats. Oxid Med Cell Longev, ۲۰۱۷. ۲۰۱۷: p. ۱۲۰۲۴۵۹.

Sedlak, E. and A. Musatov, *Inner mechanism of protection of mitochondrial electron- transfer proteins against oxidative damage. Focus on hydrogen peroxide decomposition.* Biochimie, ۲۰۱۷. ۱۴۲: p. ۱۵۲- ۱۵۷.

Li, W. , K. N. Yu, J. Ma, J. Shen, et al. , *Non- thermal plasma induces mitochondria- mediated apoptotic signaling pathway via ROS generation in HeLa cells.* Arch Biochem Biophys, ۲۰۱۷. ۶۳۳: p. ۶۸- ۷۷.

Kang, J. , Z. Jia, Y. Ping, Z. Liu, et al. , *Testosterone alleviates mitochondrial ROS accumulation and mitochondria- mediated apoptosis in the gastric mucosa of orchiectomized rats.* Arch Biochem Biophys, ۲۰۱۸. ۶۴۹: p. ۵۳- ۵۹.

Hassan, A. , E. Martin, and P. Puig- Parellada, *Role of antioxidants in gastric mucosal damage induced by indomethacin in rats.* Methods Find Exp Clin Pharmacol, ۱۹۹۸. ۲۰(۱۰): p. ۸۴۹- ۵۴.

Marthandan, S. , M. P. Murphy, E. Billett, and Y. Barnett, *An investigation of the effects of MitoQ on human peripheral mononuclear cells.* Free Radic Res, ۲۰۱۱. ۴۵(۳): p. ۳۵۱- ۸.