

تأثیر مکمل گیری کوتاه مدت اسپیرولینا بر برخی شاخص های استرس اکسایشی دوچرخه سواران استقامتی نخبه

علی عسکریان^{۱*}، عباسعلی گائینی^۲، محمدرضا کردی^۲، صدیقه نیک زارع^۲، امید سراجی^۳

^۱دانشجو، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران؛ ^۲گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران؛ ^۳گروه فیزیولوژی

ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۳

چکیده:

زمینه و هدف: هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر مکمل سازی کوتاه مدت اسپیرولینا بر مقادیر سرمی مالون دی آلدئید (MDA) و فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز (SOD) دوچرخه سواران استقامتی نخبه بود.

روش بررسی: به منظور انجام این پژوهش نیمه تجربی که با طرح پیش آزمون و پس آزمون انجام شد، ۱۴ نفر از دوچرخه سواران استقامتی (سن $20/5 \pm 1/4$ سال، قد $180/21 \pm 4/33$ سانتی متر، وزن $66/4 \pm 2/16$ کیلوگرم، شاخص توده بدنی $20/22 \pm 0/7$ ، حداکثر اکسیژن مصرفی $71/78 \pm 2/93$) با تجربه حضور در تیم ملی به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. آزمودنی ها یک هفته پیش از شروع فرآیند آزمون از مصرف مکمل های ویتامینی و یا هرگونه مکمل دیگری که حاوی مواد معدنی و ویتامینی باشد خودداری کردند. دست کم ۱۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین جهت ارزیابی مقادیر MDA و SOD، از آزمودنی ها ناشتا خون گیری شد. پس از انجام پروتکل درمانده ساز پژوهش و سنجش ترکیب بدن در مرحله پیش آزمون، آزمودنی ها در دو گروه مکمل اسپیرولینا ($n=7$) و دارونما ($n=7$) که با توجه به شاخص توده بدنی همگن شده بودند، تقسیم شدند. مکمل ها در شکل و مقادیر یکسان (قرص های ۵۰۰ میلی گرمی، ۳ گرم در روز) در اختیار آزمودنی ها قرار گرفت. پس از گذشت دو هفته از شروع مکمل سازی از آزمودنی ها برای تعیین مقادیر استراحتی متغیرهای پژوهش، ناشتا خون گیری شد.

یافته ها: بررسی ها نشان داد، مقادیر SOD و MDA تحت تأثیر فعالیت ورزشی افزایش می یابد و ۲ هفته مکمل سازی اسپیرولینا باعث کاهش معنی دار MDA ($P < 0/05$) و افزایش معنی دار فعالیت SOD ($P < 0/05$) در شرایط استراحتی و پس از فعالیت ورزشی درمانده ساز در گروه مکمل در مقایسه با دارونما می شود.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت مکمل سازی اسپیرولینا احتمالاً می تواند استرس اکسایشی دوچرخه سواران استقامتی نخبه ناشی از یک وهله فعالیت ورزشی درمانده ساز را کاهش دهد.

واژه های کلیدی: اسپیرولینا، دوچرخه سواران نخبه، سوپر اکسید دیسموتاز، مالون دی آلدئید.

مقدمه:

زیادتی را در بدن به وجود می آورد. فعالیت ورزشی باعث افزایش اکسیژن مصرفی در بافت ها بین ۱۰ تا ۲۰ برابر می شود. افزایش اکسیژن مصرفی میتوکندریایی به استرس اکسایشی منجر می شود و پیامد آن تولید گونه های فعال اکسیژنی (ROS) و پراکسیداسیون چربی (Lipid Peroxidation) است. پراکسیداسیون چربی

امروزه، اهمیت کسب عناوین قهرمانی المپیک، جهانی و قاره ای در بین ورزشکاران دوچندان شده است. همین امر، پژوهشگران علوم ورزشی را بر آن داشته است تا پژوهش ها درباره فعالیت های ورزشی در سطوح قهرمانی و آثار مثبت و منفی آن بر بدن را فزونی بخشند. فعالیت ورزشی شدید تغییرات سوخت و سازی

دفاع ضد اکسایشی و عوامل استرس زا به نفع دستگاه ضد اکسایشی، یکی از راهکارهای اثرگذار باشد.

با رواج روزافزون استفاده از مکمل ها، کمتر ورزشکاری را می توان یافت که در کل دوران ورزشی خود از یک یا مکمل استفاده نکرده باشد. به همین دلیل، پژوهش های بسیاری درباره انواع مواد ضد اکسایشی و فعالیت ورزشی توسط پژوهشگران انجام شده است. نتایج این پژوهش ها اغلب ضد و نقیض است؛ زیرا کمیت و کیفیت آنتی اکسیدان ها بسیار مهم است. به علاوه، برخی پژوهش ها نشان داده اند، مکمل سازی با چندین آنتی اکسیدان آثار بهتری از یک آنتی اکسیدان به تنهایی دارد (۸-۱۱). در اغلب مطالعات، مکمل سازی آنتی اکسیدان ها تأثیری بر عملکرد ورزشی و یا ظرفیت جسمانی نداشته است، اما در عوض توانسته اند از پیامدهای منفی رادیکال های آزاد تولیدی ناشی از فعالیت ورزشی جلوگیری کنند (۱۲).

از عامل های مهم مصرف مکمل ها، موثر بودن، قانونی بودن و بی خطر بودن آن هاست که اسپیرولینا (*Spirulina*) با داشتن مواد مغذی زیاد یکی از محدود مکمل هایی است که همه موارد فوق را دارد. مکمل اسپیرولینا از خانواده میکرو آلگها است که تاییدیه سازمان بهداشت آمریکا، سازمان بهداشت جهانی و موسسه غذا و محصولات کشاورزی سازمان ملل متحد را دارد (۱۳،۱). اسپیرولینا سرشار از انواع ویتامین ها و پلی پپتید آبی رنگی به نام فیکوسیانین (*Phycocyanin*) و موثر بر سلول های مغز استخوان است. به علاوه، ترکیبات دیگر موجود در اسپیرولینا مانند ترکیبات فنولیک، توکوفرول ها، بتاکاروتن و فیکوسیانین ویژگی های آنتی اکسیدانی را به نمایش می گذارند (۱۴).

تاکنون چند مطالعه درباره تأثیر مکمل سازی اسپیرولینا و دفاع ضد اکسایشی انجام شده است. Kalafati و همکاران در پژوهشی در دوندگان تقریباً ورزشی گزارش کرده اند، خوردن اسپیرولینا، پراکسیداسیون لیپید ناشی از فعالیت ورزشی را کاهش و زمان تا خستگی را افزایش می دهد (۱۵). Lu و

می تواند پیامد بالقوه ی آسیب هایی باشد که در اثر حمله رادیکال های آزاد به سلول ها به وجود می آید. پراکسیداسیون چربی هنگامی آغاز می شود که رادیکال های آزاد، اتم های هیدروژن را به سرعت از اسیدهای چرب اشباع نشده موجود در غشاهای سلولی، لیپوپروتئین ها و اسیدهای چرب آزاد جدا کنند. محصول اولیه پراکسیداسیون چربی یک هیدروپراکسید ناپایدار است و به محصول ثانویه ای به نام مالون دی آلدئید (*Malondialdehyde*) تبدیل می شود. با سنجش MDA می توان میزان پراکسیداسیون چربی را برآورد کرد. رادیکال های آزاد می توانند غیرمستقیم از راه فرآورده های پراکسیداسیون چربی مانند MDA یا سنجش مقادیر بعضی آنزیم های آنتی اکسیدانی مانند گلو تاتیون پراکسیداز (*GSH-PX*) و سوپراکسید دیسموتاز (*SOD*) ارزیابی شوند (۱). افزایش تولید رادیکال های آزاد ناشی از افزایش اکسیژن مصرفی، اگر با کم خونی های موقتی و کاهش فعالیت لکوسیت ها هنگام فعالیت ورزشی همراه باشد، استرس اکسایشی در اریتروسیت ها را افزایش می دهد و باعث افزایش همولیز در آن ها می شود (۲). برخی پژوهشگران بر این عقیده اند که با اتخاذ راهبردهای گوناگون در جهت مهار استرس اکسایشی و کاهش آن می توان مانع از افت عملکرد ورزشی شد و حتی در جهت بهتر شدن آن و افزایش تحمل تمرین گام برداشت. از آنجایی که استرس اکسایشی هنگام و پس از فعالیت ورزشی تنها در صورتی رخ می دهد که تولید ROS ناشی از فعالیت ورزشی از ظرفیت بالقوه دفاع ضد اکسایشی بدن فراتر رود (۳-۵،۱). به نظر می رسد تعادل بین دفاع ضد اکسایشی بدن و استرس اکسایشی، نقش تعیین کننده ای در وقوع این پدیده ایفا می کند. افزایش تولید رادیکال های آزاد در بدن باعث آسیب قسمت های گوناگون سلول مانند DNA، پروتئین ها و چربی ها می شود (۶،۷). از این رو بدون شک اتخاذ هرگونه راهکاری که در افزایش کارایی ورزشکاران و یا حفظ آن کمک کننده باشد، اهمیت فوق العاده ای دارد، و به نظر می رسد استفاده از مکمل های ضد اکسایشی در جهت ارتقای توازن بین

و به صورت داوطلبانه در دو گروه مکمل اسپیرولینا ($n=7$, BMI= $20/14 \pm 0/78$ ، سن، $20/14 \pm 0/89$) و دارونما ($n=7$, BMI= $20/85 \pm 0/61$ ، سن، $20/85 \pm 1/77$) با توجه شاخص توده بدنی همگن شدند. پس از هماهنگی و شرح روند پژوهش برای آزمودنی‌ها، ۱۴ نفر از آزمودنی‌ها کاربرگ ارزیابی سلامت و رضایت‌نامه کتبی خود را کامل کردند. همچنین، یک هفته پیش از آزمون از ورزشکاران خواسته شد تا همه مکمل‌های مصرفی خود را قطع کنند و در کل دوره پژوهش نیز این روند را ادامه دهند.

برای ارزیابی مقادیر استراحتی متغیرهای پژوهش، از همه آزمودنی‌ها، درحالی‌که دست کم ۱۸ ساعت از آخرین جلسه تمرین آن‌ها می‌گذشت، در محل تمرین آزمودنی‌ها، ناشتا خون‌گیری شد. سپس آزمودنی‌ها در ساعت تعیین شده در محل آزمون حضور یافتند. پیش از اجرای آزمون، قد و وزن و ترکیب بدن آزمودنی‌ها سنجیده شد. سپس، آزمودنی‌های پروتکل سنجش توان هوازی (درمانده ساز) را انجام دادند و بلافاصله پس از اتمام آزمون، ۷ میلی لیتر خون از سیاهرگ بازویی آزمودنی‌ها گرفته شد.

پس از اتمام پیش آزمون، نتایج به دست آمده از آزمون درمانده ساز و ترکیب بدن بررسی شد. این بررسی برای همگن سازی گروه‌های پژوهش انجام شد تا بین آزمودنی‌های هر دو گروه از نظر وزن، ترکیب بدن و توان هوازی از نظر آماری تفاوت معنی داری وجود نداشته باشد. سپس، آزمودنی‌ها در دو گروه دارونما و مکمل اسپیرولینا طبقه‌بندی شدند. هر دو گروه به مدت ۱۴ روز به ترتیب مکمل اسپیرولینا (۶ قرص ۵۰۰ میلی گرمی در روز ساخت شرکت فمیکو (Femico) تایوان) و دارونما (کپسول‌های سبزرنگ حاوی آرد نخودچی) مصرف کردند. نحوه مصرف مکمل و دارونما در آزمودنی‌ها یکسان بود، به طوری‌که پس از هر وعده غذایی، دو قرص همراه با ۲۵۰ میلی لیتر آب مصرف می‌شد. لازم به ذکر است پژوهش دوسوکور انجام شد.

همکاران، کاهش استرس اکسایشی و تخریب عضلانی را با مصرف اسپیرولینا گزارش کرده‌اند (۱۶). Franca و همکاران، نشان داده‌اند، در افرادی که از نظر تغذیه‌ای در وضعیتی مطلوب بوده‌اند، خوردن اسپیرولینا بر استرس اکسایشی تأثیری نداشته است (۱۷).

از آنجایی‌که رشته دوچرخه سواری حرفه‌ای جاده یک ورزش فوق استقامتی است و رقابت‌های آن ۱ تا ۲۲ روز به طول می‌انجامد و دوچرخه سواران در این رقابت‌ها حدود ۳۵۰۰ کیلومتر را می‌پیمایند (۱۸)؛ همچنین زمان طولانی و شدت زیاد این فعالیت‌ها که با سوخت‌وساز هوازی همراه است، تولید گونه‌های فعال اکسیژنی را افزایش می‌دهد و نشان داده شده است دوچرخه سواری جاده با آسیب‌های DNA همراه است (۱۹). زمینه طرح این سوال پیش می‌آید که آیا مکمل سازی آنتی اکسیدانی مانند اسپیرولینا می‌تواند مانع از استرس اکسایشی ناشی از فعالیت‌های ورزشی شدید شود یا خیر. به علاوه برای ورزشکاران نخبه دوره‌های زمانی نزدیک به مسابقه اهمیت مضاعفی دارد؛ بنابراین، تغذیه و مکمل سازی در ورزشکاران حرفه‌ای نیز در این دوره زمانی موضوعی قابل توجه است. به همین دلیل در این پژوهش دوره کوتاه زمانی ۱۴ روزه در نظر گرفته شد تا آثار احتمالی اسپیرولینا در دوره کوتاه زمانی در ورزشکاران بررسی شود. همچنین، کمبود مطالعات داخلی درباره اسپیرولینا و فعالیت ورزشی و به ویژه در ورزشکاران ورزیده و همراه با رژیم غذایی بومی ایران را نیز می‌توان از جوانب تازگی این پژوهش دانست.

روش بررسی:

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون و با مدل انسانی و با دو گروه دارونما (کنترل) و گروه مکمل اسپیرولینا (تجربی) انجام شد. جامعه آماری پژوهش را دوچرخه‌سواران رشته‌های استقامت تیم ملی ایران، رده سنی جوانان و امید تشکیل دادند و ۱۴ نفر از این جامعه به عنوان نمونه

W_f = میزان باری که (برحسب وات) ورزشکار در مرحله مقابل از پایان آزمون توانست به مدت ۴ دقیقه کامل حفظ کند.

T = مدت زمان حفظ آخرین اضافه بار برحسب ثانیه.
 35 = ضریبی که برحسب اضافه بار اعمال شده تغییر می کند.
 لازم به ذکر است، با توجه مقدار توان هوازی، حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی ها با استفاده از فرمول ۲ محاسبه شد (۲۲):

$$VO_{2max} = 0.01141 \times W_{max} + 0.43$$

برای سنجش مقادیر MDA و SOD از روش الایزا و با استفاده از کیت های زلیبو (Zellbio) ساخت کشور آلمان استفاده شد. برای سنجش وزن و تجزیه و تحلیل ترکیب بدن از دستگاه inbody230 و برای ثبت و کنترل ضربان قلب ورزشکاران از ضربان سنج مخصوص دوچرخه مونارک استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SPSS و نرم افزار Excel استفاده شد. طبیعی بودن داده ها با آزمون کلموگروف اسمیرنوف و همگن بودن واریانس ها با آزمون لون بررسی شد. برای توصیف داده ها از آمار توصیفی و برای تجزیه و تحلیل استنباطی داده ها از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) در سطح معنی داری $\alpha = 0.05$ استفاده شد.

یافته ها:

مقایسه های بین گروهی با آزمون تی مستقل عدم تفاوت در ویژگی های فردی آزمودنی های دو گروه را نشان می دهد (جدول شماره ۱) ($P > 0.05$).

پس از گذشت دو هفته از شروع مکمل سازی، مجدداً برای ارزیابی مقادیر پایه متغیرهای پژوهش، ناشتا خون گیری شد. آزمودنی ها در ساعات تعیین شده همانند پیش آزمون، پس آزمون را انجام دادند. لازم به ذکر است خون گیر و آزمون گیرنده برای همه ی آزمودنی ها در فرآیند پژوهش یکسان بودند. لازم به ذکر است که طراحی تمرینات روزانه ورزشکاران در طول دروان مکمل سازی توسط یک مربی واحد انجام شد؛ بنابراین، آزمودنی ها از نظر مقدار و زمان تمرینات روزانه تا حد زیادی با یکدیگر شباهت داشتند.

در پژوهش حاضر از پروتکل Kuipers و همکاران استفاده شد و برای انجام پروتکل پژوهش، از دوچرخه مونارک ساخت کشور سوئد (مدل Monark894E) استفاده شد (۲۰، ۲۱). ورزشکاران با وارد کردن پنجه رکاب مخصوص دوچرخه سواری بر روی دوچرخه مونارک، آزمون را با کفش و لباس مخصوص دوچرخه سواری به روش زیر انجام دادند (۲۰):

ابتدا آزمودنی ها به مدت ۱۰ دقیقه با ۱۱۰ وات گرم کردند. سپس، هر ۴ دقیقه یک بار به شکل فزاینده ۳۵ وات به بارکار اضافه شد و یک دقیقه استراحت فعال بین هر مرحله در نظر گرفته شد. آزمون تا آنجا ادامه یافت که ورزشکاران قادر به حفظ بار کار به مدت ۴ دقیقه نبودند و سرعت رکاب زدن به زیر ۷۵ دور در دقیقه رسیده و آزمودنی به درماندگی ارادی می رسید. سپس، با استفاده از فرمول شماره ۱ و اطلاعات ثبت شده هنگام آزمون، توان هوازی محاسبه شد:

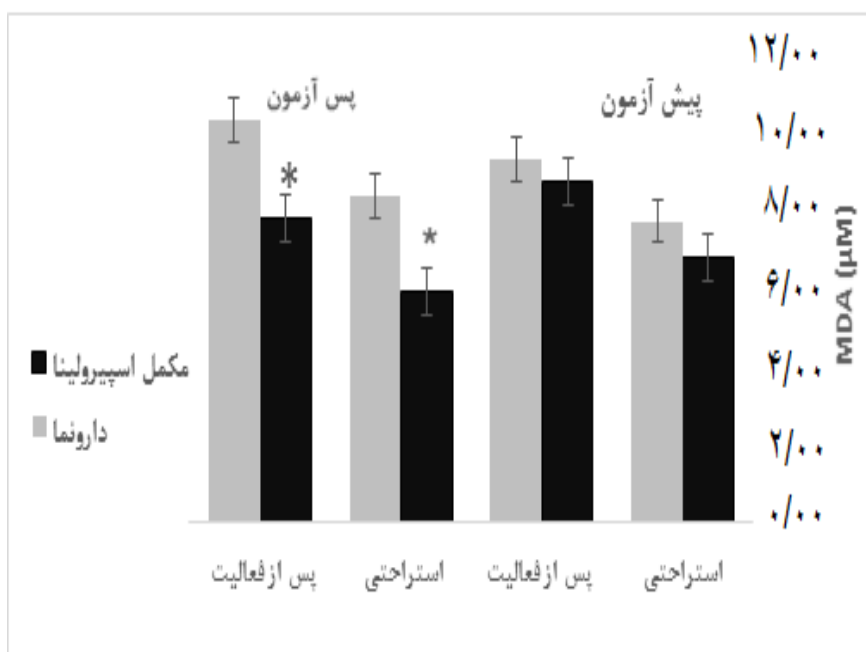
$$W_{max} = W_f + (T/240) \times 35 \quad \text{فرمول (۱)}$$

جدول شماره ۱: توزیع آمار توصیفی ویژگی های فردی دوچرخه سواران (آزمودنی ها)

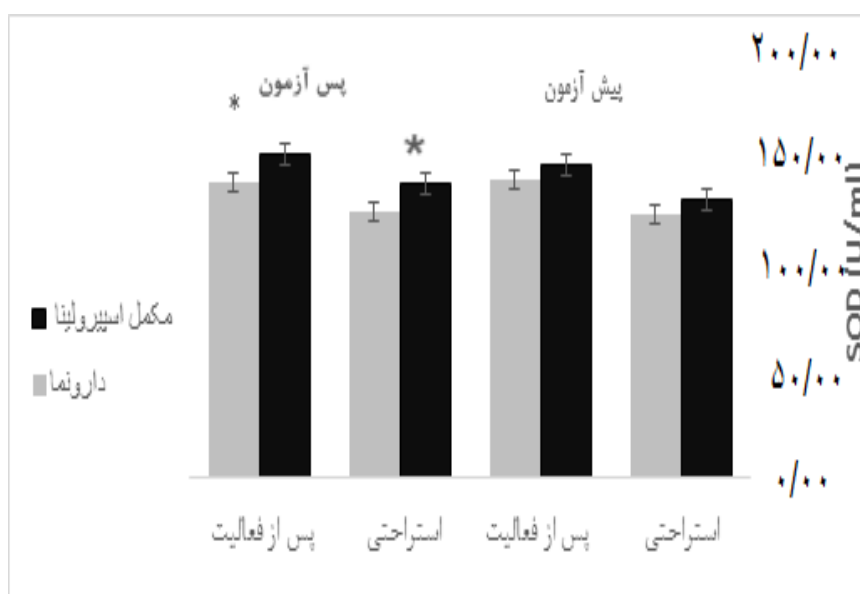
متغیر	مکمل اسپروولینا	دارونما	مقدار T	ارزش P
سن	۲۰/۱۴ ± ۰/۸۹	۲۰/۸۵ ± ۱/۷	۱/۰۵۲	۰/۳۱۳
قد (سانتی متر)	۱۸۱/۴ ± ۴/۳۵	۱۷۹ ± ۴/۲۸	-۰/۱۷۸	۰/۸۶۲
وزن (کیلوگرم)	۶۶/۳۵ ± ۲/۳۵	۶۶/۵۷ ± ۲/۱۴	-۱/۱۲۳	۰/۲۸۳
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۰/۰۱ ± ۰/۷۸	۲۰/۴۳ ± ۰/۶۱	-۱/۲۶۸	۰/۲۲۹
VO ₂ max (میلی لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه)	۷۱/۳۲ ± ۳/۲۷	۷۲/۲۵ ± ۲/۷۲	-۰/۹۰۵	۰/۳۸۳
درصد چربی	۶/۷ ± ۰/۸۸	۷/۳ ± ۰/۷	-۰/۵۷۲	۰/۵۷۸

پس از فعالیت ورزشی درمانده ساز، هر دو را نشان داد (تصاویر شماره ۱ و ۲). بدیهی است بین متغیرهای مورد سنجش پیش از دوره مکمل سازی در گروه های پژوهش تفاوت معنی داری وجود نداشت ($P > 0.05$).

یافته های پژوهش ضمناً نشان داد، مقادیر MDA و SOD در اثر فعالیت ورزشی در هر دو گروه افزایش یافته است. همچنین، نتایج آزمون تحلیل کوواریانس، تفاوت معنی دار مقادیر MDA سرم و آنزیم SOD را در گروه مکمل در مقایسه با دارونما شرایط استراحتی و



تصویر شماره ۱: سطوح استراحتی و پس از فعالیت ورزشی مالون دی آلدئید بر اساس میانگین و انحراف معیار



تصویر شماره ۲: سطوح استراحتی و پس از فعالیت ورزشی سوپراکسید دیسموتاز بر اساس میانگین و انحراف معیار

بحث:

به طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد مقادیر مالون دی آلدئید (MDA) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) آزمودنی ها در اثر فعالیت ورزشی در حد معنی داری افزایش یافته و دو هفته مکمل سازی اسپرولینا به کاهش مقادیر سرمی MDA و افزایش فعالیت SOD آزمودنی ها در شرایط استراحتی و پس از فعالیت ورزشی در مانده ساز، هر دو شد.

پژوهش های فراوانی، تأثیر فعالیت ورزشی را بر تولید رادیکال های آزاد بررسی کرده اند. معلوم شده است، تمرین های ورزشی استقامتی با افزایش رادیکال های آزاد در عضلات اسکلتی، با افزایش شاخص پراکسیداسیون لیپید همراه می باشد. Watson و همکاران در پژوهشی می گوید، ممکن است ورزشکارانی که منظم فعالیت های ورزشی شدید (۴۰ دقیقه یا بیشتر) انجام می دهند، به دریافت اگزوزنی آنتی اکسیدان ها برای دفاع در برابر استرس اکسایشی نیازمند باشند (۲۶).

نتایج پژوهش حاضر با پژوهش های Lu و همکاران، Kelkar و همکاران، Kalafati و همکاران همسو و با پژوهش Franca و همکاران در پژوهش خود (۲۵، ۱۶، ۱۵). Franca و همکاران در پژوهش خود با مکمل سازی روزانه ۷/۵ گرم اسپرولینا به مدت ۴ هفته گزارش کرده است، مکمل سازی اسپرولینا تأثیری بر استرس اکسایشی دوچرخه سواران ندارد (۱۷). احتمالاً، مهم ترین دلیل ناهمسو بودن نتایج پژوهش حاضر با پژوهش Franca و همکاران، وضعیت مطلوب تغذیه آزمودنی ها می باشد که Franca و همکاران نیز به آن اشاره می کند. همچنین سطح آزمودنی های پژوهش حاضر در مقایسه با پژوهش Franca و همکاران زیادتر بود، لذا می توان گفت آزمودنی های پژوهش Franca و همکاران در مقایسه با پژوهش حاضر با استرس اکسایشی کمتری مواجه شده اند. با نگاهی دقیق تر به مقادیر سرمی

MDA آزمودنی ها در پژوهش حاضر، می توان دریافت میزان این متغیر در مقایسه با مقادیر طبیعی تا حد زیادی بیشتر بوده است. بنابراین شاید بتوان تغییرات زیاد MDA سرم را با زیاد بودن مقادیر سرمی MDA در آزمودنی ها توجیه کرد.

مقادیر گلوکاتایون پس از مکمل سازی با اسپرولینا افزایش می یابد که می تواند کاهش پراکسیداسیون لیپید را توجیه کند. گلوکاتایون در حذف گونه های فعال اکسیژنی به خوبی عمل می کند. به علاوه، گلوکاتایون سوبسترای آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز می باشد که واکنش احیای پراکسیدازها را کاتالیز می کند. همچنین، ممکن است سازوکار دیگری که کاهش استرس اکسایشی ناشی از اسپرولینا را حمایت کند، افزایش مقادیر گاما لینولینیک اسید باشد که در اسپرولینا وجود دارد. معلوم شده است افزایش نسبت گاما لینولینیک اسید به آراشیدونیک اسید موجب کاهش متابولیت های آراشیدونیک اسید می شود که معمولاً آثار التهابی به همراه دارند (۲۳).

تعمیم نتایج پژوهش حاضر به سایر مطالعاتی که آثار مکمل سازی آنتی اکسیدان ها را بررسی کرده اند دشوار است؛ زیرا در بیشتر مطالعات از آنتی اکسیدان های معمول رژیم غذایی مانند ویتامین های C و E و بتاکاروتن استفاده کرده اند (۲۴). اگرچه مواد مغذی و آنتی اکسیدان هایی مانند ویتامین ها، روی و ... به صورت تکی در دسترس می باشند، اما با بررسی متون علمی می توان دریافت آنتی اکسیدان ها به صورت مشترک عمل می کنند؛ یعنی ترکیب آن ها آثار بیشتری دارد (۲۴). آثار ضد اکسایشی اسپرولینا که در مقالات گوناگون بدان اشاره شده است، می تواند ریشه در بودن مجموعه ی چند آنتی اکسیدان مثل روی (Zn)، ویتامین E، بتا- کاروتن و SOD باشد. دفاع ضد اکسایشی به تأثیر مشترک چند آنتی اکسیدان بستگی دارد؛ زیرا ROS در درون سلول از منابع

بررسی شود تا محقق از وضعیت دقیق آزمودنی‌ها برای تفسیر دقیق تر نتایج آگاه باشد.

همچنین پژوهش حاضر نشان داد، دو هفته مکمل سازی اسپیرولینا به مقدار ۳ گرم در روز می‌تواند تأثیر محافظتی در برابر استرس اکسایشی ایجاد کند. بنابراین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی با تغییر مدت یا مقدار مکمل سازی، آثار اسپیرولینا بر استرس اکسایشی ورزشکاران بررسی شود. به علاوه، برای پی بردن به این که کدام شاخص در دستگاه ضد اکسایشی از اسپیرولینا بیشتر سود می‌برد می‌توان از دیگر شاخص‌هایی که نشان‌دهنده وضعیت اکسایشی آزمودنی‌ها هستند مانند گلوکاتایون، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و ... استفاده کرد.

فواید بسیاری از اسپیرولینا در پژوهش‌های مختلف نشان داده شده است؛ اما می‌توان این پژوهش را از معدود پژوهش‌هایی دانست که در ورزشکاران ورزیده استقامتی انجام شده است. اگرچه وضعیت تغذیه‌ای و نیاز به مکمل سازی آنتی‌اکسیدان‌ها در آزمودنی‌ها یکی از موارد اصلی اثرگذار در نتایج پژوهش‌های آنتی‌اکسیدانی است اما با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش احتمالاً می‌توان به ورزشکاران برای رفع نیازهای آنتی‌اکسیدانی، مصرف اسپیرولینا را توصیه نمود.

تشکر و قدردانی:

بدینوسیله از تمام کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری نمودند، تقدیر و تشکر می‌نمایم. مخصوصاً از همه دوچرخه سواران و هیأت دوچرخه سواری استان تهران که در به انجام رسیدن این پژوهش نقش مهمی داشته‌اند، صمیمانه قدردانی می‌کنیم. لازم به ذکر است مقاله‌ی حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مصوب با کد ۶۶۱۶۸ در دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران می‌باشد.

گوناگونی تولید می‌شود (۲۵). جایگاه تولید ROS هنگام فعالیت ورزشی از راه این سازوکارها ایجاد می‌شود: تراوش میتوکندریایی، فاگوسیتوزهای فعال شده، متابولیسم هیپوگزانتین، اکسیداسیون خود به خودی هیدروکینون‌ها، کاتکولامین‌ها و تیول‌ها، میلوپراکسیدازها.

بنابراین، به نظر می‌رسد آثار آنتی‌اکسیدانی آنتی‌اکسیدان‌های موجود در اسپیرولینا در تعامل با یکدیگر بهتر از تأثیر هر آنتی‌اکسیدان به تنهایی می‌باشد. برای مثال، روی (Zn) به عنوان کوفاکتور آنزیم Zn-SOD عمل می‌کند و تأثیر تحریکی بر دستگاه ضد اکسایشی دارد و یا ویتامین E با پیوند به O₂ یا O₂⁻ به ساختار واسطه‌ای به نام توکوفرول-کینون (Tocopherylquinone) تبدیل می‌شود.

نتیجه گیری:

از پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت اسپیرولینا احتمالاً به عنوان مکمل غذایی می‌تواند در کاهش مقادیر سرمی مالون دی‌آلدئید و افزایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز دوچرخه سواران استقامتی نخبه در شرایط استراحتی و شرایط پس از فعالیت ورزشی درمانده ساز، هر دو موثر باشد. این پژوهش برای بررسی آثار محافظتی اسپیرولینا در برابر استرس اکسایشی طراحی و اجرا شد. آزمودنی‌های این پژوهش، دوچرخه سواران نخبه استقامتی بودند که وضعیت آن‌ها از نظر تغذیه‌ای کاملاً مشخص نبود. بدین معنی که کمبودها یا عدم کمبودهای تغذیه‌ای آن‌ها از نظر مواد معدنی و ویتامین‌ها معلوم نبود. پس برای نتیجه‌گیری بهتر پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی علاوه بر کنترل و توقف مکمل‌های مصرفی ورزشکاران (به جز اسپیرولینا)، رژیم غذایی آزمودنی‌ها در روند پژوهش دقیقاً

منابع:

1. Urso ML, Clarkson PM. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology*. 2003; 189(1-2): 41-54.
2. Senturk UK, Gunduz F, Kuru O, Aktekin MR, Kipmen D, Yalcin O, et al. Exercise-induced oxidative stress affects erythrocytes in sedentary rats but not exercise-trained rats. *J Appl Physiol*. 2001; 91(5): 1999-2004.
3. Clarkson PM, Thompson HS. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *Am J Clin Nutr*. 2000; 72(2): 637s-46s.
4. Konig D, Wagner KH, Elmadfa I, Berg A. Exercise and oxidative stress: Significance of antioxidants with reference to inflammatory, muscular, and systemic stress. *Exercise immunology review*. 2001; 7: 108-33.
5. Wootton-Beard PC, Ryan L. Improving public health: The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. *Food Res Int*. 2011; 44(10): 3135-48.
6. Yakes FM, Van Houten B. Mitochondrial DNA damage is more extensive and persists longer than nuclear DNA damage in human cells following oxidative stress. *Proc Natl Acad Sci*. 1997; 94(2): 514-9.
7. Aitken RJ, Krausz C. Oxidative stress, DNA damage and the Y chromosome. *Reproduction*. 2001; 122(4): 497-506.
8. Kc S, Carcamo JM, Golde DW. Vitamin C enters mitochondria via facilitative glucose transporter 1 (Glut1) and confers mitochondrial protection against oxidative injury. *FASEB J*. 2005; 19(12): 1657-67.
9. Margaritis I, Palazzetti S, Rousseau AS, Richard MJ, Favier A. Antioxidant supplementation and tapering exercise improve exercise-induced antioxidant response. *J Am Coll Nutr*. 2003; 22(2): 147-56.
10. Palazzetti S, Richard MJ, Favier A, Margaritis I. Overloaded training increases exercise-induced oxidative stress and damage. *Can J Appl Physiol*. 2003; 28(4): 588-604.
11. Palazzetti S, Rousseau AS, Richard MJ, Favier A, Margaritis I. Antioxidant supplementation preserves antioxidant response in physical training and low antioxidant intake. *Br J Nutr*. 2004; 91(1): 91-100.
12. Finaud J, Lac G, Filaire E. Oxidative stress. *Sports med*. 2006; 36(4): 327-58.
13. Jassby A. Spirulina: A model for microalgae as human food. *Phytother Res*. 1988; 5(6): 149-79.
14. Dartsch PC. Antioxidant potential of selected *Spirulina platensis* preparations. *Phytother Res*. 2008; 22(5): 627-33.
15. Kalafati M, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Paschalis V, Theodorou AA, Sakellariou GK, et al. Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans. *Med Sci Sports Exerc*. 2010; 42(1): 142-51.
16. Lu HK, Hsieh CC, Hsu JJ, Yang YK, Chou HN. Preventive effects of *Spirulina platensis* on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress. *Eur J Appl Physiol*. 2006; 98(2): 220-6.
17. Franca G, Silva A, Costa M, Junior J, Nebrega T, Gonçalves M, et al. Spirulina does not decrease muscle damage nor oxidative stress in cycling athletes with adequate nutritional status. *Biol Sport*. 2010; 27(4): 249-53.
18. Jeukendrup A, Brouns F, Wagenmakers AJ, Saris WH. Carbohydrate-electrolyte feedings improve 1 h time trial cycling performance. *Int J Sports Med*. 1997; 18(2): 125-9.

19. Almar M, Villa JG, Cuevas MJ, Rodriguez-Marroyo JA, Avila C, Gonzalez-Gallego J. Urinary levels of 8-hydroxydeoxyguanosine as a marker of oxidative damage in road cycling. *Free Radic Res.* 2002; 36(3): 247-53.
20. Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, Geurten P, Van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med.* 1985; 6(4): 197-201.
21. Solomons NW, Jacob RA. Studies on the bioavailability of zinc in humans: Effects of heme and nonheme iron on the absorption of zinc. *Am J Clin Nutr.* 1981; 34(4): 475-82.
22. Hawley JA, Noakes TD. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992; 65(1): 79-83.
23. Otlés S, Pire R. Fatty acid composition of *Chlorella* and *Spirulina* microalgae species. *J AOAC Int.* 2001; 84(6): 1708-14.
24. Williams SL, Strobel NA, Lexis LA, Coombes JS. Antioxidant requirements of endurance athletes: Implications for health. *Nutr Rev.* 2006; 64(3): 93-108.
25. Kelkar G, Subhadra K, Chengappa RK. Effect of antioxidant supplementation on hematological parameters, oxidative stress and performance of Indian athletes. *J Hum Ecol.* 2008; 24(3): 209-13.
26. Watson TA, Callister R, Taylor RD, Sibbritt DW, MacDonald-Wicks LK, Garg ML. Antioxidant restriction and oxidative stress in short-duration exhaustive exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2005; 37(1): 63-71.

The short time effect of spirulina supplementation on some oxidative stress markers of elite endurance cyclist

Askarian A^{1*}, Gaeini AA², Kordi MR², Nikzare S², Seraji O³

¹Student, Exercise Physiology Dept., University of Tehran, Tehran, I.R. Iran; ²Exercise Physiology Dept., University of Tehran, Tehran, I.R. Iran; ³Exercise Physiology Dept., Central Branch of Tehran, Azad Islamic University, Tehran, I.R. Iran.

Received: 24/Apr/2016 Accepted: 24/Aug/2016

Background and aims: The aim of this study was to investigate short time effect of spirulina supplementation on serum malondialdehyde (MDA) and superoxide dismutase (SOD) level.

Methods: The study design was quasi experimental with pre and post-test. For this reason, 14 male endurance cyclist (age 20.5±1.4, height 180.21±4.33, weight 66.4±2.16, BMI 20.22±0.7, VO₂Max 71.78±2.93) that they are/were member of Iran national team were selected as participant. 1 week before test, Participants were asked to stop all supplements consumption containing vitamins and minerals which they have been using. Resting Blood sample were taken of fasting, for assessing research variable at least 18 hours after last their training session. After exhaustive exercise and body composition assessment at pretest, participants were derived into 2 groups, based on BMI (Spirulina group n=7, control group n=7). Participants used supplements in same way and same principle (6×500mg tablet per day) for 2 weeks. After 2 weeks supplementation, blood sample was taken for resting value of MDA and SOD.

Results: Between and within groups analysis demonstrated significant increase in SOD and MDA levels under effect of exercise and 2 weeks spirulina supplementation reduced and increased significantly MDA levels (P<0.05) and SOD levels (P<0.05) at rest and after exhaustive exercise- in Spirulina group in comparison with placebo group.

Conclusion: According to results, 2 weeks of spirulina supplementation can reduce oxidative stress in elite endurance cyclist.

Keywords: Spirulina, Elite cyclists, Malondialdehyde, Superoxide dismutas.

Cite this article as: Askarian A, Gaeini AA, Kordi MR, Nikzare S, Seraji O. The short time effect of spirulina supplementation on some oxidative stress markers of elite endurance cyclist. J Shahrekord Univ Med Sci. 2017; 19(3): 1-10.

***Corresponding author:**

Exercise Physiology Dept., University of Tehran, Tehran, I.R. Iran; Tel: 00989171502080,
E-mail: a.askarian@ut.ac.ir