

## تاثیر مکمل‌یاری روی و سلنیوم بر مقادیر تستوسترون و لاکتات پلاسمایی دوچرخه سواران، پس از یک وهله فعالیت ورزشی درمانده ساز

لیلا شفیعی نیک، دکتر عباسعلی گائینی، دکتر سیروس چوبینه، خدیجه اله یار بیگی، مریم محمودزاده  
گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، نشانی مکاتبه‌ی نویسنده‌ی مسئول: تهران، خیابان  
کارگر شمالی، مقابل کوی دانشگاه، پردیس شمالی، دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، لیلا شفیعی نیک؛  
e-mail: shafeineek@gmail.com

### چکیده

**مقدمه:** هدف پژوهش حاضر، بررسی تاثیر مکمل‌یاری روی و سلنیوم بر مقادیر تستوسترون و لاکتات پلاسمای دوچرخه سواران، پس از یک وهله فعالیت ورزشی درمانده ساز بود. **مواد و روش‌ها:** ۲۴ نفر از دوچرخه سواران جاده‌ی تیم تهران، بر اساس نمایه‌ی توده‌ی بدن در سه گروه مکمل روی، مکمل سلنیوم و دارونما همگن شدند. پیش از شروع پژوهش آزمودنی‌ها از لحاظ وضعیت روی و سلنیوم ارزیابی گردیدند. پس از گذشت ۴ هفته مکمل‌یاری، از آزمودنی‌ها قبل و پس از یک وهله فعالیت ورزشی درمانده‌ساز نمونه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس دو طرفه و آزمون تعقیبی بنفرونی در سطح  $P < 0/05$  تحلیل گردید. یافته‌ها: مقادیر تستوسترون تام، تستوسترون آزاد و لاکتات در سه گروه، تحت تاثیر فعالیت ورزشی افزایش یافت ( $P < 0/05$ ). بین مقادیر تستوسترون تام پس از فعالیت ورزشی در گروه روی و سلنیوم اختلاف معنی‌داری وجود داشت ( $P < 0/05$ ). مقادیر تستوسترون آزاد در گروه روی با سلنیوم و دارونما نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید ( $P < 0/05$ ). در حالی‌که بین مقادیر لاکتات در پیش آزمون در سه گروه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $P > 0/05$ ). نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌های به دست آمده از پژوهش حاضر، ۴ هفته مکمل‌یاری روی و سلنیوم به افزایش مقادیر استراحتی تستوسترون تام، تستوسترون آزاد و لاکتات در آزمودنی‌ها با رژیم غذایی دارای مقادیر مطلوب روی و سلنیوم، منجر نشد. مکمل‌یاری روی به افزایش مقادیر تستوسترون تام نسبت به گروه مکمل سلنیوم، هم‌چنین به افزایش تستوسترون آزاد نسبت به گروه مکمل سلنیوم و دارونما در پس آزمون منجر گردید. در حالی مقادیر لاکتات، در پس آزمون در هیچ‌یک از گروه‌های پژوهش تغییر نکرد.

**واژگان کلیدی:** فعالیت ورزشی درمانده ساز، تستوسترون، لاکتات، مکمل روی، مکمل سلنیوم

دریافت مقاله: ۹۰/۳/۳ - دریافت اصلاحیه: ۹۰/۵/۲۶ - پذیرش مقاله: ۹۰/۶/۳۰

### مقدمه

به خود جلب کرده‌اند. ریزمغذی‌های روی و سلنیوم نقش‌های مهمی را در بیش از ۳۰۰ واکنش متابولیکی بدن ایفا می‌کنند. عنصر روی برای فعالیت کاتالیکی آنزیم‌های مختلف در مسیرهای گلیکولیز و چرخه‌ی کربس، و نیز برای عملکرد

در حال حاضر عناصر کمیاب روی و سلنیوم توجه شمار زیادی از پژوهش‌گران را در زمینه‌ی تغذیه و ورزش

MCT1 و MCT4 عضله‌ی اسکلتی و در نتیجه کاهش لاکتات پلازما منجر می‌شود.<sup>۱</sup>

در مجموع شمار پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌ی ارتباط مکمل‌یاری عناصر روی و سلنیوم، با تستوسترون و لاکتات، به ویژه در حیطه‌ی ورزشی زیاد نیست و بیشتر پژوهش‌ها تاثیر کمبود سلنیوم بر عملکرد آنتی‌اکسیدانی این عنصر، یا نحوه‌ی توزیع ریزمغذی روی در پاسخ به فعالیت ورزشی را سنجیده‌اند. به دلیل افزایش روز افزون مصرف مکمل‌های مختلف در بین ورزشکاران و نقش ریزمغذی‌های روی و سلنیوم، نیز هورمون تستوسترون بر عملکرد ورزشی، ضروری به نظر می‌رسد پژوهش‌های بیشتری در این زمینه انجام شود. علاوه بر این، پاسخ به مکمل‌یاری در شرایط عدم کمبود نیز از مسایلی است که ضرورت پژوهش را روشن‌تر می‌نماید. به دلیل اثرات جانبی افزایش مقادیر مصرفی روی و سلنیوم،<sup>۱۲</sup> در پژوهش حاضر سعی شده میزان مکمل‌یاری روی و سلنیوم در محدوده‌ی توصیه‌ی RDA برای مکمل‌یاری این عناصر باشد، و همین موضوع پژوهش حاضر را از سایر بررسی‌های مشابه متمایز می‌کند. در مجموع، هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر مکمل‌یاری هم‌زمان عناصر روی و سلنیوم با دوز پیشنهادی RDA بر پاسخ تستوسترون سرم و لاکتات پلازما در دوچرخه سواران با وضعیت طبیعی روی و سلنیوم، پس از یک وهله فعالیت ورزشی درمانده ساز بود.

## مواد و روش‌ها

روش اجرای پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی در قالب طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون به صورت دو سوکور بود. پس از هماهنگی‌های لازم با تیم باشگاهی دوچرخه سواری ترافیک تهران، و توضیح هدف و نحوه‌ی اجرای پژوهش، در ابتدا ۴۷ نفر از دوچرخه سواران رضایت کتبی خود را اعلام نمودند، سپس کاربرگه‌ی تندرستی مبنی بر سلامت و عدم ابتلا به بیماری‌های خاص توسط آن‌ها پر شد. پس از بررسی کاربرگه‌ها، در نهایت ۲۴ نفر از آن‌ها برای اجرای آزمون برگزیده شدند و بر اساس نمایه‌ی توده‌ی بدن<sup>ii</sup> (BMI) به سه گروه ۸ نفری تقسیم شدند. از افراد منتخب درخواست شد در دوره‌ی پژوهش و دو هفته قبل از شروع آن، از هیچ مکمل ویتامینی - مواد معدنی و یا مکمل‌های

بسیاری از هورمون‌های درگیر در سوخت و ساز انرژی ضروری می‌باشد، به همین دلیل می‌توان گفت این ریزمغذی نقش برجسته‌ای در سوخت و ساز ایفا می‌کند.<sup>۱</sup> روی جز مهمی از آنزیم‌های لاکتات دهیدروژناز و کربنیک‌انیداز است که این آنزیم‌ها در سوخت و ساز بین بافتی در هنگام فعالیت ورزشی نقش دارند. بنابراین، ممکن است مکمل‌یاری روی بر میزان اسیدوز پس از فعالیت ورزشی، آستانه‌ی لاکتات، و در نتیجه زمان رسیدن به درماندگی موثر باشد.<sup>۲</sup> در پژوهشی ۴ هفته مکمل‌یاری روی (۳ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز) در کشتی‌گیران نخبه به افزایش مقادیر تستوسترون و هورمون‌های تیروئیدی، قبل و پس از فعالیت درمانده‌ساز منجر شد.<sup>۳</sup> در حالی‌که در پژوهش دیگری، مکمل‌یاری مقادیر زیاد روی در افراد با سابقه‌ی فعالیت ورزشی منظم، که دارای وضعیت طبیعی از لحاظ عنصر روی بوده و از یک رژیم غذایی مطلوب پیروی می‌کردند، به افزایش مقادیر تستوسترون سرم و سایر هورمون‌های آنابولیکی منجر نشد.<sup>۴</sup>

سلنیوم نیز به عنوان یک عنصر کمیاب ضروری نقش مهمی را در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی مانند محافظت در مقابل استرس اکسیداتیو و عملکرد ایمنی ایفا می‌کند. عنصر یاد شده عملکردهای بیولوژیکی خود را از راه شرکت در ساختمان آنزیم‌هایی مانند سلنوپروتئین از جمله گلوکاتایون پراکسیداز ایفا می‌نماید.<sup>۵</sup> براساس پژوهش‌های انجام شده به نظر می‌رسد علاوه بر نقش آنتی‌اکسیدانی، بتوان ارتباط بین سلنیوم و فعالیت ورزشی را در زمینه‌های دیگری مانند بیوسنتز تستوسترون، سوخت و ساز هورمون‌های تیروئیدی و حفظ ذخایر گلیکوژن کبد نیز جستجو کرد. همچنین سلنیوم در سوخت و ساز طبیعی تستوسترون موثر می‌باشد که علت آن در تعداد سلنوپروتئین‌های موجود در گنادها مشهود است.<sup>۶،۷</sup> براساس یافته‌های پژوهشی ورزشی<sup>۸،۹</sup> و غیر ورزشی<sup>۱۰،۱۱</sup> به نظر می‌رسد سلنیوم بر محتوای گلیکوژن کبد و عضلات، افزایش پروتئین‌های MCT1 و MCT4<sup>i</sup>، و در نتیجه میزان لاکتات و گلوکز پلازما موثر باشد. سیونگ و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند اعمال جداگانه و هم‌زمان رژیم سلنیوم و تمرین‌های استقامتی در موش‌های دیابتی به افزایش حساسیت به انسولین، کاهش گلوکز خون، افزایش مقادیر پروتئین‌های

ii - Body mass index

i - Monocarboxylate transporter (MCT1 and MCT4)

اسیدآمین‌های حاوی ویتامین‌ها و مواد معدنی استفاده نکنند. ترکیب بدن و توان هوازی<sup>۱</sup> هر یک از آزمودنی‌ها یک هفته قبل از شروع پژوهش اندازه‌گیری شد. سپس، از هر یک از آزمودنی‌ها، در حالی که ۲۴ ساعت از آخرین جلسه‌ی تمرینی می‌گذشت، در حالت ناشتا برای ارزیابی مقادیر پایه‌ی روی، سلنیوم قبل از دوره‌ی مکمل‌یاری، خون‌گیری به عمل آمد. پس از آن مکمل‌ها در دسترس آزمودنی‌ها در گروه‌های مربوطه قرار داده شد. گروه مکمل روی روزانه یک عدد کپسول، حاوی ۳۰ میلی‌گرم روی (گلوکونات روی)، گروه مکمل سلنیوم روزانه یک عدد کپسول، حاوی ۲۰۰ میکروگرم سلنیوم (سلنیوم سلنایت) و گروه دارونما نیز روزانه یک عدد کپسول هم‌شکل و هم‌اندازه (۲۵۰ میلی‌گرمی)، مشابه گروه مکمل روی و سلنیوم مصرف می‌کردند. پس از گذشت ۴ هفته مکمل یاری، قبل و بعد از انجام برنامه‌ی درمانده ساز، به منظور ارزیابی فاکتورهای مورد نظر پژوهش، از آزمودنی‌ها نمونه‌گیری گردید.

به منظور ارزیابی رژیم غذایی و میزان دریافتی روی و سلنیوم روزانه آزمودنی‌ها، از آن‌ها بسامد غذایی و یادآمد ۲۴ ساعته‌ی غذایی گرفته شد. داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار پردازش‌گر غذا<sup>۱۱</sup> تجزیه و تحلیل، و میزان کالری دریافتی و مقادیر روزانه‌ی هر یک از مواد مغذی از جمله روی و سلنیوم در رژیم غذایی آزمودنی‌ها مشخص شد. سپس این مقادیر با RDA مربوط به عناصر یاد شده مقایسه شد و هیچ‌گونه کمبودی مشاهده نگردید. برای آزمودنی‌ها یک رژیم غذایی به عنوان رژیم غذایی پیشنهادی طرح‌ریزی و در دسترس آن‌ها قرار گرفت و به منظور آگاهی بیشتر آزمودنی‌ها رژیم برای هر یک از آن‌ها به طور جداگانه و به تفصیل توضیح داده شد.

هر یک از آزمودنی‌ها ۲ نوع برنامه‌ی تمرینی را اجرا کردند: (۱) برنامه‌ی مربوط به اندازه‌گیری توان هوازی<sup>۱۲</sup> (۲) برنامه‌ی فعالیت ورزشی درمانده ساز<sup>۱۴</sup>.

برای انجام برنامه‌ی توان هوازی از دوچرخه‌ی منارک (ساخت سوئد)، مورد تایید مرکز سنجش قابلیت‌های جسمانی آکادمی استفاده گردید. برنامه براساس مقاله‌ی مرجع<sup>۱۳</sup> و براساس مراحل زیر انجام شد:

ابتدا آزمودنی‌ها با ۱۱۰ وات ۱۰ دقیقه خود را گرم کردند، سپس هر ۴ دقیقه به طور فزاینده ۲۵ وات به بار کار اضافه

گردید و یک دقیقه استراحت فعال بین هر مرحله اضافه بار در نظر گرفته شد. این روند تا جایی ادامه پیدا کرد که آزمودنی‌ها قادر به حفظ آخرین اضافه بار برای ۴ دقیقه کامل نبودند و سرعت رکاب زدن (rpm) به زیر ۷۵ کاهش پیدا کرد. سپس با استفاده از فرمول زیر و داده‌های ثبت شده در طول آزمون، ارزش توان هوازی محاسبه شد:

$$W_{max} = W_f + (t/240) \times 35$$

که در آن:

$W_f$  = میزان اضافه‌باری که برای ۴ دقیقه کامل قبل از پایان آزمون، حفظ شده است؛  $t$  = مدت زمان حفظ آخرین اضافه‌بار به ثانیه؛  $35$  = اختلاف بین اضافه‌بارها لازم به یادآوری است که با استفاده از ارزش توان هوازی، بیشینه‌ی اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها براساس فرمول زیر محاسبه شد.<sup>۱۵</sup>

$$Vo2max^{iii} = 0.01141 \times W_{max} + 0.435$$

برای اجرای برنامه، ۵۰٪، ۷۰٪، ۸۰٪ و ۹۰٪ ارزش مربوط به  $W_{max}$  هر یک از آزمودنی‌ها محاسبه گردید. و با استفاده از رقم‌های به دست آمده، برنامه براساس مراحل زیر اجرا شد:

ابتدا از آزمودنی‌ها خواسته شد که با ۵۰٪ ارزش توان هوازی خود گرم کنند، سپس به تناوب هر ۲ دقیقه یک بار با ۹۰٪ و سپس ۵۰٪ ارزش توان هوازی خود پا زدند تا جایی که قادر به حفظ ۹۰٪ توان هوازی خود برای ۲ دقیقه کامل نبودند. پس از این مرحله از آزمودنی‌ها خواسته شد تا با ۸۰٪ و ۵۰٪ توان هوازی خود به صورت هر دو دقیقه یک بار پا بزنند، در این مرحله نیز مانند مرحله‌ی قبل زمانی که آزمودنی‌ها قادر به حفظ ۸۰٪ توان هوازی خود برای ۲ دقیقه کامل نبودند با ۷۰٪ ارزش توان هوازی هر یک از آن‌ها جایگزین شد و این مرحله نیز تا جایی ادامه پیدا کرد که دیگر آزمودنی‌ها قادر به حفظ ۷۰٪ ارزش توان هوازی خود برای ۲ دقیقه کامل نبودند.<sup>۱۴</sup>

۶ سی‌سی خون داخل لوله‌های ونوجکت (لوله‌های خلا) از سیاهرگ بازویی هر آزمودنی تهیه شد. برای هر یک از آزمودنی‌ها ۲ لوله مربوط به سرم (لوله‌های هپارینه که از لخته شدن خون جلوگیری می‌کند)، و پلاسما در نظر گرفته شد، به این‌منظور نمونه‌ی خونی گرفته شده از هر آزمودنی به دو قسمت تقسیم گردید. بعد از حدود ۱۵ الی ۲۰ دقیقه که خون داخل لوله مربوط به پلاسما لخته شد، هر دو لوله با

i- Aerobic power (Watt max)

ii-Dorosty food processor (version 2.1, May 2003)

iii - Maximal Oxygen Consumptions

**جدول ۱- ویژگی‌های آزمودنی‌های مورد پژوهش**

شاخص‌ها	گروه روی	گروه سلنیوم	گروه دارونما
قد (سانتی‌متر)	۱۷۶/۸±۸/۲*	۱۷۷/۷±۴/۲	۱۷۶/۸±۸/۰
وزن (کیلوگرم)	۶۸/۱۱±۸/۶	۶۱/۶۶±۴/۷	۶۶/۱±۶/۴
نمایه‌ی توده‌ی بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۱/۷±۲/۵	۲۰/۵±۱/۲	۲۱/۱±۰/۹
توان هوازی (وات)	۲۹۹/۸±۳۰/۱	۳۲۳/۰±۲/۹	۲۹۱/۵±۴۴/۵

\* اعداد به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

براساس داده‌های جدول ۲ آزمودنی‌ها از لحاظ وضعیت روی و سلنیوم طبیعی بودند و مقادیر روی و سلنیوم رژیم غذایی آن‌ها در دامنه‌ی مقادیر توصیه شده‌ی RDA قرار داشت.

**جدول ۲- مقادیر روی و سلنیوم پلاسما و رژیم غذایی آزمودنی‌ها**

گروه‌ها	سلنیوم رژیم غذایی (میلی‌گرم در روز)	روی رژیم غذایی (میلی‌گرم در روز)	سلنیوم پلاسما (میکروگرم در صد میلی‌لیتر)	روی پلاسما (میکروگرم در صد میلی‌لیتر)
دارونما	۶۴/۰±۱۵/۰	۱۵/۶±۰/۸	۱۰۰/۳±۶/۷	۸۷/۴±۸/۸
روی	۵۹/۹±۱۳/۰	۱۶/۴±۱/۰	-	۸۰/۷±۱/۱
سلنیوم	۵۶/۸±۱۴/۶	۱۴/۹±۱/۰	۸۷/۶±۷/۰	-
مقادیر طبیعی	۵۰-۵۵	۱۱-۱۵	۴۶-۱۴۳	۷۵-۱۲۵

\* مرجع مقادیر طبیعی عناصر در رژیم و پلاسما ۱۶،۱۷

تفاوت معنی‌داری در هیچ یک از متغیرهای اصلی مورد پژوهش در حالت استراحت (پیش آزمون) بین گروه‌های مکمل روی، سلنیوم و دارونما وجود نداشت ( $P > 0.05$ )، بین مقادیر تستوسترون تام پس از فعالیت ورزشی در گروه روی و سلنیوم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ) (نمودار ۱). مقادیر پس آزمون تستوسترون آزاد در گروه روی با سلنیوم و دارونما نیز تفاوت معنی‌داری داشت ( $P < 0.05$ ) (نمودار ۲). در حالی که بین مقادیر لاکتات پلاسما در پیش آزمون در سه گروه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $P > 0.05$ ) (شکل ۳).

سرعت ۱۵۰۰ تا ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ، و تا زمان آزمایش در دمای ۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شدند. لازم به یادآوری است که مقادیر روی، سلنیوم و لاکتات آزمودنی‌ها در پلاسما، و مقادیر تستوسترون تام و آزاد در سرم ارزیابی گردید.

روی و سلنیوم با روش طیف سنجی جذبی اتمی (AAS)<sup>i</sup> اندازه‌گیری شدند. دقت و حساسیت این روش برای سنجش روی به ترتیب ۰.۴٪ و ۸ (میکروگرم در صد میلی‌لیتر) و برای سنجش سلنیوم به ترتیب ۰.۹٪ و ۱/۸ (میکروگرم در صد میلی‌لیتر) بود.

لاکتات با روش کالری‌متری آنزیمی در طول موج ۵۵۲ نانومتر و کیت روشه (ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد. دقت و حساسیت این روش به ترتیب ۳/۲٪ و ۱/۸ (میکروگرم در صد میلی‌لیتر) بود.

تستوسترون تام از روش CLIA<sup>ii</sup> با استفاده از دستگاه LIAISON و کیت Diasorin (ساخت ایتالیا) اندازه‌گیری گردید. دقت و حساسیت این روش به ترتیب ۲۰٪ و ۰.۰۵ < نانوگرم در صد میلی‌لیتر بود.

تستوسترون آزاد از کیت الیزا (شرکت LDN - آلمان) اندازه‌گیری گردید. حساسیت روش ۰/۱۷ پیکوگرم در صد میلی‌لیتر و دقت آن برای مقادیر  $0.97 \leq 1.24\%$ ، و برای مقادیر  $25/8 \leq 75/8$  به ترتیب ۵/۳٪ و ۸/۸٪ بود.

ابتدا با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف، نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. سپس، برای تعیین تفاوت بین میانگین ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل متغیرهای پژوهش از آنالیز واریانس دو طرفه و در صورت معنی‌داری اثرات اصلی گروه و متقابل (گروه × زمان) از آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه‌های دوتایی استفاده گردید. سطح معنی‌داری  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد. از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۱۶ و از برنامه‌ی اکسل برای ترسیم نمودارها استفاده گردید.

**یافته‌ها**

در جدول ۱، ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها ارائه شده است. تفاوت معنی‌داری از لحاظ این ویژگی‌ها بین گروه‌های مکمل و دارونما وجود نداشت ( $P > 0.05$ ).

i - Atomic absorption spectrometer  
ii - Chemiluminescence

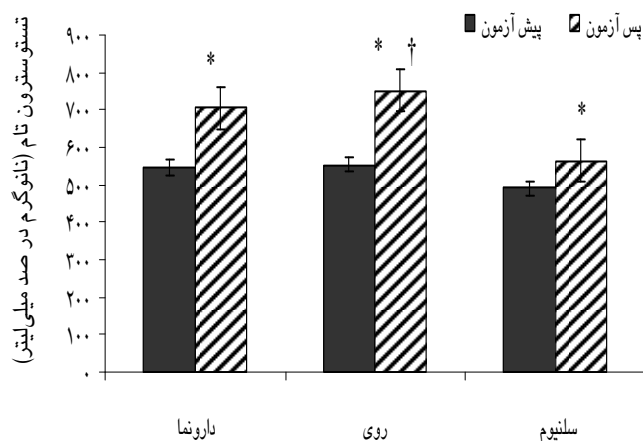
## بحث

یافته‌های به دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد ۴ هفته مکمل‌یاری روی و سلنیوم در مقادیر استراحتی تستوسترون تام و آزاد سرم، و همچنین مقادیر لاکتات پلازما تغییری ایجاد نکرد. براساس یافته‌های به دست آمده بین مقادیر تستوسترون تام و آزاد سرم، و لاکتات پلازما در گروه‌های مورد پژوهش، در حالت پیش‌آزمون اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. مقادیر تستوسترون تام و آزاد سرم، و لاکتات پلازما پس از اجرای یک وهله فعالیت ورزشی درمانده ساز نیز در همه گروه‌ها افزایش معنی‌داری داشت. براساس یافته‌های آزمون تعقیبی بنفرونی در مورد تستوسترون تام سرم، اختلاف فقط بین گروه‌های روی و سلنیوم، و در مورد تستوسترون آزاد سرم اختلاف بین گروه روی با سلنیوم و دارونما معنی‌دار بود.

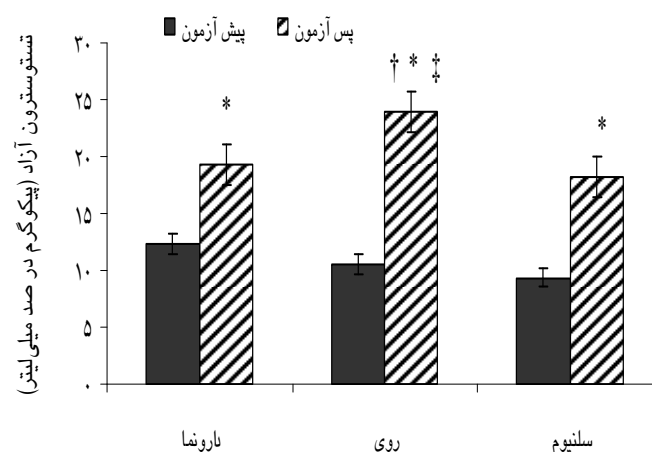
از آن جا که یافته‌های پژوهش حاضر از دو بعد تاثیر فعالیت ورزشی - تغذیه (گروه روی و سلنیوم) و تاثیر فعالیت ورزشی به تنهایی (گروه دارونما)، با یافته‌های پژوهش‌های مرتبط قابل مقایسه می‌باشد، بنابراین یافته‌های به دست آمده از پژوهش در این دو بعد، به طور جداگانه بررسی خواهد شد.

یافته‌های پژوهش‌های مرتبط با تاثیر فعالیت ورزشی بر مقادیر تستوسترون نشان می‌دهد هنوز پژوهش‌گران در این زمینه توافق نظر ندارند.<sup>۱۸-۲۱</sup> بر اساس یافته‌های به دست آمده از پژوهش حاضر، یک وهله فعالیت ورزشی درمانده ساز به افزایش تستوسترون تام و آزاد سرم در گروه دارونما منجر گردید. سازوکارهای توجیهی برای افزایش تستوسترون، متناقض است. این توجیه‌ها عبارتند از: کاهش پاک‌سازی تستوسترون از پلازما،<sup>۲۲</sup> افزایش پروتئین SHBG،<sup>۲۳</sup> افزایش تولید تستوسترون به دلیل محرک‌هایی غیر از LH<sup>۲۴</sup> مانند افزایش لاکتات پلازما<sup>۲۵</sup> و کاتکول‌آمین‌ها هنگام فعالیت ورزشی، و همچنین تحریک ترشح تستوسترون از قشر فوق کلیوی.<sup>۲۶</sup>

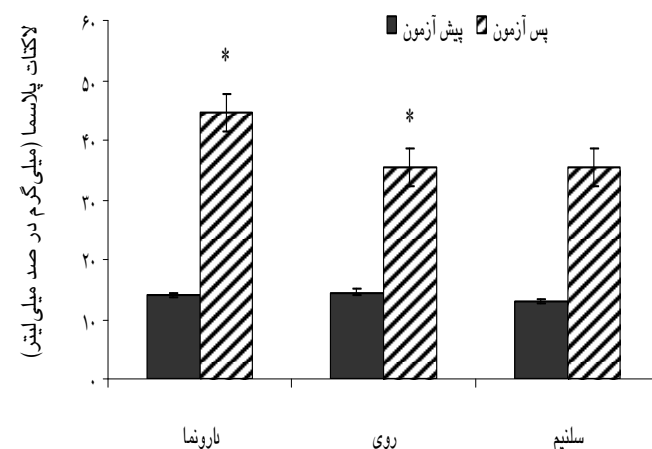
در بخش تغذیه - ورزشی پژوهش، یافته‌ها نشان داد بین مقادیر تستوسترون تام سرم پس از فعالیت ورزشی، در گروه روی و سلنیوم اختلاف معنی‌دار بود، در حالی که بین گروه‌های روی با دارونما، و سلنیوم با دارونما اختلاف



نمودار ۱- تغییر تستوسترون تام سرم در گروه‌های مورد پژوهش. داده‌ها بر حسب میانگین  $\pm$  انحراف معیار، و در سطح  $P < 0/05$  بیان شده‌اند. \* معنی‌داری نسبت به پیش آزمون، † معنی‌داری گروه روی نسبت به گروه سلنیوم.



نمودار ۲- تغییرات تستوسترون آزاد سرم در گروه‌های مورد پژوهش. داده‌ها بر حسب میانگین  $\pm$  انحراف معیار و در سطح  $P < 0/05$  گزارش شد. \* معنی‌داری نسبت به پیش آزمون. † معنی‌داری گروه روی نسبت به گروه سلنیوم. †† معنی‌داری گروه روی نسبت به گروه دارونما.



نمودار ۳- تغییرات لاکتات پلازما در گروه‌های مورد پژوهش. داده‌ها بر حسب میانگین  $\pm$  انحراف معیار و در سطح  $P < 0/05$  گزارش شد. \* معنی‌داری نسبت به پیش آزمون

در این ورزشکاران مانع از کاهش مقادیر هورمون‌های یاد شده پس از اعمال فعالیت ورزشی درمانده ساز گردیده است.<sup>۲۹</sup> پژوهش مشابه دیگری توسط کیلیک انجام شد، با این تفاوت که تاثیر یک وهله فعالیت درمانده ساز دوچرخه سواری بر مقادیر هورمون‌های تیرویدی و تستوسترون کشتی‌گیران نخبه مورد ارزیابی قرار گرفت و گزارش گردید مکمل‌یاری روی (۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن در روز) مانع از کاهش مقادیر هورمون‌های تیرویدی و تستوسترون پس از فعالیت ورزشی می‌گردد. براساس نظر پژوهش‌گر، مکمل‌یاری روی می‌تواند بر عملکرد ورزشی تاثیر مثبتی داشته باشد.<sup>۲</sup>

یافته‌های به دست آمده از پژوهش حاضر در ارتباط با مقادیر لاکتات نشان داد که مکمل‌یاری روی و سلنیوم در آزمودنی‌هایی که در وضعیت مطلوبی از لحاظ عنصر روی و سلنیوم قرار داشته و از یک رژیم غذایی متعادل پیروی می‌کردند، تغییری در مقادیر لاکتات پلازما در حالت استراحتی و پس از فعالیت ورزشی ایجاد نکرد. در این زمینه یافته‌های به دست آمده از پژوهش حاضر با پژوهش‌های کایا و همکاران، بالتاسی و همکاران غیر همسو بود.

بالتاسی و همکاران در پژوهشی با عنوان اثرات کمبود روی و مکمل‌یاری آن (۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن در روز) بر محتوای گلیکوژن، و مقادیر لاکتات و لپتین پلازما در موش‌ها بر اثر یک وهله فعالیت شدید، گزارش نمودند که محتوای گلیکوژن کبد و همچنین میزان لپتین پلازما در آزمودنی‌های مبتلا به کمبود روی کمتر از گروه مکمل‌یاری بوده است. به علاوه، میزان لاکتات پلازما در گروه کمبود روی بیشتر از گروه مکمل‌یاری گزارش شده است.<sup>۳۰</sup>

به نظر می‌رسد علت تناقض یافته‌های پژوهش حاضر در زمینه‌ی تاثیر مکمل روی بر متغیرهای پژوهش با بررسی‌های کیلیک، کایا و بالتاسی، مقدار دوز مکمل مصرفی باشد. دوز مصرفی مکمل روی در این پژوهش، ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز بود. با توجه به اثرات جانبی افزایش میزان مکمل‌یاری روی (کاهش کلسترول - HDL، اختلال در عملکرد ایمنی و جذب عنصر مس)،<sup>۱۳</sup> در پژوهش حاضر میزان مصرف مکمل ۳۰ میلی‌گرم در روز در نظر گرفته شد، تا مسایل اخلاقی رعایت و در ضمن جنبه‌ی کاربردی میزان مکمل مصرفی در نظر گرفته شود. دلیل احتمالی دیگر، شاید مدت زمان ناکافی مکمل‌یاری برای تاثیر میزان مصرف مکمل در پژوهش باشد.

معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به این که نوع برنامه‌ی ورزشی پژوهش، درمانده‌ساز و براساس توان هوازی آزمودنی‌ها طرح‌ریزی شده بود، و عدم اختلاف معنی‌دار بین گروه روی با کنترل، و سلنیوم با کنترل، و تاثیر شدت، مدت فعالیت ورزشی، و بار کار و آمادگی فیزیکی آزمودنی‌ها بر مقادیر تستوسترون،<sup>۳۱</sup> یکی از دلایل احتمالی اختلاف معنی‌دار مقادیر تستوسترون در گروه روی با سلنیوم، ممکن است تفاوت در آمادگی فیزیکی و شدت اجرای فعالیت ورزشی و زمان تا واماندگی در آزمودنی‌های گروه سلنیوم نسبت به روی باشد.

داده‌های به دست آمده از مقادیر تستوسترون آزاد پس از فعالیت ورزشی نیز در گروه‌ها نشان داد بین گروه روی با گروه‌های سلنیوم و دارونما اختلاف معنی‌دار است. در حالی که بین مقادیر گروه‌های سلنیوم و دارونما تفاوت چشمگیری وجود نداشت. دلیل احتمالی این پاسخ را شاید به توان در مقادیر گلیکوپروتئین SHBG جستجو نمود، ممکن است فعالیت ورزشی درمانده ساز یا افزایش مقادیر روی در پلازما بر میل ترکیبی این گیرنده تاثیر گذاشته و موجب افزایش مقادیر آزاد هورمون پس از فعالیت شده باشد. با توجه به این‌که مقادیر این گیرنده در پژوهش حاضر اندازه‌گیری نشده، نمی‌توان به روشنی این پاسخ را توجیه نمود.

در مجموع، یافته‌های به دست آمده از پژوهش حاضر با یافته‌های پژوهش‌های کیلیک و همکاران (۲۰۰۶) (۲۰۰۷)، کایا و همکاران (۲۰۰۶)، غیر همسو و با یافته‌های کهلر و همکاران (۲۰۰۷) و کلت (۱۳۸۸) همسو بود.

کایا و همکاران در پژوهشی تاثیر مکمل‌یاری روی (۳ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز) را بر مقادیر تستوسترون سرم و لاکتات پلازما در موش‌ها پس از یک وهله شنای شدید ارزیابی، و گزارش نمودند مکمل‌یاری روی به افزایش چشمگیری در مقادیر تستوسترون و کاهش معنی‌داری در مقادیر لاکتات پلازما پس از یک وهله شنای شدید منجر شده است.<sup>۲۸</sup> کیلیک و همکاران در پژوهش خود با عنوان تاثیر یک وهله فعالیت ورزشی درمانده ساز بر مقادیر هورمون‌های تیرویدی و تستوسترون در افراد غیر فعال پس از مکمل‌یاری روی، به این نتیجه رسیدند که فعالیت ورزشی درمانده‌ساز به کاهش مقادیر هورمون‌های تیروئیدی و تستوسترون منجر شده، در حالی که ۴ هفته مکمل‌یاری روی (۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن در روز)

براساس یافته‌های به دست آمده از پژوهش کُهلر، دریافت مکمل حاوی دوز بالای روی (ZMA) در آزمودنی‌ها با وضعیت روی طبیعی، تغییر معنی‌داری در مقادیر هورمون‌های آنابولیکی در سرم ایجاد نکرد، و تنها موجب افزایش میزان روی سرم و دفع ادراری آن گردید.<sup>۲۰</sup> همچنین، براساس یافته‌های پژوهش کلت، دریافت مکمل دارای دوز بالای روی (ZMA) در بازیکنان تیم باشگاهی هندبال تنها به افزایش مقادیر تستوسترون آزاد منجر گردید و بر مقادیر هورمون‌های آنابولیکی دیگر بی‌تاثیر بود.<sup>۲۱</sup>

یافته‌های پژوهش‌های دهی اخیر به روشنی مشخص نموده سلنیوم برای باروری و بیوسنتز تستوسترون ضروری می‌باشد. در سلول‌های لیدیک آنزیم گلوکوتائون پراکسیداز که آنزیمی وابسته به عنصر سلنیوم می‌باشد، در ارتباط مستقیم با شبکه‌ی آندوپلاسمیک صاف قرار دارد. به همین دلیل، ممکن است مسیرهای متابولیکی بیوسنتز تستوسترون به حفاظت از پراکسیداسیون نیاز داشته باشد. بنابراین، کاهش مقادیر سلنیوم از راه کاهش عملکرد آنزیم گلوکوتائون پراکسیداز بر سنتز تستوسترون موثر است.<sup>۲۲</sup>

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، مکمل یاری سلنیوم نیز تغییری در مقادیر متغیرهای پژوهش در حالت استراحتی و پس از فعالیت ورزشی ایجاد نکرد. یکی از دلایل مهم، در ارتباط با عدم تاثیر مکمل‌های مصرفی، وضعیت مطلوب آزمودنی‌ها از لحاظ مقادیر سلنیوم پلاسما و علاوه بر این، دریافت رژیم غذایی مطلوب توسط آن‌ها می‌باشد. جی‌ای و همکاران پژوهشی را با هدف ارزیابی تاثیر مکمل‌یاری روی و سلنیوم بر مقادیر برخی هورمون‌ها از قبیل تستوسترون، T3 و T4 در بزهای نر انجام دادند. در این پژوهش به رژیم آزمودنی‌ها در گروه مکمل یاری روی ۴۰ ppm متیونین روی و به رژیم پایه گروه مکمل یاری سلنیوم ۰/۱۵ ppm سلنیوم اضافه و یافته‌ها برای ۳ و ۶ ماه گزارش شد. براساس یافته‌های به دست آمده مکمل یاری روی و سلنیوم منجر به افزایش چشمگیر مقادیر تستوسترون گردید. علاوه بر آن، مکمل‌یاری روی موجب افزایش T3 گردید، در حالی که مکمل یاری سلنیوم منجر به کاهش T4 و افزایش T3 گردید.<sup>۲۳</sup>

داده‌های کمی در زمینه‌ی تاثیر مکمل یاری روی و سلنیوم بر عملکرد ورزشی وجود دارد، بنابراین نیاز به پژوهش‌های گسترده‌تری در این زمینه می‌باشد.<sup>۲۳</sup> تزئیر و همکاران در پژوهشی اثر مکمل یاری سلنیوم را بر فعالیت گلوکوتائون پراکسیداز در پاسخ به تمرین‌های استقامتی مورد

ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مکمل‌یاری سلنیوم تغییر معنی‌داری در فعالیت آنزیم یاد شده ایجاد نکرد.<sup>۲۴</sup> در تایید این یافته، مارگاریتیس و همکاران در پژوهش خود دریافتند که مکمل یاری سلنیوم (۱۸۰ میکروگرم در صد میلی‌لیتر) تاثیر معنی‌داری بر سازگاری‌های به دست آمده از تمرین‌های استقامتی نداشت.<sup>۲۵</sup> در زمینه‌ی ارتباط روی با عملکرد ورزشی، در پژوهشی نشان داده شد که مکمل‌یاری روی ۱۲۵ میلی‌گرم در روز و به مدت ۱۴ روز به افزایش معنی‌دار قدرت دینامیک و استقامت ایزومتریک منجر گردید.<sup>۲۶</sup> خالد و همکاران در پژوهش خود گزارش کردند کمبود روی به افزایش لاکتات و کاهش معنی‌دار برون‌دهی توانی در ۱۲ فوتبالیست حرفه‌ای در پاسخ به یک وهله فعالیت ورزشی درمانده‌ساز منجر شد.<sup>۲۷</sup> با این حال، ولپی در مقاله‌ی مروری خود به این نتیجه رسید که دست‌یابی به یافته‌های روشن در زمینه‌ی مکمل یاری عناصری مانند روی و سلنیوم نیازمند پژوهشی با برنامه‌های ورزشی یکسان، مدت زمان طولانی‌تر برای مکمل‌یاری و آزمودنی‌هایی با آمادگی فیزیکی یکسان می‌باشد.<sup>۲۸</sup>

در مجموع، نتیجه‌گیری روشن درباره‌ی تاثیر مکمل‌یاری روی و سلنیوم بر محیط آنابولیکی بدن پس از فعالیت ورزشی نیازمند ارزیابی عوامل مهم دیگری که بر مقادیر تستوسترون تام و آزاد سرم تاثیر گذار هستند، مانند هورمون‌های LH، کورتیزول، پرولاکتین، پروژسترون و گلوبولین متصل شونده به هورمون‌های جنسی.

به طور کلی، هرچند ممکن است مکمل یاری آثار منفی کمبودهای تغذیه‌ای را در ورزشکاران برطرف کرده و در نتیجه بهبود عملکرد ورزشی را در پی داشته باشد. اما باید خاطر نشان شود این موضوع نمی‌تواند به ورزشکارانی که دچار کمبودهای تغذیه‌ای نیستند نیز تعمیم داده شوند. مواد مغذی مورد نیاز در بیشتر ورزشکاران، در صورت دریافت انرژی کافی شبیه افراد غیر ورزشکار می‌باشد. اگرچه ممکن است برخی از ورزشکاران به دلیل اتلاف مواد مغذی از راه عرق و ادرار میزان نیاز بیشتری داشته باشند، ولی در این ورزشکاران مکمل‌یاری به حفظ ذخایر طبیعی بدن کمک می‌کند و شامل اهداف نیروافزایی<sup>۱</sup> نمی‌گردد.

## References

- Baltaci AK, Cumraligil B, Kilic M, Kaya O. Effect of acute swimming exercise on lactate levels and its relation with zinc in pinealectomized rats. *Cell Biochem Funct* 2007; 25: 597-601.
- Bataci AK, Ozyurek K, Mogulkoc R, Kutoglu E, Oztekin E, Kul A. Effects of zinc deficiency and supplementation on some hematologic parameters of rats performing acute swimming exercise. *Acta Physiol Hung* 2003; 9: 125-32.
- Kilic M, Baltaci AK, Gunay M, Gokbel H, Okudan N, Ciciolu I. The effect of exhaustion exercise on thyroid hormones and testosterone levels of elite athletes receiving oral zinc. *Neuro Endocrinol Lett* 2006; 27: 247-52.
- Koehler K, Parr MK, Geyer H, Mester J, Schanzer W. Serum testosterone and urinary excretion of steroid hormone metabolites after administration of high-dose zinc supplement. *Eur J Clin Nutr* 2009; 63: 65-70.
- Thomson CD. Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review. *Eur J Clin Nutr* 2004; 56: 391-402.
- Gromer S, Eubel JK, Lee BL, Jacob J. Human selenoproteins at a glance. *Cell Mol Life Sci* 2005; 62: 2414-37.
- Finley JW, Kincaid RL. Effect of sex and time of sampling on selenium and glutathione peroxidase activity in tissues of mature rats. *Biol Trace Elem Res* 1991; 29: 181-91.
- Akil M, Bicer M, Kilic M, Avunduk M, Mogulkoc R, Baltaci AK. Effect of intraperitoneal selenium administration on liver glycogen levels in rats subjected to acute forced swimming. *Biol Trace Elem Res* 2011; 139: 341-6.
- Seung K, Kang E, Eum H, Kim B, Lim Y, Park J, et al. Effects of exercise training and selenium on MCT1 and MCT4 protein levels in skeletal muscles of diabetic Goto-Kakizaki rats. *Journal of Life Science* 2008; 18: 1-8.
- Gehring MM, Downs KS, Downing TG, Naude RJ, Shephard EG. An investigation into the effect of selenium supplementation on microcystin hepatotoxicity. *Toxicol* 2003; 41: 451-8.
- Lonher TW, Reash RJ, Williams M. Assessment of tolerant sunfish populations (*Lepomis* sp.) inhibiting selenium-laden coal ash effluents. 2. Tissue biochemistry evaluation. *Ecotoxicol Environ Saf* 2001; 50: 217-24.
- Jacqueline R. Berning, Suzan Nelson Steen. Nutrition for sport and exercise. Canada: Jones and Bartlett Publisher; 2ed; 2006.
- Kuipers H, Verstappen FT, Keizer HA, Geurten P, van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its Physiological correlates. *Int J Sports Med* 1985; 6: 197-201.
- Kuipers H, Keizer H.A, Brouns F, Saris WH. Carbohydrate feeding and glycogen synthesis during exercise in man. *Pflugers Arch* 1987; 410: 662-6.
- Hawley JA, Noakes TD. Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclist. *Eur J Appl Physiol* 1992; 65: 79-83.
- Driskell J, Wolinsky I. Sports Nutrition (vitamin and trace elements). Taylor and Francis; 2005.
- Benardot RD. Advanced Sports Nutrition. United state: Human Kinetics; 2006.
- Hackney AC, Sinning WE, Bruot BC. Reproductive hormonal profiles of endurance-trained and untrained males. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20: 180-9.
- Mathur DN, Toriola AL, Dada OA. Serum cortisol and testosterone levels in conditioned male distance runners and nonrunners after maximal exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 1986; 26: 245-50.
- Handziski Z, Maleska V, Petrovska S, Nikolik S, Mickoska E, Dalip M, et al. The changes of ACTH, cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio in professional soccer players during a competition half-season. *Bratisl Lek Listy* 2006; 107: 259-63.
- Harkonen M, Naveri H, Kuoppasalmi K, Huhtaniemi I. Pituitary and function during physical exercise in the male rat. *Journal of Steroid Biochemistry* 1990; 35: 127-32.
- Cadoux-Hudson TA, Few JD, Imms FJ. The effect of exercise on the production and clearance of testosterone in well trained young men. *Eur J App Physio* 1985; 154: 321-5.
- Caballero MJ, Mena P, Maynarm M. Changes in sex hormone binding globulin, high density lipoprotein cholesterol and plasma lipids in male cyclists during training and competition. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992; 64: 9-13.
- Cumming DC, Brunsting LA 3rd, Strich G, Ries AL, Rebar RW. Reproductive hormone increase response to acute exercise in men. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18: 369-73.
- Lin H, Wang SW, Wang RY, Wang PS. Stimulatory effect of lactate on testosterone production by rat Leydig cells. *J Cell Biochem* 2001; 83: 147-54.
- Raastad T, Bjoro T, Hallen J. Hormonal responses to high and moderate intensity strength exercise. *Eur J Appl Physiol* 2000; 82: 121-8.
- Jezová D, Vigas M, Tatár P, Kvetnanský R, Nazar K, Kaciuba-Uściłko H, et al. Plasma testosterone and catecholamine responses to physical exercise of different intensities in men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1985; 54: 62-6.
- Kaya O, Gokdemir K, Kilic M, Baltaci AK. Zinc supplementation in rats subjected to acute swimming exercise: Its effect on testosterone levels and relation with lactate. *Neuro Endocrinol Lett* 2006; 27: 267-70.
- Kilic M. Effect of fatiguing bicycle exercise on thyroid hormone and testosterone levels in sedentary males supplemented with oral zinc. *Neuro Endocrinol Lett* 2007; 28: 181-5.
- Baltaci AK, Ozyurek K, Mogulkoc R, Kurtoglu E, Ozkan Y, Celik I. Effects of zinc deficiency and supplementation on the glycogen contents of liver and plasma lactate and leptin levels of rats performing acute exercise. *Biol Trace Elem Res* 2003; 96: 227-36.
- Kalteh M. Effect of ZMA (zinc-magnesium-vitaminB6) supplementation on anabolic hormones levels and strength of handball players [dissertation]. Tehran: Tehran University, Faculty of Physical Education; 2009.
- El-Sisy GA, Abdel-Razek AMA, Younis AA, Ghallab AM, Abdou MSS. Effect of dietary zinc or Selenium supplementation on some reproductive hormone levels in male Baladi Goats. *Global Veterinaria* 2008; 2: 46-50.
- Volpe SL. Minerals as ergogenic aids. *Curr Sports Med Rep* 2008; 7: 224-9.
- Tessier F, Margaritis I, Richard MJ, Moynot C, Marconnet P. Selenium and training effects on the glutathione system and aerobic performance. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 390-6.
- Margaritis F, Tessier E, Prou P, Marconnet, Marini J.F. Effects of endurance training on skeletal muscle oxidat-



- ive capacities with and without selenium supplementation. *J Trace Elem Med Biol* 1997; 11: 37-43.
36. Krotkiewski M, Gudmundsson M, Backstrom P, Mandroukas K. Zinc and muscle strength and endurance. *Acta Physiol Scand* 1982; 116: 309-11.
37. Khaled S, Burn J.F, Micallef J.P, Bardet L, Gassanas G, Monnier J.F, Orsetti A. Serum zinc and blood rheology in sportmen (football players). *Clin Hemorheol Microcirc* 1997; 17: 47-58.

Original Article

## Effect of Zinc and Selenium Supplementation on Serum Testosterone and Plasma Lactate in Cyclists after One Bout of Exhaustive Exercise

Shafiei Neek L, Gaeini A, Choobineh S, Allah Yar Beigi Kh, Mahmoodzadeh M

<sup>1</sup>Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education, Tehran University, Tehran, I.R. Iran

e-mail: shafieineek@gmail.com

Received: 24/05/2011 Accepted: 21/09/2011

### Abstract

**Introduction:** The purpose of this study was to investigate how exhaustion exercise affects testosterone levels and plasma lactates in road cyclists supplemented with oral zinc and selenium for 4 weeks. **Materials and Methods:** Twenty-four male road cyclists volunteers, were selected from the Tehran Traffic team, and based on BMI were divided into three groups; the selenium, zinc, and controls. The status of zinc and selenium in subjects was assessed at baseline. After 4 weeks of supplementation free, total testosterone, and lactate levels of all subjects were determined before and after exercise. Data was analyzed according to repeated measures ANOVA, and the Bonfferoni post hoc test, with a significance level of  $P < 0.05$ . **Results:** Resting total, free testosterone, and lactate levels did not differ significantly between groups, and were increased by exercise ( $P > 0.05$ ). Total testosterone levels in the Zn group were higher than in the Se group after exercise ( $P < 0.05$ ). Free testosterone levels in the Zn group were higher than the other groups ( $P < 0.05$ ). There was an insignificant difference between levels of lactate in the three groups after exercise ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** According to this study, 4-week selenium and zinc supplementation had no significant effect on testosterone or lactate levels of subjects who had a zinc and selenium sufficient diet. Zinc supplementation increased levels of total testosterone in contrast with selenium group, and also increased free testosterone versus the other groups, whereas there was no change in the levels of lactate in the three groups post-test.

**Keywords:** Exhaustion exercise, Testosterone, Lactate, Zinc supplementation, Selenium supplementation