بررسی تأثیر یک دوره تمرینات سرعتی بر غلظت الکترولیتهای سرم قبل و بعد از یک فعالیت بیشینهٔ استاندارد

شادمهر میردار*/ عباس قنبری نیاکی**/ روزبه عرب‌پور***

چکیده: هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر آزمون بیشینهٔ استاندارد بر الکترولیتهای منتخب سرم خون دوندگان سرعت، قبل و بعد از یک دورهٔ تمرینی دو ماهه بود. این پژوهش از نوع پژوهشهای نیمه‌تجربی است و ۱۵ دوندهٔ مرد آماده به صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کرده‌اند. برای تعیین الکترولیتهای خون از ابزارها و روشهای آزمایشگاهی استفاده شد و تجزیه و تحلیل آماری این پژوهش با استفاده از آزمون T پیوسته و نرم‌افزار SPSS ۱۳ انجام گرفت.

نتایج آزمون T وابسته نشان داد که غلظت سدیم، پتاسیم، کلر، کلسیم و منیزیم در پس‌آزمونهای قبل از دورهٔ تمرینی و بعد از پایان دورهٔ تمرینی، در مقایسه با پیش‌آزمونهای قبل از دورهٔ تمرینی و بعد از پایان دورهٔ تمرینی، در سطح $P < ۰/۰۵$ تفاوت معنی‌داری یافت. میزان غلظت کلسیم در پیش‌آزمون بعد از دورهٔ تمرینی، در مقایسه با پیش‌آزمون قبل از دورهٔ تمرینی، در سطح $P < ۰/۰۵$ تفاوت معنی‌داری را نشان می‌داد، در حالی‌که در غلظت بقیهٔ الکترولیتها تغییری مشاهده نشد. مقایسهٔ میزان کلر و پتاسیم در پس‌آزمون بعد از دورهٔ تمرینی، در مقایسه با پس‌آزمون قبل از دورهٔ تمرینی، نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت معنی‌داری در میزان این دو عنصر بود. ولی در غلظت سدیم، کلسیم و منیزیم چنین تغییری مشاهده نشد. هر کدام از الکترولیتها ممکن است در دامنهٔ طبیعی خود تغییر کند یا اینکه تغییرات این مواد معنی‌دار نباشد. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات الکترولیتها با مدت و شدت تمرین وابسته است. تغییرات زیاد در غلظت الکترولیتها می‌تواند به اجرای مطلوب ورزشی لطمه وارد کند و یا حتی باعث آسیبهای جسمانی شود. به نظر می‌رسد استفاده از مکملهای الکترولیت و یا نوشیدن مایعات به هنگام تمرین می‌تواند از بروز اختلالات فیزیولوژیکی، به ویژه فعالیت در آب و هوای گرم و رطوبت نسبی بالا، در جریان تمرینات جسمانی پیشگیری کند.

کلیدواژه: الکترولیتهای منتخب، سرم خون، آزمون بیشینهٔ استاندارد، تمرینات سرعتی.

*عضو هیئت‌علمی دانشگاه مازندران.
**عضو هیئت‌علمی دانشگاه مازندران.
***کارشناسی ارشد تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه پیام‌نور.

مقدمه

الکترولیتها به مقدار فراوان در طبیعت یافت می‌شوند. این عناصر فلزی در حدود ٤ درصد وزن بدن را تشکیل می‌دهند. جز کلسیم که در ساختمان استخوانها و دندانها شرکت دارد و به مقدار فراوانتری در بدن یافت می‌شود، بقیهٔ مواد معدنی به میزان بسیار کمتری در ساختمان بافتها و در خون وجود دارند (شهبازی و ملک‌نیا، ۱۳۸۱). در حالت عادی و در افراد سالم آنیونهای پلاسما معادل کاتیونهای پلاسماست. این مواد معدنی وظایف حیاتی و مهمی را در بدن به عهده دارند. تنظیم نسبت آب در فضاهای سه‌گانهٔ بدن و تنظیم مقدار کلی آب بدن، نقش مؤثر در انقباض عضلات، آزادسازی عضله بعد از انقباض و به عنوان یک هم انتقال برای بیش از ۳۰۰ آنزیم سوخت و ساز درون سلولی بخشی از این وظایف است. علاوه بر این، کمک به سوخت‌وساز چربیها و انتقال ایمپالسهای الکتریکی بر روی رشته‌های عصبی و عضلانی از دیگر وظایف مهم این مواد در بدن و به ویژه هنگام فعالیتهای ورزشی است (Weschler; Born). اطلاعات کمی در مورد اثر تمرینات سرعتی بر وضعیت فلزات بدن وجود دارد و بیشتر پژوهشها به اثرات تمرینات طولانی‌مدت و استقامتی بر تغییر غلظت الکترولیتهای سرم پرداخته‌اند. پژوهشهای انجام‌شده نتایج متفاوتی در مورد تغییر غلظت الکترولیتهای سرم گزارش کرده‌اند. برای مثال، غلظت سدیم سرم افزایش (Cohen, 1978: 449-53; Banez, 1994: 411-30) یا کاهش (Nash; Moshiko, 2004: 186-190) پیدا می‌کند و یا بدون تغییر باقی می‌ماند (Schwellnus, Nicol, Laubsher and Noakes, 2004: 402-488). همچنین نتایج پژوهش در مورد تغییر غلظت پتاسیم نشان‌دهندهٔ افزایش یا کاهش در غلظت پتاسیم است (Cohen and Zimmerman, 1978: 449-53; Nash). غلظت منیزیم در اثر تمرین کاهش یافت (Cohen, Ibid; Buchman, 1998; Gerth and et.al, 2002: 425-31) و افزایش معنی‌داری در اثر تمرین در غلظت کلر و کلسیم مشاهده شد (Kodama and et.al, 2003; 201-9; Overgaard, 2002: 1891-1898; Gerth, Ibid).

با توجه به مطالب فوق، نیاز به پژوهشهای بیشتر در مورد تغییر الکترولیتهای سرم خون در اثر ورزش ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش سعی دارد تا به صورت تکمیلی به تغییرات الکترولیتهای سرم خون در اثر فعالیت بیشینهٔ استاندارد، قبل و بعد از یک دورهٔ تمرینات سرعتی در دوندگان سرعت بپردازد.

روش‌شناسی

این پژوهش از نوع پژوهشهای نیمه تجربی و میدانی است.

آزمودنیها

آزمودنیهای این پژوهش ۱۵ نفر از دوندگان مرد و آمادهٔ دانشگاهی بودند که به صورت غیرتصادفی انتخاب شدند. این ورزشکاران برای شرکت در مسابقات قهرمانی و المپیاد ورزشی دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی به صورت منظم به تمرین می‌پرداختند.

جدول ۱. مشخصات آزمودنیها

شاخص گروهها	سن	قد	وزن		حداکثر اکسیژن مصرفی %HR max	
			قبل از تمرین	بعد از تمرین	قبل از تمرین	بعد از تمرین
دوندگان سرعت	۲۲/۲ ± ۰/۸٤	۱۷۹ ± ۹/٤۰	۷٤/۲ ± ۹/٤۰	۷٤/٤ ± ۹/٦۱	۲۹/۳ ± ۵/۱	۳۸/۷ ± ٦/۳

روش جمع‌آوری اطلاعات

اطلاعات مربوط به پیشینهٔ تحقیق از طریق جستجو در اینترنت جمع‌آوری شد. همچنین، اطلاعات مربوط به آزمودنیها از طریق پرسش از آزمودنیها و اخذ

نمونهٔ خون آنها در آزمایشگاه به دست آمد. آزمودنیها صبح به صورت ناشتا در محل آزمایشگاه حضور یافتند. نمونهٔ خون از ورید بازویی دست راست همهٔ آزمودنیها و قبل از انجام آزمون بیشینه اخذ شد. سپس آزمودنیها بعد از گرم کردن به نوبت به بر روی نوار گردان دویدند. بعد از انجام آزمون مجدداً از همهٔ آزمودنیها نمونهٔ خون گرفته شد. سرعت نوار گردان در طول آزمون ثابت و برابر با ۷/۱ مایل در ساعت بود. ولی در هر ۲دقیقه ۲/۵ درجه به شیب دستگاه افزوده می‌شود. آزمون بر روی نوار گردان از شیب ۲/۵ درجه شروع می‌شد و تا شیب ۱۲/۵ درجه افزایش می‌یافت. بعد از پایان آزمون، همهٔ دوندگان به مدت ۲ ماه و هر روز ۲ ساعت به تمرینات سرعتی می‌پرداختند. تمام تمرینات در آب و هوای گرم و مرطوب بابلسر در میانگین دمای ۰/۹۱ ± ۲۷/۱۳ سانتی‌گراد و میانگین رطوبت هوای ۱۳/۲ ± ۷۶/۲ درصد انجام گرفت. بعد از پایان تمرین، مجدداً از آزمودنیها آزمون بیشینهٔ استاندارد و نمونهٔ خون گرفته شد. نمونهٔ خون در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۷۰۰ دور در دقیقه تجزیه شد. سرم خون حاصل برای به دست آوردن میزان غلظت الکترولیتها در آزمایشگاه تجزیه شدند. برای تعیین میزان سدیم و پتاسیم خون از روش تحریک سطح خارجی یونها با حرارت و دستگاه فیلم فتومتر[1] استفاده شد. میزان کلر با استفاده از روش کلرومتر[2] و کلسیم از روش تیتراسیون[3] و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر[4] اندازه‌گیری شد. میزان منیزیم با استفاده از روش سرس نوری و دستگاه اتمیک آبزربشن[5] اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

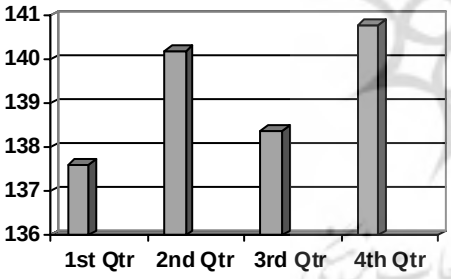
در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار۱۳ spss و برای رسم نمودار از برنامه Excel استفاده شد. از آمار توصیفی (شامل میانگین، انحراف استاندارد) و آمار استنباطی (شامل ضریب همبستگی پیرسون) و آزمون t پیوسته برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

نتایج

سدیم

نتایج آزمون t وابسته در مورد تغییر غلظت سدیم سرم قبل از دورهٔ تمرینی نشان می‌داد که میزان سدیم از ۰/۵۱ ± ۱۳۷/۶ میلی‌اکی‌والان در پیش‌آزمون قبل از تمرین به ۲/٤ ± ۱٤۰/۲ میلی‌اکی‌والان در پس‌آزمون قبل از دورهٔ تمرینی افزایش یافت ($p < ۰/۰۰۲$). همچنین غلظت سدیم از ۱/٤ ± ۱۳۸/٤ میلی‌اکی‌والان در پیش‌آزمون بعد از دورهٔ تمرینی به میزان ۲/٤ ± ۱٤۰/۸ میلی‌اکی‌والان در پس‌آزمون بعد از دورهٔ تمرینی افزایش یافته است ($p \leq ۰/۰۰۰$). مقایسهٔ پیش‌آزمونها قبل و بعد از دورهٔ تمرینی و پس‌آزمونهای قبل و بعد از دورهٔ تمرینی نشان می‌دهد که غلظت سدیم بعد از پایان برنامهٔ تمرینی افزایش یافته است، هر چند که این تغییرات معنی‌دار نبود.

نمودار۱. تغییر سدیم سرم در دوندگان سرعت



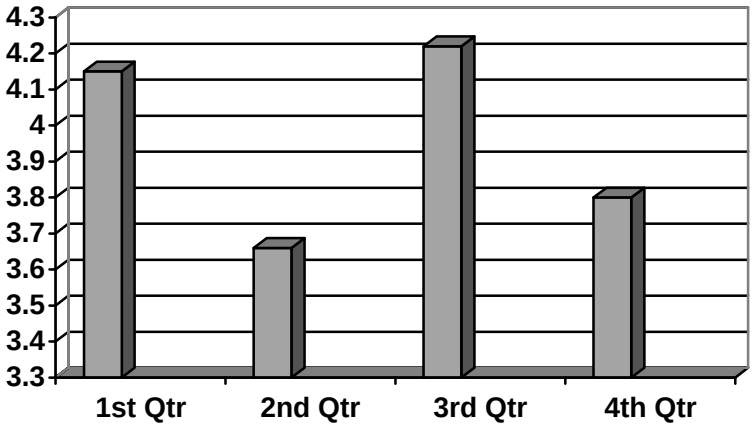
پتاسیم

مقایسهٔ پیش‌آزمونها و پس‌آزمونهای قبل از دورهٔ تمرینی نشان می‌دهد که غلظت پتاسیم سرم در پیش‌آزمون از ۰/۱۵ ± ٤/۱۵ میلی‌اکی‌والان به ۰/۲۱ ± ۳/٦٦ میلی اکی‌والان در پس‌آزمون کاهش یافت($p \leq ۰/۰۰۰$). مقایسهٔ پیش‌آزمونهای قبل و بعد از دورهٔ تمرین و پس‌آزمونهای قبل و بعد از دورهٔ تمرینی نشان می‌دهد که پتاسیم بعد از

1. film photometer
2. colorimetric
3. titration
4. spectrophotometer
5. atomic absorption

پایان تمرین به میزان ۰/۰۷ میلی اکی‌والان و ۰/۱٤ میلی اکی والان به ترتیب در پیش‌آزمون و پس‌آزمون بعد از تمرین افزایش یافت که این افزایش در پس‌آزمون بعد از تمرین معنی‌دار بود (۰/۰۱۱ ≥ p).

نمودار۲. تغییر پتاسیم سرم دوندگان سرعت

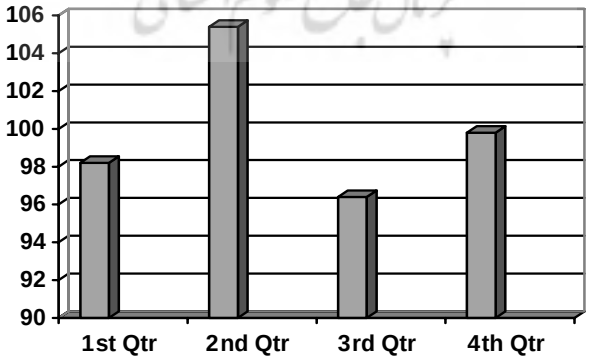


کلر

غلظت کلر قبل از دورهٔ تمرینی از ۳/۱۷ ± ۹۸/۲ میلی‌اکی‌والان در پیش‌آزمون به ۲/۰۳ ± ۱۰۵/٤ میلی‌اکی‌والان در پس‌آزمون افزایش یافت (۰/۰۰۰ ≥ p). همچنین، این مادهٔ معدنی بعد از دورهٔ تمرینی از ۳/۳۱ ± ۹٦/٤ میلی‌اکی‌والان در پیش‌آزمون به ٤/۱۱ ± ۹۹/۸ میلی‌اکی‌والان در پس‌آزمون افزایش یافت (۰/۰۰۰ ≥ p).

علاوه بر این، مقایسهٔ پس‌آزمونهای قبل و بعد از دورهٔ تمرینی نشان می‌دهد که غلظت کلر بعد از پایان کاهش می‌یابد. مقدار این الکترولیت از ۲/۰۲ ± ۱۰۵/٤ میلی‌اکی‌والان به میزان ٤/۱۱ ± ۹۹/۸ میلی‌اکی‌والان کاهش می‌یابد که نشان‌دهندهٔ کاهش قابل ملاحظه و ۵/۳ درصدی است (۰/۰۰۰ ≥p). از سوی دیگر، میزان کلر در پیش‌آزمون بعد از تمرین، در مقایسه با پیش‌آزمون قبل از تمرین کاهش ۱/۸ درصدی یافت که این کاهش از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

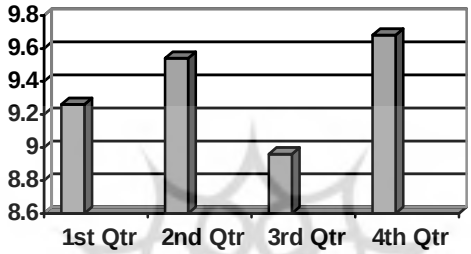
نمودار۳. تغییر کلر سرم دوندگان سرعت



کلسیم

کلسیم از مقدار ۰/۱۱ ± ۹/۲٦ میلی‌اکی‌والان در پیش‌آزمون قبل از دورهٔ تمرینی به مقدار ۰/۰۸ ± ۹/٥٤ میلی‌اکی‌والان در پس‌آزمون قبل از دورهٔ تمرینی افزایش یافت (p≤ ۰/۰۰۰). همچنین، مقایسهٔ غلظت این الکترولیت در پایان دورهٔ تمرینی نشان می‌دهد که مقدار کلسیم از ۰/۳۱ ± ۸/۹٦ میلی‌اکی‌والان در پیش‌آزمون به ۰/۳۳ ± ۹/٦۸ میلی‌اکی‌والان در پس‌آزمون افزایش یافت (p≤ ۰/۰۰۰). مقایسهٔ پیش‌آزمونهای قبل و بعد از دورهٔ تمرینی نشان داد که غلظت کلسیم از ۰/۱۱ ± ۹/۲٦ میلی‌اکی‌والان قبل از دورهٔ تمرینی به ۰/۳۱ ± ۸/۹٦ میلی‌اکی‌والان در پایان دورهٔ تمرینی می‌رسد که نشان‌دهندهٔ کاهش معنی‌دار ۳/۲ درصدی است (p≤ ۰/۰۰۷). همچنین، مقایسهٔ پس‌آزمونها نشان‌دهندهٔ افزایش ۱/٥ درصدی کلسیم بعد از پایان دورهٔ تمرینی است که این تغییر معنی‌دار نیست.

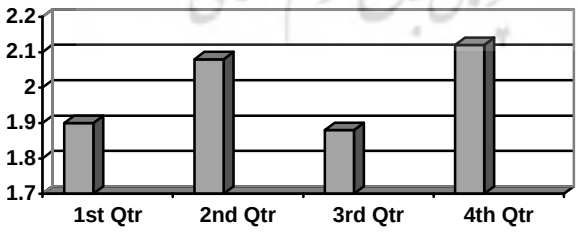
نمودار٤. تغییر کلسیم سرم در دوندگان



منیزیم

غلظت منیزیم قبل از شروع دورهٔ تمرینی از ۰/۰۹ ± ۱/۹۰ میلی‌اکی‌والان در پیش‌آزمون به ۰/۱٥ ± ۲/۰۸ میلی‌اکی‌والان در پس‌آزمون افزایش یافت (p≤ ۰/۰۱٤). غلظت منیزیم از مقدار ۰/۱۲ ± ۱/۸۸ میلی‌اکی‌والان در پیش‌آزمون بعد از دورهٔ تمرینی به ۰/۱۸ ± ۲/۱۲ میلی‌اکی‌والان در پس‌آزمون بعد از دورهٔ تمرینی افزایش یافت (p< ۰/۰۰۰) مقایسهٔ پیش‌آزمونهای قبل و بعد از دورهٔ تمرینی و پس‌آزمونهای قبل و بعد از دورهٔ تمرینی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.

نمودار٥. تغییر منیزیم سرم در دوندگان سرعت



بحث

در مورد تغییرات سدیم بعد از تمرینات و فعالیتهای جسمانی، نتایج متفاوتی ارائه شده است. در بسیاری از پژوهشها افزایش معنی‌داری در غلظت سدیم مشاهده شد (Cohen, Ibid; Banez, Ibid). ولی تعداد دیگری از پژوهشها کاهش زیادی را در غلظت سدیم، به خصوص بعد از فعالیتهای طولانی‌مدت و شدید و دوهای ماراتن و استقامت، یافتند (Nash; Moshiko, Ibid) که با یافته‌های

این پژوهش مغایرت دارد.

سدیم به علت نقش مهم در هموستاز بدن حائز اهمیت است. غلظت بسیاری از مواد معدنی به صورت مستقیم یا معکوس با غلظت سدیم مرتبط بوده و توسط سدیم تنظیم می‌شوند (شهبازی، ۱۳۸۱؛ Cooney and et.al). بسیاری از پژوهشگران کاهش غلظت سدیم را به از دست رفتن این عنصر از طریق ادرار و عرق مربوط می‌دانند (Weschler, Ibid; Cooney, Ibid; Martiny). نتایج این پژوهش نشان‌دهندهٔ افزایش سدیم در بعد از آزمون بیشینه و بعد از دورهٔ تمرینی است که ممکن است این امر با از دست رفتن سدیم از طریق عرق مرتبط باشد. چون همیشه مقدار آب در عرق بیشتر از مقدار سدیم است، در نتیجه در مدت زمان کوتاه تمرین سدیم اندکی از دست می‌رود و با کاهش زیاد حجم پلاسما (pv) افزایش معنی‌داری در غلظت سدیم سرم به چشم می‌خورد. همچنین، بازجذب سدیم از توبولهای کلیوی ممکن است دلیل دیگر افزایش سدیم سرم خون بعد از پایان آزمون باشد (شهبازی، ۱۳۸۱).

پتاسیم

پتاسیم عنصری است که رابطهٔ معکوسی با سدیم دارد. یعنی با جذب یک یون سدیم از توبولهای کلیوی یک یون پتاسیم در ادرار دفع می‌شود. پژوهشها نشان می‌دهد که فعالیتهای جسمانی باعث افزایش غلظت پتاسیم می‌شود (Moshika, Ibid; Kodama, Ibid; Overgaard, Ibid; Schwellnus, Ibid). بازجذب پتاسیم از توبولهای کلیوی به دلیل رابطهٔ معکوس با سدیم، آزاد شدن پتاسیم از عضلات اسکلتی در اثر اسیدی شدن محیط و یا آسیبهای عضلانی است (شهبازی، همان؛ Warburton and et.al, 2002: 301-303). با توجه به اینکه در این پژوهش پتاسیم بعد از آزمونهای بیشینهٔ قبل و بعد از دورهٔ تمرینی کاهش یافته است، نتایج این تحقیق با یافته‌های دیگر پژوهشگران مغایر است. شاید دلیل این امر دفع بیشتر پتاسیم در ادرار و عرق به علت رابطهٔ معکوس این عنصر با سدیم باشد. یافته‌های این تحقیق در مورد غلظت پتاسیم بعد از دورهٔ تمرینی نشان‌دهندهٔ افزایش قابل ملاحظهٔ این عنصر است که احتمالاً به دلیل دورهٔ برنامهٔ تمرینی است که پاسخ این مادهٔ معدنی در نتیجهٔ سازگاری این الکترولیت با نوع و مدت زمان انجام تمرین رخ داده است.

کلر

غلظت کلر در بدن به غلظت سدیم سرم وابسته است و توسط آن تنظیم می‌شود (Loc. Cit). نتایج پژوهشها نشان‌دهندهٔ کاهش در غلظت کلر است که با نتایج این تحقیق مغایر است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که غلظت کلر بعد از آزمونهای بیشینه افزایش می‌یابد. ممکن است این امر به دلیل رابطهٔ نزدیک سدیم و کلر، کاهش حجم پلاسما به علت از دست دادن آب زیاد در عرق در مقایسه با کلر باشد. از آنجایی که مقدار کلر کمی در مدت کوتاه تمرین از دست می‌رود، غلظت کلر در پلاسما افزایش می‌یابد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که غلظت کلر در پلاسما بعد از پایان دورهٔ تمرینی، در مقایسه با غلظت آن قبل از شروع تمرین، کاهش می‌یابد که از دست رفتن مقدار زیاد کلر از طریق عرق، مصرف زیاد آب توسط آزمودنیها و افزایش حجم پلاسما در جریان تمرین و برگشت به حالت اولیهٔ کُند کلر می‌تواند از دلایل احتمالی این کاهش باشد. از آنجایی که نسبت کلر و سدیم در نمک ٦٠ به ٤٠ است، مقدار کلر از دست رفته در عرق بیشتر است و شاید این دلیل کاهش غلظت کلر بعد از تمرین و افزایش خیلی کم در غلظت سدیم بعد از تمرین باشد.

کلسیم

غلظت کلسیم بعد از آزمون بیشینه در سرم افزایش یافت

که این یافته‌ها توسط نتایج دیگران تأیید می‌شود (Kodama, Ibid; Overgaard, Ibid). آزاد شدن کلسیم از شبکهٔ سارکوپلاسمی در اثر انقباض‌عضلات و کاهش حجم پلاسما در اثر تعریق زیاد و از دست رفتن مقدار آب بیشتر در مقایسه با کلسیم در عرق از دلایل افزایش غلظت کلسیم در سرم خون است (شهبازی، همان؛ Warburton, Ibid) غلظت کلسیم در زمان استراحت بعد از دورهٔ تمرینی کاهش معنی‌داری پیدا کرد که مغایر با یافته‌های دیگر پژوهش است. کاهش زیاد کلسیم به دلیل تمرینات طولانی‌مدت، مصرف بیشتر آب توسط آزمودنیها در جریان تمرین و افزایش حجم پلاسما و برگشت به حالت اولیه کُند کلسیم می‌تواند از دلایل احتمالی کاهش غلظت کلسیم بعد از تمرینات طولانی‌مدت باشد.

منیزیم

پژوهشهای زیادی نشان می‌دهند که غلظت منیزیم در اثر تمرینات جسمانی کاهش می‌یابد (Cohen, Ibid; Buchman, Ibid; Gerth, Ibid) که با یافته‌های این تحقیق مغایرت دارد. از دست رفتن منیزیم در عرق و جذب منیزیم توسط اسیدهای چرب آزاد به دلیل اثر مستقیم منیزیم در سوخت‌وساز چربیها و انرژی‌زایی چربیها در تمرینات استقامتی، از دلایل مهم کاهش منیزیم در حین و بعد از پایان طول تمرینات است (شهبازی، همان؛ Warburton, Ibid; Braun, 1993). یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که غلظت منیزیم در اثر فعالیت بیشینه افزایش می‌یابد که احتمالاً از دلایل این مسئله کاهش حجم پلاسما در اثر تعریق و دفع مقدار بسیار ناچیز منیزیم در عرق و همچنین استفادهٔ کمتر اسیدهای چرب از منیزیم برای سوخت‌وساز و استفادهٔ بدن از سایر دستگاههای انرژی مثل فسفاژن به دلیل مدت کوتاه تمرین است. غلظت منیزیم در زمان استراحت بعد از دورهٔ تمرینی کاهش یافته است که این کاهش معنی‌دار نیست این موضوع نشان‌دهندهٔ اثر تمرینات طولانی‌مدت بر غلظت منیزیم است که در بالا توضیح داده شد. احتمالاً برگشت به حالت اولیه سریع منیزیم به سطح پایه باعث می‌شود که کاهش در غلظت منیزیم معنی‌دار نباشد.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که الکترولیتهای سرم در اثر تمرینات سرعتی و یا آزمون بیشینهٔ استاندارد در دامنهٔ طبیعی خود تغییر می‌کند. این تغییرات به اجرای مطلوب ورزشی لطمه وارد نمی‌کند، اما ممکن است تمرینات شدیدتر باعث تغییرات بیشتر در الکترولیتهای سرم به خصوص منیزیم شود که آسیبهای قلبی را به دنبال دارد. همچنین، افت در اجرا و یا حتی توقف کامل تمرینات و اجراهای ورزشی از دیگر نتایج تغییرات زیاد الکترولیتها در سرم است. استفادهٔ زیاد از آب خالص یا مصرف نکردن مایعات در جریان تمرینات می‌تواند منجر به کاهش شدید یا افزایش شدید الکترولیتها شود که برای سلامتی ورزشکاران سخت مضر است. برخی معتقدند با افزودن مقدار کمی نمک به آب خالص می‌توان از تغییرات شدید الکترولیتها جلوگیری و مدت اجرای تمرینات ورزشی را طولانیتر کرد. افزایش پتاسیم در سرم خون می‌تواند نشان‌دهندهٔ وجود آسیبهای عضلانی و یا اسیدی شدن محیط باشد که لزوم استراحت برای ورزشکاران بعد از تمرینات شدید و طولانی‌مدت احساس می‌شود.

منابع

شهبازی، پرویز و ملک‌نیا، ناصر(۱۳۸۱)، *بیوشیمی عمومی*، دانشگاه تهران، جلد اول و دوم؛

Banez, Rama R. I, J, Riera, M, Prats, M.T, Pages, T, Placios L. (1994), "Hematological, electrolyte, and biochemical alteration after a 100 km run", Con J appl physiol, 19(4);

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

"Hyponatremia and ultramaration running", *Journal of the American Medical Assosiation*, 225 (1986), 772-774;

Born, Steven, "What are electrolytes and why do I need them?" www. bad waterulter.Com;

Braun, Ann, Patricia, (1993), MD, "Magnesuim therapy", www. pbraundmd. org / magne sium. Htm;

Buchman, Alan L.(1998), Carl Keen, Joel Commisso, Donna Killip, Ching Nan ou, Cheryl l, Rognerud, Kenneth Dennis, J.Kay dunnt, "The effect of a marathon run on plasma and urine mineral and metal concentration", *Journal of the American College of Nutrition*, Vol . 170 , noz , 124;

Cohen, l., Zimmerman A.L (1978), "Changes in serum electrolytes level during marathon running", SA frmed, 53 (12);

Cooney, A.S., Fizsimons, **J.T,** "Sodium -a compre-nsive analysis", www. abc bodybuilding. com/ magazine 03/ sodium . htm;

Gerth. J, Outtu, Funfstuck R, Bartsch R, Keil E, Schubert K, Hubscher J, Scheuchet S, Stein G, (2002), "The effect of prolenged physical exercise on renal function, electrolyte balance and muscle cell break down", *Clin nephrol* Jun 57 (6);

Kodama N., Nishimuta M, Suzuki K(2003), "Negative balanc of calcium and megnesium under relatively low sodium intake in humans", *J Nutr, Sci vitaminol* (Tokyo) Jun- 49 (3);

Martiny, "Fluid, electrolyte, and acid- base balance", http : // wps. aw. com / chapter 24, bc;

Moshiko, T., Tumeda, Snak J.I and K Sugawara (2004), "Effect of Exercise on the physical condition of college ragby players during summer training camp" – Brj Sport Med , 38;

Nash. David, "what about Elecrolytes", www.hygain. com . Aul articles Electrolytes. Htm;

Overgaard, Kristian, Tue Lindstram, Thorsten Ingemann, Hansen, Torben Clausen(2002), "Membrane leakage and increased content of Na^+ - k^+ pump and ca^{2+} in human muscle after a 100-km run", *J Appl physiol* 92: Vol. 92 - issue 5;

Schwellnus, M.P, Nicol, J. Laubscher, R. Noakes, T. D. (2004), "Serum electrolyte concentertion and hydration status arenot associated with exercise associated muscle cramping with exercise associated muscle cramping (EAMC) in distance renners", *Brj sport Med*, 38;

Tweren Blod,R. B Knechtle, T.H Kakobeeke, P Eser, G Muller, P Von Arx Knecnt H. (2003), "Effect of different sodium concentration in replacement fluid during prolonged Exrecise in women", *Brj sports med*, 37;

Warburton, DER. Welsn, R. C. Haykowsky, M.J. Jalor, D.A. Human, D. P. (2002), "Biochemical changes as a result of pholonged strenuous exercise", Brj sport med, 36;

Weschler, Lalu, "Water and salt intake during exercise", www. ultra cycling. com/nutrition/ hyponatremia 2 / htm;

Whiting P.H, Moughan. R. J, Miller J.D. (1984), "Dehydration and serum biochemical changes in marathon runners", *Ear J Appl Physiol. occup physiol*. 52 (2).■