فیزیولوژی ورزشی شماره ۱۴، تابستان ۱۳۹۱، صص ۲۸-۱۳

مقایسهٔ اثر هشت هفته تمرینات سرعتی و استقامتی شنا بر مقادیر تری‌هالومتان پلاسمای شناگران زن

حکیم فرجی[۱]، معصومه هلالی‌زاده[۲]، عباسعلی گائینی[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۶/۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۸/۷

پژوهشگاه تربیت بدنی وزارت علوم تحقیقات و فناوری

چکیده

هدف اصلی این تحقیق مقایسهٔ اثر هشت هفته تمرینات سرعتی و استقامتی شنا بر مقادیر تری‌هالومتان پلاسمای شناگران زن است. بدین منظور پس از انجام مطالعات مقدماتی، ۶۰ زن ۲۰ تا ۲۵ ساله که در گذشته دست‌کم شنای کرال سینه را آموزش دیده بودند و می‌توانستند آن را اجرا کنند، انتخاب شدند و با استفاده از جدول اعداد تصادفی به چهار گروه ۱۵ نفری، شامل دو گروه آزمایش و دو گروه کنترل، تقسیم‌بندی شدند. کلیهٔ آزمودنی‌ها دو هفته پیش از شروع تحقیق، از ورود به استخرهای کلرینهٔ روباز و سرپوشیده منع شدند. در طول هشت هفته اجرای پروتکل تمرینی، گروه آزمایش اول تمرینات سرعتی کرال سینه و گروه آزمایش دوم، تمرینات استقامتی کرال سینه را انجام دادند. گروه کنترل اول در مدت هشت هفته فقط به‌عنوان تماشاچی در ساعات تمرین گروه‌های آزمایش در استخر حضور می‌یافتند، در حالی که هیچ‌گونه فعالیت ورزشی انجام نمی‌دادند. گروه کنترل دوم نیز که تنها به‌منظور کنترل مقادیر جزئی تری‌هالومتان موجود در هوای بیرون از آن‌ها استفاده شد، بدون فعالیت بودند و در تمام مدت هشت هفته در استخر حضور نیافتند. نمونه‌گیری خون از دو گروه تجربی و گروه کنترل اول، در شش نوبت شامل: ۱- قبل از شروع برنامهٔ تمرینی (پیش از شروع جلسهٔ اول و قبل از ورود به استخر)، ۲- بلافاصله پس از اتمام جلسهٔ اول تمرین، ۳- قبل از شروع آخرین جلسه (جلسهٔ ۲۴)، ۴- بلافاصله پس از اتمام آخرین جلسهٔ تمرینی، ۵- ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه و ۶- ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه انجام شد، اما در گروه کنترل دوم نمونه‌گیری تنها در دو نوبت؛ یعنی پیش از شروع هشت هفته و پس از اتمام آن انجام شد. بر اساس نتایج این مطالعه، در استخرهای کلرینهٔ شنا، مقدار جذب آلاینده‌های تری‌هالومتان توسط بدن شناگران، طی شرایط فعالیت، اعم از بیشینه یا زیر بیشینه افزایش پیدا می‌کند. این افزایش تحت تأثیر عامل شدت فعالیت ورزشی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که همزمان با افزایش شدت فعالیت، میزان جذب این آلاینده‌ها تا چندین برابر افزایش می‌یابد؛ بنابراین افرادی که تنها با هدف سلامتی و بهره‌مند شدن از فواید ورزش شنا به این فعالیت می‌پردازند، بهتر است در استخرهای سرپوشیده و کلرینه با شدت سبک تا متوسط به شنا بپردازند.

کلیدواژه‌های فارسی: شناگران زن، تمرینات سرعتی، تمرینات استقامتی، آلاینده‌های تری‌هالومتان، شدت فعالیت.

۱. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین (نویسنده مسئول) Email: hakimfaraji@yahoo.com
۲. دانشجوی دکتری دانشگاه تهران Email: mhelalizadeh@yahoo.com
۳. استاد دانشگاه تهران Email: aagaeini@yahoo.com

مقدمه

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که حضور شناگران در استخرهای کلرینهٔ شنا، تأثیر معنی‌داری بر افزایش جذب ترکیبات سمی و مضر تری‌هالومتان در پلاسما و سایر مایعات بیولوژیک بدن آنان دارد (۹،۸،۳، ۱۱- ۱۸). بیشترین میزان این ترکیبات در آب استخر را کلروفرم[1] (تری‌کلرومتان)[2] به خود اختصاص می‌دهد. کلرومتان و دی‌کلرومتان نیز از دیگر ترکیبات سمی هالومتان‌اند. تحقیقات انجام شده در استخرهای شنای سرپوشیده و روباز، نشانگر وجود ترکیبات تری‌هالومتان در داخل آب استخرها، هوای بالای سطح استخرها، پلاسمای خون شناگران و حبابچه‌های ریوی آن‌ها می‌باشد (۳،۴). سازمان حفاظت از محیط زیست سرطان‌زا بودن و آسیب رسانی ترکیبات تری‌هالومتان (THMs)[3] را به دستگاه‌های فیزیولوژیکی بدن تأیید کرده است (۵). معمولاً حد مجاز این ترکیبات، بر حسب غلظت کلی تری‌هالومتان‌ها (TTHMs)[4] بیان می‌شود. مقدار مجاز این ترکیبات از سوی سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا (USEPA)[5] معادل صد میکروگرم در هر لیتر (۱۰۰ µg/L) آب استخر تعیین شده است (۲،۶)، اما اغلب به‌دلیل دانش کم، استاندارد آن رعایت نشده، از حد مجاز فراتر می‌رود (۳، ۴، ۷، ۸) و پس از گذشت چند هفته از زمان تعویض آب، استخر تبدیل به انباشت‌گاه ترکیبات سمی THMs می‌شود. در آب بیشتر استخرهای ایران، به‌خصوص استخرهای سرپوشیده در اثر سطح کلرزنی بالا مقدار این ترکیبات ده‌ها برابر از سطح استاندارد بیشتر است (۹،۱۰). از سوی دیگر، شناگران با توجه به حضور طولانی مدت و مستمر در آب استخر، بیش از حد مجاز در معرض آلاینده‌های آب قرار می‌گیرند؛ بنابراین بررسی و مطالعهٔ خطرات و اختلالات بدنی و عملکردی ناشی از قرار گرفتن در معرض این آلاینده‌ها اهمیتی اساسی دارد. آگازوتی[6] و همکارانش در سال ۱۹۹۰، نمونهٔ پلاسمای ۱۲۷ شناگر را متعاقب یک جلسه شنای سرعتی در استخر سرپوشیدهٔ شنا جمع‌آوری کردند. آن‌ها میانگین کلروفرم پلاسما را ۰/۳۱±۰/۸۲ میکروگرم در لیتر و میانگین کل تری‌هالومتان‌های پلاسما را ۰/۸۴±۲/۵۶ میکروگرم در لیتر به‌دست آوردند. مقایسهٔ گروه تجربی و کنترل نشان داد شدت کلی فعالیت بدنی، مدت زمان شنا و تعداد شناگران حاضر در استخر با مقدار کلروفرم پلاسمای آن‌ها همبستگی مثبتی دارد

1. Chloroform
2 Trichloromethane
3. Trihalomethane
4. Total THMs
5. United States Environmental Protection Agency
6. Aggazzotti

(۳). لینداستروم[1] و همکارانش در سال ۱۹۹۷، با تحقیق روی دو گروه شناگر نخبهٔ زن و مرد، با سابقهٔ تمرینی ۱۰ تا ۱۵ سال و دست‌کم سه جلسه فعالیت در هفته، جذب سریع دو تری‌هالومتان کلروفرم و برمودی‌کلرومتان را طی یک جلسه شنای استقامتی دو ساعته با شدت متوسط در استخر سرپوشیده شنا گزارش کردند، به‌طوری که غلظت کلروفرم تنفسی، تنها پس از هشت دقیقه حضور در استخر، از میزان کلروفرم موجود در هوای استخر تجاوز کرد و در نهایت به دو برابر مقدار موجود در هوای استخر رسید. در این مطالعه، میانگین کل تری‌هالومتان‌های پلاسمای آزمودنی‌ها ۱/۰۳±۳/۳۱ میکروگرم در لیتر گزارش شد (۱۵). آگازوتی و فانتوزی[2] در سال ۱۹۹۸ مقادیر ترکیبات تری هالومتان پلاسما و ادرار شناگران، طی اجرای تمرینات بیشینه را در حد بحرانی (بیش از دو میکروگرم در لیتر) گزارش کردند (۷). گالیگو و کارو[3] در سال ۲۰۰۸ با اندازه‌گیری THM در ادرار شناگران متعاقب یک جلسه تمرین شنای سرعتی، مقادیر قابل توجه کلروفورم (بیش از دو میکروگرم در لیتر) و سایر بیومارکرهای ناشی از ترکیبات THM را حتی در مقادیر استاندارد کلرزنی به آب استخر مشاهده نمودند (۱۲). نکتهٔ حائز اهمیت این است که افزایش قابل توجه جذب این سموم از طریق تنفس دمی یا جذب نسبی از طریق پوست بدن صورت می‌گیرد (۱۴،۱۷). مطالعهٔ ویلسون[4] در سال ۱۹۹۵ نشان داد در حین اجرای یک جلسه تمرینات سرعتی شنا، تنها پس از هفت دقیقه تنفس در معرض تری‌هالومتان‌ها، غلظت آن‌ها را در تنفس دمی با غلظت محیطی به تعادل می‌رساند. سپس، همزمان با افزایش شدت و مدت فعالیت، مقادیر تنفس حبابچه‌ای زیاد می‌شود. به‌علاوه، وی گزارش کرد که در استخر آب سرد، مقدار جذب تری‌هالومتان‌ها از طریق پوست قابل اغماض است، در حالی که همراه با افزایش درجه حرارت آب و به‌منظور تسهیل فرآیند تعریق، روزنه‌های پوست دچار انبساط می‌شوند و به همین دلیل جذب پوستی آلاینده‌ها نیز چندین برابر می‌شود (۱۸). از نتایج مطالعه ویلسون می‌توان چنین برداشت کرد که همزمان با افزایش شدت فعالیت، از یک سو به‌دلیل افزایش دمای بدن و افزایش نیاز به دفع گرمایی و تعریق سریع‌تر، منافذ پوستی بازتر و منبسط‌تر می‌شوند و در نتیجه، جذب پوستی آلاینده‌ها نیز چندین برابر می‌شود. از سوی دیگر، شدت زیاد فعالیت، با افزایش خطی سرعت تنفس دم و بازدم همراه است و همین امر موجب می‌شود که میزان جذب THMs موجود در آب و هوای سطح استخر، از طریق تنفس تا چندین برابر در واحد زمان، افزایش پیدا کند. بر اساس نتیجهٔ

1. Lindstrom
2. Fantuzzi
3. Gallego & Caro
4. Wilson

مطالعهٔ لینداستروم[1] (۱۹۹۷)، میزان جذب و آسیب رسانی تری‌هالومتان‌ها به بدن شناگران، تحت تأثیر مدت قرار گرفتن در معرض این ترکیبات و شدت و حجم تمرینات اجرا شده، قرار می‌گیرد (۱۵)، این در حالی است که در اغلب مطالعات گذشته، بیشترین تمرکز بر اثبات وجود مقادیر خطرزای تری‌هالومتان در پلاسما، بزاق یا نمونهٔ تنفسی شناگران بوده است و در هیچ‌یک از آن‌ها، شناگران تحت تمرینات منظم و طولانی مدت در محیط استخر کلرینه قرار نگرفته‌اند و اندازه‌گیری‌ها تنها طی یک جلسه فعالیت سرعتی یا استقامتی شنا انجام شده است و هیچ‌گاه مقایسه‌ای میان این دو شیوهٔ کاملاً متفاوت تمرینی در میزان جذب آلاینده‌ها انجام نشده است. به‌هرحال، تمرینات سرعتی ضمن برخورداری از شدت فعالیت زیاد، می‌تواند با افزایش قابل توجه سرعت تنفس شناگر و جذب سریع‌تر آلاینده همراه باشد، در حالی‌که تمرینات استقامتی شنا، اگرچه با شدت کمتری اجرا می‌شوند، حجم بیشتر فعالیت می‌تواند تأثیر متفاوتی بر مقدار جذب این ترکیبات سمی ایجاد کند؛ بنابراین با توجه به یافته‌های بسیار محدود و متناقض در این خصوص، در مطالعهٔ حاضر، علاوه بر اندازه‌گیری این آلاینده‌ها در پلاسمای شناگران، هدف اصلی آزمایش میزان قرارگیری شناگران در معرض این آلاینده‌ها طی دو شدت تمرینات سرعتی (تمرینات پرشدت) و استقامتی (تمرینات کم‌شدت) بود. همچنین، نظر به اینکه در خصوص بررسی تری‌هالومتان‌ها در آب استخرهای شنا در ایران و میزان تأثیرگذاری عواملی نظیر شدت، حجم و نوع تمرینات شنا بر مقدار جذب این مواد مضر در بدن شناگران، هنوز تحقیقات کامل و اساسی انجام نشده است، هدف از انجام این تحقیق، مقایسهٔ اثر هشت هفته تمرینات سرعتی و استقامتی شنا بر میزان تری‌هالومتان پلاسمای شناگران زن بود.

روش‌شناسی پژوهش

از آنجا که ارزیابی تأثیر یک دوره تمرینات ورزشی بر آزمودنی‌ها مدنظر بود و به این دلیل که نمونه‌های تحقیق انسان بودند و امکان کنترل تمامی متغیرها وجود نداشت، تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود. همچنین از آنجا که این تحقیق به مطالعهٔ تغییرات ایجاد شده در ویژگی‌های افراد جامعه و سپس آزمون فرضیه‌های تحقیق پرداخت، روش تحقیق تحلیلی-استنباطی دنبال شد.

جامعهٔ آماری این تحقیق شامل کلیهٔ زنان شناگر شهر ورامین در ردهٔ سنی ۲۰ تا ۲۵ سال بود که در گذشته از بین شناهای چهارگانه، دست‌کم شنای کرال سینه را آموزش دیده بودند و می‌توانستند آن را اجرا کنند. نمونهٔ آماری این تحقیق شامل ۶۰ زن ۲۰ تا ۲۵ ساله بودند که

1. Lindstrom et al.

با استفاده از جدول اعداد تصادفی به چهار گروه ۱۵ نفری شامل دو گروه آزمایش و دو گروه کنترل تقسیم‌بندی شدند. گروه آزمایش اول در طول هشت هفته، تمرینات سرعتی کرال سینه و گروه آزمایش دوم، تمرینات استقامتی کرال سینه را انجام دادند. گروه کنترل اول، در مدت هشت هفته فقط به‌عنوان تماشاچی در ساعات تمرین گروه‌های آزمایش در استخر حضور می‌یافتند، در حالی که هیچ‌گونه فعالیت ورزشی انجام نمی‌دادند. گروه کنترل دوم نیز که تنها به‌منظور کنترل مقادیر جزئی تری‌هالومتان موجود در هوای بیرون مورد استفاده قرار گرفتند، بدون فعالیت بودند و در تمام مدت هشت هفته در استخر حضور نیافتند. گفتنی است که کلیهٔ آزمودنی‌ها دو هفته پیش از شروع اجرای تحقیق، از ورود به کلیهٔ استخرهای کلرینهٔ روباز و سرپوشیده منع شدند.

جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌ها

مشخصات آزمودنی‌ها	گروه آزمایش اول	گروه آزمایش دوم	گروه کنترل اول	گروه کنترل دوم
تعداد	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
جنس	زن	زن	زن	زن
سن (سال)	۲۳ ± ۱/۵۳	۲۲ ± ۱/۳۳	۲۲ ± ۱/۸۶	۲۳ ± ۱/۹
قد (سانتی‌متر)	۱۶۰± ۳/۶۴	۱۶۱± ۴/۷۵	۱۵۹ ± ۴/۲۲	۱۶۰± ۳/۸۱
وزن (کیلوگرم)	۵۸ ± ۵/۴۲	۵۹ ± ۵/۱۱	۵۶ ± ۴/۹۵	۵۹ ± ۵/۷۱
سابقه تمرین شنا (سال)	۳	۴	۴	۳

برنامه‌های تمرینی منتخب در این پژوهش شامل دو پروتکل تمرینی سرعتی و استقامتی بود که به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته انجام می‌شد و مدت هر جلسه فعالیت ۷۵ دقیقه بود. جلسات تمرینی، بین ساعت ۸ تا ۱۱ صبح در استخر سر پوشیدهٔ شنا با دمای نسبی $^{\circ}C$ ۳۲ و دمای آب $^{\circ}C$ ۲۸ و رطوبت نسبی ٪۷۰ برگزار می‌شد. ۱۰ دقیقه ابتدایی هر جلسه تمرینی و پیش از ورود به آب استخر به تمرینات گرم کردن عمومی اختصاص می‌یافت. همچنین پس از ورود به آب، ۱۰ دقیقه گرم کردن اختصاصی ویژهٔ شنای کرال سینه انجام می‌شد. مدت بدنهٔ اصلی تمرینات هر جلسه ۴۵ دقیقه بود و ۱۰ دقیقهٔ پایانی هر جلسه نیز به تمرینات کششی در آب و سرد کردن اختصاص می‌یافت. در این مطالعه دو گروه آزمایش شرکت کردند. گروه آزمایش اول در طول هشت هفته، تمرینات سرعتی کرال سینه و گروه آزمایش دوم، تمرینات استقامتی کرال سینه را انجام دادند. تمرینات سرعتی گروه آزمایش اول، از نوع تمرینات

اینتروال پرشدت کم‌تواتر (HILFIT)[1] بود که مبتنی بر اجرای تکرارهای بیشینهٔ شنای کرال سینه و دوره‌های ریکاوری کوتاه مدت بود و با شدت نسبی ۸۰ تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه اجرا می‌شد. پروتکل تمرینات استقامتی گروه آزمایش دوم، از نوع تمرینات کم‌شدت پر تواتر (LIHFT)[2] بود که شامل رفت و برگشت‌های متوالی طول استخر با شنای کرال سینه بود و با شدت نسبی ۵۰ تا ۶۵ درصد ضربان قلب بیشینه اجرا می‌شد.

در این مطالعه، جمع‌آوری نمونهٔ خون از طریق لالهٔ گوش آزمودنی‌ها انجام می‌شد و به‌منظور جلوگیری از انعقاد خون، سمپل‌ها به داخل لولهٔ محتوی محلول EDTA منتقل می‌شدند. به‌طور کلی نمونه‌گیری خون از دو گروه آزمایش در شش نوبت شامل: ۱- قبل از شروع برنامهٔ تمرینی (پیش از شروع جلسهٔ اول و قبل از ورود به استخر)، ۲- بلافاصله پس از اتمام جلسهٔ اول تمرین، ۳- قبل از شروع آخرین جلسه (جلسه ۲۴)، ۴- بلافاصله پس از اتمام آخرین جلسهٔ تمرینی، ۵- ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه و ۶- ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه انجام شد. نمونه‌گیری گروه کنترل اول نیز عیناً در این شش نوبت انجام شد، اما در گروه کنترل دوم تنها دو نوبت نمونه‌گیری؛ یعنی پیش از شروع هشت هفته و پس از اتمام آن انجام شد. در ضمن، پیش از آغاز هر جلسهٔ تمرین، میزان کلر باقی‌ماندهٔ استخر توسط دستگاه پتانسیومتر با الکترود حساس به یون کلر و میزان pH آب به‌وسیلهٔ دستگاه pH متر، اندازه‌گیری و کنترل می‌شد و بروز هر گونه تغییر در این مقادیر به ثبت می‌رسید.

عملیات آماده‌سازی نمونه‌های خونی شامل سانتریفوژ نمونه‌های خون آغشته به محلول EDTA، با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه به‌منظور جداسازی پلاسمای نمونه‌ها بود. پس از آن، نمونه‌های پلاسما توسط دستگاه سمپلر به داخل میکروتیوب‌های اپندورف منتقل و در فریزر ۹۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در روز اندازه‌گیری، نمونه‌ها از فریزر خارج و دفریز شدند و پس از جداسازی به روش میکرواستخراج با فاز مایع، اندازه‌گیری مقادیر تری‌هالومتان ها توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی با آشکارساز ربایش الکترونی انجام شد.

در این مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 16 پس از بررسی و تعیین میانگین‌ها و دیگر شاخص‌های آماری توصیفی، شرط طبیعی بودن داده‌ها توسط آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف[3] بررسی شد. همچنین به‌منظور بررسی تغییرات سطوح از آزمون t مستقل، برای مقایسات برون‌گروهی از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (Ono Way ANOVA) و به‌منظور

1. High Intensity Low Frequency Interval Training
2. Low Intensity High Frequency Training
3. One sample K.S

بررسی تغییرات متغیرهای مورد نظر در داخل گروه‌ها از آزمون ANOVA با انـدازه‌گیـری‌هـای مکرر[1] (۶*۲) در سطح $\alpha < ۰/۰۵$ استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

جدول ۲، میزان غلظت کل تری‌هالومتان‌ها (TTHM) را در پلاسمای چهار گروه آزمودنی و طی شش مرحله خون‌گیری شامل: مرحلهٔ اول (قبل از شروع برنامهٔ تمرینی)، مرحلهٔ دوم (بلافاصله پس از اتمام جلسهٔ اول تمرین)، مرحلهٔ سوم (قبل از شروع آخرین جلسه)، مرحلهٔ چهارم (بلافاصله پس از اتمام آخرین جلسهٔ تمرینی)، مرحلهٔ پنجم (۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه) و مرحلهٔ ششم (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه) نشان می‌دهد.

جدول ۲. میزان غلظت کلی تری‌هالومتان‌ها (TTHM) بر حسب µg/l در پلاسمای آزمودنی‌ها طی شش مرحله نمونه‌گیری

	مرحلهٔ اول	مرحلهٔ دوم	مرحلهٔ سوم	مرحلهٔ چهارم	مرحلهٔ پنجم	مرحلهٔ ششم
گروه آزمایش اول	۰/۸۱±۰/۲۷	۷/۶۱±۱/۸۹	۳/۹۰±۱/۸۸	۹/۳۲±۲/۴۶	۷/۵۸±۱/۴۲	۴/۲۶±۰/۸۶
گروه آزمایش دوم	۱/۰۲±۰/۴۸	۴/۸۳±۲/۰۵	۲/۱۲±۱/۰۶	۷/۵۳±۱/۹۲	۴/۷۵±۲/۰۵	۲/۲۰±۰/۴۷
گروه کنترل اول	۰/۸۷±۰/۳۷	۲/۴۷±۰/۴۵	۱/۶۶±۰/۶۴	۴/۲۱±۱/۱۹	۱/۳۹±۰/۶۴	۰/۹۲±۰/۳۵
گروه کنترل دوم	۰/۹۴±۰/۳۸	-	-	-	-	۰/۹۱±۰/۳۷

همچنین، بر اساس نتایج تجزیهٔ آب استخر طی ۲۴ مرحله نمونه‌گیری (بلافاصله قبل از شروع هر جلسهٔ تمرین)، تغییرات کلر و pH آب استخر بسیار جزئی و قابل اغماض بود، به‌طوری‌که مقدار کلر، طی جلسات مختلف از ۲/۳۷±۰/۰۶ تا ۲/۶۳±۰/۲۱ میلی‌گرم در لیتر و میزان pH از ۶/۸±۰/۱ تا ۶/۹±۰/۲ تغییر یافته است. همچنین، مقدار این شاخص‌ها در جلسات نمونه‌گیری (جلسهٔ ۱ و ۲۴)، مشابه و قابل انطباق است ($Cl_{(1)}$= ۲/۵۴±۰/۱۳ mg/l ، $Cl_{(24)}$= ۲/۵۵±۰/۱۵ mg/l) و ($pH_{(1)}$= ۶/۹±۰/۱ ، $pH_{(24)}$=۶/۹±۰/۱). جدول ۳ نتایج تجزیهٔ آب استخر را طی ۲۴ مرحله نمونه‌گیری نشان می‌دهد.

1. Repeated ANOVA

جدول۳. نتایج تجزیه آب استخر طی ۲۴ مرحله نمونه‌گیری

شمارهٔ جلسه	مقدار کلر (Cl) بر حسب mg/l	میزان pH
۱	۲/۵۴±۰/۱۳	۶/۹±۰/۱
۲	۲/۶۱±۰/۱۶	۶/۹±۰/۲
۳	۲/۴۱±۰/۱۲	۶/۹±۰/۱
۴	۲/۵۷±۰/۱۵	۶/۹±۰/۲
۵	۲/۴۲±۰/۱۰	۶/۸±۰/۱
۶	۲/۳۷±۰/۰۶	۶/۸±۰/۱
۷	۲/۵۳±۰/۱۱	۶/۹±۰/۲
۸	۲/۴۵±۰/۱۴	۶/۹±۰/۲
۹	۲/۶۳±۰/۱۸	۶/۹±۰/۱
۱۰	۲/۶۰±۰/۱۵	۶/۸±۰/۱
۱۱	۲/۵۶±۰/۱۷	۶/۹±۰/۲
۱۲	۲/۴۸±۰/۱۵	۶/۸±۰/۱
۱۳	۲/۵۵±۰/۱۹	۶/۸±۰/۱
۱۴	۲/۵۹±۰/۱۹	۶/۹±۰/۲
۱۵	۲/۶۳±۰/۲۱	۶/۹±۰/۲
۱۶	۲/۴۹±۰/۱۸	۶/۹±۰/۱
۱۷	۲/۵۰±۰/۱۵	۶/۹±۰/۲
۱۸	۲/۵۷±۰/۱۷	۶/۸±۰/۱
۱۹	۲/۶۲±۰/۱۹	۶/۸±۰/۱
۲۰	۲/۵۹±۰/۱۱	۶/۹±۰/۱
۲۱	۲/۴۲±۰/۱۲	۶/۸±۰/۱
۲۲	۲/۵۴±۰/۱۴	۶/۹±۰/۱
۲۳	۲/۵۹±۰/۱۸	۶/۹±۰/۲
۲۴	۲/۵۵±۰/۱۵	۶/۹±۰/۱

برای آزمون معنی‌داری اثر هشت هفته تمرینات سرعتی شنا بر غلظت کلی تری‌هالومتان پلاسمای آزمودنی‌های گروه آزمایش اول، شرط طبیعی بودن داده‌ها تأیید شد. نتیجهٔ آزمون Mauchly بر برقراری شرط برابری همبستگی‌ها دلالت داشت (p = ۰/۰۶۷). در بررسی اثرات درون گروهی[1]، آمارهٔ مربوط به برقراری همسانی همبستگی‌ها[2] نشان داد در غلظت کلی

1. Tests of within- subject effects
2. Sphericity Assumed

تری‌هالومتان‌های پلاسمای آزمودنی‌های پروتکل تمرین سرعتی طی مراحل مختلف نمونه‌گیری اختلاف معنی‌داری وجود داشته است (p <۰/۰۰۱). مقایسه‌های دو به دو[1] نشان داد بین مرحلهٔ اول با تمام مراحل دیگر (۲ تا ۶) اختلاف معنی‌داری وجود دارد (p <۰/۰۰۱)؛ بنابراین غلظت کلی تری‌هالومتان‌های پلاسمای آزمودنی‌های پروتکل تمرین سرعتی، در مقایسه با قبل از تمرین افزایش معنی‌داری نشان داد. مقایسه‌های دو به دو در سایر مراحل نیز نشان داد بین مرحلهٔ دوم با چهارم (p =۰/۴۱۹)، دوم با پنجم (p =۱/۰۰۰)، سوم با ششم (p =۱/۰۰۰) و چهارم با پنجم (p =۰/۴۰۱)، تفاوت‌ها معنی‌دار نیست (p >۰/۰۵)، در حالی‌که تفاوت سایر مراحل؛ یعنی دوم با سوم (p =۰/۰۰۱)، دوم با ششم (p <۰/۰۰۱)، سوم با چهارم (p <۰/۰۰۱)، سوم با پنجم (p <۰/۰۰۱)، چهارم با ششم (p <۰/۰۰۱) و پنجم با ششم (p <۰/۰۰۱) معنی‌دار بود. در ضمن، مقدار توان این آزمون برابر ۱/۰۰ بود.

در آزمون معنی‌داری اثر هشت هفته تمرینات استقامتی شنا بر غلظت کلی تری‌هالومتان پلاسمای آزمودنی‌های گروه آزمایش دوم، نتایج نشان داد در غلظت کلی تری‌هالومتان‌های پلاسمای آزمودنی‌های پروتکل تمرین استقامتی اختلاف معنی‌داری طی مراحل مختلف نمونه‌گیری وجود داشته است (p <۰/۰۰۱). مقایسهٔ مرحله اول، با تمام مراحل دیگر (۲ تا ۶) نشان داد غلظت کلی تری‌هالومتان پلاسمای آزمودنی‌های پروتکل تمرین استقامتی در مقایسه با قبل از تمرین، افزایش معنی‌داری نشان داد (p <۰/۰۵). مقایسه‌های دو به دو در سایر مراحل نیز نشان داد بین مرحلهٔ دوم با چهارم (p =۰/۰۵۷)، دوم با پنجم (p =۱/۰۰۰) و سوم با ششم (p =۱/۰۰۰)، اختلاف‌ها معنی‌دار نبود (p >۰/۰۵). اختلاف سایر مراحل؛ یعنی دوم با سوم (p =۰/۰۰۳)، دوم با ششم (p =۰/۰۰۳)، سوم با چهارم (p =۰/۰۰۰)، سوم با پنجم (p =۰/۰۱۸)، چهارم با پنجم (p =۰/۰۳۴)، چهارم با ششم (p =۰/۰۰۰) و پنجم با ششم (p =۰/۰۰۵)، معنی‌دار بود (توان آزمون=۱).

به‌منظور مقایسهٔ اثر تمرینات سرعتی و استقامتی شنا بر مقدار کلی تری‌هالومتان پلاسمای شناگران زن، ارزیابی هم‌زمان دو گروه (گروه آزمایش اول و دوم) مدنظر بود. ابتدا، شرط همگنی کوواریانس‌ها با استفاده از آزمون برابری ماتریس‌های کوواریانس[2] تأیید شد (p =۰/۱۸۱). همچنین، بر اساس نتیجهٔ آزمون Mauchly، و آمارهٔ Greenhouse-Geisser معنی‌دار بودن تعامل بین زمان و گروه تأیید شد و نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در غلظت کلی تری‌هالومتان‌های پلاسمای آزمودنی‌های هر دو گروه، طی مراحل مختلف نمونه‌گیری بود (p <۰/۰۰۱). آزمون اثرات

1. Pairwise Comparisons
2. Box`s Test of Equality of Covariance Matrices

بین گروهی[1] نشان داد غلظت کلی تری‌هالومتان‌های پلاسمای آزمودنی‌های گروه تمرین سرعتی با گروه تمرین استقامتی طی مراحل مختلف نمونه‌گیری اختلاف معنی‌داری داشته است (p <۰/۰۰۱) [توان آزمون=۱]. سپس، برای پی بردن به اینکه بین نتایج کدام مراحل نمونه‌گیری، در گروه سرعتی و استقامتی اختلاف وجود دارد، آزمون t مستقل گرفته شد و نتایج آزمون Levene در هر یک از شش مرحله بر تساوی واریانس‌ها دلالت داشت. نتایج نشان داد غلظت TTHM مرحلهٔ اول، در دو گروه تجربی یکسان بود، اما در تمامی مراحل دوم تا ششم این مقدار در گروه سرعتی در مقایسه با گروه استقامتی، به‌طور معنی‌داری بیشتر بوده است.

بررسی تغییرات مقدار TTHM گروه کنترل اول نیز بر برقراری شرط برابری همبستگی‌ها دلالت داشت؛ در نتیجه، در جدول اثرات درون گروهی[2] آمارهٔ مربوط به برقراری همسانی همبستگی‌ها مورد توجه قرار گرفت. شواهد نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌داری در غلظت کلی تری‌هالومتان‌های پلاسمای آزمودنی‌های گروه کنترل اول، طی مراحل مختلف نمونه‌گیری بود. مقایسه‌های دو به دو نشان داد اختلاف بین مرحلهٔ اول، با مراحل دوم (p <۰/۰۰۱) و چهارم (p <۰/۰۰۱) معنی‌دار و با مراحل سوم (p =۰/۰۵۲)، پنجم (p =۰/۱۴۳) و ششم (p =۱/۰۰۰) غیرمعنی‌دار بود. مقایسه‌های دو به دو در سایر مراحل نیز نشان داد بین مرحله دوم با سوم (p =۰/۰۳۷)، دوم با چهارم (p <۰/۰۰۱)، دوم با پنجم (p =۰/۰۰۵)، دوم با ششم (p <۰/۰۰۱)، سوم با چهارم (p <۰/۰۰۱)، سوم با ششم (p =۰/۰۲۰)، چهارم با پنجم (p <۰/۰۰۱) و چهارم با ششم (p <۰/۰۰۱) اختلاف معنی‌دار وجود داشت، در حالی‌که بین مراحل سوم با پنجم (p =۱/۰۰۰) و پنجم با ششم (p =۰/۳۷۲) اختلاف، معنی‌دار نبود (توان آزمون=۱).

ارزیابی همزمان گروه تمرین سرعتی و کنترل اول نیز نشانگر وجود کوواریانس‌های ناهمگن بود (p <۰/۰۰۱) و نتیجهٔ آزمون‌های Mauchly و اثرات درون گروهی بر وجود اختلاف معنی‌دار در غلظت کلی THM طی مراحل مختلف نمونه‌گیری دلالت داشت. همچنین، آزمون اثرات بین گروهی نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در غلظت کلی تری‌هالومتان‌های پلاسمای گروه تمرین سرعتی با گروه کنترل اول، طی مراحل مختلف نمونه‌گیری بود (p <۰/۰۰۱) [توان آزمون=۱]. ارزیابی هم‌زمان گروه تمرین استقامتی و کنترل اول نیز نشانگر وجود کوواریانس‌های ناهمگن (p <۰/۰۰۱) و اختلاف معنی‌دار در غلظت کلی تری‌هالومتان‌های پلاسمای آزمودنی‌های دو گروه، طی مراحل مختلف نمونه‌گیری بود (p <۰/۰۰۱) [توان آزمون=۱]. در نهایت برای پی بردن به اینکه بین نتایج کدام مراحل نمونه‌گیری در هریک از گروه‌های تجربی با گروه کنترل اول

1. Tests of Between- Subjects Effects
2. Tests of within- subject effects

اختلاف وجود دارد، پس از تأیید فرض نرمال بودن داده‌های هر گروه در هر مرحله، آزمون t مستقل گرفته شد. نتایج نشان داد گروه سرعتی و گروه کنترل اول، به‌جز مرحلهٔ اول و سوم، در تمامی مراحل اختلاف معنی‌داری دارند. این نتایج نشان داد غلظت TTHM مرحلهٔ اول و سوم در گروه سرعتی با گروه کنترل اول یکسان بوده، اما در مراحل دوم، چهارم، پنجم و ششم این مقدار در گروه سرعتی به‌طور معنی‌داری بیشتر بوده است. این در حالی بود که اختلاف گروه استقامتی با گروه کنترل اول در مراحل اول، سوم و ششم، غیرمعنی‌دار (p >۰/۰۵) و در مراحل دوم، چهارم و پنجم، معنی‌دار بود (p <۰/۰۵). طبق نتایج، غلظت TTHM مرحلهٔ اول، سوم و ششم در گروه استقامتی با گروه کنترل اول یکسان بود، اما در مراحل دوم، چهارم و پنجم این مقدار در گروه استقامتی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود.

در مقایسهٔ مقدار TTHM مرحله اول و آخر نمونه‌گیری در گروه کنترل دوم، با توجه به کمّی و طبیعی بودن داده‌ها، آزمون آماری t زوجی[1] اختلاف معنی‌داری بین غلظت TTHM مرحلهٔ اول و آخر نمونه‌گیری، در این گروه نشان نداد (p =۰/۸۰۰).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از تحقیق حاضر، مقایسهٔ اثر هشت هفته تمرینات سرعتی و استقامتی شنا بر میزان تری‌هالومتان‌های پلاسمای شناگران زن بود. نتایج این تحقیق نشان داد حضور شناگران در استخر کلرینهٔ شنا، تأثیر معنی‌داری بر افزایش جذب ترکیبات سمی تری‌هالومتان در پلاسمای خون آنان دارد. این یافته، نتایج مطالعات پیشین را تأیید می‌کند (۹،۸،۳، ۱۱- ۱۸). مطالعهٔ آگازوتی و همکارانش در سال ۱۹۹۰ نشان داد میانگین TTHM پلاسمای شناگران، متعاقب یک جلسه شنای سرعتی به ۰/۸۴±۲/۵۶ میکروگرم در لیتر می‌رسد (۳). مقایسهٔ نتایج مطالعهٔ حاضر با این یافته نشان می‌دهد میانگین TTHM پلاسمای آزمودنی‌های گروه‌های تجربی مطالعهٔ حاضر حتی در گروه استقامتی به مراتب بیشتر است، به‌طوری‌که این رقم طی مرحلهٔ دوم نمونه‌گیری (بلافاصله پس از اولین جلسه) در پلاسمای خون گروه آزمایش اول به ۱/۸۹±۷/۶۱ میکروگرم در لیتر و در گروه آزمایش دوم به ۲/۰۵±۴/۸۳ میکروگرم در لیتر رسیده است که احتمالاً نشانگر غلظت بیشتر ترکیبات تری‌هالومتان استخر مورد آزمایش در مطالعهٔ حاضر، در مقایسه با مطالعهٔ آگازوتی و همکارانش است. گذشته از این، در مرحلهٔ چهارم نمونه‌گیری (بلافاصله پس از آخرین جلسه) میانگین TTHM پلاسمای آزمودنی‌های گروه آزمایش اول و دوم به‌ترتیب ۲/۴۶±۹/۳۲ و ۱/۹۲±۷/۵۳ میکروگرم در لیتر می‌شود. این یافته

1. Paired t Test

نشان می‌دهد احتمالاً تمرینات مستمر شنا طی مدت هشت هفته در استخر سرپوشیده، در مقایسه با فعالیت یک جلسه‌ای شنا، میزان جذب آلاینده‌های تری‌هالومتان را در پلاسمای خون، به مراتب بیشتر افزایش می‌دهد. همچنین، نتایج مطالعهٔ لینداستروم و همکارانش در سال ۱۹۹۷ میزان ۱/۰۳±۳/۳۱ میکروگرم در لیتر و مطالعهٔ آگازوتی و فانتوزی در سال ۱۹۹۸ مقدار دو میکروگرم در لیتر TTHM را در پلاسمای خون آزمودنی‌ها نشان داده است (۷،۱۵) و همان‌طور که ملاحظه می‌شود این مقادیر در مقایسه با نتایج مطالعهٔ حاضر، باز هم به مراتب کمترند.

یافته‌های این تحقیق، نتایج مطالعات قبلی را در خصوص ارتباط مقدار جذب THMs با شدت فعالیت تأیید کرد (۱۴،۴،۳). نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد مقدار جذب تری‌هالومتان‌ها توسط بدن شناگران، تحت تأثیر عامل شدت فعالیت ورزشی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که طی مرحلهٔ دوم نمونه‌گیری (بلافاصله پس از اولین جلسه)، میزان TTHM پلاسمای گروه آزمایش اول (۱/۸۹±۷/۶۱ میکروگرم در لیتر) به‌طور معنی‌داری از گروه آزمایش دوم (۲/۰۵±۴/۸۳ میکروگرم در لیتر) بیشتر بود ($p < ۰/۰۰۱$)؛ یعنی به‌دلیل شدیدتر بودن تمرینات سرعتی در مقایسه با تمرینات استقامتی، میزان جذب این آلاینده‌ها نیز زیادتر شده است که علت آن را می‌توان در مطالعهٔ ویلسون در سال ۱۹۹۵ جستجو کرد. چنان‌که در مطالعهٔ او مشخص شد که همزمان با افزایش دمای بدن و افزایش نیاز به دفع گرمایی و تعریق سریع‌تر، روزنه‌های پوست دچار انبساط می‌شوند و به همین دلیل جذب پوستی آلاینده‌ها نیز چندین برابر می‌شود (۱۸). از نتایج مطالعهٔ ویلسون می‌توان چنین برداشت کرد که طی اجرای تمرینات سرعتی در مقایسه با تمرینات استقامتی، به‌دلیل بیشتر بودن شدت فعالیت، دمای بدن افزایش بیشتری پیدا می‌کند و به‌منظور تسهیل فرآیند تعریق، منافذ پوستی منبسط‌تر می‌شوند و در نتیجه، جذب پوستی آلاینده‌ها چندین برابر می‌شود. از سوی دیگر، شدت بالای فعالیت با افزایش خطی سرعت تنفس دم و بازدم همراه است و همین امر موجب می‌شود که میزان جذب THMs موجود در آب و هوای سطح استخر از طریق تنفس نیز تا چندین برابر در واحد زمان افزایش پیدا کند.

از سوی دیگر، بر اساس نتایج مطالعه، افزایش معنی‌داری در غلظت کلی تری‌هالومتان‌های پلاسمای آزمودنی‌های پروتکل تمرین سرعتی و استقامتی و حتی گروه کنترل اول، در تمام مراحل نمونه‌گیری در مقایسه با مرحلهٔ اول (پیش از تمرین) مشاهده شد. این یافته‌ها نشان می‌دهد حضور در استخر کلرینهٔ شنا، صرف‌نظر از انجام فعالیت یا عدم تحرک، به افزایش معنی‌دار جذب تری‌هالومتان‌ها منجر می‌شود. از سوی دیگر، بیشتر بودن غلظت TTHM

پلاسمای گروه‌های آزمایش نسبت به گروه کنترل اول نشان داد هرگونه فعالیت ورزشی در محیط استخر، اعم از شدید (سرعتی) و کم‌شدت (استقامتی)، در مقایسه با وضعیت غیرفعال، به افزایش معنی‌داری در مقدار جذب این آلاینده‌های محیطی منجر می‌شود. همچنین، از آنجا که غلظت کلی تری‌هالومتان‌ها در مراحل دوم تا ششم در گروه سرعتی بیشتر از گروه استقامتی بود، می‌توان نتیجه گرفت که فعالیت‌های کم‌شدت در مقایسه با فعالیت‌های پرشدت در محیط استخر، کمتر به افزایش جذب ترکیبات تری‌هالومتان توسط بدن شناگران منجر می‌شوند؛ به‌عبارت دیگر، افرادی که تنها با هدف سلامتی و بهره‌مند شدن از فواید ورزش شنا به این فعالیت می‌پردازند، بهتر است به‌منظور کنترل سطح جذب آلاینده‌ها و ترکیبات سمی موجود در آب و هوای استخر از شناهای سرعتی و با شدت بیشینه بپرهیزند و با شدت سبک تا متوسط به شنا بپردازند.

همچنین بر اساس دیگر یافته‌های این مطالعه، غلظت کلی تری‌هالومتان‌ها در مرحلهٔ ششم نمونه‌گیری، در گروه تمرین سرعتی، به‌طور معنی‌داری از گروه کنترل اول بیشتر بود، در حالی‌که بین گروه تمرین استقامتی با گروه کنترل اول تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. این یافته نشان داد که ۴۸ ساعت ریکاوری، متعاقب فعالیت سرعتی بیشینه در استخر برای دفع کامل THMs کافی نیست، در حالی‌که این مقدار ریکاوری متعاقب فعالیت استقامتی زیر بیشینه برای پاکسازی کامل بدن کافی است.

سؤال اساسی که این تحقیق به دنبال یافتن پاسخ آن بود این است که آیا هشت هفته تمرینات سرعتی و استقامتی شنا بر غلظت کلی تری‌هالومتان‌های پلاسمای شناگران زن، تأثیر دارد؟ سازوکارهای تأثیرگذار در این رابطه کدام‌اند؟ آیا این تمرینات سرعتی و استقامتی بر مقدار کلی تری‌هالومتان‌های پلاسمایی تأثیری متفاوت دارند؟ نتایج این تحقیق نشان داد مقدار جذب تری‌هالومتان‌ها توسط بدن شناگران، طی شرایط فعالیت، اعم از بیشینه و زیر بیشینه افزایش پیدا می‌کند. این افزایش تحت تأثیر عامل شدت فعالیت ورزشی قرار می‌گیرد؛ یعنی با افزایش شدت فعالیت در تمرینات سرعتی در مقایسه با تمرینات استقامتی، میزان جذب پوستی و تنفسی این آلاینده‌ها تا چندین برابر زیاد می‌شود. با وجود این، انجام تحقیقات بیشتر برای حمایت از این یافته‌ها ضروری است.

با توجه به نتایج ارائه شده، می‌توان به‌خوبی اهمیت بررسی کیفیت آب و مشکلات نامطلوب بودن آن را درک نمود؛ از این رو بر اساس یافته‌های این تحقیق توصیه می‌شود به‌منظور پیشگیری از آثار سوء استخرهای کلرینه بر بدن شناگران، ناجیان غریق و کارکنان خدماتی جنب استخرها، کنترل کلر باقی‌ماندهٔ آب در محدودهٔ سلامتی به‌صورت مستمر توسط بازرسان

بهداشت محیط انجام شود. همچنین به‌جاست که رفته رفته از روش‌های گندزدایی جایگزین نظیر ازن زنی و گندزدایی با UV برای کاهش اثرات نامطلوب آلاینده‌ها بر بدن شناگران استفاده شود. در استخرهای کلرینهٔ شنا مقدار جذب آلاینده‌های تری‌هالومتان توسط بدن شناگران طی شرایط فعالیت، اعم از بیشینه و یا زیر بیشینه، افزایش پیدا می‌کند. این افزایش تحت تأثیر عامل شدت فعالیت ورزشی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که همزمان با افزایش شدت فعالیت، میزان جذب پوستی و تنفسی این سموم تا چندین برابر افزایش می‌یابد؛ بنابراین افرادی که تنها با هدف سلامتی و بهره‌مند شدن از فواید ورزش شنا به این فعالیت می‌پردازند، بهتر است به‌منظور کنترل سطح جذب آلاینده‌ها و ترکیبات سمی موجود در آب و هوای استخر، از شناهای سرعتی و با شدت بیشینه بپرهیزند و با شدت سبک تا متوسط به شنا بپردازند.

منابع:

1. Claxton L.D, Pegram R, Schenck K.M, Simmons JE, Warren S.H. 2008. Integrated disinfection by-products research: Salmonella mutagenicity of water concentrates disinfected by chlorination and ozonation/postchlorination. J. Toxicol Environ Health A. 71(17):1187-94.
2. Miles A.M. Singer P.C, Ashley D.L, Lynberg M.C, Mendola P. Langlois P.H. Nuckols J.R. 2002. Comparison of trihalomethanes in tap water and blood. Environ. Sci. Technol. 36: 1692- 8.
3. Aggazzotti G, Fantuzzi G, Tartoni PL. 1990. Plasma chloroform concentration in swimmers using indoor swimming pools. Arch Environ Health. 45(3): 175-179.
4. Aggazzotti G, Fantuzzi G, Righi E. 1993. chloroform in alveolar air of individuals attending indoor swimming pools. Arch Environ Health. 48(4): 250-254.
5. Plewa M.J, Wagner E.D, Kim A.C, Nelson R, Richardson S.D. 2003. Mammalian Cell Cytotoxicity and Genotoxicity of New Drinking Water DBPs, Presentation, Environ. Mutagen Soc. Conf, Miami Beach, FL, USA.
6. Komulainen H, Kosma V.M, Vaittinen S.L, Vartiainen T, Kaliste-Korhonen E, Lotjonen S, Tuominen R.K, Tuomisto J. 1997. Natl. J. Cancer Inst. 89: 848-52.
7. Aggazzotti G, Fantuzzi G. 1998. Blood and breath analysis as biological indicators of exposure to trihalomethanes in indoor swimming pools. Science of total Environment. 217: 155-163.
8. Aiking H, Van Acker M.B.1994. Swimming pool chlorination: a health hazard?
9. Toxicology Letters. 72(1-3): 375-80.

۱۰.محمدی، محمدجواد، ۱۳۸۲، مجله آب و محیط زیست، شماره ۵۷-۵۶، ص ۳۴ تا ۳۸.

۱۱.میسمی، حسین، امیری، فهیمه، ۱۳۸۶، دهمین همایش ملی بهداشت محیط: دانشگاه علوم پزشکی همدان.

12. Drobnic.F, Freixa.A, 1996. Assessment of chlorine exposure in swimmers during training. Medicine and Sciencein Sport & Exercise. 28(2):271-74.

13. Gallego. M, Caro. J. 2008. Assessment of Exposure of Workers and Swimmers to Trihalomethanes in an Indoor Swimming Pool, Environmental Science & Technology. 41(13): 4793-98.

14. Landi S, Hanley N.M, Warren S.H, Pegram R.A, De Martini D.M. 1999. Induction of genetic damage in human lymphocytes and mutations in salmonella by trihalomethanes. Mutagenesis. 14(5):479-82.

15. Levesque B, Ayotte P, LeBlanc A, Deweally E. 1994. Evaluation of dermal and respiratory chloroform exposures in humans. Environ Health Perspect. 102:1082-87.

16. Lindstrom, A. B., Pleil, J. D., & Berkoff, D. C. 1997. Alveolar breath sampling and analysis to assess trihalomethane exposures during competitive swimming training. Environmental Health Perspectives, 105(6), 636-642.

17. Rushal B. Weinsental L. 2003. Swimmers asthma. The serious health problem with chlorinated pools. Journal of the National Sports Medicine. 32: 5-11.

18. Weisel C.P, Shepard T.A. 1994. chloroform exposure at the body burden associated with swimming in chlorinated pools. In water contamination and health. New York: Marcel Dekker. 135-147.

19. Wilson L.R. 1995. An assessment of dermal absorption and inhalation of chloroform by swimmers for the purposes of estimating dose. Ph.D thesis. School of puplic health, State university of New York at Albany, NY.

پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی