Archive of SID

مجله دانشکده پزشکی اصفهان
سال بیست و هشتم/شماره ۱۰۸/مرداد ۱۳۸۹

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۳ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۹

بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب استخرهای شهر اصفهان با استفاده از شاخص‌های استاندارد

دکتر مهناز نیک آیین[۱]، مریم حاتم زاده[۲]، مرضیه وحید دستجردی[۳]، اکبر حسن زاده[۴]، زهرا موسوی[۵]، مهدی رفیعی[۵]

خلاصه

مقدمه: شنا یکی از فعالیت‌های تفریحی است که اثرات سازنده‌ای در تأمین سلامت جسمی و روانی انسان دارد. در صورتی که استخرهای شنا به صورت مناسبی نگهداری، ضدعفونی و پایش نشود، می‌تواند مشکلات بهداشتی زیادی مانند انتقال بیماری‌های عفونی را برای شناگران ایجاد نماید. هدف از این تحقیق، بررسی جامع آب استخرهای شهر اصفهان و مقایسه‌ی نتایج با استانداردهای موجود بود.

روش‌ها: در این تحقیق از ۲۵ استخر عمومی نمونه‌برداری شد. دما، کدورت، pH، کلر باقی‌مانده‌ی آزاد و پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب اندازه‌گیری گردید. پارامترهای میکروبی مورد ارزیابی شامل باکتری‌های شمارش پلیت هتروتروفی، کلیفرم کل و مدفوعی، استرپتوکوک مدفوعی، *استافیلوکوک آرئوس* و *سودوموناس آئروژینوزا* بود.

یافته‌ها: در میان پارامترهای فیزیکوشیمیایی، pH و کلر باقی‌مانده کم‌ترین مطابقت را با استانداردهای موجود داشت. کلیفرم‌های کل و در رده‌ی بعدی باکتری‌های هتروتروف و کلیفرم‌های مدفوعی به ترتیب شایع‌ترین باکتری‌های جدا شده از استخرهای شنا بود. ارتباط معنی‌داری بین کاهش کلر آزاد باقی‌مانده با افزایش باکتری‌های کلیفرم کل و شمارش پلیت هتروترفی وجود داشت. همچنین ارتباط مستقیمی بین باکتری‌های کلیفرم کل با بقیه پارامترهای میکروبی وجود داشت.

نتیجه‌گیری: مطابقت کامل کیفیت آب استخرها با استانداردها به نسبت ضعیف بود و تنها یکی از استخرها در کل دوره‌ی نمونه برداری فاقد دو شاخص میکروبی مهم یعنی کلیفرم‌های مدفوعی و *سودوموناس آئروژینورا* بود. همچنین پایش مداوم کلر باقی‌مانده همراه با تنظیم pH فاکتور مهمی در حفظ کیفیت باکتریولوژیکی مطلوب آب استخرهای شنا می‌باشد.

واژگان کلیدی: استخرهای شنا، کیفیت آب، شاخص‌های میکروبی، استاندارد.

مقدمه

شنا یکی از ورزش‌های مهم جهت سلامت جسم و روح است؛ امروزه استخرها، به خصوص در فصول گرم سال، از پرطرفدارترین و جذاب‌ترین مراکز ورزشی به ویژه برای جوانان هستند. از دیدگاه بهداشتی، آب مورد استفاده برای استخرها مانند آب آشامیدنی بایستی از کیفیت خاصی برخوردار باشد؛ به طوری که عدم رعایت یک سری معیارهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی در تأمین آب استخرها این ورزش سالم و مفرح را تبدیل به منبعی برای ابتلا به عوارض جسمانی مختلف مانند عفونت‌های میکروبی می‌نماید. گونه‌هایی از میکروارگانیسم‌ها ممکن است در آب استخرهای شنا یافت شوند که از راه‌های مختلف وارد آب استخر شده‌اند. در بسیاری از موارد، خطر بیماری یا عفونت ناشی از استخرهای شنا مرتبط با آلودگی مدفوعی آب است. آلودگی مدفوعی ممکن است در

[۱] استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.
[۲] کارشناس میکروبیولوژی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.
[۳] کارشناس ارشد بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.
[۴] مربی، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.
[۵] کارشناس، مرکز بهداشت استان اصفهان، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.
نویسنده‌ی مسؤول: دکتر مهناز نیک آیین، استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، ایران.
Email: nikaeen@hlth.mui.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

اثر وجود شناگران، یا یک منبع آب آلوده و در استخرهای سرباز ناشی از آلودگی به فضولات حیوانی (به عنوان مثال پرندگان و جوندگان) باشد. مواد مدفوعی در اثر رها شدن اتفاقی و یا غیراختیاری ادرار و مدفوع یا از طریق باقی‌مانده‌ی مواد مدفوعی موجود بر روی بدن شناگران وارد آب استخر می‌گردد (۱). موارد زیادی از شیوع انتقال عفونت از آب استخرهای شنا گزارش شده که منبع عامل عفونی، گونه‌ای از میکروارگانیسم‌های پاتوژن شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها و انگل‌های تک یاخته‌ای بوده است (۶-۲). ترشحات غیرمدفوعی انسانی، مانند بزاق یا آب دهان، ترشحات پوستی و ترشحات مخاط، نیز منبع بالقوه‌ای از میکروارگانیسم‌های پاتوژن هستند. افراد مبتلا می‌توانند به صورت مستقیم آب استخر یا جکوزی‌ها و سطوح اشیاء و تسهیلات استفاده شده در استخر را با پاتوژن‌ها (به ویژه ویروس‌ها و قارچ‌ها) آلوده سازند، که ممکن است منجر به عفونت پوست در دیگر افراد در تماس با آب یا سطوح آلوده شود. پاتوژن‌های فرصت‌طلب، به ویژه باکتری‌ها، می‌توانند از سطح بدن افراد آلوده آزاد شده، از طریق آب یا سطوح آلوده منتقل گردند (۱). از این گروه پاتوژن‌ها می‌توان به *سودوموناس آئروژینوزا* اشاره نمود که موجب عفونت گوش خارجی (۷) و فولیکولیتیس (۸) می‌گردد. به هر حال می‌توان از شیوع بسیاری از بیماری‌های منتقله از طریق آب استخرهای شنا، با مدیریت صحیح و پایش مؤثر و دائمی جلوگیری نمود یا آن را کاهش داد (۹، ۱).

علاوه بر مخاطرات میکروبی، مواد شیمیایی استفاده شده جهت تصفیه و ضدعفونی آب استخرهای شنا نیز ممکن است بر اساس طبیعت خود یا بعد از واکنش با مواد موجود در آب خطراتی را برای شناگران یا کارکنان استخرها از طریق تماس پوستی و یا تنفس مواد فرار در محیط‌های سرپوشیده ایجاد نماید (۱). از این رو، مدیریت مناسب و پایش مداوم استخرهای شنا به منظور اطمینان از کفایت روش‌های تصفیه و سالم بودن آب، امری ضروری و لازم به منظور حفاظت بهداشت عمومی به شمار می‌آید.

چندین فاکتور به عنوان شاخص کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب استخرها پیشنهاد شده است که با اندازه گیری آن‌ها می‌توان از سلامت کیفی آب استخر آگاهی حاصل نمود. فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی شامل درجه‌ی حرارت، کدورت، pH و کلر باقی‌مانده است؛ شاخص‌های میکروبی نیز باکتری‌های شمارش پلیت هتروتروفی (HPC) و باکتری‌های کلیفرم کل، به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های کارایی گندزدایی، کلیفرم‌ها و استرپتوکوک‌های مدفوعی، به عنوان نشانگر آلودگی مدفوعی و همچنین *استافیلوکوک آرئوس* و *سودوموناس آئروژینوزا*، به عنوان شاخص‌های مخاطره‌ی بهداشتی آب استخر را در بر می‌گیرد.

با توجه به اهمیت بالای کیفیت آب استخرها در حفاظت سلامتی شناگران، مطالعه‌ی حاضر به منظور بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب استخرهای شنای شهر اصفهان و مطابقت این شاخص‌ها با استانداردهای پیشنهاد شده انجام گردید.

روش‌ها

به منظور بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب استخرهای شهر اصفهان، ۲۳۴ نمونه از ۲۵ استخر فعال سر پوشیده‌ی شهر به مدت تقریبی یک سال در سال ۱۳۸۵ گرفته شد. البته لازم به ذکر است که در بعضی از ماه‌های سال از بعضی استخرها به علت تعطیلی یا تعمیرات نمونه‌برداری انجام نشد.

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه برداری: به منظور بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و ارزیابی تغییرات احتمالی این پارامترها در طول استخر، نمونه‌برداری در دو ناحیه‌ی ورود آب به استخر و خروج آن انجام گردید. اما، جهت بررسی پارامترهای میکروبی تنها نمونه‌برداری از محل خروجی آب استخرها صورت‌گرفت. شیشه‌ها با زاویه 45^{o} به صورت عمودی تا عمق حدود ۲۵ سانتی‌متری وارد آب شده، پر گردید؛ به نحوی که تیوسولفات سدیم موجود در شیشه‌های مورد استفاده برای سنجش کیفیت میکروبی از شیشه خارج نشود.

نمونه‌های برداشت شده برای سنجش پارامترهای فیزیکوشیمیایی در بطری‌های درپیچ‌دار ۱۰۰ میلی‌لیتری جمع‌آوری شد و برای پارامترهای میکروبی از بطری‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری استریل حاوی تیوسولفات سدیم با غلظت نهایی ۱۰۰ mg/l استفاده گردید. پس از نمونه‌برداری و انجام آزمایشات لازم در محل، نمونه‌ها در Cold box به آزمایشگاه منتقل شد و بلافاصله مورد آزمایش قرار گرفت. در صورت تأخیر در آزمایش، نمونه‌ها تا زمان آزمایش در یخچال ($4\ ^{o}c$) نگهداری می‌شد.

در زمان نمونه برداری پرسش‌نامه‌ای نیز جهت جمع آوری یک سری اطلاعات شامل تعداد شناگران در ساعت و روز نمونه برداری، رنگ آب و وجود لایه‌ی چربی بر روی آب توسط نمونه بردار تکمیل می‌گردید.

پارامترهای فیزیکو شیمیایی: پارامترهای فیزیکو شیمیایی اندازه گیری شده شامل دمای هوا و آب استخرها، کدورت، pH، هدایت الکتریکی و کلر باقی‌مانده‌ی آزاد آب بود که به جز کدورت و هدایت الکتریکی، بقیه‌ی پارامترها در محل سنجش شد. جهت سنجش کلر از کیت کلرسنج DPD (Diethyl-p-pheylenediumine) و برای سنجش pH از pH متر قابل حمل استفاده شد. کدورت و هدایت الکتریکی نیز با دستگاه کدورت‌سنج و هدایت سنج Hatch اندازه گیری گردید.

پارامترهای میکروبی: پارامترهای میکروبی مورد ارزیابی شامل باکتری‌های شمارش پلیت هتروتروفی، کلیفرم‌های کل، کلیفرم مدفوعی، استرپتوکوک مدفوعی، *استافیلوکوک آرئوس* و *سودوموناس آئروژینوزا* بود. جهت سنجش باکتری‌های هتروتروفی از محیط کشت R2A agar (نگهداری نمونه‌ها به مدت ۷۲–۴۸ ساعت در ۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد) استفاده شد. بقیه‌ی آزمایشات میکروبی به روش چند لوله‌ای بر اساس دستورالعمل ذکر شده در استاندارد متد انجام گرفت (۱۰).

یافته‌ها

نتایج حاصل از اندازه گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی به تفکیک استخرهای مورد بررسی، به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. شکل‌های نمودارهای ۱ و ۲ نیز به ترتیب نشان‌دهنده‌ی درصد نمونه‌ها در محدوده‌های متفاوت کلر باقی‌مانده‌ی آزاد و pH آب استخرها می‌باشد. با توجه به این نمودارها مشخص می‌گردد که در میان نمونه‌های مورد بررسی تنها ۵۷ درصد دارای کلر آزاد باقی‌مانده‌ی بالاتر از ۱ mg/l بودند و ۲۳ نمونه‌ها نیز در گستره‌ی pH استاندارد (pH: ۷/۲–۷/۸) قرار داشتند.

در نمودار شماره‌ی ۳ درصد نمونه‌های آلوده به کلیفرم مدفوعی و *سودوموناس آئروژینوزا*، که دو شاخص مهم در ارزیابی کیفیت آب استخرها می‌باشند، به تفکیک استخرهای مورد نمونه برداری نشان داده شده است. با توجه به این نمودار مشخص می‌گردد که تنها استخر شماره‌ی ۵ در تمام نمونه‌ها عاری از این دو میکروب بوده است.

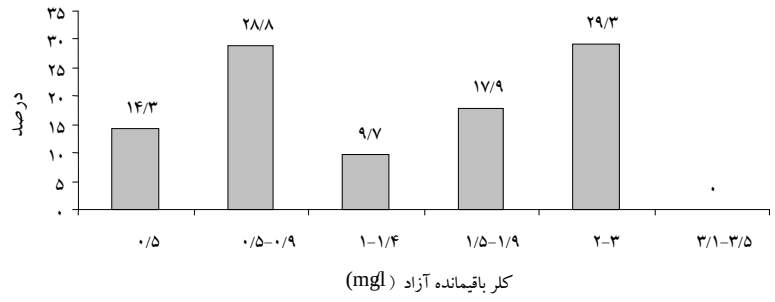
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیکوشیمیایی (به تفکیک استخرهای مورد نمونه‌برداری)

شماره استخر	درجه حرارت هوا (^{O}C)	درجه حرارت آب (^{O}C)	کلر آزاد (mg/l)	*pH	کدرت (NTU)	هدایت الکتریکی (µmho/cm)
۱	۲۹/۸ ± ۱/۰۷	۲۷/۹ ± ۰/۷	۱ ± ۰/۷	۷/۲–۸/۶	۰/۲ ± ۰/۲	۷۹۵ ± ۳۰۰
۲	۲۹/۶ ± ۱/۱۷	۲۸/۵ ± ۰/۷	۰/۷ ± ۰/۲	۷/۴–۸/۴	۰/۲ ± ۰/۳	۳۹۴ ± ۲۳۵
۳	۲۹/۶ ± ۱/۶۵	۲۸/۴ ± ۱	۰/۸ ± ۰/۳	۸–۸/۵	۰/۲ ± ۰/۳	۴۳۶ ± ۱۳۱
۴	۲۹/۴ ± ۱/۷۷	۲۷/۷ ± ۰/۸۲	۰/۶ ± ۰/۳	۷/۳–۸/۴	۰/۲ ± ۰/۵	۱۵۴۹ ± ۴۱۱
۵	۳۱/۱ ± ۱/۰۵	۲۸/۶ ± ۱/۱۱	۰/۷ ± ۰/۱	۷/۶–۸/۴	۰/۱ ± ۰/۱	۷۲۸ ± ۴۵۹
۶	۲۹ ± ۲/۶۲	۲۸ ± ۲/۴۴	۰/۳ ± ۰/۳	۷/۴–۸/۴	۰/۲ ± ۰/۳	۶۴۱ ± ۳۰۹
۷	۳۰/۲ ± ۰/۵	۲۸/۲ ± ۱/۲۵	۰/۸ ± ۰/۲	۷/۴–۸/۱	۰/۱ ± ۰/۱	۴۵۲ ± ۲۷۷
۸	۳۰/۲ ± ۰/۹۷	۲۸/۳ ± ۱/۰۵	۰/۸ ± ۰/۳	۷/۸–۸/۴	۰/۴ ± ۰/۸	۱۳۰۷ ± ۳۷۷
۹	۲۹/۸ ± ۱/۹۶	۲۸/۳ ± ۲/۶۴	۰/۷ ± ۰/۴	۷/۴–۸/۴	۰/۱ ± ۰/۲	۵۹۸ ± ۳۴۱
۱۰	۳۰/۵ ± ۱/۷۷	۲۸/۱ ± ۱/۱	۰/۷ ± ۰/۴	۷/۴–۸/۴	۰/۱ ± ۰/۲	۳۸۷ ± ۱۵۴
۱۱	۲۸/۸ ± ۲/۶۴	۲۹/۱ ± ۲/۹۹	۱/۷ ± ۰/۵	۷/۹–۹/۳	۰/۱ ± ۰/۲	۱۴۳۹ ± ۳۷۱
۱۲	۲۸/۴ ± ۱/۸۷	۲۶/۷ ± ۲/۴۳	۱/۴ ± ۰/۸	۸/۲–۸/۹	۰/۶ ± ۰/۶	۵۹۷ ± ۱۱۵
۱۳	۲۸/۴ ± ۲/۳۵	۲۶/۳ ± ۲	۲ ± ۰/۵	۷/۱–۸/۹	۰/۲ ± ۰/۲	۳۹۷ ± ۱۰۳
۱۴	۲۶/۸ ± ۳/۰۶	۲۸/۵ ± ۳/۳۹	۲ ± ۰/۱	۷/۶–۹	۰/۲ ± ۰/۲	۱۰۲۲ ± ۳۱۱
۱۵	۲۸/۳ ± ۲/۱۶	۲۹/۲ ± ۱/۳۳	۰/۸ ± ۰/۶	۷/۶–۸/۷	۰/۲ ± ۰/۲	۱۰۱۹ ± ۲۹۲
۱۶	۲۸ ± ۳/۱	۲۷/۱ ± ۱/۸۳	۱/۵ ± ۰/۷	۶/۶–۸/۹	۰/۴ ± ۰/۸	۵۱۵ ± ۲۷۲
۱۷	۲۶/۶ ± ۲/۶۶	۲۷/۱ ± ۱/۸۳	۱/۹ ± ۰/۳	۷/۶–۹/۴	۰/۲ ± ۰/۴	۵۸۰ ± ۱۲۵
۱۸	۲۷/۴ ± ۲/۸۷	۲۷ ± ۱/۵	۱/۹ ± ۰/۵	۷/۶–۸/۹	۰/۲ ± ۰/۳	۶۴۱ ± ۲۸۹
۱۹	۲۸/۶ ± ۲/۳۱	۲۷/۹ ± ۱/۲۵	۱/۴ ± ۰/۹	۶/۵–۸/۷	۰/۲ ± ۰/۲	۶۵۹ ± ۱۲۰
۲۰	۲۶/۳ ± ۳/۲۵	۲۷/۶ ± ۱/۶۵	۰/۸ ± ۰/۷	۷/۱–۹/۲	۰/۳ ± ۰/۴	۵۴۶ ± ۱۴۰
۲۱	۲۸/۵ ± ۲/۳۴	۲۸/۷ ± ۱/۳۴	۱ ± ۰/۸	۶/۱–۸/۹	۰/۳ ± ۰/۳	۷۱۲ ± ۳۳۱
۲۲	۲۷/۹ ± ۲/۳۵	۲۸/۶ ± ۱/۵	۱/۴ ± ۱	۷/۲–۹/۲	۰/۴ ± ۰/۴	۳۲۱ ± ۶۳
۲۳	۲۶/۷ ± ۲/۵۴	۲۷/۶ ± ۲/۵۶	۱/۱ ± ۰/۷	۶/۲–۸/۶	۰/۳ ± ۰/۳	۱۰۶۲ ± ۲۰۴
۲۴	۲۹/۸ ± ۱/۷۷	۲۸/۳ ± ۰/۹۹	۲ ± ۰/۳	۷/۲–۹/۱	۰/۳ ± ۰/۳	۱۶۷۹ ± ۵۹۷
۲۵	۲۸/۱ ± ۳/۰۱	۲۸ ± ۱/۴۱	۱/۸ ± ۰/۴	۶/۵–۸/۹	۰/۲ ± ۰/۲	۷۴۳ ± ۲۱۵
کل	۲۸/۷ ± ۲/۴۴	۲۷/۹ ± ۱/۷۷	۱/۲ ± ۰/۷	۶/۱–۹/۴	۰/۲ ± ۰/۴	۷۶۷ ± ۴۵۵

*: گستره



نمودار ۱. درصد نمونه‌ها در محدوده‌های متفاوت کلر باقی‌مانده‌ی آزاد آب استخرها

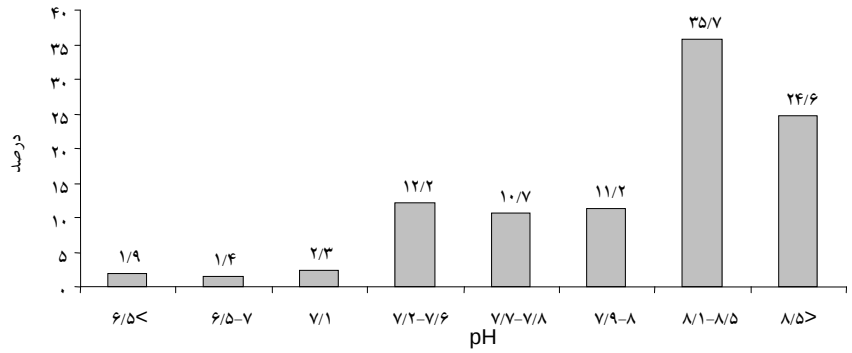
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار پارامترهای میکروبی (به تفکیک استخرهای مورد نمونه‌برداری)

شماره استخر	HPC* (تعداد / ml)	کلیفرم کل (تعداد / ۱۰۰ ml)	کلیفرم مدفوعی (تعداد / ۱۰۰ ml)	استرپتوکوک مدفوعی (تعداد / ۱۰۰ ml)	*استافیلوکوک آرئوس* (تعداد / ۱۰۰ ml)	گونه های استافیلوکوک (تعداد / ۱۰۰ ml)	*سودوموناس آئروژینوزا* (تعداد / ۱۰۰ ml)
۱	۵-<۱۰۰۰	۴/۵ ± ۱۱/۵	۱/۴ ± ۲/۵	۰/۳ ± ۱/۱	۰/۳ ± ۱/۱	۰/۸ ± ۲/۷	۰/۷ ± ۲/۲
۲	۰-<۱۰۰۰	۲/۳ ± ۳/۴	۰/۶ ± ۱/۳	۰	۰	۰/۳ ± ۰/۹	۱/۴ ± ۳
۳	۰-<۱۰۰۰	۰/۷ ± ۱/۵	۰	۰	۲/۵ ± ۳/۴	۲/۲ ± ۴/۴	۶/۲ ± ۱۷/۶
۴	۰-۶۴۰	۱ ± ۲/۵	۰/۳ ± ۰/۹	۰	۰/۴ ± ۱/۱	۰/۴ ± ۱/۱	۲/۴ ± ۵/۳
۵	۴۰-<۱۰۰۰	۲/۲ ± ۳/۶	۰	۰	۰	۰/۴ ± ۱/۲	۰
۶	۵-<۱۰۰۰	۸/۹ ± ۱۴	۳/۷ ± ۶	۰	۰/۴ ± ۱/۱	۱ ± ۱/۵	۱/۲ ± ۲/۹
۷	۰-<۱۰۰۰	۳/۹ ± ۳/۸	۱/۵ ± ۱/۷	۰	۰/۷ ± ۱/۵	۰/۷ ± ۱/۵	۰
۸	۰-<۱۰۰۰	۴/۱ ± ۷/۷	۱/۶ ± ۳	۰	۱/۳ ± ۲/۳	۱/۴ ± ۳/۵	۱/۲ ± ۳
۹	۸-<۱۰۰۰	۳ ± ۳/۹	۰/۸ ± ۲/۴	۱ ± ۳	۰/۷ ± ۱/۵	۱/۳ ± ۳	۱/۷ ± ۴
۱۰	۰-<۱۰۰۰	۲/۳ ± ۳	۱/۴ ± ۱/۸	۰	۰/۷ ± ۱/۵	۰/۳ ± ۰/۹	۲/۴ ± ۶/۳
۱۱	۳-<۱۰۰۰	۱/۹ ± ۳/۷	۰/۳ ± ۱	۰	۰/۳ ± ۱	۰/۴ ± ۱/۲	۰
۱۲	۷۵-<۱۰۰۰	۱/۴ ± ۲/۵	۱/۴ ± ۲/۵	۰	۱ ± ۲/۴	۰/۹ ± ۲/۹	۰
۱۳	۰-۲۵۳	۳/۲ ± ۵	۳/۲ ± ۵	۰	۱/۵ ± ۲/۹	۰	۰
۱۴	۵-<۱۰۰۰	۱/۷ ± ۱/۸	۰/۹ ± ۱/۶	۰	۰/۴ ± ۱/۳	۰/۹ ± ۱/۷	۱/۱ ± ۲/۳
۱۵	۰-<۱۰۰۰	۱/۶ ± ۳	۰/۴ ± ۱/۳	۰/۴۵ ± ۱/۳	۰	۰	۳/۴ ± ۶/۳
۱۶	۰-<۱۰۰۰	۱/۸ ± ۲/۲	۳/۱ ± ۴/۸	۰	۱ ± ۳	۰/۸ ± ۲/۴	۱/۵ ± ۴/۷
۱۷	۰-<۱۰۰۰	۳/۶ ± ۷	۰/۷ ± ۱/۴	۰	۰/۴ ± ۱/۱	۰/۷ ± ۱/۵	۰
۱۸	۰-<۱۰۰۰	۱/۸ ± ۲/۲	۱/۸ ± ۲/۲	۰	۰/۷ ± ۱/۵	۱/۱ ± ۱/۷	۰/۹ ± ۲/۹
۱۹	۰-<۱۰۰۰	۳/۶ ± ۷	۱/۴ ± ۳/۵	۰	۵/۳ ± ۸	۰/۶ ± ۱/۴	۲۹ ± ۹۲
۲۰	۱۰-<۱۰۰۰	۲/۱ ± ۴/۷	۰/۶ ± ۱/۳	۰	۰	۰/۴ ± ۱/۱	۳/۵ ± ۷/۹
۲۱	۱۰-<۱۰۰۰	۱۶/۲ ± ۳۱/۸	۲/۲ ± ۳/۳	۰	۳ ± ۴/۶	۳/۸ ± ۷/۹	۱/۹ ± ۴/۲
۲۲	۵-<۱۰۰۰	۶/۳ ± ۱۳/۲	۵ ± ۱۳/۴	۰	۱/۳ ± ۲/۲	۳/۱ ± ۶/۵	۰
۲۳	۰-۶۲۰	۴/۸ ± ۹/۷	۱/۴ ± ۲/۵	/۶ ± ۱/۳	۲/۸ ± ۶/۶	۱/۵ ± ۴/۷	۰/۳ ± ۰/۹
۲۴	۰-<۱۰۰۰	۱/۳ ± ۳	۰	۰/۴ ± ۱/۱	۲ ± ۳/۵	۱ ± ۲/۴	۰/۳ ± ۰/۹
۲۵	۱۰-<۱۰۰۰	۵ ± ۱۳/۴	۱/۸ ± ۳/۵	۱/۴ ± ۴/۴	۶/۶ ± ۱۴/۷	۰	۲۲ ± ۶۶

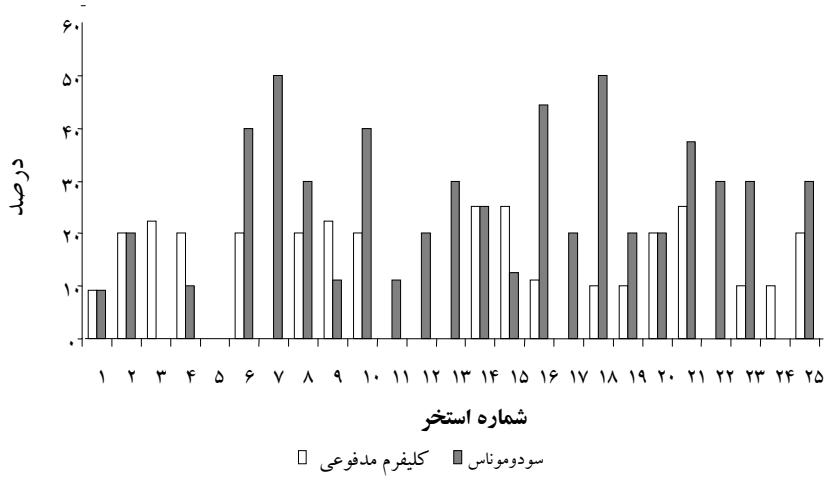
* گستره



نمودار ۲. درصد نمونه‌ها در محدوده‌های متفاوت **pH** آب استخرها

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۳. درصد نمونه‌های آلوده به کلیفرم مدفوعی و *سودوموناس آئروژینوزا* (به تفکیک استخرهای مورد نمونه‌برداری)

جدول شماره‌ی ۳ نشان دهنده‌ی درصد مطابقت نمونه‌ها در مورد هر یک از پارامترهای شاخص با معیارها و استانداردها می‌باشد.

آنالیز آماری نتایج نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین کاهش کلر آزاد باقی‌مانده و افزایش باکتری‌های کلیفرم کل و شمارش پلیت هتروترفی وجود دارد ($P < ۰/۰۵$). همچنین ارتباط مستقیمی بین باکتری‌های کلیفرم کل با بقیه‌ی پارامترهای میکروبی وجود داشت. در این مطالعه، تفاوت مشخصی در کیفیت میکروبی آب در بین فصول مختلف سال وجود نداشت؛ همچنین تفاوت معنی‌داری در پارامترهای فیزیکوشیمیایی در طول استخر حاصل نگردید.

جدول ۳. مطابقت پارامترهای اندازه‌گیری شده با معیارها و استانداردهای ارائه شده

پارامتر	مقادیر استاندارد	مطابقت با استاندارد (درصد نمونه‌ها)	منبع استاندارد پیشنهادی (شماره منبع)
کدورت (NTU)	۰/۵≥	۸۷	WHO (۱)
pH	۷/۲-۷/۸	۲۳	WHO (۱)
کلر آزاد باقی‌مانده	۱≤	۵۷	WHO (۱)
HPC (تعداد در میلی‌لیتر)	۲۰۰>	۶۳	WHO (۱)
کلیفرم‌های کل (تعداد در ml ۱۰۰)	۰	۶۲	DIN* (۹)
کلیفرم‌های مدفوعی (تعداد در ml ۱۰۰)	۱>	۷۷	WHO (۱)
استرپتوکوک مدفوعی (تعداد در ml ۱۰۰)	۱۰۰	۱۰۰	استاندارد ایران (۲۲)
استافیلوکوک آرئوس (تعداد در ml ۱۰۰)	۱۰۰>	۱۰۰	WHO (۱)
سودوموناس آئروژینوزا (تعداد در ml ۱۰۰)	۱>	۸۱	WHO (۱)

* استاندارد آلمان (DIN 1943, 1984)

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

استفاده از استخرهای شنا به صورت روز افزونی در حال گسترش است؛ به همین سبب نگهداری و پایش نامناسب آن‌ها می‌تواند مخاطرات زیادی را از نظر بهداشت عمومی ایجاد نماید. بررسی نتایج تحقیقات انجام شده در مورد استخرهای شنا و وضعیت بهداشتی آن‌ها نتایج متغیری را نشان می‌دهد. در تحقیق حاضر در میان پارامترهای فیزیکوشیمیایی مورد بررسی، pH و کلر باقی‌مانده‌ی آزاد کم‌ترین مطابقت را با معیارهای موجود داشت. با بررسی نتایج مشخص گردید که ۱۴/۳ درصد نمونه‌ها دارای کلر آزاد کمتر از ۰/۵ mg/l و حدود ۴۳ درصد نمونه‌ها دارای کلر کم‌تر از ۱ mg/l می‌باشند؛ به عبارت دیگر، در نزدیک به نیمی از نمونه‌های گرفته شده، کلر آزاد در حد کافی برای گندزدایی وجود نداشته است. نتایج حاصل از هر یک از استخرها نیز نشان می‌دهد که تنها ۶ استخر در تمام موارد حاوی کلر باقی‌مانده‌ی بالاتر از ۱ mg/l بوده‌اند. در مطالعه‌ی مهدی‌نژاد بر روی استخرهای شهر گرگان نیز ۶۱/۱ درصد نمونه‌ها حاوی کلر باقی‌مانده‌ی کم‌تر از ۱ mg/l بوده‌اند (۱۱). میانگین کل کلر آزاد باقی‌مانده در این تحقیق برابر با ۱/۲ mg/l بود که در مقایسه با مطالعه‌ی انجام شده در زاهدان، با میانگین ۰/۹ mg/l، بالاتر می‌باشد (۱۲). در مطالعه‌ی حجارتبار بر روی استخرهای شهر تهران میانگین کلر آزاد، ۱/۳ mg/l در استخرها برآورد شد (۷). مطالعه‌ی انجام شده در آتن نیز نشان داد که تنها در ۲۷ درصد از نمونه‌های برداشت شده، استاندارد آلمان (DIN 1943, 1984) در مورد کلر آزاد رعایت شده است (۱۳)؛ اما در مطالعه‌ی Rakestraw و همکاران از ۴۸۶ استخر مورد مطالعه در فلوریدا تنها در ۲۲ درصد موارد مقدار کلر آزاد باقی‌مانده کم‌تر از ۱ mg/l بود (۱۴). به هر حال، ذکر این نکته ضروری است که تنها غلظت کلر باقی‌مانده عامل مؤثر برای گندزدایی نیست، بلکه برای دستیابی به حداکثر کارایی گندزدایی با کلر، تنظیم pH امری ضروری و اجتناب ناپذیر است (۱). pH بالای آب علاوه بر آن که موجب سوزش و تحریک چشم می‌گردد، کارایی کلر را نیز بسیار کاهش می‌دهد؛ به نحوی که در pH برابر با ۸ تنها ۲۰ درصد از کلر به صورت اسید هیپوکلرو که ضدعفونی‌کننده‌ی مؤثری است، می‌باشد (۱). در مطالعه‌ی حاضر مشکل استخرهای مورد بررسی در کنترل pH حائز اهمیت است؛ به گونه‌ای که در همه‌ی استخرها درصد بالایی از نمونه‌های گرفته شده دارای pH بالاتر از ۷/۸ و یا حتی ۸ بود و در هیچ کدام از استخرها در طول دوره‌ی بررسی، pH به طور کامل در محدوده‌ی ۷/۸-۷/۲ نبود. مطالعه‌ی انجام شده بر روی استخرهای فلوراید، نشان می‌دهد که ۸۴/۴ درصد از استخرها دارای pH در حد استاندارد پیشنهاد شده بوده، تنها ۱۲/۷ درصد دارای pH بیش از ۷/۸ می‌باشند (۱۴). در بررسی آماری نتایج، از ۲۴۳ نمونه‌ی گرفته شده، ۱۴۷ نمونه (۶۲/۸ درصد) با استانداردهای میکروبی ارائه شده در جدول ۳ مطابقت نداشت که از این تعداد، ۶۶ نمونه (۲۸ درصد) دارای کلر آزاد باقی‌مانده‌ی بالای ۱ mg/l بود و تنها ۱۶ نمونه (۶/۸ درصد) کلر آزاد بالای ۱ mg/l و pH در محدوده‌ی ۷/۸-۷/۲ داشت. با کنترل pH از یک طرف می‌توان به کارایی مطلوب ماده‌ی گندزدا دست یافت و از طرف دیگر از مصرف مقادیر بیش از حد کلر، که خود عاملی بالقوه در ایجاد مخاطرات تنفسی (۱۶-۱۵) و آلرژی (۱۸-۱۷) است، اجتناب ورزید.

بررسی پارامترهای میکروبی نشان می‌دهد که

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین درصد باکتری‌های جداشده مربوط به کلیفرم‌های کل بوده و درصد مطابقت پارامترهای میکروبی با مقادیر استاندارد از ۱۰۰-۶۲ درصد تغییر داشته است. مطالعه‌ی Rigas و همکاران بر روی ۱۱ استخر سر پوشیده و روباز شهر آتن نشان داد که درصد مطابقت نمونه‌ها با استانداردهای میکروبی از ۹۱-۴۵ درصد متغیر بوده و *سودوموناس آئروژینوزا* و *استافیلوکوک آرئوس* شایع‌ترین باکتری‌ها در استخرهای شنا بوده‌اند؛ در حالی که در مطالعه‌ی حاضر کلیفرم‌های کل و در رده بعدی باکتری‌های هتروتروف (HPC) و کلیفرم‌های مدفوعی به ترتیب شایع‌ترین باکتری‌های جدا شده از استخرهای شنا بوده‌اند و کم‌ترین درصد جداسازی (۳ درصد) مربوط به باکتری‌های استرپتوکوک مدفوعی می‌باشد. درصد جداسازی *استافیلوکوک آرئوس* و *سودوموناس آئروژینوزا* به ترتیب برابر ۱۹ و ۱۳ درصد بود، اما میزان شمارش *استافیلوکوک آرئوس* در هیچ یک از نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد ۱۰۰ در میلی‌لیتر، نبود. در مطالعه‌ی حجارتبار بر روی استخرهای شهر تهران، *سودوموناس آئروژینوزا* در ۶۳/۳ درصد نمونه ها یافت گردید؛ در حالی که تنها ۱۸/۶ درصد نمونه‌ها حاوی کلیفرم‌های کل، مدفوعی و HPC بودند (۷). در این بررسی تنها در استخر شماره‌ی ۵ در تمام نمونه‌های مورد بررسی شمارش کلیفرم مدفوعی، استرپتوکوک مدفوعی، *استافیلوکوک آرئوس* و *سودوموناس آئروژینوزا* برابر صفر بود و بقیه‌ی استخرها در کل دوره‌ی مطالعه نتوانسته‌اند به صورت کامل با معیارهای میکروبی پیشنهادی مطابقت داشته باشند. از ۲۴۳ نمونه‌ی مورد بررسی، ۱۴۷ نمونه(۶۲/۸ درصد) نتوانست بااستانداردهای میکروبی مطابقت داشته باشد و حداقل به یکی از شاخص‌های میکروبی آلوده بود. در یک مطالعه بر روی ۴۶ استخر شنا در ساحل غربی فلسطین، تمام استخرها حداقل به وسیله‌ی یکی و ۱۷ مورد (۳۷ درصد) به وسیله‌ی دو یا بیشتر از شاخص‌های میکروبی آلوده شده بود (۱۹). در مطالعه‌ای دیگر بر روی استخرهای شهر Bologna در ایتالیا، ۳۴/۲ درصد نمونه‌ها با استانداردهای میکروبی ارائه شده مطابقت نداشت؛ البته در این مطالعه بر طبق استاندارد ایتالیا استرپتوکوک مدفوعی نبایستی در نمونه‌ها وجود می‌داشت و مقدار مجاز استافیلوکوک آرئوس نیز ۱۰ میکروارگانیسم در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود (۹).

آزمون همبستگی Pearson نشان داد که ارتباط معکوسی بین کلر باقی‌مانده‌ی آزاد و باکتری‌های کلیفرم کل و همچنین شمارش پلیت هتروتروفی وجود دارد که این ارتباط در مطالعه‌ی Rakestraw و همکاران نیز مشخص گردید (۱۴). مطالعه‌ی انجام گرفته توسط Martins و همکاران بر روی استخرهای شنا در آمریکای جنوبی نیز نشان داد که ارتباط معکوسی بین میزان کلر باقی‌مانده‌ی آزاد با تمام میکروارگانیسم‌های مورد ارزیابی (کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی، *استافیلوکوک آرئوس*، استرپتوکوک مدفوعی، *سودوموناس آئروژینوزا* و شمارش پلیت هتروتروفی) وجود دارد (۲۰). مطالعات Ibarluzea و همکاران نیز نشان داد که تنها متغیر قابل پیش‌بینی که می‌تواند نشان دهنده‌ی قابل اطمینان بودن آب از لحاظ میکروبی باشد، غلظت گندزدا است (۲۱). در مطالعه‌ی Rakestraw و همکاران نیز مشخص گردید که کلر آزاد، همراه با شفافیت آب می‌تواند به عنوان تنها معیار جهت قضاوت درباره‌ی اطمینان بخش بودن آب از لحاظ باکتریولوژیکی استفاده شود (۱۴).

www.SID.ir

Archive of SID

بـا توجـه بـه ارتبـاط معکـوس بـین میـزان کلـر آزاد بـاقی‌مانـده‌ی آب بـا کلیفـرم‌هـای کـل و بـاکتری‌هـای شمارش پلیت هتروتروفی، مانند تحقیقات دیگر می‌توان نتیجه گرفت که مقدار کلر آزاد باقی‌مانده فاکتور مـؤثری در نابودی باکتری‌ها می‌باشد و بایستی به طـور دائـم در استخرها پایش گردد؛ به علاوه جهت دستیابی به کارایی مطلوب ماده‌ی گندزدا کنترل دقیق pH همـراه بـا پـایش کلر باقی‌مانده ضروری است. همچنین با توجه به ارتباط مسـتقیم بـین بـاکتری‌هـای کلیفـرم کـل بـا بقیـه‌ی شاخص‌های میکروبی، می‌توان با پایش دائم کلیفرم‌هـای کل تا حد بالایی از کیفیـت باکتریولوژیـک مناسـب آب استخر اطمینان حاصل نمود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقالـه از معاونـت پژوهشـی دانشـگاه علـوم پزشکی اصفهان جهت فراهم نمودن بودجه طرح کمـال تشکر را دارند. هم چنـین از سـرکار خـانم پورسـعید و آقای غیور به دلیل همکاری گسترده در انجام این طـرح تشکر می‌گردد.

References

1. World Health Organization. Guidelines for Safe Recreational Water Environments. Geneva: WHO Press; 2006.
2. Friedman MS, Roels T, Koehler JE, Feldman L, Bibb WF, Blake P. Escherichia coli O157:H7 outbreak associated with an improperly chlorinated swimming pool. Clin Infect Dis 1999; 29(2): b298-303.
3. CDC. Shigellosis outbreak associated with an unchlorinated fill-and-drain wading pool-Iowa, 2001. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 2001; 50(37): 797-800.
4. Mahoney FJ, Farley TA, Kelso KY, Wilson SA, Horan JM, McFarland LM. An outbreak of hepatitis A associated with swimming in a public pool. J Infect Dis 1992; 165(4): 613-8.
5. Maunula L, Kalso S, Von Bonsdorff CH, Ponka A. Wading pool water contaminated with both noroviruses and astroviruses as the source of a gastroenteritis outbreak. Epidemiol Infect 2004; 132(4): 737-43.
6. Bell A, Guasparini R, Meeds D, Mathias RG, Farley JD. A swimming pool-associated outbreak of Cryptosporidiosis in British Columbia. Can J Public Health 1993; 84(5): 334-7.
7. Hajjartabar M. Poor-quality water in swimming pools associated with a substantial risk of otitis externa due to Pseudomonas aeruginosa. Water Sci Technol 2004; 50(1): 63-7.
8. CDC. Pseudomonas dermatitis/folliculitis associated with pools and hot tubs -Colorado and Maine,1999-2000. JAMA 2001; 285: 157-58.
9. Leoni E, Legnani P, Guberti E, Masotti A. Risk of infection associated with microbiological quality of public swimming pools in Bologna, Italy. Public Health 1999; 113(5): 227-32.
10. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Water Environment Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater: including bottom sediments and sludges. Washington, DC: American Public Health Association; 1981.
11. Mehdinejad MM. An investigation on health indicators of Gorgan swimming pool waters. Proceedings of the 7th national congress on environmental health; 2004 Sep 14-16; Shahr-e-kord, Iran.
12. Sohrabi A, Qureshi MI, Dehdar M, Rakhsh Khorshid A. Study of fungal and bacterial contamination of Zahedan indoor swimming pools. Proceedings of the 6th national congress on environmental health; 2003 Oct 22-24; Sari, Iran. 2003.
13. Rigas F, Mavridou A, Zacharopoulos A. Water quality of swimming pools in Athens area. Int J Environ Health Res 1998; 8(3): 253-60.
14. Rakestraw LF, Nelson GD, Flanery DM, Pabst M, Gregos E, Plumridge AM, et al. A comprehensive study on the microbicidal properties of stabilized and unstabilized chlorine and the relationships of other chemical and physical variables in public swimming pools; a report of a study carried out in Pinellas County. [Online]. 1994 Nov 1. Available from: URL: http://nspf.org/Documents/Research/Pinellas_Report_1994_PDF.pdf
15. Nemery B, Hoet PH, Nowak D. Indoor swimming pools, water chlorination and respiratory health. Eur Respir J 2002; 19(5): 790-3.
16. Uyan ZS, Carraro S, Piacentini G, Baraldi E. Swimming pool, respiratory health, and child-

www.SID.ir

Archive of SID

hood asthma: should we change our beliefs? Pediatr Pulmonol 2009; 44(1): 31-37.
17. Kohlhammer Y, Doring A, Schafer T, Wichmann HE, Heinrich J. Swimming pool attendance and hay fever rates later in life. Allergy 2006; 61(11): 1305-9.
18. Bernard A. Chlorination products: emerging links with allergic diseases. Curr Med Chem 2007; 14(16): 1771-82.
19. Al Khatib IA, Salah S. Bacteriological and chemical quality of swimming pools water in developing countries: a case study in the West Bank of Palestine. Int J Environ Health Res 2003; 13(1): 17-22.
20. Martins MT, Sato MIZ, Alves MN, Stoppe NC, Prado VM, Sanchez PS. Assessment of microbiological quality for swimming pools in South America. Water Res 1995; 29(10): 2417-20.
21. Ibarluzea J, Moreno B, Zigorraga C, Castilla T, Martinez M, Santamaria J. Determinants of the microbiological water quality of indoor swimming-pools in relation to disinfection. Wat Res 1998; 32(3): 865-71.
22. Standard and industrial research institute of Iran. Microbiological characteristics of swimming pool waters. Standard No. 9412. [Online]. Available from: URL: http://isrc.nww.co.ir/.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Isfahan Medical School **Original Article**

Vol 28, No 108, August 2010 Received: 25.7.2009 Accepted: 9.2.2010

An Investigation on Physical, Chemical and Microbial Quality of Isfahan Swimming Pool Waters Based on Standard Indicators

Mahnaz Nikaeen PhD[1], Maryam Hatamzadeh[2], Marzieh Vahid Dastjerdi MSc[2], Akbar Hassanzadeh MSc[3], Zahra Mosavi[4], Mehdi Rafiei[4]

Abstract

Background: Swimming is a recreational activity generally considered to be a healthy exercise. However, swimming pools may transmit a great number of infectious diseases, if not properly maintained, disinfected and monitored. The objective of the research was to investigate the water quality of Isfahan swimming pools and comprise the results with the standards.

Methods: Twenty-five of public swimming pools were surveyed. Water samples were examined for physiochemical parameters including temperature, turbidity, pH and free chlorine and also for heterotrophic plate count (HPC) bacteria, total and fecal coliforms, fecal streptococci, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*.

Findings: There was a poor compliance to the established standards for two important physiochemical parameters, including free chlorine and pH. Among the microbial indicators, total coliforms were the most frequent isolate, followed by HPC and fecal coliforms the next. The correlation analyses demonstrated the HPC and total coliforms bacteria populations increased with decrease in free chlorine. The correlation analyses also indicated that there was a positive relationship between total coliforms and all other microbiological parameters.

Conclusion: Complete compliance of the pools to the standards was fairly poor and only one of the pools was free of pollution by fecal coliforms and *P. aeruginosa*, two important microbial indicators, during the sampling period. It is also important to maintain the proper level of free chlorine and pH in the swimming pools to ensure safety of the water quality.

Keywords: Swimming pools, Water quality, Microbial indicators, Standard.

[1] Assistant Professor, Department of Environmental Health, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
[2] Department of Environmental Health, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
[3] Department of Statistics and Epidemiology, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
[4] Health Center of Isfahan Province, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
Corresponding Author: Mahnaz Nikaeen PhD, Email: nikaeen@hlth.mui.ac.ir

www.SID.ir