Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018

مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره نهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۵، صفحات ۱۵ تا ۲۶

Availible online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی تحلیلی کیفیت میکروبی آب استخرهای عمومی شهر تهران در سال ۱۳۹۲

ایوب بیکی[۱]، مسعود یونسیان[۲*]، رامین نبی زاده[۳]، رضا سعیدی[۴]، لیلا صوری[۵]، مهرنوش ابطحی[۶]

۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی
۲- (نویسنده مسئول): دکتری اپیدمیولوژی استاد، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران
۳- دکتری مهندسی بهداشت محیط استاد، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران
۴- دکتری مهندسی بهداشت محیط استادیار، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی
۵- دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، رئیس اداره بهره برداری آب و فاضلاب روستایی پردیس
۶- دکتری مهندسی بهداشت محیط، استادیار دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۲۹
تاریخ ویرایش: ۹۴/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۲۶
تاریخ انتشار: ۹۵/۰۳/۱۷

واژگان کلیدی: استخر شنای عمومی، کیفیت آب، کلیفرم گرماپای، شمارش بشقابی هتروتروفیک، تهران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
yunesian@tums.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: *شنا یکی از محبوب‌ترین ورزش‌ها و تفریحات است که فواید سلامتی زیادی دارد، اما از طرف دیگر آلودگی میکروبی آب استخرهای شنا از طریق سرایت و گسترش بیماری‌های عفونی تهدید مهمی علیه بهداشت عمومی محسوب می‌شود. در این تحقیق کیفیت میکروبی آب کلیه استخرهای عمومی شهر تهران ارزیابی شد و عوامل مؤثر بر آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.*

روش بررسی: *این مطالعه مقطعی با رویکرد توصیفی- تحلیلی در سال ۱۳۹۲ انجام شد. کلیه استخرهای عمومی شهر تهران بازرسی شده و نمونه‌برداری آب جهت سنجش شاخص‌های میکروبی کلیفرم‌های گرماپای و شمارش بشقابی هتروتروفیک (HPC) و پارامترهای فیزیکوشیمیایی مؤثر بر کیفیت میکروبی شامل کدورت، کلر باقیمانده و pH صورت گرفت و از شاخص مجموع کیفیت میکروبی آب استخر برای توصیف وضعیت کلی استفاده شد. عوامل محتمل مؤثر بر کیفیت آب نیز از طریق بازرسی با استفاده از چک لیست بررسی شدند.*

یافته‌ها: *بررسی کیفیت میکروبی آب استخرهای شنا نشان داد که شاخص‌های میکروبی کلیفرم‌های گرماپای و HPC به ترتیب در ۹۱/۴ و ۸۴/۵ ٪ موارد در سطح مطلوب قرار داشتند. سطح مطلوبیت پارامترهای کلر آزاد باقیمانده، کدورت، pH و دما نیز به ترتیب ۸۲/۷، ۴۵/۵، ۸۵/۶ و ۶۵/۴ ٪ بدست آمد. بر اساس شاخص مجموع کیفیت میکروبی آب استخر، کیفیت آب استخرها در ۳۹/۶ ٪ موارد عالی، در ۵۰/۴ ٪ موارد خوب و در بقیه موارد پایین تر از حد مناسب ارزیابی شد. کلر آزاد باقیمانده و کدورت آب، بار شناگران، دوره بازگشت آب به استخر، مقدار رقیق‌سازی و تعویض آب، نظافت، استفاده از دوش و حوضچه گندزدایی و نحوه بهره‌برداری سیستم تصفیه آب تاثیر معنی‌داری (P<۰/۰۵) بر روی شاخص‌های میکروبی مورد مطالعه داشتند.*

نتیجه‌گیری: *نتایج مطالعه نشان داد که وضعیت کلی کیفیت میکروبی آب استخرهای تهران قابل قبول بوده و تجزیه و تحلیل نتایج، مداخلات مؤثرتر بر بهبود کیفیت میکروبی آب استخرهای مورد مطالعه را مشخص نمود.*

Please cite this article as: Beiki A, Yunesian M, Nabizadeh R, Saeedi R, Sori L, Abtahi M. Analytic assessment of microbial water quality in public swimming pools of Tehran in 2013. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(1):15-26.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018

مقدمه

شنا یکی از محبوب‌ترین ورزش‌ها و تفریحات بویژه در فصل تابستان است. شنا یک فعالیت بدنی هوازی است و تنها دو ساعت و نیم فعالیت بدنی هوازی در طول هفته می‌تواند خطر بیماری‌های مزمن را کاهش دهد و باعث بهبود سلامتی بیماران دیابتی و قلبی شود (۳-۱). بعلاوه عموم مردم از ورزش‌های آبی در مقایسه با ورزش‌های زمینی لذت بیشتری می‌برند و می‌توانند در آب نسبت به زمین بدون افزایش درد ماهیچه و مفصل طولانی‌تر ورزش کنند (۶-۴). علیرغم اینکه شنا فواید سلامتی زیادی دارد، در صورت کم‌توجهی به ایمنی و بهداشت محیط شناگاه‌ها از جمله استخرهای عمومی، سلامت شناگران در معرض تهدید قرار می‌گیرد(۱).

یکی از مهمترین مخاطرات بهداشتی شناگاه‌ها، آلودگی میکروبی آب است که موجب سرایت و گسترش بیماری‌های عفونی می‌شود. بیماری‌های عفونی ناشی از شناگاه‌ها طیف گسترده‌ای از جمله عفونت دستگاه گوارش، پوست، گوش، دستگاه تنفسی، چشم، سیستم عصبی و عفونت زخم را شامل می‌شود. در شناگاه‌ها، عوامل میکروبی آب از طریق بلعیدن، تنفس میست یا ذرات معلق و پوست در تماس با انسان قرار می‌گیرد. شایعترین بیماری عفونی ناشی از شناگاه‌ها اسهال است و فراوان‌ترین عوامل میکروبی این بیماری‌های اسهالی کریپتوسپوریدیوم، ژیاردیا، شیگلا، نورو‌ویروس و اشرشیا کلی O157:H7 بوده‌اند(۷).

کریپتوسپوریدیوم که می تواند برای چند روز در چاه و استخر زنده بماند، در صدر عوامل میکروبی بیماری‌های اسهالی ناشی از شناگاه‌ها قرار دارد. در کشور آمریکا تعداد موارد بیماری کریپتوسپوریدیازیس از ۳۴۱۱ مورد در سال ۲۰۰۴ به ۱۰۵۰۰ مورد در سال ۲۰۰۸ افزایش پیدا کرده است (۷). اگرچه اغلب میکروارگانیسم‌ها در سطوح توصیه شده برای کلر در آب استخر از بین می‌روند، اما برخی میکروارگانیسم‌ها نظیر کریپتوسپوریدیوم مقاومت بالایی به کلر داشته و دوز توصیه شده کلر راندمان بالایی در غیرفعال سازی آنها ندارد(۸).

به منظور جلوگیری از انتقال بیماری‌های عفونی، کنترل کیفیت میکروبی آب استخر از طریق تصفیه مناسب آب (شامل فیلتراسیون و گندزدایی)، تعویض آب، نظافت (شامل بهداشت عمومی، استفاده از حمام و حوضچه گندزدایی)، پایش منظم کیفیت آب و نظارت بر کیفیت بهره‌برداری و نگهداری سیستم تامین می‌شود (۹، ۱۰). شاخص‌های میکروبی مورد استفاده در ارزیابی کیفیت آب استخرها عبارتند از شمارش بشقابی هتروتروفیک (Heterotrophic plate count: HPC)، کلیفرم‌های گرماپای، سودوموناس آئروژینوزا و استافیلوکوکوس ارئوس. پارامترهای فیزیکوشیمیایی کدورت، مقدار ماده گندزدا و pH تاثیر قابل توجهی بر کیفیت میکروبی آب داشته و کنترل و پایش آنها برای تامین کیفیت میکروبی مطلوب آب استخر ضروری است (۹).

مطالعات زیادی بر روی کیفیت میکروبی آب استخرها صورت گرفته است، اما بیشتر مطالعات تنها به توصیف وضعیت موجود پرداخته و تحلیل علل و عوامل مشکلات کیفیت میکروبی مورد توجه قرار نگرفته است (۱۴-۱۱). در یک مطالعه در کشور آمریکا در سال ۲۰۱۰، از ۸ استخر عمومی مورد بررسی خطر آلودگی میکروبی آب یک استخر به دلیل نقص اساسی در سیستم گندزدایی بالا بود و توقف فوری فعالیت واحد مذکور تا رفع نقص توصیه گردید (۸). Guida و همکاران کیفیت میکروبی آب استخرهای شنای تفریحی و توانبخشی در شهر ناپل ایتالیا را طی دو سال مطالعه نمودند، بعلت بالاتر بودن بار شناگران آلودگی میکروبی آب استخرهای تفریحی بیشتر از استخرهای توانبخشی بود، همچنین مشاهده شد که افزایش زمان تماس کلر و میزان رقیق‌سازی آب، آلودگی سودوموناس آئروژینوزا را کاهش می‌دهد (۱۵). در مطالعه دیگری که توسط Martin و همکاران بر روی استخرهای شهر سائوپائولو برزیل انجام شد، موارد مثبت HPC، کل کلیفرم‌ها، استافیلوکوک و کلیفرم‌های گرماپای به ترتیب ۷۰/۴، ۱۳/۳، ۹/۱ و ۵/۶ ٪ بود (۱۴).

با توجه به اهمیت و نقش کیفیت میکروبی آب استخرها در بهداشت عمومی، این مطالعه به منظور ارزیابی کیفیت میکروبی آب استخرهای عمومی شهر تهران در سال ۱۳۹۲ انجام شد. در این مطالعه علاوه بر تعیین وضعیت موجود، علل و عوامل

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018

مشـکلات کیفیت میکروبی آب استخرها تجزیه و تحلیل شده و مداخلات مؤثرتر بر بهبود کیفیت میکروبی آب اسـتخرهای مورد مطالعه تعیین گردید.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و سنجش کیفیت آب

این پژوهش یک مطالعه مقطعی (Cross Sectional) جامع با رویکرد توصیفی تحلیلی است که در آن کیفیت میکروبی آب کلیه استخرهای عمومی شهر تهران در سال ۱۳۹۲ ارزیابی شد. نمونه‌برداری آب در یک مرحله از هر استخر (از محل کم‌عمق اسـتخر با بیشترین تراکم شـناگر) صورت گرفت. پارامترهای کیفی مورد سـنجش در نمونه‌ها عبارت بودنـد از کلیفرم‌های گرماپای، HPC، کلر آزاد باقیمانده، کدورت، pH و دما. کلیه مراحل نمونه‌برداری، انتقال به آزمایشـگاه و سنجش پارامترها مطابق روش اسـتاندارد انجام شـد (۱۶). کلیفرم‌های گرماپای به روش تخمیر ۱۵ لوله‌ای سـنجش شـده و نتیجه آزمایش به صورت محتمل‌ترین تعـداد (Most probable number: MPN) در ۱۰۰ mL گزارش گردید (۱۰). برای سنجش تراکم HPC نیز از روش شـمارش بشقابی هتروتروفیک استفاده شد و نتیجه آزمایش بصورت تعداد کلنی تشـکیل شده (Colony forming unit: cfu) در هر mL آب ارائه گردید.

بازرسی محلی

برای بررسـی عوامل مؤثـر بر کیفیت میکروبی آب اسـتخرها، پارامترهـای محیطـی از جملـه وضعیت سیسـتم تصفیه آب، تعویـض و بازچرخش آب، سـرانه فضای هر شـناگر، نظافت شامل بهداشت عمومی، استفاده از حمام و حوضچه گندزدایی با استفاده چک لیست مورد تایید وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی بازرسـی گردید و براساس مشاهده، داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری گردید. از آنجایی که برخی از اسـتخرها هم سانس آقایان و هم سانس بانوان داشت، جهت ارزیابی و مقایسه کیفیت آب اسـتخرهای زنانه و مردانه، در این مطالعه جنسیت شناگران در زمان بازرسی و نمونه‌برداری ملاک عمل قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از سـنجش نمونه‌های آب و بازرسـی محلی اسـتخرهای مورد مطالعه وارد نرم‌افزار SPSS شـد. با توجه به اینکه توزیع داده‌ها نرمال نبود، برای بررسـی ارتباط عوامل محیطی و کیفیـت میکروبی آب از آزمون‌هـای ناپارامتری به ویژه کروسـکال والیس استفاده شد و برای تعیین معناداری اثر، از دامنه اطمینان ۹۵ ٪ (P value < ۰/۰۵) استفاده گردید.

بمنظـور ایجاد تصویر جامع و موجزی از کیفیت میکروبی آب اسـتخر، در این مطالعه از شـاخص مجمـوع کیفیت میکروبی آب اسـتخر نیز اسـتفاده شـد. با توجه به عدم وجود شاخص برای کیفیت آب استخرهای شنا، از چارچوب شاخص کیفیت آب شـرب که توسـط Nabizadeh و همـکاران (۱۷) ارائه شده، استفاده گردید. این شاخص ساختار انعطاف‌پذیری دارد، بـا توجه به کاربری آب پارامترهای کیفی ورودی به شـاخص انتخاب شده و بر اساس نظر متخصصین کیفیت آب، وزن‌دهی می‌شـوند. مقادیر هر پارامتر ورودی از طریق مقایسه با مقادیر معیار مربوطه به زیرشـاخص تبدیل می‌شود و بر اساس مقادیر زیرشـاخص‌ها، مقدار شاخص محاسبه شده و تفسیر می‌گردد. در این مطالعه از مقادیر استاندارد ملی کیفیت آب استخرها بعنوان معیار مقایسه استفاده شد. پارامترهای ورودی به شاخص مجموع کیفیت میکروبی آب اسـتخر، معیار مقایسـه (SV_i) و ضریب وزنی آنها (w_i) در جدول ۱ آورده شـده اسـت. ضرایب وزنی نسبی، زیرشاخص‌ها و شـاخص مجموع کیفیت میکروبی آب استخر به ترتیب از معادلات (۱)، (۲) و (۳) محاسبه می‌شوند:

$$w_{ri} = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad i = ۱, ۲, ..., n \qquad (۱)$$

$$q_i = \frac{C_i}{SV_i} \times 100 \qquad (۲)$$

$$WQI = \sum_{i=1}^{n} w_{ri} \times q_i \quad i = ۱, ۲, ..., n \qquad (۳)$$

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018

که در آنها w_{ri} ضریب وزنی پارامتر کیفی iام، n تعداد پارامترهای کیفی ورودی، q_i زیرشاخص پارامتر کیفی iام، C_i مقدار پارامتر کیفی iام و WQI شاخص مجموع کیفیت میکروبی آب استخر است.

در پارامترهایی که دارای معیار حداکثر و حداقل مجاز هستند، در سنجش‌های کمتر از حداقل مجاز کسر رابطه زیرشاخص معکوس می‌شود. این شاخص کیفیت میکروبی آب استخر را در پنج دسته عالی (۵۰-۰)، خوب (۱۰۰-۵۱)، متوسط (۲۰۰-۱۰۱)، مرزی (۳۰۰-۲۰۱) و نامناسب (بالاتر از ۳۰۰) طبقه‌بندی و توصیف می‌نماید.

جدول ۱- پارامترهای ورودی به شاخص مجموع کیفیت میکروبی آب استخر، معیار مقایسه و ضریب وزنی آنها

پارامتر	واحد	SV_i	w_i	w_{ri}
کلیفرم‌های گرماپای	MPN/100mL	۱	۶	۰/۳۰
HPC	cfu/mL	۲۰۰	۴	۰/۲۰
کلر آزاد باقیمانده	$mgCl_2/L$	۱-۳	۵	۰/۲۵
کدورت	NTU	۰/۵	۳	۰/۱۵
pH	-	۷/۲-۷/۸	۲	۰/۱۰
مجموع	-	-	۲۰	۱/۰۰

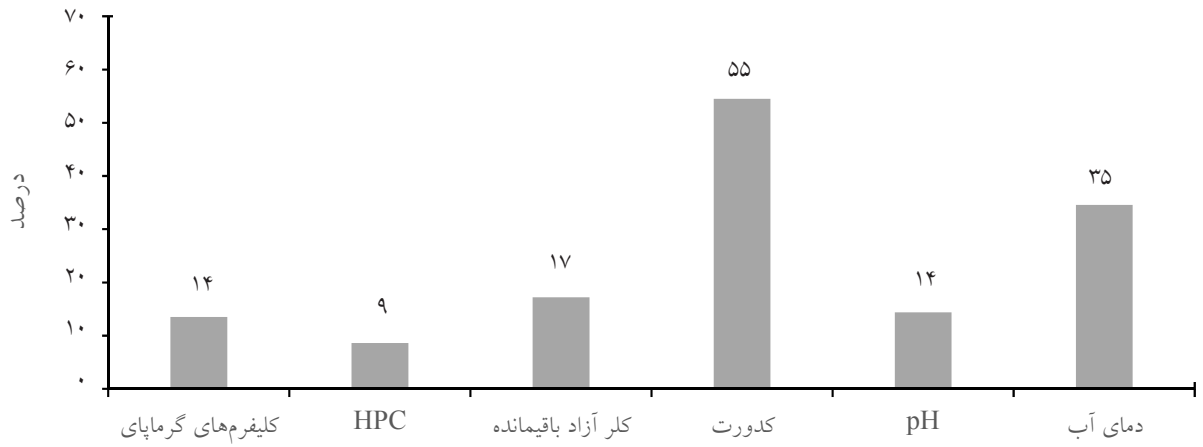
یافته‌ها

در این مطالعه ۳۰۲ استخر عمومی شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر پارامترهای کیفیت آب استخرهای عمومی شهر تهران در جدول ۲ و نسبت موارد نامطلوب آنها (تخطی از استاندارد) در نمودار ۱ نشان داده شده است. همانطور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان تخطی از استاندارد مربوط به پارامتر کدورت است، بطوری‌که در ۵۵ ٪ نمونه‌ها میزان کدورت بیشتر از NTU ۰/۵ بوده است، در نقطه مقابل HPC کمترین میزان تخطی از استاندارد را داشت و تنها در ۹٪ نمونه‌ها بیشتر از cfu/mL ۲۰۰ بود. میزان تخطی کلیفرم‌های مدفوعی نیز تفاوت زیادی با پارامتر HPC نداشت و ۱۴٪ بدست آمد. بیشترین و کمترین ضریب تغییرات در کلیفرم‌های گرماپای و pH مشاهده شد.

جدول ۲- مقادیر پارامترهای کیفیت آب استخرهای عمومی شهر تهران

پارامتر	واحد	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (٪)	حداقل	حداکثر
کلیفرم‌های گرماپای	MPN/100mL	۰/۸۷	۴/۵	۵۱۷	۰	۳۹
HPC	cfu/mL	۱۵۴/۵	۱۳۵/۶	۸۸	۰	۴۳۲
کلر آزاد باقیمانده	$mgCl_2/L$	۱/۸	۰/۸۲	۴۶	۰	۶/۰
کدورت	NTU	۰/۶۸	۰/۵۳	۷۸	۰	۹/۰
pH	-	۷/۶	۰/۲۷	۴	۶/۸	۸/۴
دمای آب	°C	۲۸/۰	۳/۰	۱۱	۲۱	۳۵

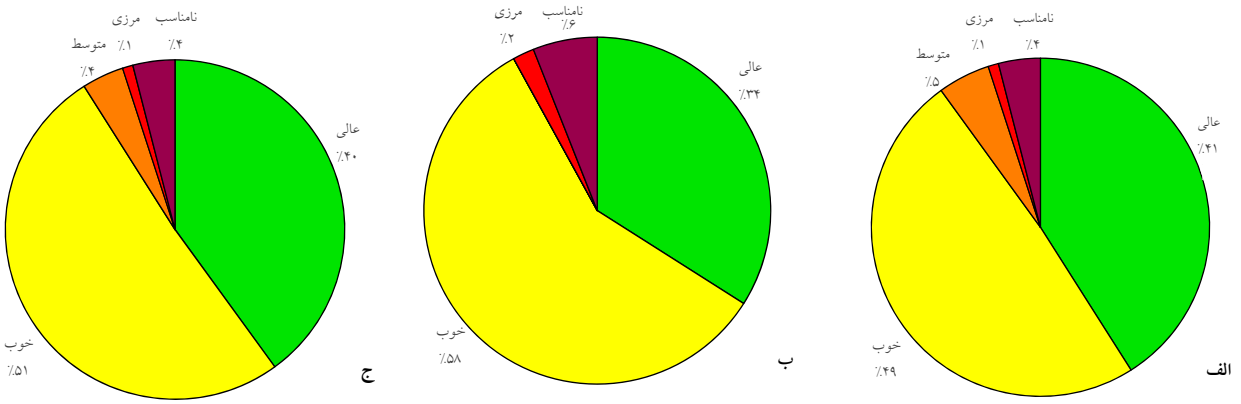
Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018



نمودار ۱- نسبت موارد نامطلوب (تخطی از استاندارد) پارامترهای کیفیت آب استخرهای عمومی شهر تهران

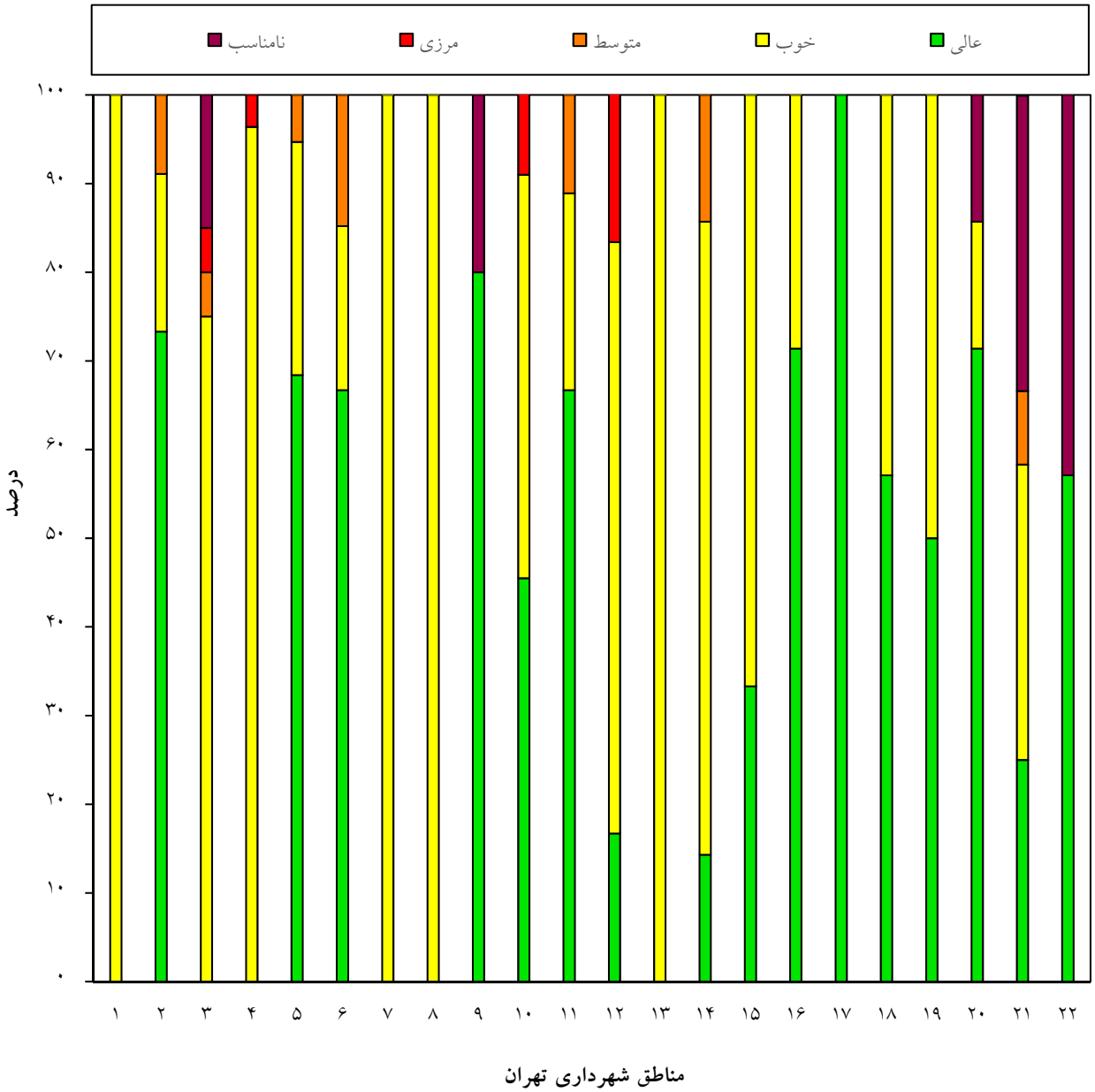
توصیف و طبقه‌بندی کیفیت میکروبی آب اســتخرهای عمومی شــهر تهران به تفکیک جنسیت در نمودار ۲ آورده شده است. همانطور که در این نمودار مشــاهده می‌شود، کیفیت میکروبی آب بیشــتر استخرهای مورد بررســی (هم استخرهای آقایان و هم اســتخرهای بانوان) در محدوده عالی و خوب قرار داشت، بطوری که از مجموع ۳۰۲ استخر مطالعه شده، کیفیت میکروبی آب در ۱۲۰ اســتخر عالی و در ۱۵۳ استخر خوب ارزیابی شد.

نمودار ۳ توزیع مکانی کیفیت میکروبی آب استخرهای عمومی شــهر تهران را نشــان می‌دهد. مطابق نمــودار ۳، در منطقه ۱۷ کیفیت میکروبی آب کلیه اســتخرها عالی بود. در مناطق ۱، ۷، ۸ و ۱۳ کیفیت میکروبی آب کلیه استخرها خوب ارزیابی شد. کیفیت میکروبی نامناســب آب استخر تنها در مناطق ۳، ۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲ مشاهده شد.



نمودار ۲- طبقه‌بندی کیفیت میکروبی آب استخرهای عمومی شهر تهران به تفکیک جنسیت:
(الف) استخرهای بانوان، (ب) استخرهای آقایان و (ج) کل استخرها

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018



نمودار ۳- طبقه‌بندی کیفیت میکروبی آب استخرهای عمومی به تفکیک مناطق شهرداری تهران

وضعیت بهره‌برداری استخرهای مورد مطالعه در جدول ۳ خلاصه شده است. در بیشتر استخرهای بررسی شده وضعیت استفاده از حوضچه پاشویه و دوش/حمام قبل از ورود به استخر و نظافت و بهداشت عمومی خوب ارزیابی شده است. در نقطه مقابل در بازچرخش آب و بهره‌برداری سیستم تصفیه آب مشکلات زیادی گزارش شد؛ بطوریکه در ۸۸ ٪ استخرها زمان بازچرخش آب بیشتر از ۳ h بود و وضعیت خوب، متوسط، ضعیف و بسیار ضعیف بهره‌برداری سیستم تصفیه آب به ترتیب در ۴۵، ۴۰، ۸ و ۷ ٪ استخرهای مورد بررسی مشاهده شد.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018

جدول ۳- وضعیت بهره‌برداری استخرهای عمومی شهر تهران

پارامتر	وضعیت	نسبت (٪)
سرانه فضای هر شناگر	بیشتر از ۳ m^2	۹۱/۳
	کمتر از ۳ m^2	۸/۷
مقدار تعویض آب	بیشتر از ۳۰ L به ازای هر نفر	۶۶/۵
	کمتر از ۳۰ L به ازای هر نفر	۳۳/۵
زمان بازچرخش آب	کمتر از ۳ h	۱۱/۹
	بیشتر از ۳ h	۸۸/۱
بهره‌برداری سیستم تصفیه آب	خوب	۴۴/۶
	متوسط	۳۹/۷
	ضعیف	۸/۵
	بسیار ضعیف	۷/۲
استفاده از حوضچه پاشویه قبل از ورود به استخر	خوب	۷۴/۵
	متوسط	۱۸/۶
	ضعیف	۲/۸
	بسیار ضعیف	۴/۱
استفاده از دوش/ حمام قبل از ورود به استخر	خوب	۶۹/۲
	متوسط	۲۶/۴
	ضعیف	۱/۹
	بسیار ضعیف	۲/۵
نظافت و بهداشت عمومی	خوب	۷۴/۸
	متوسط	۱۷/۹
	ضعیف	۳/۵
	بسیار ضعیف	۳/۸

بحث

در استخرها برای مقابله با عوامل میکروبی بیماریزا استفاده از فرایند تصفیه و گندزدایی ضروری است. بهترین و پرکاربردترین مواد گندزدا در استخرهای شنا ترکیبات کلر هستند. محدوده استاندارد غلظت کلر آزاد باقیمانده در آب استخر $mgCl_2/L$ ۳-۱ است (۱۰)، غلظت‌های پایین مانع از گندزدایی مؤثر می‌شود، غلظت‌های بالای کلر نیز مضر است، زیرا از یک سو خطراتی برای پوست، چشم‌ها و دستگاه

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018

تنفسی ایجاد نموده و از سوی دیگر با ایجاد خوردگی به اجزای سازه‌ای آسیب می‌رساند و همچنین دارای طعم و بوی نامطبوعی است، لذا این ماده گندزدا باید با کمال دقت مورد استفاده و پایش قرار گیرد. طی بررسی انجام شده میانگین کلر آزاد باقیمانده در آب استخرهای عمومی شهر تهران $mgCl_2/L$ ۱/۸ (محدوده $mgCl_2/L$ ۶-۰) بدست آمد. نسبت سنجش‌های غلظت کلر آزاد باقیمانده کمتر از $mgCl_2/L$ ۱ و بیشتر از $mgCl_2/L$ ۳ به ترتیب ۱۶/۲ و ۱/۰ ٪ بود و کلر آزاد باقیمانده آب ۸۲/۸ ٪ استخرها در محدوده استاندارد قرار داشت. ارتقای شاخص میزان کلر آزاد باقیمانده ضروری به نظر می رسد. در مطالعه Mehdinejad و همکاران بر روی کیفیت آب استخرهای عمومی شهر گرگان، ۶۲ ٪ سنجش‌های صورت گرفته غلظت کلر آزاد باقیمانده کمتر از حد استاندارد بود (۱۱). در مطالعه Rabi و همکاران بر روی کیفیت آب استخرهای عمومی شهر امان، غلظت کلر آزاد باقیمانده در بیشتر از نیمی از استخرها با استاندارد مطابقت نداشت (۱۸). در مطالعه‌ای دیگر که توسط Khodadadi و همکاران (۱۲) در شهر بیرجند انجام شد، در ۷۵ ٪ موارد غلظت کلر آزاد باقیمانده آب استخر خارج از محدوده استاندارد بود.

شفافیت آب استخر از مهمترین ویژگی‌های ظاهری آب استخرهای شنا است، از طرف دیگر عدم شفافیت و کدورت زیاد باعث اختلال در فرایند گندزدایی و کاهش کارایی آن می‌شود (۹). مطابق بررسی انجام شده میانگین کدورت آب استخرهای عمومی شهر تهران NTU ۰/۶۸ (محدوده NTU ۹-۰) بدست آمد و کدورت ۴۵/۵ ٪ آب استخرها در محدوده استاندارد بود. لذا توجه به فرایند صاف‌سازی و کاهش کدورت تا مقدار مجاز برای دستیابی به کارایی مطلوب گندزدایی و کیفیت فیزیکی مناسب آب اهمیت زیادی دارد. در مطالعه Khodadadi و همکاران (۱۲) بر روی استخرهای شنا در شهر بیرجند کدورت در ۵۳ ٪ نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد بود.

پارامتر pH یکی از مهمترین خواص شیمیایی آب استخر بوده، علاوه بر اثر مستقیم بر سلامت شناگران با تاثیر بر عملکرد سامانه گندزدایی و کیفیت میکروبی آب، بطور غیرمستقیم نیز بر سلامت شناگران اثرگذار است. مقادیر pH بالاتر از ۷/۸ عملکرد کلرزنی در غیرفعال‌سازی میکروبی را کاهش داده و موجب افزایش رسوبگذاری بر روی تجهیزات می‌شود (۱۹). مقدار pH ۴/۸٪ آب استخرهای کمتر از ۷/۲ و pH ۹/۶٪ آنها بیشتر از ۷/۸ بود. در مطالعه Khodadadi و همکاران (۱۲) در بررسی کیفیت آب استخرهای شهر بیرجند، pH آب در ۴۳٪ موارد نامطلوب بود.

میکروارگانیسم‌های بیماریزا شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، تک‌یاخته‌ها و کرم‌های انگلی از طریق ادرار، مدفوع و بثورات پوستی، چشم، گوش، حلق و بینی شناگران به آب استخرهای شنا منتقل شده و در استخرهای فاقد سامانه‌های کارآمد مدیریت و تصفیه آب در داخل آب و یا در بیوفیلم‌ها رشد و تکثیر می‌یابند، لذا احتمال انتقال بیماری های عفونی در استخرها از طریق تماس و بلعیدن آب وجود دارد (۹، ۲۰). متداول ترین شاخص بررسی کیفیت میکروبی آب استخر باکتری‌های کلیفرم گرماپای هستند (۱۹). میانگین تراکم کلیفرم‌های گرماپای در آب استخرهای شهر تهران MPN/100mL ۰/۸۷ (محدوده MPN/100mL ۳۹-۰) بدست آمد. تعداد کلیفرم‌های گرماپای در ۸۶/۵ ٪ استخرهای شهر تهران در محدوده استاندارد قرار داشت و در سایر موارد بیشتر از حد استاندارد بود. در این مطالعه HPC نیز مورد پایش قرار گرفت که همبستگی بالایی با کلیفرم‌های گرماپای داشت (R^2>۰/۹۱). میانگین HPC در آب استخرهای شهر تهران cfu/mL ۱۵۴/۵ (cfu/mL ۴۳۲-۰) بود و در ۸/۶ ٪ استخرهای شهر تهران، تراکم HPC بالاتر از استاندارد بدست آمد. در مطالعه Martin و همکاران (۱۴) بر روی استخرهای شهر سائوپائولو، موارد مثبت HPC، کل کلیفرم‌ها، استافیلوکوک و کلیفرم‌های گرماپای به ترتیب ۷۰/۴، ۱۳/۳، ۹/۱ و ۵/۶ ٪ بود. در پژوهش Papadopoulou و همکاران (۲۱) بر روی

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018

کیفیت میکروبی آب چند استخر شنای روباز و سرپوشیده در یونان، حدود ۶۷ ٪ نمونه‌های آب از نظر کلیه شاخص‌های مورد بررسی مطابق استاندارد بود. در این مطالعه از ۱۰۷ باکتری شناسایی شده، ۳۸ ایزوله مقاوم از جمله سودوموناس آلکالی‌ژنز، سودوموناس آئروژینوزا، استرپتوکوکوس ارئوس، کلبسیلا پنومونیا، آئروموناس هیدروفیلا و... مشاهده شد و آلودگی سودوموناس آئروژینوزا نرخ بالایی داشت، در نقطه مقابل تک‌یاخته‌های کریپتوسپوریدیوم و ژیاردیا در هیچ یک از نمونه‌ها شناسایی نگردید. همانطور که مشاهده می‌شود، بخش عمده‌ای از آلودگی میکروبی آب استخرهای شنا مدفوعی نبوده، لذا پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی شاخص‌های میکروبی دیگر نیز پایش و ارزیابی گردد.

بررسی اثر پارامترهای کیفیت آب و شرایط بهره‌برداری بر کیفیت میکروبی آب استخر نشان داد که غلظت کلر آزاد باقیمانده، کدورت و pH آب، بار شناگران، زمان بازچرخش آب، مقدار رقیق‌سازی و تعویض آب، نظافت، استفاده از دوش و حوضچه گندزدایی و نحوه بهره‌برداری سیستم تصفیه آب تاثیر معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بر روی شاخص‌های میکروبی مورد مطالعه داشتند، لذا اصلاح وضعیت پارامترهای مذکور اثر قابل ملاحظه‌ای بر بهبود کیفیت میکروبی آب استخرهای مورد مطالعه خواهد داشت. در مطالعات گذشته اثر پارامترهای کیفیت آب و شرایط بهره‌برداری بر کیفیت میکروبی آب استخر به میزان کافی مورد بررسی قرار نگرفته است. در مطالعه Ghaneian و همکاران (۱۳) بر روی استخرهای شهر یزد، همبستگی نسبتا بالایی میان HPC و کدورت مشاهده شد. در مطالعه Mehdinejad و همکاران (۱۱) بر روی استخرهای عمومی شهر گرگان بین pH، کدورت و کلرآزاد باقیمانده و عوامل میکروبی ارتباط معنی دار مشاهده گردید. در مطالعه دیگری که توسط Yousefi و همکاران (۱۶) بر روی استخرهای عمومی شهر ساری انجام گردید، بین کلرآزاد باقیمانده و استافیلوکوک‌ها ارتباط آماری معکوس پیدا شد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه کیفیت میکروبی آب استخرهای عمومی شهر تهران و عوامل مؤثر بر آن بررسی شد. کلیفرم‌های گرماپای و HPC به ترتیب در ۸۴/۵ و ۹۱/۴ ٪ موارد در سطح مطلوب قرار داشتند. سطح مطلوبیت پارامترهای کلر آزاد باقیمانده، کدورت و pH به ترتیب ۸۲/۷، ۴۵/۵ و ۸۵/۶ ٪ بدست آمد. شاخص مجموع کیفیت میکروبی آب استخر، در ۳۹/۶ ٪ استخرها در سطح عالی، در ۵۰/۴ ٪ آنها در سطح خوب و در بقیه استخرها در سطوح پایین‌تر از حد مناسب قرار داشت. کیفیت میکروبی آب استخرهای بانوان تفاوت قابل توجهی با کیفیت میکروبی آب استخرهای آقایان نداشت. پارامترهای مؤثرتر بر کیفیت میکروبی آب استخرهای مورد مطالعه عبارت بودند از غلظت کلر آزاد باقیمانده، کدورت و pH آب، بار شناگران، زمان بازچرخش آب، مقدار رقیق‌سازی و تعویض آب، نظافت، استفاده از دوش و حوضچه گندزدایی و نحوه بهره‌برداری سیستم تصفیه آب. در این مطالعه وضعیت کلی کیفیت میکروبی آب استخرهای تهران قابل قبول ارزیابی شد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از همکاری پرسنل بهداشت محیط معاونت‌های بهداشتی دانشگاه‌های علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران و ایران و مسئولین استخرهای شنا قدرانی می‌نمایند.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018

منابع

1. United State Census Bureau. Statistical abstract of the United States, Arts, recreation, and travel: Participation in selected sports activities. USA: United State Census Bureau; 2009.
2. United States Department of Health and Human Services. Physical activity guidelines for Americans. USA: United States Department of Health and Human Services; 2009.
3. Chase NL, Sui X, Blair SN. Swimming and all-cause mortality risk compared with running, walking, and sedentary habits in men. International Journal of Aquatic Research and Education. 2008;2(3):213-23.
4. Lotshaw AM, Thompson M, Sadowsky HS, Hart MK, Millard MW. Quality of life and physical performance in land-and water-based pulmonary rehabilitation. Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention. 2007;27(4):247-51.
5. Broman G, Quintana M, Engardt M, Gullstrand L, Jansson E, Kaijser L. Older women's cardiovascular responses to deep-water running. Journal of Aging and Physical Activity. 2006;14(1):29-40.
6. Cider Å, Sveälv BG, Täng MS, Schaufelberger M, Andersson B. Immersion in warm water induces improvement in cardiac function in patients with chronic heart failure. European journal of heart failure. 2006;8(3):308-13.
7. Yoder JS, Wallace RM, Collier SA, Beach MJ, Hlavsa MC, Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Cryptosporidiosis surveillance—United States, 2009–2010. Morbidity and Mortality Weekly Report. Surveillance Summaries. 2012;61(5):1-12.
8. Hendrix L, Ludwig D, Franklin B, Maitoza C, Doxford N, Ford S, et al. Violations identified from routine swimming pool inspections-selected states and counties, United States, 2008. Morbidity and Mortality Weekly Report. 2010;59(19):582-87.
9. WHO. Guidelines for Safe Recreational Water Environments, Volume 2: Swimming Pools, Spas and Similar Recreational Water Environments. Geneva: World Health Organization; 2006.
10. WHO. Guidelines for Safe Recreational Water Environments, Volume 1, Coastal and Fresh Waters. Geneva: World Health Organization; 2003.
11. Mehdinejad MH. Determination of quality health index in swimming pool water of Gorgan city. Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2003;5(2):89-95 (in Persian).
12. Khodadadi M, Barikbin B, Azizi M, Aliabadi R. The investigation of microbial status and physicochemical parameters in swimming pools water of Birjand City. Journal of Birjand University of Medical Sciences. 2005;12(3):9-15 (in Persian).
13. Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Dad V, Amrollahi M, Dehvari M, Jamshidi B. An investigation on physicochemical and microbial water quality of swimming pools in Yazd. The Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. 2012;20(3):340-49 (in Persian).
14. Martins M, Sato M, Alves M, Stoppe N, Prado V, Sanchez P. Assessment of microbiological quality for swimming pools in South America. Water Research. 1995;29(10):2417-20.
15. Guida M, Galle F, Mattei M, Anastasi D, Liguori G. Microbiological quality of the water of recreational and rehabilitation pools: a 2-year survey in Naples, Italy. Public Health. 2009;123(6):448-51.
16. Yousefi Z. Study of the pollution condition of swimming pools in Sari City for the Staphylococcus aurous. Iranian Journal of Health and Environment. 2009;2(3):178-87 (in Persian).
17. Nabizadeh R, Amin MV, Alimohammadi M, Naddafi K, Mahvi AH, Yousefzadeh S. Development of innovative computer software to facilitate the setup and computation of water quality index. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2013;11(1):1.
18. Rabi A, Khader Y, Alkafajei A, Aqoulah AA. Sanitary conditions of public swimming pools in Amman, Jordan. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2007;4(4):301-306.
19. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Swimming pools- General requirements, ISIRI No. 11203. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2008 (in Persian).
20. Salvato JA, Nemerow NL, Agardy FJ. Environmental Engineering. 5th ed. New York: John Wiley & Sons; 2003.
21. Papadopoulou C, Economou V, Sakkas H, Gousia P,

Giannakopoulos X, Dontorou C, et al. Microbiological quality of indoor and outdoor swimming pools in Greece: investigation of the antibiotic resistance of the bacterial isolates. İnternational Journal of Hygiene and Environmental Health. 2008;211(3):385-97.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 18:48 IRST on Thursday October 18th 2018

Availible online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Analytic Assessment of Microbial Water Quality in Public Swimming Pools of Tehran in 2013

A Beiki[1], M Yunesian[2*], R Nabizadeh[3], R Saeedi[4], L Sori[5], M Abtahi[6]

[1] Center of Environmental and Occupational Health, Ministry of Health and Medical Education, Tehran, Iran
[2] Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Institute of Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3] Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Institute of Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[4] Department of Health Sciences, Faculty of Health, Safety and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[5] Operation Office of Pardis Rural Water and Wastewater Company, Tehran, Iran
[6] Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 20 December 2015
Revised: 6 March 2016
Accepted: 16 March 2016
Published: 6 June 2016

Key words: Public swimming pool, Water quality, Heterotrophic plate count, Thermotolerant coliforms, Tehran

***Corresponding Author:**
yunesian@tums.ac.ir

ABSTRACT

Background and objectives: Swimming is one of the most popular sport fields and entertainments that has considerable benefits for human health, but on the other hand microbial water contamination in swimming pools through transmission and spread of infectious diseases is a significant threat against public health. In this study, microbial water quality of all public swimming pools in Tehran were assessed and effective factors on microbial water quality were analyzed.

Materials and Methods: This cross-sectional study with the analytical approach was performed in 2013. The whole public swimming pools in Tehran were inspected and water samples were taken for measurement of microbial indicators including thermotolerant coliforms, heterotrophic plate count (HPC), and physicochemical parameters affecting the microbial water quality including turbidity, free residual chlorine and pH and an integrated swimming pool microbial water quality index were used to describe the overall situation. Operational parameters with probable effects on microbial water quality were checked through inspection using a checklist.

Results: The assessment of the swimming pool microbial water quality indicated that the compliance rates of thermotolerant coliforms and HPC were 91.4 and 84.5%, respectively. Compliance rates of free residual chlorine, turbidity, pH, and temperature were also obtained to be 82.7, 45.5, 85.6, and 65.4% respectively. Based on the integrated swimming pool microbial water quality index, the proportions of swimming pools with excellent and good microbial water quality were 39.6 and 50.4% respectively and the others had not proper microbial water quality. The parameters of water free residual chlorine and turbidity, swimmer density, water recirculation period, dilution amount, cleaning, usage rates of shower and disinfection basin and operation of water treatment systems had significant effects on the microbial indicators ($P<0.05$).

Conclusion: The study showed that the overall microbial water quality status of public swimming pools in Tehran was acceptable and analysis of the results determined the most efficient interventions for improvement of the microbial water quality of the pools.

Please cite this article as: Beiki A, Yunesian M, Nabizadeh R, Saeedi R, Sori L, Abtahi M. Analytic assessment of microbial water quality in public swimming pools of Tehran in 2013. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(1):15-26.