Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences
Vol. 20, No. 3, Jul- Aug 2012
Pages: 340-349

مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
دوره ۲۰ ، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۱
صفحه: ۳۴۹-۳۴۰

# بررسی وضعیت کیفیت فیزیکو شیمیایی و میکروبی آب استخرهای شنای شهر یزد

**محمد تقی قانعیان[۱]، محمدحسن احرامپوش[۲]، ولی داد[۳]، محسن امراللهی*[۴]، محبوبه دهواری[۵]، بهزاد جمشیدی[۶]**

۱- استادیار گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
۲- استاد گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
۳- کارشناس میکروب شناسی، آزمایشگاه بهداشت آب و فاضلاب، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
۴،۶،۵- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی وخدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۱۸

**چکیده**

**مقدمه:** عدم رعایت ضوابط بهداشتی و گندزدایی مناسب آب و محیط استخرهای شنا در بروز مشکلات بهداشتی و انتقال بیماری‌های عفونی به شناگران مؤثر است. هدف از این تحقیق، بررسی جامع آب استخرهای شنای شهر یزد و مقایسه نتایج آنها با استانداردهای ملی بوده است.

**روش بررسی:** در این تحقیق از ۱۱ استخر شنای سرپوشیده فعال شهر یزد، به صورت سرشماری نمونه‌برداری شد و پارامترهای درجه حرارت، pH، میزان کلر باقیمانده، کدورت، قلیاییت، سختی، جمعیت باکتری‌های هتروتروف، استافیلوکوک اورئوس، سودوموناس آئروژینوزا، استرپتوکوک مدفوعی و کلیفرم مدفوعی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه برداری طی ۳ ماه هر دو هفته یکبار انجام و نمونه‌ها مطابق با روش‌های استاندارد آزمایش شد.

**نتایج:** در این تحقیق، میزان pH در ۸۴/۷۳، کلر آزاد باقیمانده در ۴۴/۱۸، کلر ترکیبی در ۷۲/۴۵، قلیاییت در ۱۹/۸۲، کدورت در ۸۶/۳۶، سختی در ۵۷/۱۸ و دما در ۱۳/۷۳ درصد نمونه‌ها مطلوب بود. باکتری استرپتوکوک مدفوعی، در آب هیچ یک از استخرها مشاهده نشد و جمعیت باکتری‌های هتروتروف، استافیلوکوک اورئوس، سودوموناس آئروژینوزا و کلیفرم مدفوعی به ترتیب در ۵۶/۷۳، ۹۳/۲۷ و ۷۹/۳۶ و ۹۱/۴۵ درصد موارد مطلوب بوده است. آنالیز آماری داده‌ها نشان داد بین جمعیت باکتری‌های هتروتروف و کدورت آب رابطه مستقیم وجود دارد.

**نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج، شاخص‌های جمعیت باکتری هتروتروف و همچنین قلیاییت و دما کمترین تطابق را با استاندارد دارند که نشان دهنده ضرورت پایش مداوم شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب و همچنین کنترل وضعیت فیلتراسیون و گندزدایی آب استخر می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** استخر شنا، کیفیت فیزیکوشیمیایی، کیفیت میکروبی، یزد

*(نویسنده مسئول)؛ تلفن: ۰۹۱۰۳۰۹۰۱۸۶، پست الکترونیکی: moamrollahi@gmail.com

[ Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

**مقدمه**

شنا یکی از ورزش‌های لذت بخش و مفرح به ویژه در فصل گرماست(۱). این ورزش علاوه بر ایجاد نشاط و انبساط روحی، دارای اثرات قطعی و شناخته شده‌ای بر سلامت جسم، به ویژه عضلات و مفاصل است. اهمیت این ورزش از آنجا بیشتر می‌شود که از لحاظ مذهبی نیز تأکید فراوانی برای یادگیری آن شده است. به هر حال استخرهای شنا به علت اینکه بطور همزمان مورد استفاده افراد متعددی قرار می‌گیرند، با مسائل و خطرات بهداشتی همراه می‌باشند. این خطرها را می‌توان به سه دسته خطرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی تقسیم نمود. بطور معمول مهمترین خطر، خطر میکروبی و بیماری‌های ناشی از آن است(۲). از جمله این بیماری‌ها می‌توان به بیماری‌های دستگاه گوارش(وبا، حصبه، اسهال باسیلی، هپاتیت عفونی E و A)، بیماری‌های چشم(تراخم، ورم ملتحمه)، گوش و حلق و بینی(گلو درد چرکی) و بیماری‌های پوست(انواع کچلی، عفونت قارچی بین انگشتان پا و عفونت‌های ناشی از مایکو باکتریوم مارینوم) اشاره کرد(۳،۴). در موارد زیادی ریسک بیماری یا عفونت، از راه دفع اتفاقی مدفوع توسط شناگر، استفراغ، بزاق دهان، پوست و شسته شدن باقیمانده‌های مدفوعی بدن شناگران توسط آب استخر افزایش می‌یابد(۵). افراد مبتلا می‌توانند به صورت مستقیم آب استخر، سطوح اشیاء و تسهیلات استفاده شده در استخرها را با پاتوژن‌ها آلوده سازند. پاتوژن‌های فرصت طلب به ویژه باکتری‌ها می‌توانند از سطح بدن افراد آلوده آزاد شده و از طریق آب یا سطوح آلوده باعث انتقال بیماری به سایر شناگران شوند. از این گروه پاتوژن‌ها می‌توان به سودوموناس آئروژینوزا اشاره نمود که موجب عفونت گوش خارجی و فولیکولیتیس می‌شود. علاوه بر مخاطرات میکروبی، مواد شیمیایی مورد استفاده در 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 نمایند(۶). از این رو مدیریت مناسب و پایش مداوم استخرهای شنا به منظور اطمینان از روش‌های تصفیه و سالم بودن آب در راستای حفاظت از بهداشت عمومی، امری ضروری و لازم به شمار می‌آید. چندین عامل به عنوان شاخص کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب استخرها پیشنهاد شده است که با اندازه‌گیری آنها می‌توان از سلامت کیفی آب استخرها آگاهی حاصل نمود. شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی شامل دمای آب، کدورت، pH، قلیائیت، سختی و جمعیت میکروبی شامل کلیفرم‌های مدفوعی، باکتری‌های هتروتروف، باکتری‌های استافیلوکوک اورئوس، استرپتوکوک مدفوعی و سودوموناس آئروژینوزا در آب استخر هستند(۹-۷). ضمن آنکه شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف(HPC) به عنوان مهمترین شاخص کارآیی گندزدایی آب، کلیفرم‌ها و استرپتوکوک‌های مدفوعی به عنوان شاخص آلودگی مدفوعی و استافیلوکوک اورئوس و سودوموناس آئروژینوزا به عنوان شاخص‌های مخاطره بهداشتی آب در نظر گرفته شده‌اند. در مطالعه‌ای که توسط Martins و همکارانش به منظور ارزیابی کیفی آب استخرهای شنا در شهر سائوپائولوی برزیل در سال ۱۹۹۵ انجام شد، ۱۳۴۵ نمونه آب از ۶۰ استخر شنا در مدت ۴ سال برای آنالیز مجموع کلیفرم‌ها، کلیفرم‌های مدفوعی، استرپتوکوک‌های مدفوعی، باکتری‌های هتروتروف، استافیلوکوک اورئوس، کاندیداآلبیکانس و سودوموناس آئروژینوزا برداشتند. بیشترین نتایج مثبت به ترتیب مربوط به باکتری‌های هتروتروف(۷۰/۴٪)، مجموع کلیفرم‌ها(۱۳/۳٪)، استافیلوکوک اورئوس (۹/۱٪)، استرپتوکوک مدفوعی(۷/۷٪)، کلیفرم مدفوعی(۵/۶٪) و سودوموناس (۲٪) بود(۱۰). در مطالعه دیگری که توسط Papadopoulou و همکاران در شمال غربی یونان جهت ارزیابی کیفی استخرهای شنا انجام شد، در مجموع ۴۶۲ نمونه آب از سه استخر سرپوشیده(استخر آموزشی، استخر عمومی، استخر آب درمانی) و دو استخر سرباز(استخر هتل نیمه دولتی و استخر مسکونی خصوصی) جمع‌آوری و آنالیز شد. ۶۷٪ از نمونه‌ها با استانداردهای میکروبیولوژی مطابقت داشتند و ۳۲/۹٪ از نمونه‌ها بیشتر از حد استاندارد بودند. از مجموع ۱۰۷ باکتری جدا شده، ۳۸مورد(۳۵/۵٪) از گونه‌های مقاوم شامل سودوموناس آلکالی ژنز، استافیلوکوک اورئوس، سودوموناس



[ Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

آئروژینوزا و کلبسیلا پنومونیا بودند(۵). در مطالعه دیگری که توسط Rabi و همکاران در آب تمام استخرهای عمومی شهر امان در کشور اردن انجام گرفت، نتایج نشان داد که شاخص‌های میکروبی در ۵۶/۵٪، کلر باقیمانده در ۴۹/۴٪، pH در ۸۷/۸٪ و درجه حرارت در۴۸/۸٪ موارد با استانداردها مطابقت داشتند(۱۱). در مطالعه دیگری که توسط Nikaeen و همکاران به منظور سنجش آلودگی آب استخرهای شنای شهر اصفهان در سال ۲۰۱۰ انجام شد، از ۲۵ استخر عمومی این شهر نمونه برداری و شاخص‌های دما، کلر آزاد باقیمانده، کدورت و شاخص‌های میکروبی شامل جمعیت باکتری هتروتروف، استافیلوکوک اورئوس، سودوموناس آئروژینوزا، استرپتوکوک مدفوعی و کلیفرم مدفوعی مورد بررسی قرار گرفت. از بین شاخص‌های اندازه گیری شده، pH و کلر آزاد باقیمانده کمترین مطابقت را با استانداردهای موجود داشته و باکتری هتروتروف و کلیفرم مدفوعی شایع‌ترین باکتری‌های جدا شده از استخرهای شنا بودند(۶). با توجه به اهمیت کنترل کیفیت آب استخرهای شنا، این تحقیق با هدف بررسی وضعیت کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب استخرهای شنای فعال شهر یزد در تابستان سال ۱۳۹۰ صورت گرفته است.

**روش بررسی**

در این مطالعه توصیفی- تحلیلی، ۱۱ استخر شنای فعال شهر یزد از نظر وضعیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب، به مدت ۳ ماه در تابستان ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفتند، در این تحقیق تعداد ۶۶ نمونه از آب استخرهای شنا با فواصل دو هفته‌ای برداشته شدند. کلیه استخرهای مورد مطالعه سرپوشیده بودند و دارای سیستم تصفیه آب با جریان چرخشی و زمان ماند ۶ تا ۸ ساعت می‌باشند. از مجموع استخرهای مورد بررسی در این مطالعه، منبع تأمین آب ۱۰ مورد از آنها، سیستم تأمین آب شهری بوده و فقط در یک مورد، منبع آب استخر چاه آب اختصاصی بوده است. به منظور سنجش کیفیت میکروبی، نمونه‌ها در بطری‌های دهانه گشاد با گنجایش ۵۰۰ میلی‌لیتر و استریل، حاوی ۱۰ قطره محلول تیوسولفات سدیم(به منظور خنثی نمودن کلر باقیمانده آب) برداشته شده و در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل شدند و بلافاصله مورد آزمایش قرار گرفتند. در صورت تأخیر در آزمایش، نمونه‌ها در یخچال(۴ درجه سانتیگراد) نگهداری شدند(۱۲،۱۳). محدوده زمانی نمونه برداری برای استخرهای مختلف، متفاوت و بین ساعات ۹ صبح تا ۱۰ شب بود. نمونه‌ها در زمانی برداشته شدند که شناگران در استخرها حضور داشتند تا نمونه‌ها شرایط واقعی و بحرانی را نشان دهند. نقطه نمونه‌برداری، محل خروجی آب از استخرها انتخاب شد. برای نمونه‌برداری، درب بطری را در عمق ۳۰ تا ۴۰ سانتیمتری زیر سطح آب باز نموده، آن را به حالت قائم چرخانده تا آب وارد بطری شده و به خط نشانه برسد. جمع‌آوری نمونه‌ها به گونه‌ای صورت گرفت که فضای خالی در بالای بطری باقی بماند تا عمل اختلاط قبل از انجام آزمایش به راحتی امکان پذیر باشد(۱۳). نمونه‌ها پس از جمع‌آوری به آزمایشگاه مرجع آب و فاضلاب مرکز بهداشت استان یزد انتقال یافته و آزمایشات لازم انجام گردید. شاخص‌های pH، دما، کلر آزاد باقیمانده و کلر ترکیبی در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد و سایر شاخص‌های شیمیایی شامل کدورت، سختی، قلیاییت و آزمون‌های میکروبی در آزمایشگاه و طبق روش‌های ارائه شده در کتاب روش‌های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب تعیین شدند(۱۴). در بررسی‌های آزمایشگاهی، برای اندازه‌گیری pH از pH متر دیجیتال(Palintest مدل Multi 1000) استفاده شد. کلر آزاد باقیمانده به روش کلر سنجی دیجیتال با قرص DPD (Palintest مدل Multi1000) و کیت کلرسنج اندازه‌گیری شد. دمای آب استخرها با دماسنج پرتابل، همچنین کدورت با استفاده از کدورت سنج (EUTECH مدل WL TB1000 CYBERSCAN) و شاخص‌های سختی و قلیائیت به روش تیتراسیون تعیین شدند(۱۴،۱۵).

از نظر شاخص‌های میکروبی، جهت تعیین تعداد کلیفرم‌های مدفوعی از روش تخمیر چند لوله‌ای و برای تخمین تراکم سودوموناس آئروژینوزا، استرپتوکوک‌های مدفوعی و استافیلوکوک اورئوس از روش صافی غشایی و جهت شمارش باکتری‌های هتروتروف از روش شمارش بشقابی بر اساس دستورالعمل ذکر شده



[ Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

در استانداردهای مربوط، استفاده گردید(۱۴). در نهایت نتایج آزمایشات فیزیکو شیمیایی و میکروبی، ثبت و برای توصیف داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و جهت تعیین نرمال و یا غیرنرمال بودن داده‌ها از آزمون Kolmogorov-Smirnov و سپس آزمون‌های آماری ANOVA و T-test(جهت داده‌های با توزیع نرمال) یا Kruskal-Wallis و Mann-Whitney (جهت داده‌های غیرنرمال) استفاده شد. سپس نتایج حاصل به روش مقایسه با استانداردها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

## نتایج

از نقطه نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب استخرهای شنا، بطور میانگین، میزان pH برابر با ۷/۷۴، کلر آزاد باقیمانده برابر با ۲/۰۳ mg/l، کلر ترکیبی برابر با ۰/۷۷ mg/l، قلیاییت برابر با ۱۳۸/۹۴mg/l Caco3، کدورت برابر با ۰/۳۷واحد کدورت(NTU)، سختی برابر با ۲۹۹/۵۴mg/l Caco3 و دما برابر با ۳۰/۸۳$^0$C بود. از نظر ویژگی میکروبی، باکتری استرپتوکوک مدفوعی در هیچ یک از نمونه‌های برداشت شده از آب استخرها مشاهده نگردید. میانگین جمعیت باکتری‌های هتروتروف ۲۲۷۶/۸۲ در یک میلی‌لیتر، استافیلوکوک اورئوس و سودوموناس آئروژینوزا به ترتیب برابر با ۲۲/۷۲ و ۱۳/۸۹ در ۱۰۰ میلی‌لیتر و میانگین جمعیت کلیفرم‌های مدفوعی در آب استخرها، ۱/۶۹ در ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده است. میزان pH در ۸۴/۷۳، کلرآزاد باقیمانده در ۴۴/۱۸، کلر ترکیبی باقیمانده در ۷۲/۴۵، قلیاییت در ۱۹/۸۲، کدورت در ۸۶/۳۶، سختی در ۵۷/۱۸ و دما در ۱۳/۷۳ درصد نمونه‌های مورد بررسی در حد مطلوب بوده است. بر اساس نتایج، جمعیت باکتری‌های هتروتروف، استافیلوکوک اورئوس و سودوموناس آئروژینوزا، استرپتوکوک مدفوعی و کلیفرم مدفوعی به ترتیب در ۵۶/۷۳، ۹۳/۲۷، ۷۹/۳۶، ۱۰۰ و ۹۱/۴۵ درصد موارد، وضعیت مطلوب داشتند. با توجه به نتایج بدست آمده با استفاده از آزمون‌های آماری ANOVA و Kruskal-Wallis رابطه معنی‌داری (p=۰/۰۰۱) بین جمعیت باکتری‌های هتروتروف و کدورت مشاهده گردید. نتایج بدست آمده حاکی از تفاوت معنادار بین باکتری هتروتروف با p=۰/۰۴۱ و کلر آزاد باقیمانده با p= ۰/۰۰۱ در آب استخرها است. مقادیر میانگین و انحراف معیار نتایج حاصل از سنجش شاخص‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب به تفکیک استخرهای مورد بررسی در جداول ۱ و ۲ و همچنین مقادیر میانگین، انحراف معیار و درصد موارد مطلوب و نامطلوب حاصل از اندازه‌گیری شاخص فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب در کل استخرها، در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۱: مقادیر میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب استخرها (به تفکیک استخرهای مورد نمونه برداری)

| شماره استخر | سختی (۱۸۰–۲۵۰mg/lCaco$_3$) | قلیاییت (۸۰–۱۲۰mg/lCaco$_3$) | کدورت (حداکثر۰/۵ATU) | دما (حداکثر۲۹ درجه سانتی گراد) | pH (۷/۲–۸) | کلر آزاد باقیمانده (۱ – ۳mg/l) | کلر ترکیبی (حداکثر نصف کلر آزاد باقیمانده) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۳۵±۱۷/۶۰ | ۱۴۸/۳۳ ±۱۱/۶۹ | ۰/۵۸ ±۰/۵ | ۳۰/۲ ±۰/۹۸۷ | ۷/۷۸ ±۰/۱۴۴ | ۱/۳ ±۰/۹۱ | ۰/۹ ±۰/۵۱۴ |
| ۲ | ۲۰۵±۱۲/۲۳ | ۱۴۵±۱۰/۴۹ | ۰/۲۹±۰/۱۰۷ | ۳۲/۴±۰/۷۳۶ | ۷/۹±۰/۱۲۶ | ۱/۹±۱/۰۸ | ۱/۰۲±۰/۴۴۲ |
| ۳ | ۲۵۰±۱۰/۹۵ | ۱۳۲±۷/۵۳ | ۰/۴۴±۰/۱۸۹ | ۳۰/۷±۰/۴۷ | ۷/۷۹ ±۰/۱۲۸ | ۱/۳۹±۱/۰۰۲ | ۰/۶۳±۰/۲۶۸ |
| ۴ | ۷۲۵±۷۱/۴۸ | ۱۷۸±۹۸/۸۸ | ۰/۴۶±۰/۴۳ | ۳۱/۲±۱/۳۷ | ۷/۹±۰/۱۴۶ | ۲/۷۸±۲/۱۵ | ۰/۵۵±۰/۲۴۵ |
| ۵ | ۲۵۵±۲۹/۵ | ۱۵۵±۱۰/۴۹ | ۰/۵۳±۰/۶۳۷ | ۳۲/۴±۱/۴۳ | ۷/۹±۰/۱۹ | ۱/۴۹±۱/۱ | ۰/۷۷±۰/۲۵ |
| ۶ | ۲۵۰±۷/۰۷ | ۱۳۸±۸/۳۷ | ۰/۳۲±۰/۱۰۴ | ۳۲/۱±۱/۸۷ | ۷/۷۷±۰/۱۹۵ | ۱/۳۵±۱/۶۵ | ۰/۷۱±۰/۶۵۸ |
| ۷ | ۲۲۷±۴۲/۷۴ | ۹۸±۲۹/۹۴ | ۰/۳۴±۰/۴۷ | ۲۹/۴±۰/۵۸ | ۶/۹۸±۰/۲۷ | ۲/۲۳±۱/۳۷ | ۰/۸۴±۰/۵۴ |
| ۸ | ۲۹۰±۱۵/۴۹ | ۱۴۲±۸/۸۰ | ۰/۲۵±۰/۰۵ | ۳۰/۸±۰/۸۱۶ | ۷/۹±۰/۱۲۲ | ۲/۷۴±۱/۶ | ۰/۷۲±۰/۱۱۴ |
| ۹ | ۲۶۰±۱۶/۷۳ | ۱۲۰±۸/۹۴ | ۰/۱۴±۰/۱ | ۳۰/۱۷±۰/۹۸۳ | ۷/۹±۰/۱۴۹ | ۳/۷۶±۰/۷۷ | ۰/۷±۰/۲۷۵ |
| ۱۰ | ۲۸۱±۳۴/۰۶ | ۱۲۵±۸/۳۷ | ۰/۵۴±۰/۳۷۵ | ۳۰/۶±۰/۹۱۷ | ۷/۷۶±۰/۱۵۹ | ۱/۰۵±۰/۸۱ | ۰/۹±۰/۳۳۶ |
| ۱۱ | ۲۹۷±۴۷/۶۰ | ۱۴۷±۸/۱۶ | ۰/۲۱±۰/۰۶۸ | ۲۹/۲±۰/۲۴۵ | ۷/۶۲±۰/۱۸ | ۲/۳۶±۰/۶۶۸ | ۰/۸۳±۰/۱۶۹ |



[ Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

جدول ۲: مقادیر میانگین و انحراف معیار شاخص میکروبی آب استخرها(به تفکیک استخرهای مورد نمونه برداری)

| شماره استخر | باکتری هتروتروف (حداکثر ۲۰۰ در میلی لیتر) | باکتری استافیلوکوک (حداکثر ۵۰ در ۱۰۰میلی لیتر) | باکتری سودوموناس (صفر در۱۰۰ میلی لیتر) | باکتری استرپتوکوک مدفوعی (حداکثر ۱۰۰ در۱۰۰ میلی لیتر) | باکتری کلیفرم مدفوعی (صفر در۱۰۰ میلی لیتر) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۷۷۱±۲۱۸۰/۲ | ۵/۳۳ ±۹/۰۹ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۲ | ۲۷۳±۲۶۳/۴۸ | ۳±۲/۵۹ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۳ | ۱۹۳۷±۳۱۰۶/۲۶ | ۷±۹/۸۵ | ۰ | ۰ | ۰/۶۷±۱/۶۳ |
| ۴ | ۹۵۱۸±۱۶۴۰۴ | ۹۲/۵±۲۲۴/۱۳ | ۱۵/۶۷±۳۶/۴۳ | ۰ | ۳/۸۳±۹/۳۸ |
| ۵ | ۱۹۷۱±۲۳۱۸/۵۵ | ۳/۷±۴/۲۳ | ۰/۶۷±۱/۰۳ | ۰ | ۰ |
| ۶ | ۶۴۴۲±۵۹۲۷/۵۵ | ۱۰۹±۱۴۸/۵۱ | ۱۱۰±۲۱۳/۴۲ | ۰ | ۱۴/۴±۱۹/۷۱ |
| ۷ | ۶۵±۱۰۰/۷۵ | ۲۱±۵۱/۴۴ | ۶/۷±۱۶/۳۳ | ۰ | ۰ |
| ۸ | ۱۰۷۵±۱۶۵۰/۸۹ | ۰/۵±۰/۸۳۷ | ۰ | ۰ | ۰ |
| ۹ | ۹۵۴±۲۲۲۷/۸۹ | ۵±۱۱/۷۶ | ۰/۵±۰/۸۳۷ | ۰ | ۰ |
| ۱۰ | ۱۱۴±۲۱۶ | ۲/۳±۲/۴۲ | ۳/۳±۸/۱۶ | ۰ | ۰ |
| ۱۱ | ۹۲۵±۷۸۶/۷۷ | ۲/۸±۳/۹۲ | ۲/۸۳±۳/۹۲ | ۰ | ۰ |

جدول ۳: مقادیر میانگین، انحراف معیار و درصد موارد مطلوب و نامطلوب شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب استخرهای شنا

| پارامتر | میانگین ± انحراف معیار | درصد موارد مطلوب | درصد موارد نامطلوب |
|---|---|---|---|
| سختی | ۲۹۸/۳±۱۴۳/۰۴ | ۵۷/۱۸ | ۴۲/۸۲ |
| قلیائیت | ۱۳۹±۳۵/۹۶ | ۱۹/۸۲ | ۸۰/۱۸ |
| کدورت | ۰/۳۷±۰/۳۴ | ۸۶/۳۶ | ۱۳/۶۴ |
| دما | ۳۰/۸۲±۱/۴۱ | ۱۳/۷۳ | ۸۶/۲۷ |
| pH | ۷/۷۴±۰/۳ | ۸۴/۷۳ | ۱۵/۲۷ |
| کلر آزاد باقیمانده | ۲/۰۴±۱/۴ | ۴۴/۱۸ | ۵۵/۸۲ |
| کلر ترکیبی باقیمانده | ۰/۷۸±۰/۳۶ | ۷۲/۴۵ | ۲۷/۵۵ |

جدول۴: مقادیر میانگین، انحراف معیار و درصد موارد مطلوب و نامطلوب میکروبی آب استخرهای شنا

| پارامتر | میانگین ± انحراف معیار | درصد موارد مطلوب | درصد موارد نامطلوب |
|---|---|---|---|
| باکتری هتروتروف | ۲۲۱۲/۶۴ ±۵۷۸۶ | ۵۶/۷۳ | ۴۳/۲۷ |
| باکتری استافیلوکوک اورئوس | ۲۱/۵۳±۸۲/۷۷ | ۹۳/۲۷ | ۶/۷۳ |
| باکتری سودوموناس آئروژینوزا | ۱۱/۲±۶۱/۸۴ | ۷۹/۳۶ | ۲۰/۶۴ |
| استرپتوکوک مدفوعی | ۰ | ۱۰۰ | ۰ |
| کلیفرم مدفوعی | ۱/۵۲±۶/۸۳ | ۹۱/۴۵ | ۸/۵۵ |

## بحث

بررسی متون علمی نشان دهنده آن است که سلامت آب استخرهای شنا در شیوع بیماری‌ها در بین شناگران مؤثر است. تحقیقی که توسط Paul Roy در آمریکا انجام شد، نشان داد که با سنجش میزان pH، کلر آزاد باقیمانده و تعداد شناگران در استخر، می‌توان با اطمینان ۹۵٪ در خصوص میزان آلودگی میکروبی آب قضاوت کرد(۱۶). با توجه به تأثیر کدورت و کلر



[ Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

آزاد باقیمانده در حفظ و یا نابودسازی عوامل پاتوژن، در این تحقیق مجموعه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب استخرهای شنای یزد بررسی شده است.

سختی و قلیاییت از جمله عوامل شیمیایی است که بر خورنده و یا رسوب دهنده بودن آب و در نتیجه کاهش عمر مفید تأسیسات استخرهای شنا مؤثر می‌باشند(۴). بر اساس نتایج بدست آمده، از مجموع ۶۶ نمونه مورد آزمایش، از نظر سختی در ۴۲/۸۲٪ موارد نامطلوب(بیش از حد استاندارد) و از نظر قلیاییت ۸۰/۱۸٪ موارد نامطلوب(بیش از حد استاندارد) بوده است. شاخص دیگری که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت، کدورت آب است. با توجه به اهمیت سلامت میکروبی آب استخرهای شنا، حد مجاز کدورت آب استخرهای شنا NTU ۰/۵ است در حالی که در آب آشامیدنی حد مطلوب کدورت ۱ NTU است(۱۷). میانگین کدورت در آب استخرهای مورد مطالعه برابر با NTU ۰/۳۴۱ بود که با استاندارد مطابقت دارد. با توجه به نتایج، ۱۳/۶۴٪ از نمونه‌ها دارای کدورت بیش از حد مجاز هستند. بر اساس استاندارد شماره ۱۱۲۰۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، سطح مورد نیاز برای هر شناگر حداقل ۳ متر مربع می‌باشد(۷). در این راستا بررسی سیستم‌های تصفیه آب و کنترل حداکثر تعداد شناگران مجاز به ازای مساحت استخر ضروری است. از دیگر شاخص مورد بررسی در این مطالعه، درجه حرارت می‌باشد. دمای ۲۴-۲۳ درجه سانتیگراد باعث راحتی و ۲۸-۲۶ درجه سانتیگراد برای آب استخر ایده‌آل می‌باشد و دمای آب نباید از ۲۹ درجه سانتیگراد فراتر رود(۴). بررسی نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در ۸۶/۲۷٪ از موارد میزان درجه حرارت آب نامطلوب (بیش از حداکثر مجاز) بوده است.

pH یکی دیگر از شاخص‌های مورد مطالعه می‌باشد. مقادیر پایین pH باعث خوردگی لوله‌ها و اتصالات انتقال آب، ایجاد لک، تحریک و سوزش چشم و پوست شناگران و مقادیر بالای pH باعث رسوب‌گذاری، کاهش کارآیی کلر و کدر شدن آب (ابری شدن) می‌شود(۴). بررسی واکنش یونیزاسیون اسید هیپوکلرو نشان می‌دهد که در pH پایین، کلر بیشتر به صورت اسید هیپوکلرو(HOCL) و درpH بالا، کلر عمدتاً به شکل یون هیپوکلریت(-OCL) در آب می‌باشد. طبق نظریه موریس، اثر اسید هیپوکلرو در گندزدایی باکتری‌های مدفوعی و تک سلولی‌ها ۱۰۰ بار بیشتر از یون هیپوکلریت است. بنابراین با افزایش pH قدرت گندزدایی کلر به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد(۱۸). در مطالعه حاضر هر چند میانگین pH آب استخرها ۷/۷۵۱ بوده و با استاندارد(۸-۷/۲) تطابق دارد ولی در مجموع در ۱۵/۲۷٪ از موارد نتایج pH نمونه‌ها نامطلوب بوده است. به علاوه در ۴۴/۱۸ درصد از نمونه‌ها، میزان کلر آزاد باقیمانده در حد استاندارد و در ۵۵/۸۲ درصد موارد بیشتر از حد استاندارد بوده است. در مطالعه‌ای که توسط Rabi و همکاران در سال ۲۰۰۵ در آب تمام استخرهای عمومی شهر امان در کشور اردن انجام گرفت، کلر باقیمانده در ۴۹/۴٪، pH در ۸۷/۸٪ و درجه حرارت در ۴۸/۸٪ موارد با استانداردها مطابقت داشتند(۱۱). در تحقیق انجام شده توسط Khodadadi و همکاران در سال ۲۰۰۹ در زمینه آلودگی آب استخرها در شهر بیرجند، pH بطور میانگین در ۵۶/۵٪ از نمونه‌ها وضعیت مطلوبی داشت. کلر آزاد باقیمانده در ۷۵٪ از نمونه‌ها وضعیت نامطلوبی داشت. قلیاییت در ۶۰٪ نمونه‌ها و کدورت در ۴۶/۶٪ از نمونه‌ها وضعیت مطلوبی داشت و میزان دما در همه استخرها مطلوب بود(۱۹). بر اساس تحقیق انجام گرفته جهت تعیین شاخص‌های بهداشتی کیفی آب استخرها توسط Mehdinejad در سال ۲۰۰۳ در گرگان، در ۶۶٪ موارد pH آب بیشتر از ۸ بود. میزان کلر باقیمانده در ۶۱/۶٪ از موارد از حد استاندارد پایین‌تر بود و فقط در ۱ مورد مطابق استانداردهای موجود بود(۱۶). در مطالعه‌ای که توسط Yousefi در سال ۲۰۰۹ در ساری به منظور بررسی وضعیت آب استخرهای شنا انجام شد، دامنه pH ۷/۴ الی ۷/۸ بود. مقادیر کلر باقیمانده در بیش از ۵۰٪ نمونه‌ها، نامطلوب بود(۲۰).

سنجش کیفیت میکروبی آب استخرهای شنا عمدتاً با استفاده از باکتری‌های شاخص آلودگی مدفوعی آب انجام می‌شود(۱۰). کلیفرم‌های مدفوعی، باکتری‌هایی نظیر اشرشیاکلی و کلبسیلا پنومونیه را در بر می‌گیرد. حضور



[ Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

کلیفرم‌های مدفوعی نشانگر وجود مواد مدفوعی در آب استخر است(۲۱). طبق استاندارد تدوین شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، کلیفرم‌های مدفوعی باید کمتر از ۱ در ۱۰۰ میلی لیتر از آب استخر باشد که در تحقیق حاضر به طور میانگین برابر با ۱/۶۹ در ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده است. استرپتوکوک‌های مدفوعی به عنوان یکی دیگر از ارگانیسم‌های شاخص جهت پایش کیفیت میکروبی آب استخرها مطرح شده‌اند. این میکروارگانیسم‌ها، معمولاً مقیم مجرای روده‌ای انسان و حیوانات خونگرم بوده و جهت ردیابی آلودگی آب به کار می‌روند(۲۱). حداکثر تعداد مجاز استرپتوکوک‌های مدفوعی در آب استخر برابر با ۱۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر می‌باشد، که در تحقیق حاضر هیچ موردی از استرپتوکوک مدفوعی در هیچ کدام از استخرها یافت نشد. باکتری‌های هتروتروف مهمترین شاخص کارآیی سیستم گندزدایی در نظر گرفته می‌شود. حداکثر مجاز شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف(HPC) برابر با ۲۰۰ در هر میلی‌لیتر است که این میزان در مطالعه حاضر برابر با ۲۲۷۶/۸۲ در هر میلی‌لیتر بدست آمد. استافیلوکوک اورئوس عامل عفونت‌های پوستی، چشمی، التهاب گوش خارجی، عفونت مجرای ادرار و زرد زخم بوده و در مخاط بینی، پوست و مدفوع انسان وجود دارد(۹). حداکثر مجاز این باکتری در آب استخر شنا ۵۰ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر است که در مطالعه حاضر به طور میانگین جمعیت این باکتری برابر با ۲۲/۷۲ در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود. سودوموناس آئروژینوزا یکی دیگر از باکتری‌های شاخص بوده که در آب، پوشش گیاهی و خاک وجود دارد و انتقال آن به استخر از طریق انسان آلوده و همچنین محیط اطراف صورت می‌گیرد(۹). این باکتری نباید در آب استخر شنا وجود داشته باشد ولی در تحقیق حاضر تعداد آن در آب استخرها برابر با ۱۳/۸۹ در ۱۰۰ میلی لیتر بود. استافیلوکوک اورئوس و سودوموناس آئروژینوزا به عنوان شاخص‌های مخاطره بهداشتی آب در نظر گرفته می‌شوند. در مطالعه‌ای که توسط Papadopoulou و همکاران در سال ۲۰۰۸ در شمال غربی یونان جهت ارزیابی کیفی استخرهای شنا انجام شد،۶۷٪ از نمونه‌ها با استانداردهای میکروبیولوژی مطابقت داشتند و ۳۲/۹٪ از نمونه‌ها بیشتر از حد استاندارد بودند. از مجموع ۱۰۷ باکتری جدا شده ۳۸ مورد(۳۵/۵٪) از گونه‌های مقاوم شامل سودوموناس آلکالی ژنز، استافیلوکوک اورئوس، سودوموناس آئروژینوزا و کلبسیلا پنومونیا بودند(۵). در مطالعه‌ای که توسط Martins و همکاران به منظور ارزیابی کیفی آب استخرهای شنا در شهر سائوپائولوی برزیل انجام شد، بیشترین نتایج مثبت به ترتیب مربوط به باکتری‌های هتروتروف(۷۰/۴٪)، مجموع کلیفرم‌ها(۱۳/۳٪)، استافیلوکوک اورئوس(۹/۱٪)، استرپتوکوک مدفوعی(۷/۷٪)، کلیفرم مدفوعی (۵/۶٪) و سودوموناس(۲٪) بود(۱۰). در مطالعه‌ای که توسط Yousefi در سال ۲۰۰۹ ساری به منظور بررسی وضعیت استخرهای شنا انجام شد، نتایج نشان داد که در ۹۱/۳ درصد نمونه‌ها استافیلوکوک اورئوس وجود داشته است(۲۰).

آنالیز آماری داده‌های حاصل از این تحقیق با استفاده از آزمون Kruskal-Wallis نشان داد بین جمعیت باکتری‌های هتروتروف و کدورت آب($p = ۰/۰۰۱$)، ارتباط آماری مستقیم وجود داشته است که می‌تواند به دلیل تعداد بیش از حد مجاز شناگران و نقص در سیستم کلرزنی و فیلتراسیون آب استخر باشد. در مطالعه‌ای که توسط Yousefi در سال ۲۰۰۹ در ساری انجام شد، بین کلر باقیمانده و حضور استافیلوکوک‌ها ارتباط آماری معکوس وجود داشت(۲۰). تحلیل آماری داده‌های حاصل از کل استخرها با استفاده از آزمون ANOVA حاکی از تفاوت معنادار باکتری هتروتروف ($p=۰/۰۴۱$) و کلر آزاد باقیمانده($p = ۰/۰۰۱$) در آب استخرها بود.

## نتیجه‌گیری

توسعه کاربردهای تفریحی آب نظیر استخرهای شنا همچنین نقش کیفیت آب استخرها بر سلامت شناگران موجب تدوین استانداردهای متعدد ملی و بین‌المللی در این زمینه شده است. با توجه به شرایط آب و هوایی شهر یزد، بررسی ویژگی‌های کیفی آب استخرها در این مناطق از اهمیت به سزایی برخوردار است، لذا در مطالعه حاضر کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب استخرهای شنای شهر یزد بررسی گردید. بر اساس نتایج، جمعیت باکتری‌های هتروتروف



[ Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

در استخر شماره ۴ بیشترین تفاوت را با سایر استخرها نشان داد که ناشی از آلودگی بسیار بالای آب این استخر از نظر باکتری مورد نظر می‌باشد. از نظر کلر آزاد باقیمانده نیز بیشترین تفاوت بین استخر شماره ۹ و سایر استخرها مشاهده گردید. تحلیل داده‌ها حاکی از وجود مقادیر بیش از حد استاندارد کلر در آب این استخر در اکثر موارد بوده است. با توجه به نتایج، کنترل عملکرد صحیح سیستم تصفیه و کلرزنی آب، رعایت نسبت تعداد شناگران به مساحت استخر و رعایت بهداشت فردی و دوش گرفتن قبل از ورود به استخر از مهمترین عوامل مؤثر بر افت کیفیت میکروبی آب استخرهای شنا می‌باشد.

**سپاسگزاری**

مقاله حاضر حاصل نتایج طرح تحقیقاتی بوده که در تابستان ۱۳۹۰ انجام شده است، لذا نویسندگان مقاله، از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد جهت حمایت‌های مالی از طرح و معاونت بهداشتی، واحد بهداشت محیط مرکز بهداشت استان و آزمایشگاه مرجع آب و فاضلاب که در انجام این طرح مشارکت داشته‌اند و همچنین از سرکار خانم عارفه دهقانی تفتی که در تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها همکاری نموده‌اند، کمال تشکر را دارند.

## *References:*

***1-*** Jaberi A, Sadeghi A, Alizadeh MH. ***The investigation of Swimming pools contamination of Mashhad city***. J Movement Sci Sport 2009; 13(7): 91-9. [Persian]

***2-*** Zangiabadi A, Aali R, Zarei A, Ghanbari R. ***Spatial analysis and health grading of swimming pools***. J Health System Res 2011; 6(4): 802-9. [Persian]

***3-*** Mokhtari M, Babae A. ***Housing and public places health***. Tehran: Sobhan; 2006. [Persian]

***4-*** Environmental & Occupational health Center. ***Guideline of swimming pools water health control***. Ministry of health and Medical Education; 2006.

***5-*** 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 isolatesint.*** J Hyg Environ Health 2008; 211(3-4): 385-97.

***6-*** Nikaeen M, Hatamzadeh M, Vahid Dastjerdi M, Hassanzadeh A, Mosavi Z, Rafie M. ***An investigation on physical, chemical and microbial quality of isfahan swimming pool waters based on standard indicators***. J Isfahan Med School 2010; 28(108): 346-56. [Persian]

***7-*** Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ***Swimming pools- General requirements***. ISIRI Namber 11203; 2008. [Persian]

***8-*** Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ***Swimming pool water–Microbiological specifications.*** ISIRI Namber 9412; 2007. [Persian]

***9-*** WHO. ***Guidelines for safe recreational water environments.*** Volume 2. Swimming pools and similar environment. Genev: WHO; 2006.

[ Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

***10-*** Martins MT, Sato MIZ, Alves MN, Stoppe NC, Prado VM, Sanchez PS. ***Assessment of microbiological quality for swimming pool in South America***. J Water Res 1999; 29(10): 2417-20.

***11-*** Rabi A, Khader Y, Alkafajei A, Aqoulah AA. ***Sanitary conditions of public swimming pools in Amman. Jordan***. Int J Environ Res Public Health 2007; 4(4): 301-6.

***12-*** Salvato JA. Nemerow NL, Agardy FG. ***Environmental engineering***. 5 th ed. John Willy & Sons; 2003.p.1227

***13-*** Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ***Water quality- Sampling for microbiological examination of water – Code of practice.*** ISIRI Namber 4208, 1st Revision; 1992. [Persian]

***14-*** APHA, AWWA, WEF. ***Standard methods for the examination of water and wastewater***. 21th ed. USA: Washington DC; 2005.

***15-*** Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ***Water- determination of water hardness.*** ISIRI Namber 2356; 1982. [Persian]

***16-*** Mehdinejad MH. ***Determination of quality health index in swimming pool water of Gorgan city***. Gorgan Unive Med Sci 2003; 5(2): 89-95. [Persian]

***17-*** Institute of Standards and Industrial Research of Iran***. Drinking water - physical and chemical specifications***. ISIRI 1053 5 th; 2009. [Persian]

***18-*** Kawamura S. ***Integrated design and operation of water treatment facilities***. 2 th ed. John Willy & Sons; 2000.p. 294.

***19-*** Khodadadi M, Barikbin B, Azizi M, Aliabadi R. ***The investigation of microbial status and Physicochemical parameters in Swimming pools water of Birjand city***. J Birjand Med Sci Unive 2009; 12(3): 9-15. [Persian]

***20-*** Yousefi Z***. Determination of swimming pool water contamination status to staphylococci oreos in Sari city.*** Iran J Health Environ 2009; 3(2): 178-87.[Persian]

***21-*** Bitton G. ***Wastewater microbiology***. 3 th ed. John Willy & Sons; 2005.p. 154-60.

[ Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]

# *An Investigation on Physicochemical and Microbial Water Quality of Swimming Pools in Yazd*

***Ghaneian MT(PhD)[1], Ehrampoush MH(PhD)[2], Dad V(BSc)[3], Amrollahi M(MSc)[*4], Dehvari M(MSc)[5], Jamshidi B(MSc)[6]***

[1,2,4,5,6]*Department of Environmental Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran*

[3]*Microbial Expert of Water and Wastewater Hygiene Laboratory, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran*

***Received:*** 20 Dec 2011 ***Accepted:*** 8 Mar 2012

## *Abstract*

***Introduction***: Disrespect of health regulations and proper disinfection of water and swimming pools is effective in incidence of health problems and transfer of infectious diseases to swimmers. The aim of this research was to investigate water of swimming pools in Yazd city and compare the results with national standards.

***Methods:*** In this study, 11 active covered swimming pools of Yazd city were sampled as census. Parameters of temperature, pH, amount of free and Combined chlorine residual, turbidity, alkalinity, hardness, the population of heterotrophic bacteria, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, fecal streptococci, and fecal coliforms were studied. Sampling has been conducted every two weaks for 3 months and samples were analyzed under standard procedures.

***Results:*** In this research, amount of pH in 84.73%, free residual chlorine in 44.18%, Combined residual chlorine in 72.45%, alkalinity in19.82%, turbidity in 86.36%, hardness in 57.18% and temperature in 13.73% Samples were desirable. The fecal streptococci bacteria was not shown in all the swimming pools and population of heterotrophic bacteria, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa and fecal coliforms in 56.73%, 93.27%, 79.36% and 91.45% cases were desirable, respectively. Statistical analysis indicated that there is a direct relationship between Water turbidity and population of heterotraphic bacteria.

***Conclusion:*** According to the results, the parameters of heterotrophic bacteria population, also the alkalinity and temperature had the least compliant with the standards that shows the necessity for continuous monitoring of physical, chemical and microbial parameters and also control of filtration and disinfection of water condition of swimming pools.

***Keyword:*** Swimming Pool, Physicochemical Quality, Microbial Quality, Yazd

***This paper should be cited as:***
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***. J Shahid Sadoughi Univ Med Sci 2012; 20(3): 340-49.

****Corresponding author: Tel: +98 9103090186, Email:moamrollahi@gmail.com***

[ Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2024-10-12 ]