

The relationship between physicochemical and microbial indicators in Jacuzzi water and swimming pools in Golestan Province

Ahmad Reza Yazdanbakhsh

professor Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

ANoushiravan Mohseni bandpei

professor Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Abotaleb Bay

* PhD student in Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. (Corresponding Author): abotaleb_bay@yahoo.com

Mahdi Sadeghi

Assistant professor Department of Environment Health, Environmental Health Research Center, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran.

RECEIVED: 16 February 2016

ACCEPTED: 2 June 2016

ABSTRACT

Background & Objective: Swimming pools and jacuzzis as sports and recreational centers are used by many people in different ages and classes. the aim of this study was to investigate the relationship between physicochemical characteristics and microbial contamination in jacuzzi water and swimming pools in Golestan province.

Materials & Methods: In the present cross-sectional study with descriptive-analytic approach, eight indoor swimming pool and jacuzzi were chosen to be investigated in the Golestan province. biological (total coliform, e.coli, streptococcus, pseudomonas) and physicochemical parameters (temperature, pH, turbidity, free chlorine residual) were performed according to standard methods.

Results: The obtained results showed a significant and positive correlation between turbidity and pseudomonas in swimming pools ($p=0.017$). however, no significant relationship was observed between turbidity and other microorganisms. also, it was revealed that there was a significant and positive correlation between total coliforms and fecal streptococci in the jacuzzis. beside an inverse relationship was found between the free residual chlorine and indicator organisms.

Conclusion: There is a high dispersion between microbial contamination and physicochemical variables in pools and jacuzzis. in other words, pools and jacuzzis are very clean on some days and on some others, they are too polluted from the aspect of microorganisms' presence and turbidity. this indicates that there is no appropriate operation for pools and jacuzzis in proportion of swimmer numbers and disinfection rate.

Keywords: Microbial Pollution, Jacuzzi, Swimming Pool, Turbidity, Free Residual Chlorine

► **Citation:** Yazdanbakhsh A.R, Mohseni Bandpei A, Bay A, Sadeghi M. The relationship between physicochemical and microbial indicators in Jacuzzi water and swimming pools in Golestan Province. *Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2016;2 (1) : 72-80.

بررسی ارتباط بین مشخصه‌های فیزیک و شیمیایی و آلودگی میکروبی در آب جکوزی و استخرهای شنا در استان گلستان

چکیده

زمینه و هدف: استخرهای شنا و جکوزی‌ها از جمله مراکز ورزشی و تفریحی هستند که افراد زیادی در سنین و قشرهای گوناگون از آن استفاده می‌کنند. با توجه به اهمیت حفظ بهداشت و سلامتی شناگران، مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط بین مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و آلودگی میکروبی در آب جکوزی و استخرهای شنا در استان گلستان انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مقطعی با رویکرد توصیفی - تحلیلی، جامعه مورد مطالعه شامل ۸ استخر فعال سرپوشیده دارای جکوزی در سطح استان گلستان بود. بررسی پارامترهای میکروبی (کللیفرم، اشرش یا کلی، استرپتوکوک مدفوعی و سودوموناس) و فیزیکوشیمیایی (دما، pH، کدورت، کلر باقی‌مانده آزاد) بر اساس استاندارد متد انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۸) و آزمون‌های کروسکال والیس، ضریب همبستگی اسپیرمن و شاخهای مرکزی انجام شد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج مطالعه، در استخرهای شنا بین کدورت و سودوموناس همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت ($p=0/017$). اما بین کدورت و سایر میکروارگانیسم‌ها ارتباطی مشاهده نشد ($p>0/05$). در جکوزی‌ها بین کل کلیفرم‌ها ($p=0/002$) و استرپتوکوک‌های مدفوعی ($p=0/035$) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. بین میزان کلر آزاد باقی‌مانده و ارگانیسم‌های شاخص در استخرها و جکوزی‌ها ارتباط عکس وجود داشت؛ به طوریکه هرچه میزان کلر باقی‌مانده بیشتر بود، تعداد این میکروارگانیسم‌ها کمتر بود.

نتیجه‌گیری: پراکندگی زیادی در آلودگی میکروبی استخرها و جکوزی‌ها و همچنین متغیرهای فیزیکوشیمیایی وجود دارد. به عبارت دیگر استخرها و جکوزی‌ها در برخی روزها بسیار تمیز و در برخی روزها دارای آلودگی بسیار زیاد از نظر وجود این میکروارگانیسم‌ها، کدورت و میزان کلر باقی‌مانده هستند؛ که این نشان‌دهنده عدم راهبری مناسب استخرها و جکوزی‌ها به تناسب تعداد شناگران و میزان گندزدایی می‌باشد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلیدواژه‌ها: آلودگی میکروبی، جکوزی، استخر شنا، کدورت، کلر آزاد باقی‌مانده

احمد رضا یزدان‌بخش

استادگروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

انوشیروان محسنی بندپی

استادگروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

ابوطالب بای

* دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول):
abotaleb_bay@yahoo.com

مهدی صادقی

استادیارگروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

◀ **استناد:** یزدان‌بخش الف ر، محسنی بندپی الف، بای الف، صادقی م. بررسی ارتباط بین مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و آلودگی میکروبی در آب جکوزی و استخرهای شنا در استان گلستان. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. بهار ۱۳۹۵؛ ۲(۱): ۷۲-۸۰.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۳

مقدمه

استخرهای سرپوشیده شنا و جکوزی‌ها به عنوان یکی از مراکز تفریحی و ورزشی به دلیل ارتباط مستقیم و مداوم با گروه‌های مختلف انسانی با منشأ متفاوت اقتصادی، اجتماعی و وضعیت بهداشت فردی و عمومی به طور معمول می‌تواند به عنوان یک منبع بالقوه انتشار آلودگی‌های بیولوژیکی عمل کرده و عامل انتقال و شیوع بیماری‌های باکتریایی، قارچی و انگلی محسوب شوند (۱). در هنگام شنا، موادی همچون مو، عرق، بزاق دهان، مواد دفعی، آلودگی موجود در روی پوست، سلول‌های میکروبی ... از بدن شناگران وارد آب می‌شود و در نتیجه تماس طولانی افراد با آب و وجود آلاینده‌های شیمیایی و میکروبی باعث ایجاد و انتقال بیماری‌های گوناگون و به خطر افتادن سلامت شناگران خواهد شد (۲).

جکوزی‌ها یا حوضچه‌های گردابی داغ، استخرهایی با جریان پیوسته هستند که در درون آن‌ها آب داغ از طریق تزریق هوا به داخل فضای فراهم شده برای شناگران به حباب تبدیل می‌شود. این حوضچه‌ها می‌توانند همزمان چند شناگر را در خود جای دهند یا اینکه شناگران یکی پس از دیگری از آن استفاده کنند (۳). جکوزی‌ها به عنوان منابع اصلی و بالقوه عوامل عفونت‌زا به شمار می‌روند (۴، ۵). معیارها و استانداردهای پاکیزگی آب استخرهای شنا، شبیه و نزدیک به آب آشامیدنی است و چنانچه گندزدایی و تصفیه نشود، می‌تواند باعث بروز بیماری‌های مختلفی از جمله عفونت‌های ویروسی، قارچی، عفونت‌های پوست، چشم، گوش، گلو، بینی، عفونت‌های تنفسی و معده‌ای روده‌ای شوند (۶). از جمله باکتری‌های بیماری‌زای غیر روده‌ای که در استخرهای شنا و محیط‌های تفریحی مشابه یافت می‌شوند، می‌توان به گونه‌های لژیونلا، سودوموناس آئروژینوزا و استافیلوکوکوس اورئوس اشاره کرد (۷، ۸). اصلی‌ترین اثر بهداشتی حضور سودوموناس آئروژینوزا در جکوزی، فولیکولیت‌ها (بثورات قرمز رنگ مسبب عفونت فولیکول‌های مو) می‌باشد (۹-۷).

مطالعات مختلفی در خصوص آلودگی شیمیایی و میکروبی

آب استخرها و جکوزی‌ها و روش‌های رفع آن انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعه دهقانی و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد. در مطالعه مذکور که با هدف بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی و میکروبی آب استخرهای شنای عمومی تهران انجام شد، به ترتیب ۴۸ و ۷۶/۱ درصد نمونه‌ها دارای کلر باقی‌مانده و pH در حد استاندارد بودند. ۷۸/۸ نمونه‌ها دارای تعداد باکتری‌های هتروتروف در حد مطلوب بودند. در این مطالعه بین میزان کلر باقی‌مانده و آلودگی میکروبی آب همبستگی وجود داشت (۶). در مطالعه اسدی و همکاران (۲۰۱۳) که با هدف بررسی آلودگی باکتریایی قارچی استخرهای شنای شهر کرج انجام شد، میانگین pH و کلر باقی‌مانده به ترتیب ۷/۵ ppm و ۲/۲ بود. ۲۴/۲۷ درصد از نمونه‌ها یک یا چند آلودگی قارچی داشتند. مقدار محتمل‌ترین تعداد (MPN) و شمارش بشقاب‌های هتروتروفیک (HPC) به ترتیب در ۹۳/۴ و ۸۴/۶ درصد از نمونه‌ها در محدوده استاندارد بود (۲). در مطالعه قانعیان و همکاران (۲۰۱۴) که با هدف بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب جکوزی‌ها در شهر یزد انجام شد، بین کدورت و pH ارتباط مستقیم و بین جمعیت باکتری‌های هتروتروف و کلر باقی‌مانده ارتباط عکس وجود داشت (۳).

در مطالعه شیتس (Schets) و همکاران (۲۰۱۱) در انیستیتو بین‌المللی بهداشت عمومی کشور هلند که به بررسی در معرض قرارگیری شناگران در برابر بیماری‌های منتقله از آب پرداختند، از بین بیماری‌های منتقله توسط آب، کریپتوسپریدیوم و ژیا ردیا از سایر موارد بیشتر بود (۱۰).

با توجه به اهمیت رعایت ضوابط بهداشتی و ایمنی در جکوزی‌ها، تمام الزامات مربوط به استخرهای شنا در جکوزی‌ها نیز باید رعایت شود. این الزامات از نقطه نظریه‌های کیفی آب شامل دما، کدورت، pH، قلیائیت و سختی آب، جمعیت باکتری‌های هتروتروف (HPC)، کلیفرم‌های مدفوعی، استافیلوکوک اورئوس، استرپتوکوک مدفوعی و سودوموناس آئروژینوزا می‌باشد (۷، ۱۰). پارامترهای فیزیکی و شیمیایی می‌تواند در میزان آلودگی میکروبی

مؤثر باشد؛ به طور مثال کدورت می تواند مانع گندزدایی مطلوب شود. همچنین عدم راهبری مناسب سیستم گندزدایی و کاهش گندزدای مورد استفاده می تواند باعث رشد میکروارگانیسم های بیماری زاشده و موجب انتقال بیماری در شناگران شود. باتوجه به اهمیت کنترل کیفیت آب در استخرهای سرپوشیده و جکوزی ها، مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط بین مشخصه های فیزیکی شیمیایی و آلودگی میکروبی در آب جکوزی و استخرهای شنا در استان گلستان انجام شد.

مواد و روش ها

در این مطالعه مقطعی با رویکرد توصیفی - تحلیلی، جامعه مورد مطالعه کل استخرهای فعال سرپوشیده دارای جکوزی بودند (در محدوده استان گلستان در زمان پژوهش ۸ مورد استخر سرپوشیده دارای جکوزی بودند). این ۸ استخر با کدهای ۱ تا ۸ در مطالعه مشخص شدند. در یک برنامه زمان بندی سالیانه از ابتدای سال ۱۳۸۸ تا ابتدای سال ۱۳۹۳، نمونه برداری ها جهت بررسی پارامترهای مورد نظر انجام شد. طی دوره مطالعه (سال های ۹۳-۱۳۸۸) هر ۲ هفته یک بار، ساعت ۵ عصر یک نمونه از استخرها و جکوزی های مورد مطالعه برداشت شد. به دلیل تکرار برخی نمونه ها، در مجموع ۱۰۳۹ نمونه از استخرها و ۱۰۳۹ نمونه از جکوزی ها در دوره مطالعه جمع آوری شد. جهت نمونه برداری از ظروف شیشه ای استریل دهانه گشاد با درب سمباده ای استفاده شد. نمونه های جمع آوری شده از جکوزی ساده (نمونه لحظه ای از جکوزی) بودند و نمونه های برداشت شده از استخر به صورت مرکب از سه محل ورودی آب به استخر، قسمت میانی استخر و انتهای استخر (قسمت عمیق) برداشت و سپس یک نمونه واحد از این سه بخش تهیه شد. پارامترهای pH، کلر باقی مانده آزاد، دما و کدورت در محل نمونه برداری به دلیل امکان تغییر کیفیت نمونه توسط دستگاه های قابل حمل، اندازه گیری و ثبت شد. آزمایشات میکروبی پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه انجام شد. تمام روش های مورد استفاده در آزمایشات بر اساس توصیه های صورت

گرفته در کتب استاندارد متد بود (۱۲).

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (نسخه ۱۸) انجام شد. جهت توصیف داده ها از شاخص های مرکزی و پراکندگی و جهت تعیین ارتباط بین متغیرها در استخرها و جکوزی ها از ضریب همبستگی Spearman's correlation coefficient و Kruskal Wallis استفاده شد.

یافته ها

میانگین تعداد ارگانیسم های شاخص در استخرهای شنا در استان گلستان در جدول ۱ نشان داده شده است. حداکثر تعداد کل کلیفرم ها، E.coli، استرپتوکوک مدفوعی و سودوموناس در استخرها به ترتیب ۱۱۰۰، ۴۶۱، ۲۴۰ و ۱۵ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر و حداقل تعداد در تمام استخرها صفر بود.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار تعداد میکروارگانیسم ها در استخرهای استان گلستان

شماره استخر	کل کلیفرم	E.coli	استرپتوکوک مدفوعی	سودوموناس
۱	۱۸/۶۷±۱۲۱	۱۰±۷۰	۲/۷±۱۶/۵	۰/۵۱±۳/۲
۲	۰/۲۵±۱/۷	۰/۰۸۲±۰/۸	۰/۰۵±۰/۶	۰±۰
۳	۱/۷±۸/۷	۰/۵۳±۲/۵	۰/۰۴±۰/۳۱	۰/۰۹۲±۰/۸۳
۴	۲۰±۱۱۳	۱۲/۲±۶۸	۴/۵±۳۱	۰±۰
۵	۱/۷±۸/۵	۰/۲۷±۱/۷	۰/۲۲±۱/۴	۰±۰
۶	۴±۲۱	۰/۴۸±۵/۴	۰/۰۸±۰/۹۲	۰/۰۲۸±۰/۵
۷	۲/۴±۱۵/۴	۲/۲±۱۵/۴	۰±۰	۰±۰
۸	۰/۴۸±۴/۲	۰/۴۸±۴/۲	۰±۰	۰±۰
استاندارد ایران	۴۶۰ عدد در ml ۱۰۰	کمتر از ۱ عدد در ml ۱۰۰	حداکثر ۱۰۰ در ml ۱۰۰	کمتر از ۱ عدد در ml ۱۰۰

میانگین تعداد ارگانیسم های شاخص در جکوزی های استان گلستان در جدول ۲ نشان داده شده است. حداکثر تعداد کل کلیفرم ها، E.coli، استرپتوکوک مدفوعی و سودوموناس در استخرها به ترتیب ۱۱۰۰، ۴۶۰، ۱۲۳ و ۱۳۹ عدد در ۱۰۰ میلی لیتر و حداقل تعداد در تمام استخرها صفر بود.

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار تعداد میکروارگانیسم‌ها در

جکوزی‌های استان گلستان

شماره جکوزی	کل کلیفرم	E.coli	استریتوکوک مدفوعی	سودوموناس
۱	۸۸±۲۶۲	۳۲/۷±۱۴/۹	۷±۱۹/۸۹	۶/۷±۱۸/۶۸
۲	۲۸/۲۸±۹۱/۶	۵/۴±۲۰/۸۶	۱/۱۶±۵/۳	۲/۴۷±۱۰/۲۷
۳	۶۳/۲۴±۱۸۸	۲۱/۳±۶۷	۱±۳/۸۸	۵±۲۱
۴	۶/۳±۳۲	۲/۵±۱۱/۴۸	۱/۴±۳/۴	۱/۴۷±۷/۷
۵	۲۲±۵۱/۶	۲±۴/۴۸	۰/۶۹±۳/۲۷	۱±۲/۴
۶	۴/۲±۱۶/۷	۱/۲±۷/۴	۰/۸۶±۳/۶۶	۰/۴±۲/۶
۷	۲۰±۷۰/۱۷	۸/۲±۲۶	۰/۳۷±۲/۳	۰/۵۴±۲/۶
۸	۳۷±۴/۱	۲/۶±۹/۸	۲±۱۰	۰/۳۸±۲/۳
استاندارد ایران	۴۶۰ عدد در ml۱۰۰	کمتر از ۱ عدد در ml۱۰۰	حداکثر ۱۰۰ در ml۱۰۰	کمتر از ۱ عدد در ml۱۰۰

جهت تعیین نرمال بودن متغیرها از آزمون Kolmogorov-Smirnov test استفاده شد که متغیرهای pH، کلر آزاد باقی‌مانده، کدورت و دما از توزیع نرمال پیروی نمی‌کردند، بنابراین از روش‌های آمار ناپارامتری برای تحلیل داده‌ها استفاده شد.

حداقل و حداکثر pH در استخرهای شنا و جکوزی‌ها در محدوده ۶/۸-۸/۷ بود. میانگین pH در کل استخرها و جکوزی‌ها به ترتیب برابر ۷/۸±۰/۳۲ و ۷/۸±۰/۳۲ بود. با توجه به جدول ۱، میزان تغییرات pH در استخرهای شنا نسبت به جکوزی‌ها بیشتر بود.

جدول ۳. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در استخرها و جکوزی‌های استان گلستان

پارامتر	مقدار پارامتر	استخر (تعداد)	استخر (درصد)	جکوزی (تعداد)	جکوزی (درصد)	حدمجاز (میلی گرم بر لیتر)
کلر باقی‌مانده (mg/L)	۰= کلر باقی‌مانده	۶۰	۵/۸	۳۶۰	۳۴/۶۵	۱-۳/۵
	$0.1 \leq \text{کلر باقی‌مانده}$	۱۰۱	۹/۷	۳۲۱	۳۰/۹	۱-۳/۵
	$3/5 < \text{کلر باقی‌مانده}$	۸۷۶	۸۴/۳	۳۵۸	۳۴/۴۵	۱-۳/۵
	$3/5 \leq \text{کلر باقی‌مانده}$	۲	۰/۲	-	-	۱-۳/۵
	جمع کل	۱۰۳۹	۱۰۰	۱۰۳۹	۱۰۰	
pH	$\text{pH} > 7/2$	۷۵	۷/۲	۲۸	۲/۷	۷/۲-۸
	$7/2 \leq \text{pH} \leq 8$	۶۴۷	۶۲/۳	۹۱۲	۸۷/۸	۷/۲-۸
	$\text{pH} < 8$	۳۱۷	۳۰/۵	۹۹	۹/۵	۷/۲-۸
کدورت (NTU)	$0/5 \leq \text{کدورت}$	۲۲۲	۲۱/۴	۵۵	۵/۳	$< 0/5$
	$5 \leq \text{کدورت} < 0/5$	۶۸۴	۶۵/۸	۷۳۵	۷۰/۷۴	$< 0/5$
	$10 \leq \text{کدورت} < 5$	۹۷	۹/۳	۱۸۶	۱۷/۹	$< 0/5$
	$20 \leq \text{کدورت} < 10$	۳۶	۳/۴	۶۳	۶/۰۶	$< 0/5$
دمادراستخر	$26 > \text{دما}$	۱۵	۱/۴۴	-	-	۲۶-۲۸
	$26 \leq \text{دما} \leq 28$	۴۳۵	۴۱/۸۷	-	-	۲۶-۲۸
	$28 < \text{دما}$	۵۸۹	۵۶/۶۹	-	-	۲۶-۲۸
دماجکوزی	$38 > \text{دما}$	-	-	۵	۰/۴۸	۳۸
	$38 = \text{دما}$	-	-	۱۲۳	۱۱/۸۴	۳۸
	$38 < \text{دما}$	-	-	۹۱۱	۸۷/۶۸	۳۸

میانگین مقدار کلر در کل استخرها $2/5 \pm 1/35$ mg/L بود. حداقل و حداکثر میزان کلر آزاد باقی‌مانده در جکوزی‌ها $1/3 \pm 1/5$ mg/L و ۶ و میانگین مقدار کلر در کل جکوزی‌ها $1/3 \pm 1/5$ mg/L و ۶ و

پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در استخرهای شنا و جکوزی‌های استان گلستان در جدول ۳ نشان داده شده است. حداقل و حداکثر میزان کلر آزاد باقی‌مانده در استخرهای شنا 1 و $7/8$ mg/L و

بود. میزان تغییرات کلر آزاد باقی مانده در استخرهای شنا نسبت به جکوزی‌ها بیشتر بود.

حداقل و حداکثر میزان کدورت در استخرهای شنا ۰ و ۱۷ NTU و میانگین کدورت در کل استخرها $2/17 \pm 2/47$ NTU بود. حداقل و حداکثر میزان کدورت در جکوزی‌ها ۰ و ۵۸ و میانگین کدورت در کل جکوزی‌ها $4/1 \pm 5/5$ NTU بود. میزان تغییرات کدورت در جکوزی‌ها نسبت به استخرهای شنا بیشتر بود. میانگین میزان دما در $56/69$ در صد استخرها بیشتر از 28 درجه سانتی‌گراد و در $87/68$ درصد از جکوزی‌ها بیشتر از 38 درجه سانتی‌گراد (مقدار استاندارد) بود (۱۳).

بحث

در این مطالعه در یک برنامه زمان‌بندی ۵ ساله نمونه‌برداری از استخرهای استان گلستان که دارای جکوزی بودند (شامل ۸ استخر) انجام و پارامترهای فیزیکی شیمیایی و میکروبی اندازه‌گیری شد. تعداد میکروارگانیسم‌های شاخص

بر اساس نتایج مطالعه، استخر شماره ۲ دارای کمترین میانگین تعداد کلیفرم، E.coli و استرپتوکوک مدفوعی و استخر شماره ۱ و ۴ به ترتیب دارای بیشترین تعداد کلیفرم، E.coli و استرپتوکوک مدفوعی بود (جدول ۱). این مقادیر میانگین‌ها تفاوت قابل توجهی با استخرهای دیگر داشت. قابل توجه است که استخرهای ۱ و ۴ دارای بیشترین میزان پراکندگی در بین داده‌های نمونه بودند که نشان‌دهنده این است که استخرها در برخی روزها بسیار تمیز و در برخی روزها آلودگی بسیار زیادی از نظر وجود این میکروارگانیسم‌ها (کلیفرم‌ها، E.coli و استرپتوکوک مدفوعی) داشتند.

با توجه به نتایج مطالعه، جکوزی شماره ۶ و ۸ دارای کمترین میانگین تعداد کلیفرم، E.coli و استرپتوکوک مدفوعی و جکوزی شماره ۱ و ۳ به ترتیب دارای بیشترین تعداد کلیفرم، E.coli و استرپتوکوک مدفوعی بودند (جدول ۲). این مقادیر میانگین‌ها تفاوت قابل توجهی با جکوزی‌های دیگر داشت. قابل

توجه است که جکوزی‌های ۱ و ۳ دارای بیشترین میزان پراکندگی در بین داده‌های نمونه داشتند که نشان‌دهنده این است جکوزی‌ها در برخی روزها بسیار تمیز و در برخی روزها دارای آلودگی بسیار زیاد از نظر وجود این میکروارگانیسم‌ها بودند.

فرض نرمال بودن برای متغیرهای میزان تعداد کلیفرم، E.coli، استرپتوکوک مدفوعی و سودوموناس برای استخر و جکوزی‌ها به طور مجزا بررسی و مشخص گردید که متغیرها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند، بنابراین از روش‌های آمار ناپارامتری برای تحلیل داده‌ها استفاده شد.

با توجه به آزمون Kruskal Wallis Test در سطح خطای $0/05$ ، بین میانگین کل کلیفرم‌ها در استخرهای شنا تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت ($p=0/00$). همچنین بین E.coli ($p=0/029$) و استرپتوکوک مدفوعی ($p=0/001$) استخرها هر کدام به طور مجزا تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت و تنها متغیر سودوموناس در بین استخرهای مختلف تفاوت معناداری را در سطح خطای 5 درصد نشان نداد ($p=0/07$).

با توجه به آزمون Kruskal Wallis Test در سطح خطای $0/05$ ، بین میانگین کل کلیفرم‌ها در جکوزی‌ها تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت ($p=0/00$). همچنین بین E.coli و استرپتوکوک مدفوعی و سودوموناس در جکوزی‌ها هر کدام به طور مجزا تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$).

سنجش کیفیت میکروبی استخرهای شنا عمدتاً با استفاده از باکتری‌های شاخص آلودگی آب نظیر کلیفرم‌ها، کلیفرم‌های گرم‌پای، اشرشیاکلی، سودوموناس آئروژینوزا، استرپتوکوک‌های مدفوعی، استافیلوکوکوس اورئوس و گونه‌های مایکوباکتریوم انجام می‌شود (۱۴). کلیفرم‌های گرم‌پای و اشرشیاکلی، شاخص‌های آلودگی مدفوعی آب هستند. میزان رهنمود برای کلیفرم گرم‌پای در استخرها و جکوزی‌ها کمتر از یک عدد در 100 میلی لیتر پیشنهاد شده است (۳). در این مطالعه میزان تمام میکروارگانیسم‌های سنجش شده (کل کلیفرم‌ها، اشرشیا کلی، استرپتوکوک مدفوعی و سودوموناس

میزان pH

در مطالعه حاضر بر اساس آزمون Kruskal Wallis، استخرهای مختلف دارای pHهای متفاوتی بودند که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار بود ($p=0/00$)؛ به طوری که میانگین آن در استخر شماره ۲ دارای کمترین ($7/3$) و استخر شماره ۴ دارای بیشترین میزان pH ($8/13$) بود. همچنین بر اساس آزمون کروسکال والیس، جکوزی‌های مختلف دارای pHهای متفاوتی ($6/8-8/9$) بودند که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار و مشابه استخرهای شنا بود. براساس ضوابط، میزان pH در آب استخرهای شنا و جکوزی برای کارایی بهتر گندزدایی با ترکیبات کلر می‌بایست در محدوده $7/2-7/8$ بوده و در سایر روش‌های گندزدایی باید حدود $7/2-8$ باشد (20). در مطالعه حاضر pH $7/2$ درصد استخرها کمتر از استاندارد، $30/5$ درصد در حد استاندارد و $62/3$ درصد بیشتر از استاندارد بود. همچنین pH $2/7$ درصد جکوزی‌ها کمتر از استاندارد، $87/8$ درصد در حد استاندارد و $9/5$ درصد بیشتر از استاندارد بود (جدول ۳). در این مطالعه حداقل و حداکثر pH در استخرهای شنا در محدوده $6/8-8/7$ بود. در $6/9-8/9$ pH زمانی که کلر آزاد باقی‌مانده کمتر از $0/4$ میلی‌گرم بر لیتر باشد، فعالیت میکروارگانیسم‌ها افزایش می‌یابد، زیرا با افزایش pH آب استخر، میزان کمتری از کلر باقی‌مانده به صورت HClO درمی‌آید و قدرت گندزدایی کلر کاهش می‌یابد (21). مقادیر پایین pH باعث خوردگی لوله‌ها و اتصالات و همچنین عوارضی نظیر ایجاد لک، تحریک و سوزش چشم و پوست شناگران و مقادیر بالای pH باعث رسوب‌گذاری، کاهش کارایی کلر و کدر شدن آب (ابری شدن) می‌شود (22).

میزان کلر باقی‌مانده

در مطالعه حاضر بر اساس آزمون Kruskal Wallis، استخرهای مختلف دارای میزان کلر باقیمانده متفاوتی بودند که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار بود ($p=0/00$)؛ به طوری که استخر شماره ۷ دارای کمترین ($1/19$ mg/L) و استخر شماره ۵ دارای بیشترین میزان کلر ($3/6$ mg/L) بود. بر اساس آزمون Kruskal

آیروژینوزا) در جکوزی‌ها نسبت به استخرها بالاتر بود. از میان این میکروارگانیسم‌ها، سودوموناس آئروژینوزا و استرپتوکوک مدفوعی در جکوزی‌ها دارای تغییرات بیشتری نسبت به استخرها بودند. پایش منظم سودوموناس آئروژینوزا در وان‌های آب گرم عمومی و چشمه‌های آب گرم طبیعی توصیه شده است. کنترل گونه‌های سودوموناس در جکوزی‌ها نسبت به استخرها دشوارتر است، زیرا طراحی و بهره‌برداری از جکوزی‌ها به منظور دستیابی به حد مطلوب مواد گندزدا در آنها مشکل‌تر است. درجه حرارت آب جکوزی‌ها نسبتاً بالاست و نگهداری مناسب کلر آزاد باقی‌مانده دشوار است، از این رو احتمال بقاء سودوموناس و دیگر عوامل بیماری‌زا در چنین شرایطی زیاد است. عفونت‌های پوستی و چشمی ناشی از سودوموناس آئروژینوزا در چندین پژوهش گزارش شده است ($15, 16$).

در مطالعه حاضر میزان سودوموناس در جکوزی‌ها نسبت به استخرهای شنا بالاتر و میزان کلر نسبت به استخرها کمتر بود. دمای بالا و میزان کلر کم و کدورت زیاد و عدم گندزدایی مناسب باعث تشدید رشد سودوموناس می‌شود. دمای زیاد آب و اختلاط شدید در جکوزی‌های هوادهی شده باعث افزایش ورود تعرق و سلول‌های پوست به داخل آب شده و ایجاد کدورت می‌کند که این مواد، باکتری‌ها را از تماس با گندزداها بازداشته و مواد آلی موجود در آب را افزایش می‌دهد (17). مطالعات قبلی سودوموناس را در آب گرم با میزان کلر $2-3$ mg/L جدا کرده‌اند (18). در مطالعه مورو همکاران (2002) در انگلستان و ایرلند شمالی که حضور سودوموناس را در جکوزی‌ها و استخرهای شنای مورد بررسی تأیید کردند، 72 درصد از جکوزی‌ها و 38 درصد از استخرها به سودوموناس آلوده بودند (19).

استرپتوکوک‌های مدفوعی نیز یکی دیگر از ارگانیسم‌های شاخص جهت پایش کیفیت میکروبی آب‌های تفریحی است. حداکثر تعداد مجاز استرپتوکوک‌های مدفوعی در آب استخر و جکوزی 100 عدد در 100 میلی‌لیتر است. در مطالعه حاضر میزان استرپتوکوک مدفوعی در جکوزی‌ها نسبت به استخرها بیشتر بود.

Wallis، جکوزی‌های مختلف دارای میزان کلرهای متفاوتی بودند که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار بود ($p=0/00$)؛ به طوری که جکوزی شماره ۷ دارای کمترین ($0/33 \text{ mg/L}$) و جکوزی شماره ۶ دارای بیشترین میانگین کلر ($2/4 \text{ mg/L}$) بود.

در مطالعه حاضر حداقل و حداکثر میزان کلر آزاد باقی‌مانده در استخرهای شنا 1 mg/L و $7/8$ و میانگین مقدار کلر در کل استخرها $2/5 \pm 1/35 \text{ mg/L}$ بود. همچنین حداقل و حداکثر میزان کلر آزاد باقی‌مانده در جکوزی‌ها 0 و 6 mg/L و میانگین مقدار کلر در کل جکوزی‌ها $1/3 \pm 1/5 \text{ mg/L}$ بود. میزان تغییرات کلر آزاد باقی‌مانده در استخرهای شنا نسبت به جکوزی‌ها بیشتر بود. به نظر می‌رسد دلیل کمتر بودن کلر باقی‌مانده آزاد در جکوزی‌ها نسبت به استخرها مربوط به هوادهی، برخورد فشار آب با شدت به بدن شناگران و جدا شدن ذرات چربی از بدن آنها باشد، ضمن اینکه معدل دمای بالای استخرها نیز در متصاعد شدن کلر مؤثر می‌باشد.

طبق معیارهای الزامی، میزان کلر آزاد باقی‌مانده در آب استخرهای شنا باید $1-3/5 \text{ mg/L}$ و در جکوزی‌ها به دلیل تراکم شناگران و دمای بالاتر آب، میزان غلظت باقی‌مانده کلر بالاتر باید $2-3 \text{ mg/L}$ باشد (۳، ۱۴). در مطالعه حاضر میزان کلر باقی‌مانده در $15/5$ درصد از استخرها کمتر از استاندارد، $84/3$ درصد در حد استاندارد و $0/2$ درصد بیشتر از استاندارد بود. همچنین میزان کلر باقی‌مانده در $65/55$ درصد از جکوزی‌ها کمتر از استاندارد و $34/45$ درصد در حد استاندارد بود (جدول ۳).

در صورتی که استخر به طور مناسب طراحی و بهره‌برداری شود (عدم چرخش آهسته آب، توزیع آب مناسب و بار شناگر مناسب) میزان کلر آزاد باقی‌مانده بیش از $1/2 \text{ mg/L}$ در هیچ جای استخر مورد نیاز نخواهد بود و بهتر است برای حل مشکل این استخرها، به طور اصولی اقدام شود و میزان گندزدای افزایش داده نشود (۲۳). در مطالعه حاضر با توجه به نتایج مشخص شد که به دلیل عدم راهبری صحیح میزان کلر باقی‌مانده در برخی روزها صفر و در برخی روزها در استخر ماکزیمم $7/8 \text{ mg/L}$ و

در جکوزی‌ها ماکزیمم 6 mg/L بود که می‌تواند باعث بروز اثر نامطلوب بر روی شناگران شامل سوزش چشم، پوست، خشکی پوست و اکسیداسیون شود. بنابراین با توجه به نتایج این مطالعه لازم است که مدیریت بهره‌برداری استخرها و جکوزی اصلاح شود و پایش مداوم جهت حفظ سلامتی شناگران انجام شود.

میزان کدورت

در مطالعه حاضر حداقل و حداکثر میزان کدورت در استخرهای شنا 0 و 17 و در جکوزی‌ها 0 و 58 NTU بود. همچنین بر اساس آزمون Kruskal Wallis، استخرهای مختلف دارای میزان کدورت‌های متفاوتی بودند که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار بود ($p=0/00$)؛ به طوری که استخر شماره ۵ دارای کمترین و استخر شماره ۴ دارای بیشترین میزان کدورت بودند. بر اساس آزمون Kruskal Wallis، جکوزی‌های مختلف دارای میزان کدورت متفاوتی بودند که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار بود ($p=0/00$)؛ به طوری که جکوزی شماره ۶ دارای کمترین و جکوزی شماره ۵ دارای بیشترین میانگین کدورت بود.

کدورت در $21/4$ درصد از استخرها در حد استاندارد و در $78/6$ درصد بیشتر از استاندارد بود. همچنین کدورت در $5/3$ درصد از جکوزی‌ها در حد استاندارد و در $94/7$ درصد بیشتر از استاندارد بود (جدول ۳). این نتایج نشان‌دهنده این است که سیستم‌های رفع کدورت استخرها شامل انعقاد و فیلتراسیون از راندمان مناسبی برخوردار نبوده و در مجموع از راهبری قابل قبول برخوردار نمی‌باشند، ضمن اینکه بار زیاد مراجعه‌کنندگان نیز می‌تواند مزید بر علت افزایش کدورت باشد. در خصوص جکوزی‌ها با توجه به جدا بودن سیستم آب آنها از استخرها، به نظر می‌رسد علت اصلی بالا بودن کدورت آنها مربوط به دیر عوض کردن آب جکوزی باشد. کدورت باعث کاهش شفافیت آب می‌شود. به منظور گندزدایی مؤثر، مقدار کدورت آب استخرها و جکوزی‌ها باید در حد $0/5$ NTU باشد (۳). مقادیر بیش از حد استاندارد کدورت باعث افت کیفیت آب و نیز ایجاد خطر جدی برای سلامتی شناگران به دلیل جلوگیری از عدم

گندزدایی مناسب می‌شود.

میزان دما

در مطالعه حاضر بر اساس آزمون Kruskal Wallis، استخرهای مختلف دارای میزان دماهای متفاوتی بودند که این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار بود ($p=0/00$)؛ به طوری که استخر شماره ۳ دارای بیشترین دما بود، ولی جکوزی‌های مختلف تقریباً دارای دماهای برابر بودند و از نظر آماری نیز تفاوتی بین میانگین دمای جکوزی‌های مختلف مشاهده نشد ($p=0/00$).

به منظور اطمینان از بهترین شرایط جهت بهره‌برداری انواع گندزدهای مورد استفاده در استخرها و خصوصاً جکوزی‌ها، دما باید به طور منظم سنجش شود. دمای بالای آب در جکوزی‌ها می‌تواند باعث خواب آلودگی شناگران شده که این امر ممکن است منجر به از دست دادن هوشیاری یا گرم‌زدگی و مرگ شود. به علاوه دماهای بالاتر باعث ناراحتی برای استفاده‌کنندگان و افزایش دمای بدن می‌شود (۳).

تعیین ارتباط متغیرها در استخر و جکوزی با باکتری‌ها

در این مطالعه بر اساس Spearman's correlation coefficient، در استخرهای شنا بین کدورت و سودوموناس همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت ($p=0/017$)، اما بین کدورت و سایر میکروارگانیسم‌ها ارتباطی مشاهده نشد ($p<0/05$). در جکوزی‌ها بین کل کلیفرم‌ها و استرپتوکوک‌های مدفوعی همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد ($p<0/05$).

همچنین در این مطالعه بین میزان کلر آزاد باقی‌مانده و کل کلیفرم‌ها، اشرشیا کلی، استرپتوکوک مدفوعی و سودوموناس هم در استخرهای شنا و هم در جکوزی‌ها همبستگی و اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$)؛ به طوری که هرچقدر میزان کلر باقی‌مانده بیشتر می‌شد تعداد این میکروارگانیسم‌ها کم‌تر بود که با نتایج مطالعه قانعیان و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت (۳).

بر اساس آزمون Mann-Whitney Test، بین تمام میکروارگانیسم‌ها: دما، کلر باقی‌مانده و کدورت اختلاف

معنی‌داری مشاهده شد ($p<0/05$).

بر اساس همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن، در استخرهای شنا و جکوزی‌ها بین pH و هیچ یک از میکروارگانیسم‌های شاخص همبستگی و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به اینکه بررسی آلودگی قارچی در استخرهای استان گلستان انجام نشده پیشنهاد می‌گردد بررسی آلودگی قارچی مورد توجه قرار گیرد. به نظر می‌رسد حجم نمونه نسبتاً زیاد و نحوه نمونه برداری از نقاط قوت این پژوهش باشد.

نتیجه‌گیری

پراکندگی زیادی در آلودگی میکروبی استخرها و جکوزی‌ها و همچنین متغیرهای فیزیکی‌شیمیایی وجود دارد. این موضوع نشان‌دهنده این است که استخرها و جکوزی‌ها در برخی روزها بسیار تمیز و در برخی روزها دارای آلودگی بسیار زیاد از نظر وجود این میکروارگانیسم‌ها، کدورت و میزان کلر باقی‌مانده هستند که این نشان‌دهنده عدم راهبری مناسب استخرها و جکوزی‌ها به تناسب تعداد شناگران و میزان گندزدایی می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش لازم است که مدیریت بهره‌برداری استخرها و جکوزی‌ها اصلاح شود و پایش مداوم جهت حفظ سلامتی شناگران انجام شود. پیشنهاد می‌شود با تدوین برنامه عملیاتی مناسب و هدفمند توسط سیستم نظارتی (مرکز بهداشت استان) و جلب همکاری بین‌بخشی با اداره کل تربیت بدنی استان گلستان و برگزاری کلاس‌های آموزشی برای مدیران و کاربران استخرها با محوریت مشکلات فوق، نسبت به کاهش این معضلات و ارتقاء کیفیت استخرها اقدام گردد.

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی گلستان به جهت حمایت و همکاری تقدیر و تشکر می‌گردد. از سرپرست محترم مرکز تحقیقات بهداشت محیط علوم پزشکی گلستان و کلیه اساتید و همکارانی که در پیشبرد این تحقیق مساعدت داشته اند تقدیر و تشکر می‌گردد.

References:

- 1-Manshouri M, Yazdanbakhsh AR, Bay A, Sadeghi M, Tazikeh F, Elyasi SA. Common Microbial Indicators in the Pools and Jacuzzis of Golestan Province, Iran. *mljgoums*. 2015; 9 (3):0-0.[in Persian].
- 2-AsadiShavaki, M. Valaei, N. &Mahmoodi, E. An Investigation of Bacterial and Fungal Pollution of Swimming Pools in Karaj city and Effect of Some Environmental Factors on it. *Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2015;1 (2) : 134-144. [in Persian].
- 3-Ghaneian M T, Amrollahi M, Ehrampoush M H, Dehvari M. Investigation of the Physical, Chemical, and Microbial Quality of Yazd Warm water pools (Jacuzzi) in 2011. *ijhe*. 2014; 6 (3) :319-328. [in Persian].
- 4-World Health Organization (WHO). Nabizadeh R, Aslani H, Nemati R. *Guidelines for Safe recreational water Environments: Swimming Pools and Similar Environments*, 1 Edition; 2006.
- 5-McEvoy M, Batchelor N, Hamilton G, MacDonald A, Faiers M, Sills A. et al., A Cluster of cases of legionnaires' disease associated with exposure to a spa pool on display. *Communicable Disease and Public Health*; 2000;3:43-45.
- 6-Dehghani MH, Azam K, Mohammadi A, An Investigation on Physico-Chemical and Microbiological Quality of Public Swimming Pools in Tehran City, Iran(2014). *Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2015;1 (1) : 29-35. [in Persian].
- 7- Nabizadeh R, Aslani H, Nemati R. *Guidelines for Safe recreational water Environments: Swimming Pools and Similar Environments*, 1 Edition; 2006.
- 8- Health Protection Agency (HPA) and Health Safety Executive (HSE). *Management of Spa pools, controlling the Risks of infection*; 2006.
- 9- Ratnam S, Hong K, March SB, Butler RW. Whirlpool-associated folliculitis caused by *Pseudomonas aeruginosa*, Report of an outbreak and review. *Journal of Clinical Microbiology* 1986; 23: 655-659.
- 10-Schets FM, Schijven JF, de Roda Husman AM. Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. *water research* 2011; 45:2392-2400.
- 11- Swimming pools - General requirements, Institute of Standards and Industrial Research of Iran(ISIRI), 11203, 1st. Edition. [in Persian].
- 12- APHA, AWWA, WEF :Standard method for examination of water and waste water. 21st edition. U.S.A. American Public Health Association. 2005;9-53,9-55.
- 13- ISIRI. Swimming pools - General requirements, Standard number 11203. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2008 (in Persian).
- 14-Martins MT. Assessment of microbiological quality for swimming pool in South America. *Water Research*. 1999;29(10):2417-20.
- 15- Gustafson TL, Band JD, Hutcheson RH, Schaffner Jr. *Pseudomonas folliculitis: an outbreak and review*. *Reviews of Infectious Diseases*. 1983;5(1):1-8.
- 16-Atlanta GA. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. USA: Centers for Disease Control and Prevention, Rash Associated with Use of Whirlpools- Maine; 1979
- 17- Price D, Ahearn DG. Incidence and persistence of *Pseudomonas aeruginosa* in whirlpools. *Journal of Clinical Microbiology*. 1988;26(9):1650-54.
- 18-Salvato JA, Nemerow NL, Agardy FJ. *Environmental Engineering*. 5th ed. New York: John Wiley & Sons; 2003.
- 19-Moore JE, Heaney N, Millar BC, Crowe M, Elborn JS. Incidence of *Pseudomonas aeruginosa* in recreational and hydrotherapy pools. *Communicable Disease and Public Health*. 2002;5(1):23-26.
- 20- Ministry of Health and Medical Environmental and Occupational Health Center, *a Guide to Monitoring of Swimming Pools and Coastal Water*; 2013.
- 21-Seyfried PL, Fraser DJ. Persistence of *pseudomonas Aveuginoso* in chlorinated swimming pools. *Can J Microbiol*. 1980; 6(3): 350-5.
- 22- Münzberg R. *Handbook of Swimming Pool and Spa Pool Water Treatment*. Germany: Tintometer GmbH; 2011.
- 23- *Guidelines for safe recreational water environments*. Vol 2: (Swimming pools and similar environments). Geneva: World Health Organization; 2006.