



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

ارزیابی خطر بروز عفونت گوارشی ناشی از شنا در سواحل دریای خزر: مطالعه موردی سواحل شهرستان فریدونکنار

هادی نیک نژاد^۱، نیما کلوانی^۲، مهدی سیدی راد^۳، علیرضا اعلا^۴، رضا سعیدی^۵، مهرانوش ابطحی^۱، فتح اله غلامی بروجنی^{۶*}

- ۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران
- ۳- مرکز بهداشت بهشهر، معاونت بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، بهشهر، ایران
- ۴- گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
- ۵- گروه بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)، دانشکده ایمنی و بهداشت عمومی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۶- گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: نگرانی‌هایی در مورد آلودگی میکروبی در شهرهای ساحلی شمال کشور بویژه شهرهای استان مازندران وجود دارد که می‌تواند خطراتی را برای سلامتی شناگران و گردشگران به همراه داشته باشد. مطالعه حاضر با هدف بررسی کمی میزان خطر بروز بیماری‌های گوارشی ناشی از مواجهه با باکتری‌های اشرشیا کلی (E.coli) و انتروکوکوس در حین فعالیت‌های تفریحی در سواحل فریدونکنار انجام شد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۲۶

روش بررسی: در مطالعه توصیفی مقطعی حاضر، به منظور بررسی وضعیت میکروبی شناگاه‌های ساحلی فریدونکنار ۶۶ نمونه بصورت لحظه‌ای در فصل تابستان برداشت شد. روش شبیه‌سازی مونت کارلو برای محاسبه خطر عفونت روزانه و سالانه مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در آب‌های تفریحی این سواحل، خطر ابتلا به انتروکوکوس بیشتر از E.coli بود. میانگین خطر عفونت سالانه E.coli در بزرگسالان و کودکان به ترتیب ۰/۴۱ و ۰/۶۹ بود. همچنین خطر عفونت سالانه انتروکوکوس برای کودکان و بزرگسالان ۱ و ۰/۹۹ بود که بالاتر از سطح توصیه شده توسط WHO و EPA بود. نتایج نشان داد که خطر ابتلا به عفونت برای کودکان بیشتر از بزرگسالان بوده است.

واژگان کلیدی: شناگاه‌های ساحلی، انتروکوکوس، اشرشیاکلی، روش مونت کارلو

نتیجه‌گیری: تخلیه کنترل نشده فاضلاب‌های شهری و صنعتی به دریاها و رودخانه‌ها نقش اساسی در آلودگی میکروبی سواحل دارد. با اجرای استراتژی‌های مدیریت زیست محیطی و تفریحی موثر، می‌توان خطرات بهداشت عمومی را در سواحل تفریحی به حداقل رساند و در عین حال زیبایی طبیعی این فضاها را نیز حفظ کرد.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
gholami_b_f@yahoo.com

Please cite this article as: Niknejad H, Kalvani N, Seyedirad M, Ala A, Saeedi R, Abtahi M, et al. Assessment of the risk of gastrointestinal infection from swimming at the Caspian Sea shores: a case study of Faridonkanar city beaches. Iranian Journal of Health and Environment. 2024;17(2):301-12.

مقدمه

در برخی از شناگاه های ساحلی، ممکن است میکروبوها و عوامل عفونت‌زای مختلفی وجود داشته باشند که اگر به طور تصادفی این آب توسط شناگران بلعیده شود برای سلامتی آنها مضر است (۱، ۲). میکروارگانسیم های موجود در آب به طور کلی از طریق فضولات حیوانی و انسانی و فاضلاب تصفیه نشده به داخل دریا راه می‌یابند. فاضلاب تصفیه نشده خانگی، صنعتی و کشاورزی به آب های سطحی یا اقیانوس‌ها ریخته می‌شود و یک مسیر انتقال پاتوژن‌های مدفوعی - دهانی برای شناگران ساحلی را تشکیل می‌دهد (۳، ۴). میزان آلودگی مدفوعی به طور کلی از طریق نظارت بر دو باکتری شاخص، از جمله اشرشیا کلی (E.coli) و انتروکوکوس روده ارزیابی می‌شود (۵). سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) مقدار دوز مرجع انتروکوکوس ها را به عنوان غلظت متوسط ژئومتری ۳۵ MPN/100 mL برای آب سواحل تفریحی پیشنهاد کرد (۶). علاوه بر این، EPA و سازمان جهانی بهداشت (WHO) ۱۹ بیماری گوارشی (Gastrointestinal Illnesses: GI) را به ازای هر ۱۰۰۰ شناگر به عنوان معیار خطر قابل قبول توصیه کرده اند (۱، ۷). با توجه به هزینه بالای مطالعات اپیدمیولوژیک، ارزیابی کمی خطر میکروبی (Quantitative microbial risk assessment: QMRA) به طور کلی برای ارزیابی مواجهه عمومی با عفونت های بیماری‌زا و ایجاد رابطه دوز- پاسخ انجام می‌شود. روش QMRA برای تعیین خطرات بهداشتی مواجهه با E.coli و انتروکوکوس در حین فعالیت های تفریحی در سواحل تحت تاثیر پساب فاضلاب استفاده شد (۸، ۹). در بسیاری از مطالعات، E.coli و انتروکوکوس به عنوان شاخص ایمنی خطر آب های تفریحی دریایی استفاده شده است. Bonamano و همکاران، آلودگی منطقه تفریحی محلی را در یکی از سواحل ایتالیا را گزارش کردند و توزیع داده های آلودگی مرتبط با E.coli را در مطالعه خود ارائه کردند. آنها گزارش دادند که غلظت باکتری E.coli در سواحل تفریحی در تابستان بالا بود و علت آن را به تخلیه پساب تصفیه خانه های فاضلاب نسبت دادند (۱۰). علاوه بر این، با در نظر گرفتن محدودیت های E.coli به عنوان

یک شاخص ایده‌آل برای کیفیت آب ساحلی تفریحی، EPA استفاده از انتروکوکوس ها را به عنوان یک شاخص ایمنی برای سواحل تفریحی دریایی توصیه کرد (۸). هدف اصلی این مطالعه ارزیابی خطر سلامتی آب های تفریحی از نظر باکتری های E.coli و انتروکوکوس در شهر فریدونکنار از شهرهای ساحلی شمال ایران در امتداد خط مرزی دریای خزر بود. سواحل جنوبی دریای خزر به ویژه شناگاه های ساحلی استان مازندران در معرض انواع آلودگی ها به ویژه آلودگی میکروبی است که می‌تواند باعث ایجاد بیماری در شناگران شود. نتایج می‌تواند برای توسعه بیشتر معیارهای کیفیت آب تفریحی و رتبه بندی سواحل تفریحی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه به ارزیابی خطر میکروبی ناشی از آلودگی شناگاه‌های ساحلی در سواحل شنای (پلاژهای) شهر فریدونکنار در شمال ایران پرداخته شده است. این شهر دارای سواحل تفریحی دلپذیر با طول تقریبی ۲۰ km است و به عنوان معروف‌ترین استراحتگاه های ساحلی کشور شناخته می‌شود. شهر فریدونکنار با آب و هوای معتدل خزری و چشم اندازهای ساحلی، جاذبه های فراوانی برای ساکنان شهرهای بزرگ و آلوده کشور، به ویژه تهران دارد. مهمترین انگیزه مسافرت گردشگران به فریدونکنار، تفریح و شنا در ساحل تفریحی این شهر است. بیش از ۹۵ درصد گردشگران در فصول گرم سال به فریدونکنار سفر می‌کنند که بیشترین گردشگری به دلیل وجود تعطیلات و شرایط مناسب برای شنا در این سواحل در فصل تابستان صورت می‌گیرد. بر اساس داده های آماری منتشر شده، این سواحل سالانه بیش از ۱۵ هزار گردشگر را به خود جذب می‌کنند. در نتیجه، تخلیه عمدی/غیر عمدی فاضلاب تصفیه نشده و همچنین نشت شیرابه از پسماندهای دفن شده یا تخلیه شده منجر به آلودگی آب دریا می‌شود که نه تنها پیامدهای نامطلوبی بر کیفیت محیطی و سلامت عمومی دارد، بلکه بر وضعیت اقتصادی این مناطق تفریحی نیز تأثیر می‌گذارد. این شهر دارای ۶ شناگاه ساحلی بوده است که در مجموع ۶۶ نمونه آب از سواحل تفریحی آن برداشت شد. نمونه ها در عمق ۲۰

تاییدی بر واکنش مثبت باشد (۱۱، ۱۲).

$$D_{path} = C_{path} \times V_{ing} \quad (1)$$

$$P_{inf} = 1 - [1 + \frac{D_{path}}{N_{50}} (2^{\frac{1}{\alpha}} - 1)] - \alpha \quad (2)$$

$$P_{(n)} = 1 - (1 - P_{inf})^n \quad (3)$$

خطر عفونت و نقش آن در بیماری زایی از طریق فعالیت های شنا در این مناطق تفریحی با تمرکز بر کیفیت میکروبیولوژیکی آب ارزیابی شد و داده ها از طریق ارزیابی کمی خطر میکروبی (معادله ۱ تا ۳) تجزیه و تحلیل شدند.

در معادله ۱، D_{path} دوز دریافتی *E.coli* یا انتروکوکوس است، V_{ing} حجم آب بلعیده شده تصادفی در طول شنا و C_{path} غلظت پاتوژن میکروبی مورد مطالعه در آب است. حجم آب مصرفی در هر شنا برای کودکان ۳۷ mL و برای بزرگسالان ۱۶ mL برآورد شده است (۱۳، ۱۴). در معادله ۲، p_{inf} احتمال خطر عفونت روزانه، α شیب پارامتریک و N_{50} میانگین دوز ایجاد، عفونت است که این پارامتر برای *E.coli*؛ $\alpha=0.175$ ؛ $N_{50} = 2.55E+06$ و برای انتروکوکوسها $\alpha= 0.16$ ، $N_{50}=5.99E+04$ در نظر گرفته شد. در معادله ۳، $P_{(n)}$ احتمال عفونت سالانه و n زمان مواجهه (روز) در سال است (۱۵-۱۷). به منظور تحلیل عدم قطعیت ارزیابی خطر میکروبی از روش شبیه‌سازی مونت کارلو (Monte Carlo Simulation: MCS) با ۱۰۰۰۰ تکرار و با فاصله اطمینان ۸۰ درصد (فاصله صدک‌های ۱۰ و ۹۰) استفاده شد. این روش یک تکنیک ریاضی کامپیوتری است که افراد را قادر می‌سازد تا عوامل مواجهه و عدم قطعیت‌ها را در تحلیل QMRA بررسی کنند و تصمیم‌گیری‌های بهتری انجام دهند. روش تصادفی QMRA به منظور تخمین احتمال ابتلا به بیماری گوارشی ناشی از میکروارگانسیم‌های بیماری‌زا از طریق مصرف آب در حین شنا است که این روش خطر بیماری را با تمرکز بر غلظت پاتوژن در ماتریس آب با اثرات سلامتی استنباط شده با استفاده از روابط دوز- پاسخ ریاضی شناخته شده تخمین می‌زند (۳، ۱۸). پس از توسعه مدل، MCS با نرم‌افزار کریستال

تا ۵۰ cm زیر سطح آب برداشت شدند. از هر ساحل به صورت ماهانه در طول سال نمونه برداری شد و تنها در ماه اول از سواحل تفریحی نمونه برداری نشد. برای جمع آوری نمونه‌ها از بطری‌های استریل استفاده شد. نمونه‌ها بلافاصله در یک ظرف استریل سرد شده (دمای کمتر از ۵ °C) به آزمایشگاه فرستاده شدند و ظرف ۲۴ h آنالیز شدند. روش‌های استاندارد (ISO 7899-1 (1999) و ISO 9308-3 (1998) به ترتیب برای اندازه‌گیری باکتری‌های انتروکوکوس روده و *E.coli* استفاده شد. برای شمارش تراکم باکتریایی از روش میکروپلیت استفاده شد و به عنوان محتمل‌ترین تعداد (MPN) در ۱۰۰ mL نمونه شمارش شد. در این آزمایش، لوله‌های حاوی ۱۰ mL محیط کشت حاوی لاکتوز برات با حجم‌های ۱/۰، ۱ و ۱۰ mL در شرایط استریل تلقیح و سپس به مدت ۴۸ h در انکوباتور با دمای ۳۷ °C قرار داده شد. به منظور تایید وجود کلیفرم، از لوله‌های مثبت نمونه‌برداری و روی محیط کشت آگار آئوسین متیلن بلو (Eosin Methylene Blue: EMB) کشت خطی داده شد. سپس فرآیند انکوباسیون به مدت ۲۴ h در دمای ۳۷ °C انجام شد. سپس لوله به مدت ۲۴ h انکوبه شد که نشان دهنده وجود گاز و کدورت است که نشان دهنده مثبت بودن آزمایش است. نمونه‌های حاصل از تست مثبت به محیط کشت برلیانت گرین منتقل شدند. سپس لوله برلیانت در انکوباتور ۴۴/۵ °C قرار داده شد. پس از ۲۴ h، ۰/۵ mL از معرف کواکس به لوله‌ها اضافه شد. پس از تکان دادن لوله‌ها (۱ min)، رنگ قرمز وجود اندو را تایید کرد و واکنش برای حضور *E.coli* مثبت بود. به همین ترتیب از تکنیک فیلتر غشایی (Membrane Filter) برای شمارش انتروکوکوس‌ها استفاده شد. بدین صورت که ۲۵۰ mL از نمونه از فیلتر غشایی استریل (۰/۴۵ μm) عبور داده شد و فیلتر در شرایط استریل روی محیط کشت اسلنتز و بارتلی قرار گرفت. سپس پلیت‌ها به مدت ۲۴ h در دمای ۳۶ °C قرار داده شدند تا از نظر وجود انتروکوک روده‌ای آزمایش شود. کلنی‌ها در محدوده قرمز شمارش شدند و فیلتر غشایی به مدت ۲ h در محیط کشت صغراوی اسکولین آزاید آگار (Esculin Azide Agar) در دمای ۴۴ °C قرار داده شد. تشکیل رنگ قهوه‌ای تا سیاه می‌تواند

شد (جداول ۱ و ۲). اشکال ۱ و ۲ خطر بیماری زایی روزانه و سالانه E.coli و انتروکوکوس را برای کودکان و بزرگسالانی که در سواحل فریدونکنار به تفریح می پردازند نشان می دهد. خطر عفونت روزانه صدک ۹۰ ناشی از E.coli برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۰/۰۱۴ و ۰/۰۰۶ بدست آمده است. همچنین خطر عفونت سالیانه صدک ۹۰ ناشی از E.coli برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۴۷ بود. در مورد انتروکوکوس های روده ای، خطر عفونت روزانه صدک ۹۰ برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۱ بود و خطر عفونت سالیانه صدک ۹۰ ناشی از انتروکوکوس برای هر دو گروه سنی ۱ بود.

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، میانگین خطر ابتلا به E.coli برای کودکان در سواحل فریدونکنار به عنوان خطر عفونت روزانه و سالیانه به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۶۹ بود و برای بزرگسالان به ترتیب ۰/۰۰۵ و ۰/۴۱۱ بود. همچنین میانگین خطر ابتلا به انتروکوکوس های روده ای در کودکان این سواحل از نظر خطر ابتلا به عفونت روزانه و سالیانه به ترتیب ۰/۱۳ و ۱ بود و برای بزرگسالان ۰/۰۷ و ۰/۹۹ بود (شکل ۲). لازم به ذکر است که نوار رنگی بالای نمودارهای آبی را در سمت چپ، صدک دهم و حاشیه پایینی نمودارهای آبی را در سمت راست، صدک ۹۰ تشکیل می دهد.

بال (Crystal Ball) ورژن ۳۴۱۹۰.۱. ۱۱ اضافه شده در نرم افزار Microsoft Excel برای تعیین کمیت پارامترها و تجزیه و تحلیل داده ها انجام شد (۱۹، ۲۰). مقدار آب بلعیده شده و غلظت E.coli و انتروکوکوس در نمونه های آب به دست آمده از سواحل تفریحی مورد مطالعه در مدل گنجانده شده است.

یافته‌ها

با توجه به میانگین غلظت E.coli و انتروکوکوس در معادله ۲، احتمال خطر عفونت زایی را می توان با استفاده از مدل بتا پواسون در QMRA محاسبه کرد. احتمال عفونت به نوبه خود برای محاسبه احتمال آلودگی سالانه با استفاده از معادله ۳ در نظر گرفته شد. همانطور که در جدول ۱ و ۲ خلاصه شده است، احتمال خطر عفونت روزانه و سالانه ناشی از شنا در آب های ساحلی در خطوط ساحلی مورد مطالعه در کودکان و بزرگسالان نشان داده شده است. با توجه به اینکه غلظت باکتری E.coli و انتروکوکوس به صورت غیر پارامتری در سواحل تفریحی این شهر توزیع شده است، صدک های ۱۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ و میانگین و انحراف معیار خطر عفونت روزانه و سالانه برای غلظت انتروکوکوس ها و E. coli مشاهده شده در کودکان و بزرگسالان در سواحل تفریحی تعیین

جدول ۱- خطر عفونت روزانه و سالانه E. coli برای کودکان و بزرگسالان در سواحل تفریحی فریدونکنار

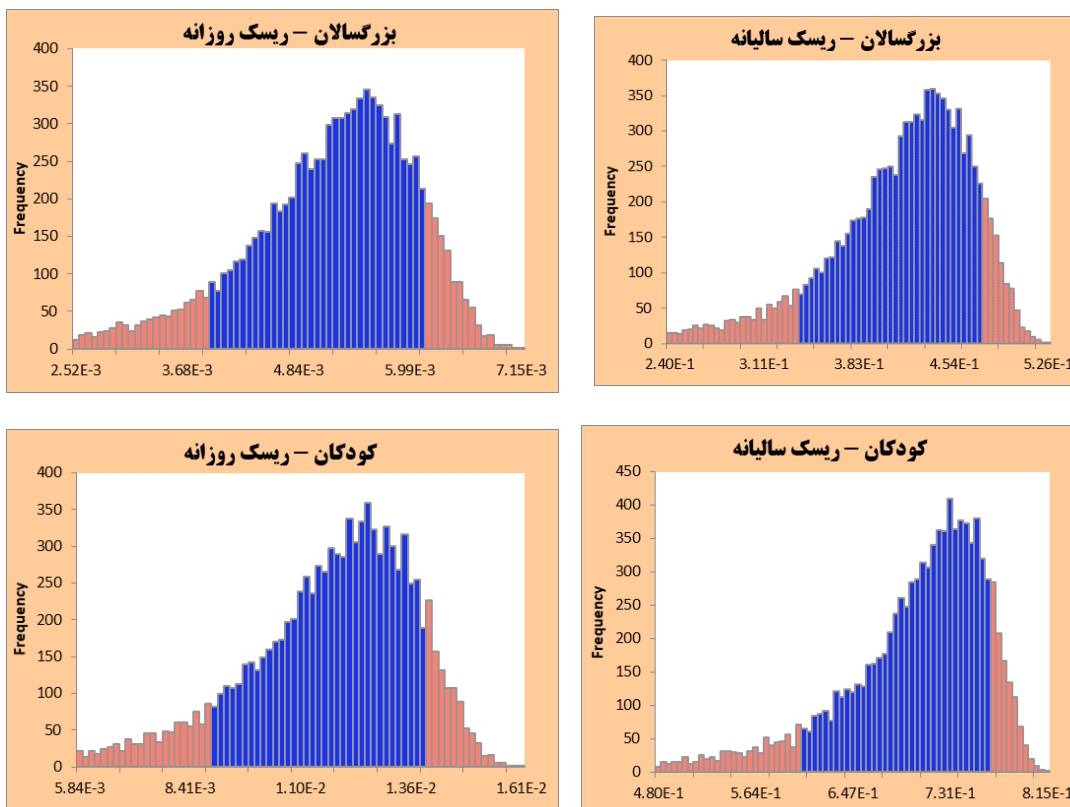
پارامتر	کودکان		بزرگسالان	
	^a DI	^b AI	DI	AI
Mean	$1/16 \times 10^{-2}$	$6/95 \times 10^{-1}$	$5/13 \times 10^{-3}$	$4/11 \times 10^{-1}$
^c SD	$2/09 \times 10^{-3}$	$7/46 \times 10^{-2}$	$9/43 \times 10^{-4}$	$6/20 \times 10^{-2}$
%۱۰	$8/84 \times 10^{-3}$	$6/03 \times 10^{-1}$	$3/91 \times 10^{-3}$	$3/35 \times 10^{-1}$
%۲۰	$1/01 \times 10^{-2}$	$6/52 \times 10^{-1}$	$4/46 \times 10^{-3}$	$3/72 \times 10^{-1}$
%۳۰	$1/09 \times 10^{-2}$	$6/80 \times 10^{-1}$	$4/81 \times 10^{-3}$	$3/95 \times 10^{-1}$
%۴۰	$1/15 \times 10^{-2}$	$6/99 \times 10^{-1}$	$5/07 \times 10^{-3}$	$4/11 \times 10^{-1}$
%۵۰	$1/20 \times 10^{-2}$	$7/14 \times 10^{-1}$	$5/29 \times 10^{-3}$	$4/24 \times 10^{-1}$
%۶۰	$1/20 \times 10^{-2}$	$7/27 \times 10^{-1}$	$5/49 \times 10^{-3}$	$4/34 \times 10^{-1}$
%۷۰	$1/29 \times 10^{-2}$	$7/40 \times 10^{-1}$	$5/69 \times 10^{-3}$	$4/47 \times 10^{-1}$
%۸۰	$1/33 \times 10^{-2}$	$7/53 \times 10^{-1}$	$5/90 \times 10^{-3}$	$4/59 \times 10^{-1}$
%۹۰	$1/39 \times 10^{-2}$	$7/67 \times 10^{-1}$	$6/16 \times 10^{-3}$	$4/74 \times 10^{-1}$

^aDI: Daily infection, ^bAI: Annual infection, ^cSD: Standard Deviation

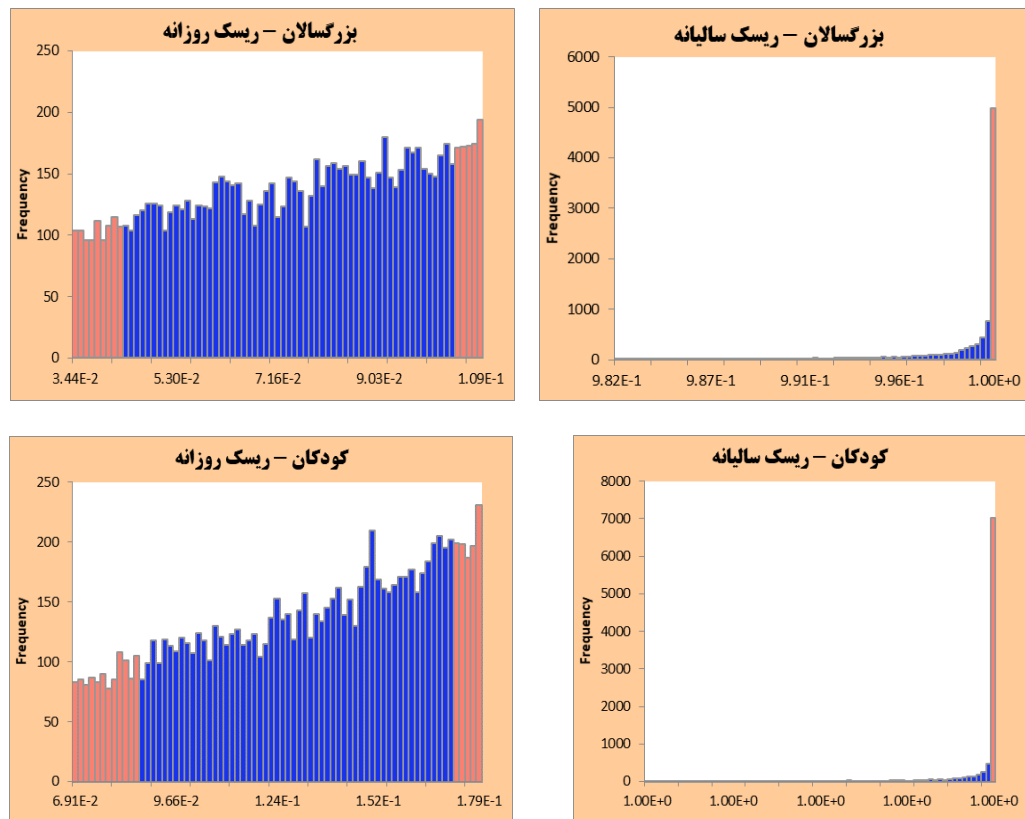
جدول ۲- خطر عفونت روزانه و سالانه انتروکوکوس برای کودکان و بزرگسالان در سواحل تفریحی فریدونکنار

پارامتر	بزرگسالان		کودکان	
	AI	DI	^b AI	^a DI
Mean	$7/97 \times 10^{-1}$	$7/49 \times 10^{-2}$	1/00	$1/32 \times 10^{-1}$
^c SD	$5/34 \times 10^{-1}$	$2/16 \times 10^{-2}$	$9/44 \times 10^{-2}$	$3/16 \times 10^{-2}$
%10	$9/90 \times 10^{-1}$	$4/38 \times 10^{-2}$	1/00	$8/57 \times 10^{-2}$
%20	$9/96 \times 10^{-1}$	$5/26 \times 10^{-2}$	1/00	$9/99 \times 10^{-2}$
%30	$9/99 \times 10^{-1}$	$6/09 \times 10^{-2}$	1/00	$1/13 \times 10^{-1}$
%40	$9/99 \times 10^{-1}$	$6/88 \times 10^{-2}$	1/00	$1/25 \times 10^{-1}$
%50	1/00	$7/66 \times 10^{-2}$	1/00	$1/36 \times 10^{-1}$
%60	1/00	$8/36 \times 10^{-2}$	1/00	$1/47 \times 10^{-1}$
%70	1/00	$9/05 \times 10^{-2}$	1/00	$1/56 \times 10^{-1}$
%80	1/00	$9/70 \times 10^{-2}$	1/00	$1/65 \times 10^{-1}$
%90	1/00	$1/04 \times 10^{-1}$	1/00	$1/72 \times 10^{-1}$

^aDI: Daily infection, ^bAI: Annual infection, ^cSD: Standard Deviation



شکل ۱- خطر عفونت روزانه و سالانه E.coli برای بزرگسالان و کودکان در سواحل شهر فریدونکنار



شکل ۲- خطر عفونت روزانه و سالیانه انتروکوکوس برای بزرگسالان و کودکان در سواحل شهر فریدونکنار

بحث

خطر سلامتی نقش زیادی دارند، اما مهمترین اهداف QMRA مربوط به ارزیابی خطر بر اساس عوامل بیماری زا و فعالیت های تفریحی است (۲۴، ۲۵). بطوریکه غلظت عامل بیماریزا و فراوانی مواجهه به عنوان مهمترین متغیرها در محاسبه خطر سالیانه در نظر گرفته شد (۲۶). با توجه به جدول ۱ و شکل ۱، میانگین خطر عفونت روزانه و سالانه E.coli برای کودکان ۰/۰۱ و ۰/۶۹ و برای بزرگسالان ۰/۰۰۵ و ۰/۴۱ بود که نشان داد که خطر ابتلا به عفونت در کودکان بیشتر از بزرگسالان است که با نتایج Rafiee و همکاران مطابقت داشت (۵). خطر به دست آمده برای E.coli با محدوده خطر قابل قبول WHO و EPA مقایسه شد. WHO و EPA تخمین زدند که خطر نسبت داده شده به E.coli در آب های آلوده با فاضلاب بین ۱۰-۵ تا ۱۰-۶ است که ۰/۰۴ درصد از کل خطر بیماری های ناشی از آب را تشکیل می دهد (۲۷). Majedul و همکاران در سال ۲۰۲۰

در بسیاری از نقاط جهان، E.coli و انتروکوکوس روده ای به عنوان شاخص کیفیت آب برای نشان دادن آلودگی مدفوع و مدیریت کیفیت آب سواحل تفریحی استفاده می شوند (۲۱). با توجه به اینکه داده های E.coli و انتروکوکوس روده ای به صورت ناپارامتری در سواحل تفریحی توزیع شده بودند، از شبیه سازی مونت کارلو (MCS) برای بررسی تغییرات آنها در این مطالعه استفاده شد. با استفاده از MCS، می توان به طور دقیق تری متغیرهای غلظت باکتری های E.coli و انتروکوکوس را برای استفاده در QMRA تعیین کرد و باعث می شود که نتایج حاصل از این روش قابل اعتماد تر باشند (۲۲، ۲۳). QMRA می تواند به عنوان مکمل مشاهدات اپیدمیولوژیک دیده شود، بنابراین برخی از محققان سعی کردند نتایج QMRA را با یافته های اپیدمیولوژیک مرتبط کنند. اگرچه سن و جنسیت در

سالم و بهبود کیفیت زندگی موجودات دریایی است. در جهت بررسی تأثیر ورود فاضلاب‌ها به درون شناگاه‌های طبیعی، در سال ۲۰۱۹ مطالعه ای توسط Dato و همکاران انجام شد. در این مطالعه مشاهده شد که در نقطه‌ی ورود فاضلاب‌های تصفیه نشده به درون آب شناگاه، میزان غلظت ارگانسیم های شاخص مدفوعی (E.Coli و انتروکوکوس) در نزدیکی نقطه ورود فاضلاب، افزایش یافته بود؛ در نتیجه، خطر بزرگی را می‌تواند برای شناگران ایجاد نماید (۳۲). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که بارندگی شدید و تخلیه فاضلاب شهری و کشاورزی به اقیانوس‌های ساحلی، مقادیر زیادی از میکروارگانسیم‌های بیماری‌زا را به آب‌های تفریحی در آن مناطق منتقل می‌کند. توصیه می‌شود پس از بارندگی‌های شدید که آلودگی مدفوعی در آب‌های تفریحی را افزایش می‌دهد، به منظور حفظ سلامت عمومی، فعالیت شنا در سواحل تفریحی با خطر متوسط به طور موقت متوقف شود. با این حال، تماس با آب‌های تفریحی گزارش‌های مختلفی از مشکلات پوستی، چشمی و شنوایی را نشان می‌دهد (۳۳). نتایج پژوهش حاضر می‌تواند توسط سازمان‌های ذیربط در استان مازندران مورد استفاده قرار گیرد که منجر به اصلاح و به روز رسانی اقدامات کنترلی و پیشگیری از جمله ارزیابی بهداشتی و زیست محیطی قبل از انتخاب سواحل تفریحی، جلوگیری از ورود حیوانات اهلی و وحشی به شناگاه‌های ساحلی و اجرای طرح‌های سالم سازی مناطق ساحلی می‌شود. علاوه بر این، مقامات ارشد شهری باید بر اجرای برنامه‌های نظارتی مشترک ادارات مربوطه تأکید کنند. از جمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) برای مطالعات آینده، توصیه می‌شود که از ارگانسیم‌های شاخص دیگری در ارزیابی خطر استفاده شود که به طور دقیق بتوانند خطرات واقعی مرتبط با پاتوزن‌های روده‌ای مختلف از جمله ویروس‌ها یا تک‌یاخته‌ها را نشان دهند. (۲) نمونه‌ها در ماههایی که شنا کمتر رایج بوده (زمستان) نیز جمع‌آوری شده است، که بطور بالقوه همبستگی کمتری نسبت به میزان قرار گرفتن در معرض آب تفریحی در مقایسه با فصل شنا (تابستان) دارد. (۳) عدم امکان طبقه‌بندی مقادیر خطر

مطالعه ای در زمینه ارزیابی خطر میکروبی آب شناگاه‌ها توسط متد QMRA در بنگلادش انجام دادند که میزان خطر بیماری به دست آمده برای E.Coli ۷-۱۰ درصد، کریپتوسپوریدیوم ۱۳-۱۹ درصد، نوروویروس ۷-۱۰ درصد و روتاویروس ۱۲-۱۷ درصد مشاهده گردید. همچنین به این نتیجه رسیدند که خطر کلی بیماری، برای کودکان (۹-۱۹ درصد) کمی بالاتر از بزرگسالان (۷-۱۶ درصد) بود (۲۸). جدول ۲ و شکل ۲ مربوط به انتروکوکوس‌ها را نشان می‌دهد که میانگین خطر ابتلا به عفونت روزانه و سالانه برای کودکان ۰/۱۳ و ۱ و برای بزرگسالان ۰/۰۷ و ۱ بود. خطر عفونت انتروکوکوس روده‌ای در کودکان بیشتر از بزرگسالان بود. همچنین از نظر گروه‌های سنی، خطر عفونت سالانه ناشی از انتروکوکوس بیشتر از E.coli بود. از آنجایی که کودکان سیستم ایمنی ضعیف‌تری دارند و معمولاً در آب‌های تفریحی مقادیر بیشتری آب را بطور ناخواسته می‌بلعند، در نتیجه حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین افراد در معرض آلودگی میکروبی هستند (۲۹). E.coli در آب دریا سریعتر از آب شیرین تجزیه می‌شود، زیرا در برابر شوک اسمزی مقاومت کمتری دارد و برای زنده ماندن در آب دریا به فشار اسمزی درون سلولی بیشتری نیاز دارد. بنابراین E.coli کمتر توسط EPA برای نظارت بر کیفیت آب تفریحی ساحل توصیه می‌شود. انتروکوکوس‌ها در برابر شوک اسمزی مقاوم‌تر از E.coli هستند. در نتیجه عمدتاً خانواده انتروکوکوس‌ها به منظور بررسی کیفیت آب دریاها استفاده می‌شوند (۲۷). خطر بیشتر آلودگی در سواحل تفریحی فریدونکنار به دلیل تخلیه فاضلاب کشاورزی و شهری به دریا است. در مطالعات انجام شده توسط Hamilton و همکاران در آب‌های تفریحی خلیج آوالون کالیفرنیا، غلظت E.coli بالا بود و دلیل اصلی آن ورود فاضلاب غیربهداشتی به آب این سواحل تفریحی بود (۳۰). Tommasi و همکاران در مطالعه خود اظهار داشتند که مهمترین عامل در تخریب اکوسیستم در آب‌های ساحلی در برزیل دفع غیربهداشتی فاضلاب شهری و تصفیه خانه‌های قدیمی است (۳۱). نتایج این مطالعه نشان داد که فاضلاب تأثیر زیادی بر محیط زیست دریایی دارد که نیازمند راهکارهایی در زمینه مدیریت زیست محیطی به منظور تامین آب‌های ساحلی

سنی، خطر عفونت زایی هر دو شاخص مورد مطالعه در کودکان بالاتر از بزرگسالان بود. نتایج به دست آمده از خطرات احتمالی در سواحل تفریحی می تواند به عنوان راهنمای مدیریت اماکن و تفریحات آبی در ایران مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس، مدیریت مناسب بهداشت محیطی و راهکارهای مناسب بهبود کیفیت بهداشتی باید در سواحل تفریحی اجرا شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین کد اخلاق طرح IR.SBMU.RETECH.REC.1400.1091 بوده است.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل طرح پژوهشی کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، با کد IR.SBMU.RETECH.REC.1400/4618 می‌باشد. نویسندگان از "کمیته تحقیقات دانشجویی" و "معاونت تحقیقات و فناوری" دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی به دلیل حمایت مالی خود قدردانی می‌کنند.

برای گروه های سنی و گروه های جنسی مختلف با امکان ابتلا به بیماری های عفونی در این مطالعه، انجام آنالیز تحلیل حساسیت (Sensitivity Analysis) را غیر ممکن کرد. (۴) مقادیر شاخص مدفوعی می تواند به سرعت تغییر کند و بهتر است نمونه برداری هفتگی یا روزانه از سواحل به ویژه در فصول شنا انجام شود تا ارزیابی دقیق تری از تغییرات کیفیت آب در سواحل تفریحی ارائه شود. (۵) در این مطالعه امکان دسترسی به داده های ثبت شده عفونت E.coli و انتروکوکوس روده ای در منطقه مورد مطالعه جهت تعیین سهم خطر عفونت زایی محاسبه شده از کل موارد وجود نداشته است، لذا پیشنهاد می شود در پژوهش های بعدی این موضوع بررسی و مورد بحث قرار گیرد.

نتیجه گیری

این مطالعه به منظور ارزیابی خطر سلامتی آب های تفریحی در امتداد سواحل شهرستان فریدونکنار با استفاده از QMRA انجام شد. نتایج بدست آمده نشان داد که خطر عفونت زایی E.coli و انتروکوکوس روده ای در آب های تفریحی سواحل فریدونکنار بالاتر از مقدار رهنمودی WHO بوده است. خطر عفونت زایی انتروکوکوس روده ای بالاتر از E.coli بدست آمد. همچنین مطابق بررسی های صورت گرفته به تفکیک گروه

References

1. WHO. Guidelines on recreational water quality. Volume 1: coastal and fresh waters: World Health Organization; 2021.
2. Gholami-Borujeni F, Mousavi S, Niknejad H. Microbial Quality Investigation of Swimming Beaches in Mahmoudabad, Iran 2019. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2020;30(188):144-50 (in Persian).
3. Haas CN, Rose JB, Gerba CP. Quantitative Microbial Risk Assessment. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2014.
4. Alipour V, Ghaffari HR, Hossaini SA, Niknejad H, Hoseinvandtabar S. Performance of ceramic filter coated with silver nanoparticles in removal of Escherichia Coli from drinking water. J Health Field. 2022;10(1).

5. Rafiee M, Hosseini SA, Gholami Borujeni F, Hesami Arani M, Niknejad H. Health risk assessment of swimming beaches microbial contamination: a case study-Mahmoudabad, Iran. *International Journal of Environmental Health Research*. 2022;1-12.
6. Weisberg SB, Noble RT, Griffith JF. Microbial indicators of marine recreational water quality. *Manual of Environmental Microbiology*. 2007:280-89.
7. Niknejad H, Hoseinvandtabar S, Panahandeh M, Gholami Borujeni F, Janipoor R, Sarvestani RA, et al. Quantitative microbial risk assessment of gastrointestinal illness due to recreational exposure to *E. coli* and enterococci on the southern coasts of the Caspian Sea. *Heliyon*. 2024 May 15;10(9).
8. Rodrigues VF, Rivera IN, Lim KY, Jiang SC. Detection and risk assessment of diarrheagenic *E. coli* in recreational beaches of Brazil. *Marine Pollution Bulletin*. 2016;109(1):163-70.
9. Schoen ME, Ashbolt NJ. Assessing pathogen risk to swimmers at non-sewage impacted recreational beaches. *Environmental Science & Technology*. 2010;44:2286-91.
10. Bonamano S, Madonia A, Borsellino C, Stefani C, Caruso G, De Pasquale F, et al. Modeling the dispersion of viable and total *Escherichia coli* cells in the artificial semi-enclosed bathing area of Santa Marinella (Latium, Italy). *Marine Pollution Bulletin*. 2015;95(1):141-54.
11. Rice EW, Bridgewater L, American Public Health Association, editors. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC: American public health association; 2012 Feb.
12. Machdar E, Van Der Steen N, Raschid Sally L, Lens P. Application of quantitative microbial risk assessment to analyze the public health risk from poor drinking water quality in a low income area in Accra, Ghana. *Science of the Total Environment*. 2013;449:134-42.
13. Dufour AP, Evans O, Behymer TD, Cantu R. Water ingestion during swimming activities in a pool: a pilot study. *Journal of Water and Health*. 2006;4(4):425-30.
14. Water S, Hygiene and Health (WSH). *Assessment WQMR*. 2016. Application for water safety management. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 2016.
15. Limayem A, Martin EM. Quantitative risk analysis for potentially resistant *E. coli* in surface waters caused by antibiotic use in agricultural systems. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*. 2014;49(2):124-33.
16. Pericault Y, Risberg M, Vesterlund M, Viklander M, Hedström A. A novel freeze protection strategy for shallow buried sewer pipes: temperature modelling and field investigation. *Water Science and Technology*. 2017;76(2):294-301.
17. Haas CN. Microbial dose response modeling: past, present, and future. *Environmental Science & Technology*. 2015;49(3):1245-59.
18. Niknejad H, Saeedi R, Hosseini SA, Abedi Sarvestani R, Abtahi M, Hesami Arani M, et al. Health risk assessment of heavy metals in drinking water: a case study in western cities of Mazandaran province, Iran. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2023:1-16.

19. Morteza zadeh F, Babanezhad E, Niknejad H, Gholami Borujeni F. Global review, meta-analysis and health risk assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in chicken kebab using Monte Carlo simulation method. *Food and Chemical Toxicology*. 2023;114063.
20. Niknejad H, Ala A, Ahmadi F, Mahmoodi H, Saeedi R, Gholami Borujeni F, et al. Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of exposure to trace elements in groundwater resources of Sari city, Iran. *Journal of Water and Health*. 2023;21(4):501-13.
21. Schippmann B, Schernewski G, Gräwe U. Escherichia coli pollution in a Baltic Sea lagoon: a model-based source and spatial risk assessment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2013;216(4):408-20.
22. Zhou L, Echigo S, Ohkouchi Y, Itoh S. Quantitative microbial risk assessment of drinking water treated with advanced water treatment process. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*. 2014;63(2):114-23.
23. Owusu Ansah ED, Sampson A, Amponsah SK, Abaidoo RC, Dalsgaard A. Probabilistic quantitative microbial risk assessment model of norovirus from wastewater irrigated vegetables in Ghana using genome copies and fecal indicator ratio conversion for estimating exposure dose. *Science of the Total Environment*. 2017;601:1712-19.
24. Ashbolt N, Bruno M. Application and refinement of the WHO risk framework for recreational waters in Sydney, Australia. *Journal of Water and Health*. 2003;1(3):125-31.
25. Ashbolt NJ, Schoen ME, Soller JA, Roser DJ. Predicting pathogen risks to aid beach management: the real value of quantitative microbial risk assessment (QMRA). *Water Research*. 2010;44(16):4692-703.
26. Fang T, Cui Q, Huang Y, Dong P, Wang H, Liu W-T, et al. Distribution comparison and risk assessment of free-floating and particle-attached bacterial pathogens in urban recreational water: Implications for water quality management. *Science of the Total Environment*. 2018;613:428-38.
27. Soller JA, Schoen ME, Bartrand T, Ravenscroft JE, Ashbolt NJ. Estimated human health risks from exposure to recreational waters impacted by human and non-human sources of faecal contamination. *Water Research*. 2010;44(16):4674-91.
28. Islam MM, Islam MA. Quantifying public health risks from exposure to waterborne pathogens during river bathing as a basis for reduction of disease burden. *Journal of Water and Health*. 2020;18(3):292-305.
29. Wade TJ, Sams E, Brenner KP, Haugland R, Chern E, Beach M, et al. Rapidly measured indicators of recreational water quality and swimming-associated illness at marine beaches: a prospective cohort study. *Environmental Health*. 2010;9(1):1-14.
30. Hamilton MJ, Hadi AZ, Griffith JF, Ishii S, Sadowsky MJ. Large scale analysis of virulence genes in Escherichia coli strains isolated from Avalon Bay, CA. *Water Research*. 2010;44(18):5463-73.
31. Wu M, Wang H, Wang W, Song Y, Ma L, Lu X, et al. The impact of heavy rain event on groundwater microbial communities in Xikuangshan, Hunan Province, PR China. *Journal of Hydrology*. 2021 ; 1;595:125674.

32. Di Dato M, Galešić M, Šimundić P, Andričević R. A novel screening tool for the health risk in recreational waters near estuary: The Carrying Capacity indicator. *Science of the total environment*. 2019;694:133584.
33. Hsu BM, Huang YL. Intensive water quality monitoring in a Taiwan bathing beach. *Environmental monitoring and assessment*. 2008;144:463-68.



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



Assessment of the risk of gastrointestinal infection from swimming at the Caspian Sea shores: a case study of Faridonkanar city beaches

Hadi Niknejad¹, Nima Kalvani², Mehdi Seyedirad³, Alireza Ala⁴, Reza Saeedi⁵, Mehrnoosh Abtahi¹, Fathollah Gholami-Borujeni^{6*}

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Safety, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran

3- Behshahr Health Center, Deputy of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Behshahr, Iran

4- Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Student Research Committee, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

5- Department of Health, Safety, and Environment (HSE), School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

6- Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 21 February 2024

Revised: 12 May 2024

Accepted: 18 May 2024

Published: 16 September 2024

Keywords: Swimming beaches, Enterococcus, Escherichia coli, Monte Carlo method

***Corresponding Author:**
gholami_b_f@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objective: There have been concerns about microbial contamination along the coastal cities in the north of the country, particularly in cities of Mazandaran province, which could pose health risks for swimmers and tourists. The present study aimed to quantitatively assess the risk of gastrointestinal diseases resulting from exposure to E. coli and enterococci bacteria during recreational activities on the beaches of Fereydunkanar.

Materials and Methods: In this cross-sectional descriptive study, 66 grab samples collected during the summer were analyzed to investigate microbial contamination in the recreational beach waters of Fereydunkanar. The Monte Carlo simulation method was used to calculate both daily and annual infection risks.

Results: The findings demonstrated that transmission of enterococci was more likely than that of E. coli in the swimming areas of these beaches. The average annual infection risk for E. coli was 0.41 for adults and 0.69 for children. Additionally, the annual risk of enterococci infection was 1 for adults and 0.99 children and, which exceeds the range advised by the WHO and EPA. These findings indicate that children have a higher infection risk compared to adults.

Conclusion: Unrestricted discharge of municipal and industrial wastewater effluents into sea and rivers can contribute to the presence of harmful microbes in beaches. By implementing effective environmental and recreational management strategies, it is possible to minimize the risk of public health hazards at recreational beaches while also preserving the natural beauty of these important public spaces.

Please cite this article as: Niknejad H, Kalvani N, Seyedirad M, Ala A, Saeedi R, Abtahi M, et al. Assessment of the risk of gastrointestinal infection from swimming at the Caspian Sea shores: a case study of Faridonkanar city beaches. Iranian Journal of Health and Environment. 2024;17(2):301-12.

