ارزیابی سیستم‌های اسمز معکوس در بهبود کیفیت آب مورد استفاده در مایع همودیالیز بیمارستان‌های شهر اصفهان

علی شهریاری[1]، مهناز نیک آئین[2]، مهدی حاجیان نژاد[3]، مرضیه وحید دستجردی[4]، اکبر حسن زاده[5]، حسین صفاری[6]، زهرا موسویان[6]، نسرین واحدی[6]، عفت شبانیان[6]

چکیده

مقدمه: کیفیت شیمیایی آب مورد استفاده در تهیه مایع دیالیز برای درمان بیماران همودیالیزی فاکتور بسیار مهمی است. از این رو آب مورد استفاده در تهیه مایع دیالیز را باید قبل از استفاده با روش‌های اختصاصی تصفیه نمود. هدف این مطالعه تعیین کارایی سیستم‌های اسمز معکوس در بهبود کیفیت آب مورد استفاده در تهیه مایع دیالیز است.

روش‌ها: در این مطالعه توصیفی ۴۰ نمونه آب از ورودی و خروجی از اسمز معکوس ۵ بیمارستان شهر اصفهان در طی ماه‌های فروردین تا مرداد سال ۱۳۹۰ جمع‌آوری شد. سپس از نظر پارامترهای فیزیکوشیمیایی کلر باقی‌مانده، کلرامین، pH، سختی، آلومینیم، فلوئور، مس، منگنز، کادمیوم، کروم، سرب و نیکل با استفاده از روش‌های استاندارد آزمایش آب بررسی گردید.

یافته‌ها: سیستم اسمز معکوس به طور معنی‌داری میزان کلر باقی‌مانده، کلرامین، سختی، سدیم، پتاسیم، فلوراید، نیترات، سولفات و منگنز آب خروجی از اسمز معکوس را کاهش داد، ولی تأثیر معنی‌داری بر کاهش میزان مس، روی، کادمیوم، کروم، سرب و آلومینیم نداشت. همچنین میزان نیترات، سختی، سرب، کادمیوم، کروم و آلومینیم در آب خروجی از اسمز معکوس از استاندارد آب همودیالیز بالاتر بود.

نتیجه‌گیری: سیستم اسمز معکوس می‌تواند کیفیت آب مورد استفاده برای همودیالیز را بهبود دهد، اما نمی‌تواند سطح برخی از آلاینده‌ها را تا مقادیر توصیه شده برای مایع همودیالیز کاهش دهد. از این رو استفاده از این آب می‌تواند برای استفاده همودیالیز ایمن نباشد. بنابراین استفاده از روش‌های ترکیبی برای کنترل آلاینده‌های شیمیایی و اطمینان از همودیالیز با کیفیت خوب ضروری است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی آب، غشا، مایع دیالیز، همودیالیز

نوع مقاله: *پژوهشی*

دریافت مقاله: ۹۱/۲/۸ *پذیرش مقاله: ۹۱/۵/۱۱*

۱- دانشجوی دکتری، کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و کارشناس ارشد، گروه مدیریت عالی بهداشت، معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

۲- دانشیار، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات محیط‌زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- دانشیار، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات محیط‌زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسؤول)

Email: mkhiadani@yahoo.com

۴- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات محیط‌زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۵- مربی، مرکز تحقیقات امنیت غذایی، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۶- کارشناس، گروه بهداشت، محیط مرکز بهداشت استان اصفهان، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

مقدمه

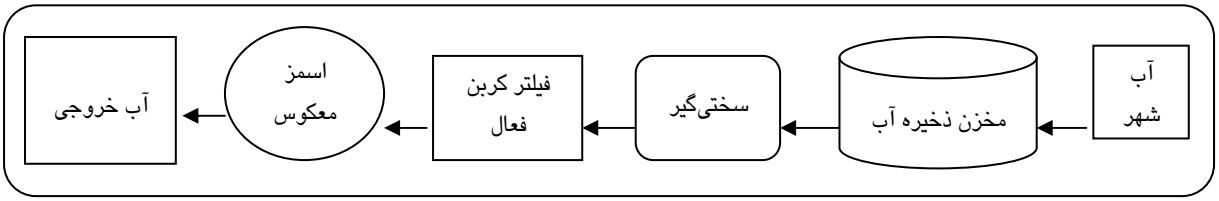
امروزه استفاده از وسایل تصفیه اختصاصی به ویژه فرایندهای غشایی جهت حذف مواد شیمیایی سمی و سرطانزا و بهبود کیفیت آب آشامیدنی توسعه زیادی یافته است. فرایندهای غشایی به شیوه‌های فیزیکی جداسازی حلال‌هایی نظیر آب از ترکیبات موجود در آن با استفاده از غشاهای نیمه تراوا اطلاق می‌شود. غشاهای نیمه تراوا دارای نفوذپذیری انتخابی هستند. آن‌ها قادرند که مولکول‌های آب را از خود عبور دهند و مولکول‌های دیگر نظیر جامدات محلول را جذب نمایند (۱).

اسمز معکوس یکی از فرایندهای غشایی است که در تصفیه آب برای نمک‌زدایی آب‌های شور، حذف ترکیب‌های آلی طبیعی برای کنترل تشکیل ترکیب‌های جانبی ناشی از گندزدایی، حذف آلاینده‌های خاص و نرم‌سازی آب به کار می‌رود (۲). اگرچه اولین مطالعه‌ها در مورد فرایند اسمز معکوس در اوایل سال ۱۷۴۸ میلادی انجام گردید، اما استفاده از اسمز معکوس برای جداسازی ذرات ریز و محلول، تکنولوژی به نسبت جدید است. در حقیقت در اواخر دهه ۱۹۵۰ میلادی از غشاهای اسمز معکوس برای جداسازی نمک از آب استفاده گردید. سپس در اوایل دهه ۱۹۶۰ میلادی استفاده از غشاهای استات سلولز اسمز معکوس برای خالص‌سازی آب با جریان زیاد متداول گردید (۳).

یکی از مشکلات اساسی فرایندهای غشایی مربوط به گرفتگی غشاها و ایجاد شرایط مساعد برای رشد میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. برای رفع این مشکل و برای استفاده مطلوب از سیستم‌های تصفیه آب با اسمز معکوس، افزایش زمان کارکرد غشاها، جلوگیری از رسوب‌گذاری برخی از املاح و تنظیم pH، تصفیه مقدماتی آب با استفاده از صافی‌ها انجام می‌گیرد (۵، ۴).

نقش آب سالم و با کیفیت بسیار بالا در تهیه محلول درمانی برای دیالیز و درمان بیماران همودیالیزی موجب گردید تا از سیستم‌های پیشرفته اسمز معکوس برای تصفیه آب واحدهای همودیالیز بیمارستان‌ها در تمام دنیا استفاده گردد. میزان آب مورد نیاز برای فعالیت‌های حیاتی افراد سالم در هفته حدود ۱۰ لیتر می‌باشد. این در حالی است که بیماران دیالیزی به طور متوسط در هر نوبت درمان (در طول هفته) در معرض حدود ۳۰۰ لیتر آب از میان غشای نیمه تراوای دستگاه دیالیز قرار می‌گیرند. این میزان ۳۰ برابر بیشتر از افراد عادی است (۷، ۶).

بخش اصلی محلول درمانی مورد استفاده در درمان بیماران همودیالیزی را آب تشکیل می‌دهد که به طور معمول شامل یک قسمت محلول دارویی غلیظ دیالیز و ۳۴ قسمت آب می‌باشد (۸). از سوی دیگر کیفیت و ترکیب آب در شبکه توزیع ممکن است برای آشامیدن مناسب باشد، ولی استفاده از آن برای تهیه محلول جهت درمان بیماران دیالیزی می‌تواند سلامت بیماران همودیالیزی را تهدید نماید. افراد سالم به دلیل داشتن کلیه‌های سالم قادر به دفع آلاینده‌ها می‌باشند، در حالی که بیماران دیالیزی به دلیل عدم برخورداری از کلیه‌های سالم قادر به دفع آلاینده‌ها نیستند. در این فرایند همه مواد با وزن مولکولی کوچک موجود در آب قابلیت دسترسی به جریان خون بیمار را دارند که می‌تواند به طور بالقوه سلامت بیماران دیالیزی را تهدید نماید. بنابراین کیفیت آب مورد استفاده در بخش‌های همودیالیز از اهمیت حیاتی برخوردار است (۱۰، ۹، ۷).



شکل ۱: فرایند متعارف سیستم‌های تصفیه آب با اسمز معکوس واحدهای همودیالیز بیمارستان‌های شهر اصفهان

آلومینیم، ترکیبات کلر، نیترات، سولفات، مس و روی اولین گروه از آلاینده‌های شیمیایی آب به شمار می‌روند که در کوتاه مدت باعث عوارض شدید بر بیماران همودیالیزی می‌گردد. آلاینده‌های شیمیایی نظیر آرسنیک، کروم، سرب و سلنیوم که معمولاً به علت مقادیر ناچیز در آب همودیالیز به عنوان فاکتور خطر محسوب نمی‌شود، در دومین گروه از نظر میزان خطر برای بیماران همودیالیزی طبقه‌بندی می‌گردد. سومین گروه شامل کلسیم، پتاسیم و سدیم می‌باشند که خاصیت فیزیولوژیک دارند و اگر در مقادیر زیاد وجود داشته باشند، موجب اثرات سویی می‌گردند (۹).

معمول‌ترین سیستم تصفیه آب واحدهای همودیالیز شامل سختی‌گیری، فیلترهای کربن فعال و اسمز معکوس می‌باشد که در شکل ۱ ارایه گردید. مطالعه‌ها در خصوص بررسی میزان آلاینده‌های شیمیایی آب مورد استفاده در واحدهای همودیالیز بسیار محدود می‌باشد. در ایران تنها یک مطالعه مربوط به مرجانی و همکاران وجود دارد که در خصوص تغییرات سطح سرمی روی و مس خون بیماران دیالیزی شهر گرگان در قبل و بعد از عمل دیالیز انجام گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین میزان روی و مس در بیماران همودیالیزی به ترتیب قبل از دیالیز ۳۷/۴۶ ± ۷۸/۳۸ و ۳۲/۵۴ ± ۸۹/۹۲ و بعد از دیالیز ۵۹/۳۲ ± ۱۳۵/۳۲ و ۵۱/۲۵ ± ۱۳۶/۴۰ میکروگرم در دسی‌لیتر افزایش یافت که از نظر آماری معنی‌دار بود. آن‌ها در این مطالعه بدون بررسی کیفیت آب مورد استفاده در تهیه محلول درمانی، کیفیت آب مصرفی در عمل دیالیز و همچنین شرایط عمل دیالیز را علت افزایش عناصر کمیاب روی و مس دانستند. آن‌ها توصیه نمودند که برای پیشگیری، کیفیت آب مورد استفاده در بخش‌های دیالیز بررسی و پایش گردد (۱۱).

در سایر کشورها هم متأسفانه مقاله‌های تحقیقی یافت نگردید و تنها چند مقاله به صورت مروری درباره اهمیت آب مورد استفاده در بخش‌های دیالیز و اثرات مضر ناشی از تصفیه ناکافی یافت گردید و در این مطالعه از آن‌ها استفاده گردید. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، این مطالعه برای بررسی کارایی سیستم‌های اسمز معکوس در بهبود کیفیت آب مورد استفاده در تهیه آب همودیالیز بیمارستان‌های شهر اصفهان انجام شد. همچنین کیفیت آب با استاندارد سازمان جهانی بهداشت (World health organization و یا WHO) برای قابلیت آشامیدن و با Association for the advancement of medical instrumentation (AAMI) برای قابلیت مصرف در تهیه مایع همودیالیز مقایسه گردید.

استاندارد AAMI توسط انجمن کنترل کیفیت تجهیزات پیشرفته پزشکی در امریکا تهیه گردید. این انجمن برای کیفیت آب مورد استفاده در واحدهای همودیالیز نیز استانداردی تدوین نمود. این استاندارد در بیشتر کشورهای دنیا از جمله ایران برای کنترل کیفی آب واحدهای همودیالیز مورد استفاده قرار می‌گیرد که در ایران توسط وزارت بهداشت به کلیه دانشگاه‌های علوم پزشکی ابلاغ گردید.

روش‌ها

در این مطالعه توصیفی به تعداد ۴۰ نمونه آب از ورودی و خروجی از سیستم اسمز معکوس بخش دیالیز ۳ بیمارستان آموزشی درمانی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و ۲ بیمارستان خیریه در طی شش ماه اول سال ۱۳۹۰ برداشت شد. سپس از نظر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی شامل کلر باقی‌مانده، کلرامین، pH، سختی، آلومینیم، فلوئور، مس، منگنز، کادمیوم، کروم، سرب و نیکل مطابق با استاندارد آنالیز گردید. سنجش پارامترهای درجه حرارت و کلر باقی‌مانده با استفاده از دستگاه کلرسنج دیجیتال RC-meter RC ۲۴P ساخت کشور ژاپن و مقدار pH با استفاده از کیت آمکور (AMCOR) در محل نمونه‌برداری انجام گردید.

غلظت سدیم و پتاسیم نمونه‌ها با روش فلم‌فتومتری و غلظت نیترات، سولفات، آلومینیم و سختی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر DR۵۰۰۰ و رهنمودهای شرکت سازنده و غلظت فلزات سنگین سرب، کروم، روی، مس و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر ساخت کشور امریکا انجام گردید (۱۲). برای تجزیه و تحلیل

داده‌ها از شاخص‌های میانگین و انحراف معیار، جهت مقایسه میانگین عناصر مورد مطالعه با مقدار استاندارد AAMI از آزمون مقایسه‌ای میانگین با عدد ثابت (One sample test) و برای بررسی تغییرات آلاینده‌های شیمیایی در آب ورودی و خروجی از اسمز معکوس از آزمون آنالیز واریانس و نرم‌افزار $SPSS_{۱۶}$ استفاده گردید. نتایج برای مقادیر ($P < ۰/۰۵$) معنی‌دار در نظر گرفته شد

یافته‌ها

آنالیز کمی فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های آب ورودی و آب خروجی از RO در ۵ بیمارستان دولتی و خیریه شهر اصفهان در جدول ۱ ارایه شده است. یافته‌های این بررسی نشان داد که سیستم‌های اسمز معکوس به طور معنی‌داری میزان کلر باقی‌مانده (۴۰ درصد)، کلرامین (۳۵ درصد)، سختی (۱۰۰ درصد)، سدیم (۵۰ درصد)، پتاسیم (۵۰ درصد)، فلوراید (۴۵ درصد)، نیترات (۲۵ درصد) و سولفات (۲۸ درصد) را کاهش داده است. سیستم‌های اسمز معکوس در کاهش میزان مس، روی، منگنز، کادمیوم، سرب، کروم و آلومینیم تأثیرات متفاوت و متغیری داشت. به عبارتی می‌توان گفت که سیستم‌های اسمز معکوس در کاهش غلظت آلاینده‌های شیمیایی که دارای مقادیر بالایی بودند، تأثیر معنی‌داری داشت، ولی برای آلاینده‌های شیمیایی مانند فلزات سنگین که دارای مقادیر کمی در آب ورودی بودند، تأثیر محسوسی در کاهش بار آلودگی نداشت.

مقایسه نتایج غلظت کادمیوم، کروم، سرب و آلومینیم در آب ورودی به اسمز معکوس (آب شهری) با استاندارد WHO نشان داد که غلظت سرب در تمام بیمارستان‌های مورد مطالعه و غلظت کادمیوم در بیمارستان ۲ از استاندارد WHO بالاتر است. برخلاف این مورد سایر پارامترهای شیمیایی نظیر کلر باقی‌مانده، کلرامین، سختی، سدیم، پتاسیم، فلوراید، نیترات، سولفات، مس، روی، منگنز، کروم و آلومینیم در آب ورودی به اسمز معکوس در تمام بیمارستان‌ها از استاندارد WHO کمتر بود. مقایسه نتایج آنالیز کیفیت شیمیایی آب خروجی از سیستم اسمز معکوس برای قابلیت مصرف در تهیه مایع دیالیز نشان داد که غلظت سختی، نیترات، کادمیوم، کروم، سرب و آلومینیم از استاندارد AAMI بالاتر و غلظت کلر باقی‌مانده، کلرامین، سدیم، پتاسیم، فلوراید، سولفات، مس، روی و منگنز از استاندارد AAMI کمتر است.

بحث

کیفیت شیمیایی آب مورد استفاده در تهیه مایع دیالیز در مراکز همودیالیز یک فاکتور اساسی در تأمین سلامت بیماران دیالیزی و افزایش امید به زندگی در آن‌ها است. وضعیت موجود کیفیت آب (به غیر از سرب و کادمیوم) نشان داد که اگرچه آب ورودی به اسمز معکوس از نظر آشامیدن مناسب و مخاطره‌ای آنی برای افراد سالم ندارد، ولی از نظر غلظت کلر باقی‌مانده، کلرآمین، سختی، نیترات، کادمیوم، کروم، سرب و آلومینیم از استاندارد AAMI بالاتر و استفاده مستقیم از آن برای تهیه محلول درمانی در عمل دیالیز بیماران کلیوی خطرناک است. از این رو استفاده از روش‌های پیشرفته تصفیه آب برای کاهش آلاینده‌های شیمیایی تا سطح استاندارد AAMI الزامی است. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا اسمز معکوس را بهترین تکنولوژی در دسترس (Best available technology) برای حذف آلاینده‌های خاص مانند فلزات سنگین در آب می‌داند (۱۳). نتایج آنالیزی آماری با آزمون t-test تک نمونه ای نشان داد که میزان کلر باقی‌مانده، کلرامین، مس، فلوراید، سولفات، روی، پتاسیم و سدیم به طور معنی‌داری از مقادیر استاندارد AAMI کمتر بود ($P < ۰/۰۰۱$). این امر از نظر شاخص‌های بهداشتی مطلوب بوده و نشان‌دهنده عملکرد مناسب سیستم‌های تصفیه در حذف ترکیبات شیمیایی فوق از آب ورودی به سیستم اسمز معکوس قبل از اختلاط با مایع دیالیز و دستیابی تا سطح استاندارد AAMI در تأمین آب مورد نیاز همودیالیز می‌باشد. آزمون t-test تک نمونه‌ای در مورد کروم نشان داد که میزان کروم با میانگین ۰/۰۱۶ میلی‌گرم در لیتر از مقدار استاندارد ۰/۰۱۴ میلی‌گرم در لیتر بالاتر بود، ولی از نظر آماری اختلاف آن‌ها

www.mui.ac.ir

جدول ۱: نتایج کمی متغیرهای شیمیایی در نمونه‌های آب ورودی به Ro و آب خروجی از RO بیمارستان‌های شهر اصفهان

متغیر (mg/L)	استاندارد		محل نمونه‌برداری	بیمارستان شماره ۱	بیمارستان شماره ۲	بیمارستان شماره ۳	بیمارستان شماره ۴	بیمارستان شماره ۵
	WHO	AAMI		χ^2	χ^2	χ^2	χ^2	χ^2
pH*	۸–۶	۷/۵–۶/۵	ورودی به Ro	۷ – ۷/۲	۶/۸۰ – ۷/۲۰	۷/۲۰–۷/۴۰	۷ – ۷/۲	۷/۰۰ – ۷/۲۰
			خروجی از RO	۷ – ۷/۱	۶/۸۰–۷/۱۰	۷/۰۰ – ۷/۱۰	۶/۸ – ۷	۶/۸۰–۷/۰۰
کلر باقی‌مانده	۱	۰	ورودی به Ro	۰/۱۲ ± ۰/۰۹۸	۰/۱۲ ± /۰۲	۰/۱۶ ± ۰/۰۵	۰/۱۳ ± ۰/۰۳	۰/۱۷ ± ۰/۰۲
			خروجی از RO	۰/۰۵ ± ۰/۰۴۵	۰/۰۵ ± ۰/۰۴	۰/۰۵ ± ۰/۰۳۶	۰/۰۵ ± ۰/۰۴	۰/۰۳ ± ۰/۰۱۵
کلرامین	۱	۰/۰۱	ورودی به Ro	۰/۰۷ ± ۰/۰۰	۰/۰۷ ± ۰	۰/۰۶ ± ۰	۰/۰۴ ± ۰	۰/۰۵ ± ۰/۰۰
			خروجی از RO	۰	۰/۰۱ ± ۰	۰/۰۲ ± ۰	۰/۰۱ ± ۰	۰/۰۳ ± ۰/۰۰
سختی	رهنمودی ندارد	۳۵	ورودی به Ro	۲۸۳/۵۹ ± ۱۹/۹۶	۲۷۰/۳۴ ± ۳/۱۲	۳۰۹/۶۷ ± ۲۰/۰۷	۱۴۸/۲۱ ± ۴۸/۴۴	۲۷۳/۲۴ ± ۲۴/۸۴
			خروجی از RO	۳۳/۵۳ ± ۲/۱۵	۴۷/۱۹ ± ۴/۳	۹۶/۰۴ ± ۱۱/۵۴	۶۹/۱۳ ± ۲۳/۴۴	۶۵/۴۱ ± ۷/۹۸
سدیم	۲۰	۷۰	ورودی به Ro	۹/۰۰ ± ۰/۰۰	۱۱/۰۰ ± ۰/۰۰	۲۰/۵ ± ۰/۰۰	۲۱ ± ۰	۹/۷ ± ۰/۰۰
			خروجی از RO	۰/۸۰ ± ۰/۰۰	۳/۴۰ ± ۰/۰۰	۵/۵ ± ۰/۰۰	۰/۶ ± ۰	۶/۰۰ ± ۰/۰۰
پتاسیم	۱۰	۸	ورودی به Ro	۰/۶۰ ± ۰/۰۰۰	۰/۴۰ ± ۰/۰۰	۰/۵ ± ۰/۰۰	۰/۴ ± ۰	۰/۵۰ ± ۰/۰۰
			خروجی از RO	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱ ± ۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
فلوئور	۱/۵	۰/۲	ورودی به Ro	۰/۱۶ ± ۰/۰۴	۰/۰۸۶ ± ۰/۰۰۵	۰/۰۹ ± ۰/۰۱	۰/۱۲۶ ± ۰/۰۱۵	۰/۰۹۶ ± ۰/۰۰۵
			خروجی از RO	۰/۰۴ ± ۰/۰۳	۰/۰۴ ± ۰/۰۰۵	۰/۰۶ ± ۰/۰۳	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۵	۰/۰۴ ± ۰/۰۲
نیترات (N)	۱۰	۲	ورودی به Ro	۷/۷۳ ± ۳/۲۵	۶/۱۳ ± ۰/۸۰۰	۶/۸ ± ۲/۹۸	۵/۸۳ ± ۲/۹۲	۵/۸۳ ± ۲/۹۲
			خروجی از RO	۵/۳ ± ۱/۱۷	۴/۴۰ ± ۱/۲۴۰	۲/۸ ± ۱/۳۱	۲/۴۳ ± ۱/۹۱	۳/۱۶ ± ۲/۳۶

جدول ۱: نتایج کمی متغیرهای شیمیایی در نمونه‌های آب ورودی به Ro و آب خروجی از RO بیمارستان‌های شهر اصفهان (ادامه)

متغیر (mg/L)	استاندارد		محل نمونه‌برداری	بیمارستان شماره ۱	بیمارستان شماره ۲	بیمارستان شماره ۳	بیمارستان شماره ۴	بیمارستان شماره ۵
	WHO	AAMI		χ^2	χ^2	χ^2	χ^2	
سولفات	۲۵۰	۱۰۰	ورودی به Ro	۶۳ ± ۲	۴۸/۶۶ ± ۴/۱۶۰	۵۰/۳۳ ± ۴/۷۲۰	۴۲/۳۳ ± ۶/۵۰۰	۴۱/۶۶ ± ۴/۹۳۰
			خروجی از RO	۴۸/۳۳ ± ۴/۵۰۰	۳۱/۶۶ ± ۶/۳۵۰	۳۳/۳۳ ± ۲/۳۰۰	۳۲/۳۳ ± ۱/۵۲۰	۱۴/۶۶ ± ۳/۵۱۰
منگنز	۰/۵	۰/۰۵	ورودی به Ro	۰/۰۰۸ ± ۰/۰۰۶	۰/۰۱۶ ± ۰/۰۱۶	۰/۰۰۳ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰۳	۰/۰۰۸ ± ۰/۰۰۸
			خروجی از RO	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰۴	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۱۵ ± /۰۱۱	۰/۰۱۱ ± ۰/۰۰۴	۰/۰۰۸ ± ۰/۰۰۷
مس	۱۵	۰/۱	ورودی به Ro	۰/۰۳۶ ± ۰/۰۳۸	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۰۸	۰/۰۱۳ ± ۰/۰۱۴	۰/۰۰۴ ± ۰/۰۰۲	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۱۰
			خروجی از RO	۰/۰۱۲ ± ۰/۰۰۶	۰/۰۰۵ ± ۰/۰۰۷	۰/۰۲۱ ± ۰/۰۱۰	۰/۰۰۸ ± ۰/۰۰۹	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰۸
روی	۳	۰/۱	ورودی به Ro	۰/۰۲۸ ± ۰/۰۳۰	۰/۰۲ ± ۰/۰۳۰	۰/۰۱۵ ± ۰/۰۱۴	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۲۳	۰/۰۳۶ ± ۰/۰۴۷
			خروجی از RO	۰/۰۲ ± ۰/۰۲۰	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰۸	۰/۰۳۹ ± ۰/۰۶۰	۰/۱۱۱ ± ۰/۰۸۶	۰/۰۰۶ ± ۰۱۰۶
کادمیوم	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	ورودی به Ro	۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۶ ± ۰/۰۰۸	۰/۰۱۲ ± ۰/۰۱۳	۰/۰۱۶ ± ۰/۰۰۱۱	۰/۰۱۳ ± ۰/۰۰۰۵
			خروجی از RO	۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۲	۰/۰۰۶ ± ۰/۰۰۸	۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۲	۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۰
کروم	۰/۰۵	۰/۰۱۴	ورودی به Ro	۰/۰۰۴ ± ۰/۰۰۴	۰/۰۱ ± ۰/۰۱۰	۰/۰۱۷ ± ۰/۰۱۴	۰/۰۲۶ ± ۰/۰۱۴	۰/۰۲۱ ± ۰/۱۶۰
			خروجی از RO	۰/۰۱۱ ± ۰/۰۱۴	۰/۰۱۴ ± ۰/۰۱۴	۰/۰۱۶ ± ۰/۰۱۸	۰/۰۱۷ ± ۰/۰۱۳	۰/۰۰۸ ± ۰/۰۱۲
سرب	۰/۰۱	۰/۰۰۵	ورودی به Ro	۰/۰۲۶ ± ۰/۰۲	۰/۰۳ ± ۰/۰۳۰	۰/۰۲۶ ± ۰/۰۲۲	۰/۰۲۸ ± ۰/۰۲۷	۰/۰۳۱ ± ۰/۰۲۶
			خروجی از RO	۰/۰۱۶ ± ۰/۰۱۳	۰/۰۲۴ ± ۰/۰۱۵	۰/۰۳۱ ± ۰/۰۳۱	۰/۰۳۴ ± ۰/۰۲۹	۰/۰۱۳ ± ۰/۰۱۸
آلومینیم	۰/۲	۰/۰۱	ورودی به Ro	۰/۱ ± ۰/۰۰۰	۰/۱ ± ۰/۰۰۰	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۰	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۰	۰/۰۴ ± ۰/۰۰۰
			خروجی از RO	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۰	۰/۰۹ ± ۰/۰۰۰	۰/۰۴ ± ۰/۰۰۰	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۰	۰/۰۳ ± ۰/۰۰۰

* مقادیر pH به صورت حداقل و حداکثر مقدار بیان گردید.

معنی‌داری نبود (P = ۰/۲۶۵). بررسی نتایج بیمارستان‌های مورد مطالعه نشان داد که مقدار کروم در بیمارستان‌های ۳ و ۴ از حداکثر استاندارد مجاز AAMI بالاتر و در بقیه بیمارستان‌ها از حداکثر استاندارد مجاز AAMI پایین‌تر بود. همچنین آزمون t-test تک نمونه‌ای نشان داد که میزان آلومینیم، سرب و نیترات در تمام نمونه‌های آب خروجی از سیستم تصفیه آب همودیالیز بیمارستان‌ها، میزان سختی در نمونه‌های آب خروجی بیمارستان‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ و میزان کادمیوم در نمونه‌های آب خروجی از بیمارستان‌های ۲، ۳ و ۴ از حداکثر مجاز AAMI بیشتر بود. همچنین میزان کادمیوم نمونه آب خروجی در بیمارستان ۳، از بالاترین مقدار در بین تمام بیمارستان‌های مورد مطالعه برخوردار بود. که این امر می‌تواند به علت طول عمر سیستم‌های تصفیه آب واحدهای دیالیز، طول عمر سیستم لوله‌کشی آب با توجه به قدمت ساخت و کیفیت آب بیمارستان‌های مورد مطالعه بوده باشد (۱۴).

آزمون آنالیز واریانس نشان داد که مقدار کلر باقی‌مانده، کلرآمین، سختی، سدیم، پتاسیم، فلوئور، نیترات و سولفات در آب ورودی با آب خروجی از اسمز معکوس در نمونه‌های مورد بررسی اختلاف آماری معنی‌دار داشت (P < ۰/۰۰۱). همچنین مقایسه نتایج غلظت سختی با استاندارد AAMI نشان داد که با وجود کاهش قابل ملاحظه‌ای در سختی آب خروجی از اسمز معکوس، اما مقادیر آن در آب مورد استفاده برای مایع همودیالیز در تمام بیمارستان‌های مورد مطالعه از استاندارد AAMI بالاتر است. آزمون آنالیز واریانس نشان داد که مقدار pH (P = ۰/۷۵۹)، منگنز (P = ۰/۷۸۷)، مس (P = ۰/۵۱۷)، روی (P = ۰/۹۵۳)، کادمیوم (P = ۰/۵۰۲)، کروم (P = ۰/۳۶۱)، سرب (P = ۰/۴۳۳)، نیکل (P = ۰/۴۳۶) و آلومینیم (P = ۰/۱۸۵) در نمونه‌های آب ورودی با نمونه‌های آب خروجی از سیستم RO از نظر آماری معنی‌دار نبود.

مطالعه‌های طاهری و همکاران (۱۴) و Lasheen و همکاران (۱۵) نشان داد که فاکتورهایی نظیر زمان توقف آب در سیستم، سن و جنس لوله‌ها، اتصالات سیستم تصفیه اسمز معکوس و لوله‌کشی داخلی در میزان آزاد شدن ترکیبات شیمیایی از سیستم‌های لوله‌کشی و نشت آن به داخل آب تأثیرگذار است. نتایج این مطالعه نشان داد که کیفیت آب خروجی از اسمز معکوس در بیمارستان ۱ به علت استقرار سیستم جدید تصفیه آب از سایر بیمارستان‌های مورد مطالعه از کیفیت بهتری برخوردار بود.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تصفیه آب به وسیله اسمز معکوس موجب کاهش قابل ملاحظه‌ایی در غلظت پارامترهای شیمیایی می‌شود. در بیشتر موارد اسمز معکوس قادر به حذف مؤثر فلزات سنگین بود. با این وجود نتایج این مطالعه نشان داد که ممکن است بعضی از فلزات سنگین از غشاهای اسمز معکوس عبور نماید. در نتیجه سیستم تصفیه آب با اسمز معکوس تأثیری بر میزان غلظت فلزات سنگین آب ورودی به اسمز معکوس نداشته باشد و موجب نگرانی بیماران همودیالیزی مراجعه‌کننده به مراکز دیالیز شهر اصفهان گردد.

با این حال از نظر محققین حاضر این موضوع نیاز به بررسی بیشتری دارد و انجام فعالیت‌های مداخله‌ای برای کاهش غلظت این عناصر در آب خروجی از سیستم تصفیه ضروری می‌باشد. از این رو کیفیت آب مورد استفاده در تهیه محلول درمانی دیالیز ارتقا و میزان امید به زندگی بیماران دیالیزی افزایش می‌یابد. همچنین از افزایش فشارهای روحی و روانی برای بیماران دیالیزی و خانواده‌های آن‌ها کاسته می‌شود. به هر حال، اگرچه اسمز معکوس بهترین تکنولوژی در دسترس برای تهیه آب مورد استفاده در محلول‌های دیالیز است، اما استفاده از سایر روش‌های اختصاصی تصفیه آب برای بهبود درجه خلوص آب مورد استفاده در بخش‌های همودیالیز و حذف آلودگی فلزات سنگین از آب دیالیز باید مدنظر قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل طرح تحقیقاتی شماره ۲۸۹۲۲۲ است که با

حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و با همکاری مرکز تحقیقات محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام گرفت. از همکاری صمیمانه مدیریت و پرستاران بخش دیالیز بیمارستان‌های مورد مطالعه شهر اصفهان تقدیر و تشکر ویژه به عمل می‌آید.

References

1. Peinemann KV, Nunes SP. Membrane Technology: Volume 4: Membranes for Water Treatment. New York, NY: John Wiley & Sons; 2010. p. 25-37.
2. Kawamura S. Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities. New York: John Wiley and Sons; 2000. p. 588-90.
3. Williams ME. A Brief Review of Reverse Osmosis Membrane Technology," white paper. Harriman, TN: EET Corporation and Williams Engineering Services Company, Inc; 2003. p. 8-23.
4. Noble RD, Stern SA. Membrane Separations Technology: Principles and Applications. Philadelphia: Elsevier; 1995.
5. Khedr MG. Membrane fouling problems in reverse osmosis desalination applications. Desalination and Water Reuse 2000; 10(3): 8-17.
6. Pontoriero G, Pozzoni P, Andrulli S, Locatelli F. The quality of dialysis water. Nephrol Dial Transplant 2003; 18 (Suppl 7): vii21-vii25.
7. WARD RA. Worldwide water standards for hemodialysis. Hemodialysis International 2007; 11(Suppl 1): S18-S25.
8. Vorbeck-Meister I, Sommer R, Vorbeck F, Horl WH. Quality of water used for haemodialysis: bacteriological and chemical parameters. Nephrol Dial Transplant 1999; 14(3): 666-75.
9. Surian M, Bonforte G, Scanziani R, Dozio B, Baj A, Della VL, et al. Trace elements and micropollutant anions in the dialysis and reinfusion fluid prepared on-line for haemodiafiltration. Nephrol Dial Transplant 1998; 13 (Suppl 5): 24-8.
10. Masakane I, Tsubakihara Y, Akiba T, Watanabe Y, Iseki K. Bacteriological qualities of dialysis fluid in Japan as of 31 December 2006. Ther Apher Dial 2008; 12(6): 457-63.
11. Marjani A, Moujerlou M., Mansourian Ar, Azerhoosh R, Rabei Mr, Kalavi Kh. Serum Zinc and Copper Variation before and after Heamodialysis in Gorgan. J Gorgan Univ Med Sci 2003; 5(11): 10-4. [In Persian].
12. Eaton AD, Franson MA. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. 20th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2005.
13. Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, Tata. New York, NY: McGraw- Hill; 2003.
14. Taheri E, Vahid Dastjerdi M, Hatamzadeh M, Hasanzadeh A, Ghafarian N, Nikaein M. Evaluation of The Influence of Conventional Water Coolers on Drinking Water Quality. Iranian Journal of Health and Environment 2010; 2(4): 268-75. [In Persian].
15. Lasheen MR, Sharaby CM, El-Kholy NG, Elsherif IY, El-Wakeel ST. Factors influencing lead and iron release from some Egyptian drinking water pipes. J Hazard Mater 2008; 160(2-3): 675-80.

Evaluation of Reverse Osmosis System for Improving Water Quality Used for Dialysis Fluid

Ali Shahryari[1], Mahnaz Nikaeen[2], Mehdi Hajian Nejad[3], Marzieh Vahid Dastjerdi[4], Akbar Hassanzadeh[5], Hossein Saffari[6], Zahra Mosavian[6], Nasrin Vahedi[6], Effate Shabanian[6]

Abstract

Background: The chemical quality of water used for dialysis fluid is a vital factor in the overall care received by dialysis patients. Therefore, water used for this purpose should be treated with advanced methods before use for dialysis. The objective of this study was to assess the efficiency of reverse osmosis systems to improve water quality used for dialysis fluid.

Methods: In this descriptive study, 40 water samples were collected from inlet and outlet of reverse osmosis systems of 5 hemodialysis services of Isfahan hospitals, Iran, during April to August 2011. The samples were analyzed for physicochemical parameters including residual chlorine, chloramines, pH, hardness, Al, F, Cu, Mn, Cd, Cr, Pb, Ni concentration according to the standard methods for examining water and waste water.

Findings: The results of this study showed that the reverse osmosis systems significantly reduce the amount of residual chlorine, chloramines, hardness, Na, K, F, NO_3, SO4 and Mn, but it could not significantly reduce the amount of Cu, Zn, Cd, Cr, Pb and Al. However, the results also showed that the amount of NO_3, hardness, Pb, Cd, Cr and Al in outlet samples of reverse osmosis systems was higher than the value given by association for the advancement of medical instrumentation (AAMI).

Conclusion: Reverse osmosis systems could improve the quality of water used for hemodialysis but they do not reduce the level of some contaminant to the recommended values for dialysis fluid. This condition may be unsafe for hemodialysis patients. So a rigorous control of chemical contaminants is necessary in order to ensure that hemodialysis therapy is in a good quality.

Keywords: Water Pollutants, Membrane, Dialysis Solutions, Hemodialysis

1- PhD Candidate, Student Research Committee, Department of Environmental Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran And MPH, Department of Health Management Higher Medical Sciences, Golestan of Medical Sciences, Gorgan, Iran
2- Associate Professor, School of Public Health, Center for Environmental Research, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3- Associate Professor, School of Public Health, Center for Environmental Research, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran (Corresponding Author) Email: mkhiadani@yahoo.com
4- MSc, Department of Public Health Engineering, Environment, Environmental Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
5- Lecturer, Food Security Research Center, Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
6- Department of Health, Environmental Health Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran