

Performance evaluation of reverse osmosis systems for water treatment required of hemodialysis in Yazd educational hospitals, 2013

Mohammad Saleh Ali Taleshi

* MSc, Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran. (Corresponding author). Email: s.taleshi67@yahoo.com

Hamid Reza Azimzadeh

Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

Mohammad Taghi Ghaneian

Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Environmental Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Seyedeh Mahdieh Namayandeh

PhD, Epidemiology, Cardiovascular Research Center, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Received: 14 May 2015

Accepted: 25 June 2015

ABSTRACT

Background and objective: Every week, hemodialysis patients need to approximately 400 l of water for producing dialysis fluids. So, the quality of water used for treatment of hemodialysis patients is an important factor. This study evaluated the performance of reverse osmosis systems of Yazd educational hospitals dialysis centers for improving the quality of water used.

Materials and Method: In this study, 48 samples of input and output of reverse osmosis systems collected in two educational hospitals during October to December in 2013. Then samples analyzed from the aspect of the physicochemical parameters such as calcium, magnesium, sodium, potassium, total dissolved solids (TDS), sulfate, chloride, total hardness (TH), EC and pH using standard methods of experiment and the results were analyzed using SPSS v.16. software.

Results: The findings of research showed that there is significant difference with 99% confidence between input water to reverse osmosis from aspect of calcium, TDS, EC, pH. Results of paired T-Test and evaluation of performance of reverse osmosis showed that there is significant difference between water quality, before and after of system in the hospital No.1. Except chloride and sodium, there is a significant difference between water qualities in two phases in the hospital No.2.

Conclusion: The results of this research showed that reverse osmosis system improves the quality of water used for hemodialysis significantly, but in continuous operation may be faced with reduced efficiency. Thus, using combination methods of water treatment is necessary to prevent the physicochemical pollution for ensuring the hemodialysis with good quality.

Keyword: Water Quality, Hemodialysis, Reverse Osmosis, Physicochemical Parameters

► **Citation:** Ali Taleshi, MS. Azimzadeh, HR. Ghaneian, MT. & Namayandeh, SM. Performance evaluation of reverse osmosis systems for water treatment required of hemodialysis in Yazd educational hospitals, 2013. Iranian Journal of Research in Environmental Health. Summer 2015;1 (2) : 95-103.

ارزیابی عملکرد سیستم‌های اسمز معکوس تصفیه آب مورد نیاز همودیالیز بیمارستان‌های آموزشی شهر یزد، ۱۳۹۲

چکیده

زمینه و هدف: بیماران همودیالیزی برای تولید مایعات دیالیز، هر هفته به ۴۰۰ لیتر آب نیازمندند. از این رو، کیفیت آبی که برای درمان بیماران همودیالیزی استفاده می‌شود، عامل بسیار مهمی است. این مطالعه با هدف ارزیابی کارایی سیستم‌های اسمز معکوس مرکز دیالیز بیمارستان‌های آموزشی شهر یزد، برای بهبود کیفیت آب مورد استفاده انجام شده است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، ۴۸ نمونه آب از ورودی و خروجی سیستم‌های اسمز معکوس دو بیمارستان آموزشی، در دوره زمانی آبان تا دی سال ۱۳۹۲ برداشت شد. سپس نمونه‌ها از نظر پارامترهای فیزیکوشیمیایی کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، همه مواد جامد محلول، سولفات، کلراید، سختی، EC و pH با استفاده از روش‌های استاندارد آزمایش شدند و نتایج با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ بررسی گردید. **یافته‌ها:** یافته‌های پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری با اطمینان ۹۹ درصد، بین آب ورودی به سیستم اسمز معکوس از لحاظ متغیرهای کلسیم، همه مواد جامد محلول، کلراید، EC و pH وجود دارد. نتایج آزمون T جفتی و بررسی کارایی سیستم اسمز معکوس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین کیفیت آب، پیش و پس از سیستم در بیمارستان ۱ وجود دارد. به استثنای کلراید و سدیم، در بیمارستان شماره ۲ نیز بین کیفیت آب در دو مرحله اختلاف معنی‌داری مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان داد که سیستم اسمز معکوس، کیفیت آبی را که برای همودیالیز استفاده می‌شود، برای همه عناصر اندازه‌گیری شده به‌طور معنی‌داری بهبود بخشیده است؛ اما در صورت کارکرد مداوم امکان دارد با کاهش راندمان روبه‌رو شود؛ بنابراین، استفاده از روش‌های ترکیبی تصفیه آب برای جلوگیری از آلاینده‌های فیزیکوشیمیایی، برای اطمینان از همودیالیز با کیفیت مناسب ضروری است. **کلیدواژه‌ها:** کیفیت آب، همودیالیز، اسمز معکوس، پارامترهای فیزیکوشیمیایی

محمد صالح علی طالشی

* کارشناس ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (نویسنده مسئول)

Email: s.taleshi67@yahoo.com

حمیدرضا عظیم زاده

دانشیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

محمد تقی قانعان

دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران

سیده مهدیه نماینده

دکتری اپیدمیولوژی، مرکز تحقیقات قلب و عروق، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران

◀ **استناد:** علی طالشی م، عظیم‌زاده ح، قانعان م، نماینده م. ارزیابی عملکرد سیستم‌های اسمز معکوس تصفیه آب مورد نیاز همودیالیز بیمارستان‌های آموزشی شهر یزد، ۱۳۹۲. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. تابستان ۱۳۹۴؛ ۱(۲): ۹۵-۱۰۳.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۴

مقدمه

امروزه روش‌های متنوعی برای تصفیه آب معرفی شده‌اند. فرایند انعقاد و لخته سازی به وسیله ترکیبات شیمیایی مانند آلومینیوم سولفات یا پلیمرهای سنتز شده آلی و پلی آلومینیوم کلراید، از جمله ترکیباتی هستند که برای بهبود کیفیت آب مصرف شده‌اند (۱). در این راستا آگاهی از اهمیت مسائل بالینی، روش‌های تصفیه اضافی مانند تبادل یون (Ion Exchange)، اسمز معکوس (Reverse Osmosis) و فیلتراسیون با کربن فعال (Activated Carbon) را برای انطباق با استانداردهای ملی و بین‌المللی، به ویژه درباره آبی که برای آماده‌سازی مایع دیالیز استفاده می‌شود، معرفی کرده‌اند (۲). از بین روش‌های اختصاصی معرفی شده، فرایندهای غشایی برای حذف مواد شیمیایی سمی و سرطان‌زا در مراکز درمانی بسیار توسعه یافته است که به شیوه فیزیکی، جداسازی آب از ترکیبات موجود در آن با استفاده از غشاهای نیمه‌تراوا و دارای نفوذپذیری انتخابی انجام می‌شود (۳،۴). طبق مطالعات انجام شده، بیش از ۹۵ تا ۹۸ درصد از نمک‌های محلول، بیش از ۹۹ درصد از باکتری‌ها و مواد با وزن مولکولی بزرگ‌تر از ۲۰۰ دالتون با استفاده از این نوع غشاها حذف می‌شوند (۵). اسمز معکوس یکی از فرایندهای غشایی برای جداسازی ذرات ریز و محلول، فناوری نسبتاً جدیدی است؛ به طوری که استفاده از غشاهای اسمز معکوس برای جداسازی نمک از آب در اواخر دهه ۱۹۵۰ و با استفاده از غشاهای استات سلولز برای خالص‌سازی آب با جریان زیاد متداول گردید (۶،۷). نارسایی مزمن کلیه، یک بیماری پیش‌رونده و بازگشت‌ناپذیر است که در طی آن، عملکرد کلیه‌ها دچار اختلال شده و سبب کاهش دفع مواد محلول خاص به وسیله کلیه‌ها می‌گردد (۸). در طول فرایند دیالیز سالانه هر بیمار به طور غیرمستقیم به ۱۵۰۰۰ - ۳۰۰۰۰ لیتر آب نیاز دارد که این میزان ۲۵ بار بیش از نیاز افراد عادی است (۹)؛ بنابراین، توجه به کیفیت آبی که برای دستگاه‌های دیالیز استفاده می‌شود، ضروری به نظر می‌رسد. به طور مشخص، هر آلایندة موجود در آب در سطوح بالاتر از محدودیت‌های خاص موجود در استانداردها، توانایی ایجاد مشکل در تجهیزات یا تأثیرات سوء بهداشتی بر بیمار را دارد؛

بنابراین، ارتباطی منطقی بین مسائل درمانی و کیفیت آب وجود دارد. در واقع، محلول درمانی بیماران همودیالیزی شامل یک قسمت محلول دارویی غلیظ دیالیز و ۳۴ قسمت آب است. با در نظر گرفتن این نکته که مایع تغلیظ شده به طور تجاری و در کیفیت‌های یکسان تولید می‌شود، ولی ممکن است آبی که استفاده می‌شود کیفیت‌های متفاوتی داشته باشد، از این رو رعایت استانداردها برای آب دیالیز ضروری است. این مسئله، لزوم تصفیه آبی را که برای همودیالیز استفاده می‌شود، نمایان می‌سازد. یکی از دلایل این مسئله این است که آلایندة‌ها در آب آشامیدنی از طریق دستگاه گوارش وارد خون می‌شوند؛ در حالی که هنگام همودیالیز آلایندة‌های موجود در مایع دیالیز در تماس مستقیم با خون هستند (۱۰). با توجه به نتایج مطالعات گذشته، وجود نیترات در آب دیالیز می‌تواند سبب آنمی و کاهش فشارخون شود. افزایش فشارخون، ضعف ماهیچه، تهوع، استفراغ پیاپی و اختلال اعصاب نیز از نشانه‌های معمول وجود کلسیم، منیزیم و سدیم در آب دیالیز است. همچنین pH پایین آب سبب ایجاد دیابت و تهوع و استفراغ پیاپی در بیماران نیازمند به فرایند دیالیز می‌شود (۱). در پژوهشی که توسط «اسدی» و همکاران در سال ۱۳۹۰ درباره آب ورودی به دستگاه دیالیز در بیمارستان‌های استان قم انجام شد، غلظت کاتیون‌های پتاسیم، سدیم، منیزیم و کلسیم آب بررسی گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که همه متغیرهای اندازه‌گیری شده در این بیمارستان‌ها، کمتر از حدود استانداردها بوده است (۱۱). همچنین توسط «علیزاده» و همکاران در سال ۱۳۹۱، ارزیابی شاخص‌های میکروبی و شیمیایی آبی که در مرکز دیالیز بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی زاهدان استفاده می‌شود، نشان داد به جز کلسیم که میانگین غلظت آن بالاتر از استاندارد AAMI (Association for the Advancement of Medical Instrumentation) بود، میانگین غلظت دیگر کاتیون‌ها به طور معنی‌داری کمتر از حد استاندارد برآورد گردید (۱۲). Vorbeck-Meister و همکاران در سال ۱۹۹۹ ضمن بررسی هر یک از گام‌های تصفیه آب در ۷ بخش دیالیز استرالیا، به آنالیز میکروبی و شیمیایی این آب پرداختند. پژوهشگران به

این نتیجه رسیدند با این که فرایند تصفیه به طور معنی دار سبب کاهش غلظت نیترات و کلسیم آب می شود، غلظت سولفات به طور معنی دار کاهش نمی یابد (۹). Sobrino Pérez و همکاران در سال ۲۰۰۸ در مکزیک، به مدت پنج سال به کنترل شیمیایی و باکتریولوژیکی آبی پرداختند که در همودیالیز استفاده می شود. بررسی انجام شده توسط ایشان درباره ۳۰ عنصر نشان داد که از میان عناصر آزمایش شده، میزان غلظت برخی از پارامترها بالاتر از حد استاندارد بود (۱۳). Ward در سال ۲۰۰۵ ضمن مطالعه ای مروری، به بررسی عوامل گوناگون مؤثر بر کیفیت دیالیز پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد که نیاز به تصفیه آب و طراحی سیستم توزیع مناسب آب دیالیز، مهم ترین عوامل تعیین کننده در کیفیت دیالیز هستند (۱۴). همین پژوهشگر در سال ۲۰۱۱ نیز در مقاله ای با عنوان «خودداری از مسمومیت آلاینده های آب زاد در همودیالیز: چالش های جدید در عصر افزایش تقاضای آب» رویکردی جامع برای تصفیه آب از جمله انعطاف پذیری درباره انتخاب فرآیندهای تصفیه آب، ارتباطات نزدیک با تأمین کنندگان آب آشامیدنی و تأکید بر آموزش تکنسین های مسئول نظارت و حفظ همه جوانب سیستم های حمل مایعات را در این بخش ضروری دانست (۱۵)؛ بنابراین با توجه به آسیب پذیری بیماران در ابتلا به بیماری های مربوط به آب، انجام این مطالعه ضروری است؛ به ویژه این که ممکن است بین آلودگی مایع دیالیز و عوارض بلندمدت ناشی از آن نیز ارتباط وجود داشته باشد. همچنین، با در نظر گرفتن این مسئله که آب شرب شهر یزد از منابع گوناگون تأمین می شود که نوساناتی در متغیرهای فیزیکی شیمیایی دارد، این پژوهش با هدف بررسی کیفیت فیزیکی شیمیایی آب مصرفی در فرایند دیالیز و بررسی کارایی سیستم های اسمز معکوس تصفیه آب دو مرکز دیالیز واقع در بیمارستان های آموزشی شهر یزد، برای بهبود کیفیت آب استفاده شده صورت گرفت. همچنین، کیفیت آب با استاندارد ملی آب آشامیدنی و با استاندارد بین المللی انجمن پیشبرد تجهیزات پزشکی برای قابلیت مصرف در تهیه مایع دیالیز مقایسه شد. امید است یافته های این پژوهش، زمینه ساز دستیابی به اهداف بهداشت و سلامت جامعه باشد.

مواد و روش ها

این پژوهش، مطالعه ای توصیفی-تحلیلی است که به صورت مقطعی در طی ۳ ماه، از آبان تا دی سال ۱۳۹۲ انجام شد. با توجه به این که از ۴ بیمارستان آموزشی شهر یزد تنها ۲ بیمارستان مرکز دیالیز داشتند، بررسی روی ۴۸ نمونه از آب ورودی و خروجی سیستم اسمز معکوس مراکز دیالیز انجام شد. به عبارتی، این بررسی شامل نمونه های آب پیش و پس از عمل تصفیه است. تعداد نمونه ها با دقت ۱۵ درصد و با توجه به فرمول کفایت نمونه کوکران به دست آمد. به عبارتی، از هر بیمارستان در ۴ هفته هرماه، ۸ نمونه (۴ نمونه ورودی سیستم اسمز معکوس و ۴ نمونه خروجی سیستم اسمز معکوس) به روش تصادفی ساده در روزهای هفته و هنگام فعالیت دستگاه های همودیالیز با استفاده از ظرف های پلاستیکی تمیز ۲۴۰ میلی لیتری برداشت شد؛ همچنین، پیش از انجام آزمایش های مربوط در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری و پس از آن به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس از نظر متغیرهای فیزیکی شیمیایی شامل کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، سولفات، کلراید، سختی و مواد جامد محلول، مطابق با روش های استاندارد آب در کتاب استاندارد متد آنالیز شدند (۱۶). افزون بر این، متغیرهای هدایت الکتریکی (EC) و pH نیز در محل اندازه گیری شدند. غلظت کلسیم و منیزیم با استفاده از روش تیتراسیون با EDTA و غلظت کلراید با استفاده از روش تیتراسیون با نیترات نقره، غلظت سولفات با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر اشعه ماورای بنفش و غلظت سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر تعیین شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از شاخص های میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر استفاده شد. برای مقایسه میانگین عناصر اندازه گیری شده با حدود استاندارد بین المللی AAMI و استاندارد ملی حداکثر مطلوب و مجاز آب آشامیدنی، از آزمون مقایسه ای میانگین با عدد ثابت و برای بررسی تغییرات آلاینده ها در آب ورودی و خروجی از سیستم اسمز معکوس در هر یک از بیمارستان ها، از آزمون T جفتی و برای بررسی وجود تغییرات در آلاینده های آب ورودی از سیستم اسمز معکوس در دو بیمارستان، از آزمون T مستقل استفاده شد. همه آنالیزهای یاد شده با استفاده از

نمونه‌های آنالیز شده به جز سختی با اطمینان ۹۹ درصد، پایین‌تر از حداکثر مطلوب ارائه شده در استانداردهاست ($P < 0/0001$)؛ به طوری که در ۵۸/۳ درصد از نمونه‌ها در بیمارستان شماره ۱ و در ۲۵ درصد از نمونه‌ها در بیمارستان شماره ۲، میزان سختی کل بالاتر از حداکثر مطلوب آب آشامیدنی بود. با وجود این، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد با حداکثر مطلوب مشاهده نشد ($P = 0/299$)، همچنین، نتایج تحلیل نمونه‌های آب خروجی از سیستم اسمز معکوس بیمارستان‌های آموزشی نشان داد که در ۱۰۰ درصد نمونه‌های مورد سنجش بین میانگین غلظت متغیرهای مورد سنجش با استاندارد AAMI با اطمینان ۹۹ درصد، اختلاف معنی‌دار وجود دارد و به عبارتی میانگین غلظت متغیرها بسیار پایین‌تر از حدود استاندارد مورد نظر است ($P < 0/0001$).

نرم‌افزار SPSS16 صورت پذیرفت و نتایج با مقادیر ($P < 0/01$) معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

بر اساس نتایج این پژوهش، مشخص شد که متوسط سن سیستم تصفیه آب دیالیز برای بیمارستان شماره ۱، ۵ سال و برای بیمارستان شماره ۲، ۳/۵ سال بود. دو بیمارستان برای فرایند دیالیز، به ترتیب پذیرای ۴۵۰ و ۱۹۰۰ بیمار در هر ماه بودند. در جدول شماره ۱، نتایج به دست آمده از آنالیز فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب ورودی و خروجی از سیستم اسمز معکوس دو بیمارستان آموزشی ارائه شده است. یافته‌های به دست آمده از این تحقیق، نشان داد که آب ورودی به سیستم اسمز معکوس درباره همه متغیرها، مطابق استاندارد ملی آب آشامیدنی حد مجاز دارد. با وجود این، درباره همه

جدول ۱: نتایج آنالیز کیفیت متغیرهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب ورودی به RO و خروجی از RO بیمارستان‌های آموزشی شهر یزد

بیمارستان شماره ۲	بیمارستان شماره ۱	محل نمونه برداری	استاندارد			متغیر
			AAMI	حداکثر مجاز آب	حداکثر مطلوب آب	
۴۳/۲۷ ± ۱۲/۴۵	۵۲/۵ ± ۵/۵۲	ورودی به RO	۲/۰۰	-	۳۰۰	کلسیم (mg/L)
۰/۰۰	۰/۰۰	خروجی از RO				
۲۱/۲۸ ± ۳۳/۵۹	۱۸ ± ۶/۱۹	ورودی به RO	۴/۰۰	-	۳۰	منیزیم (mg/L)
۰/۰۰	۰/۰۰	خروجی از RO				
۳۳/۵۹ ± ۹/۷۰	۳۳/۵۱ ± ۱۷/۰۶	ورودی به RO	۷۰	۲۰۰	۲۰۰	سدیم (mg/L)
۲۸/۲۵ ± ۱۶/۵	۰/۶۵ ± ۰/۶۰	خروجی از RO				
۰/۸۴ ± ۰/۲۳	۰/۸۴ ± ۰/۲۲	ورودی به RO	۸/۰۰	-	-	پتاسیم (mg/L)
۰/۰۰	۰/۰۰	خروجی از RO				
۲۹۲/۷۴ ± ۳/۶۴	۳۴۲/۴۵ ± ۳۲/۵۶	ورودی به RO	-	۱۵۰۰	۱۰۰۰	کل مواد جامد محلول (mg/L)
۱۸۷/۸۴ ± ۴۰/۳۱	۹/۰۹ ± ۴/۱۶	خروجی از RO				
۸۰/۷۹ ± ۲۲/۰۶	۹۵/۸۱ ± ۲۶/۰۶	ورودی به RO	۱۰۰	۴۰۰	۲۵۰	سولفات (mg/L)
۲۰/۳۳ ± ۹/۰۱	۷/۶۵ ± ۱/۸۲	خروجی از RO				
۹۲/۳ ± ۱۷/۶۵	۱۱۳ ± ۱۱/۴۱	ورودی به RO	-	-	-	کلراید (mg/L)
۸۴/۳۱ ± ۲۰/۲۰	۶۳/۰۱ ± ۱۳/۸۸	خروجی از RO				
۱۹۵/۳۱ ± ۱۴/۸۹	۲۱۸/۷۷ ± ۳۵/۷۹	ورودی به RO	-	۵۰۰	۲۰۰	سختی
۰/۰۰	۰/۰۰	خروجی از RO				
۴۵۷/۴۲ ± ۵/۷۰	۵۳۴/۲۵ ± ۵۰/۹۲	ورودی به RO	-	-	-	EC (µs/cm)
۲۹۳/۵ ± ۶۳/۰۰	۱۴/۲۱ ± ۶/۲۴	خروجی از RO				
۷/۱۶ ± ۰/۰۳	۷/۹۳ ± ۰/۰۲	ورودی به RO	-	۶/۵-۹/۰	۶/۵-۸/۵	pH
۷/۳۰ ± ۰/۰۸۷	۷/۷۳ ± ۰/۱۳	خروجی از RO				

جدول ۳: راندمان سیستم اسمز معکوس بیمارستان‌های آموزشی و بررسی وجود اختلاف معنی‌دار بین متغیرها

متغیر	درصد کارایی سیستم RO بیمارستان ۱	P-Value	درصد کارایی سیستم RO بیمارستان ۲	P-Value
کلسیم (mg/L)	٪۱۰۰	P<۰/۰۰۰۱	٪۱۰۰	P<۰/۰۰۰۱
منیزیم (mg/L)	٪۱۰۰	P<۰/۰۰۰۱	٪۱۰۰	P<۰/۰۰۰۱
سدیم (mg/L)	٪۹۸/۰۶	P<۰/۰۰۰۱	٪۱۵/۸۹	۰/۱۵۹ (ns)
پتاسیم (mg/L)	٪۱۰۰	P<۰/۰۰۰۱	٪۱۰۰	P<۰/۰۰۰۱
کلراید (mg/L)	٪۴۴/۲۳	P<۰/۰۰۰۱	٪۸/۶	۰/۰۸۶ (ns)
سولفات (mg/L)	٪۹۲/۰۱	P<۰/۰۰۰۱	٪۷۴/۸۳	P<۰/۰۰۰۱
کل مواد جامد محلول (mg/L)	٪۹۷/۳۴	P<۰/۰۰۰۱	٪۳۵/۸۳	P<۰/۰۰۰۱

در ارتباط با همه متغیرهای موردسنجش در نمونه‌های آب بیمارستان شماره ۱ با اطمینان ۹۹ درصد، اختلاف معنی‌داری بین آب پیش و پس از سیستم اسمز معکوس مشاهده شد. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که راندمان سیستم برای حذف متغیرهای کلسیم، منیزیم و پتاسیم ۱۰۰ درصد بوده است. از سوی دیگر، کمترین راندمان حذف سیستم اسمز معکوس با میزان ۴۴/۲۳ درصد به کلراید مربوط بوده است. در ارتباط با بیمارستان شماره ۲ نیز نتایج تحلیل آزمون T جفتی و بررسی کارایی سیستم اسمز معکوس، نشان داد که جز در مورد متغیرهای سدیم و کلراید با اطمینان ۹۹ درصد، اختلاف معنی‌داری بین کیفیت آب، پیش و پس از سیستم اسمز معکوس وجود دارد. به عبارتی، سیستم اسمز معکوس در بیمارستان شماره ۲، کارایی لازم در حذف سدیم و کلراید را ندارد؛ هرچند مقایسه غلظت سدیم آب در آب خروجی از سیستم اسمز معکوس با استاندارد AAMI، نشان می‌دهد که غلظت سدیم در حد استاندارد یادشده است.

بحث

کیفیت آبی که در تهیه مایع دیالیز در مراکز همودیالیز استفاده می‌شود، یکی از مهم‌ترین عامل‌ها برای حفظ سلامتی بیماران دیالیزی و افزایش امید به زندگی در این افراد است. بررسی نتایج این مطالعه نشان داد که وضعیت کیفیت آب ورودی به سیستم

در این مطالعه برای بررسی معنی‌داری اختلاف در سطح ۱ درصد بین آب ورودی به سیستم اسمز معکوس در بیمارستان‌های آموزشی، از آزمون T مستقل استفاده شد که نتایج این تحلیل تعیین گردید (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج آزمون T مستقل برای بررسی وجود اختلاف معنی‌دار از لحاظ متغیرهای موردسنجش در آب ورودی به سیستم RO بین دو بیمارستان

متغیر	P-Value
کلسیم (mg/L)	۰/۰۲۱*
منیزیم (mg/L)	۰/۲۰۵ (ns)
سدیم (mg/L)	۰/۹۸۸ (ns)
کل مواد جامد محلول (mg/L)	P<۰/۰۰۰۱
سولفات (mg/L)	۰/۱۴۲ (ns)
کلراید (mg/L)	۰/۰۰۳**
TH (Total Hardness)	۰/۰۵۴ (ns)
EC (μs/cm)	P<۰/۰۰۰۱
pH	P<۰/۰۰۰۱

*معنی‌داری در سطح ۵٪ ** معنی‌داری در سطح ۱٪ ns عدم اختلاف معنی‌دار

نتایج این آزمون نشان داد که در ارتباط با متغیرهایی چون همه مواد جامد محلول، کلراید، EC و pH، اختلاف معنی‌داری با اطمینان ۹۹ درصد بین آب ورودی به سیستم اسمز معکوس بخش دیالیز دو بیمارستان آموزشی وجود داشته است؛ درحالی‌که در ارتباط با دیگر متغیرها، اختلاف معنی‌داری با اطمینان ۹۹ درصد بین دو بیمارستان آموزشی وجود نداشت. همچنین، در این مطالعه ضمن مقایسه غلظت متغیرهای موردسنجش در آب ورودی و خروجی سیستم اسمز معکوس با استفاده از آزمون T جفتی در هر یک از بیمارستان‌های آموزشی، راندمان سیستم تصفیه آب در این بیمارستان‌ها مشخص شد (جدول ۳).

آلاینده‌ها معرفی کرده است (۲۰). نتایج به دست آمده از بررسی راندمان سیستم اسمز معکوس بیمارستان‌های آموزشی و بررسی وجود اختلاف معنی‌دار بین عناصر موردسنجش در دو مرحله پیش و پس از سیستم اسمز معکوس، نشان داد که راندمان سیستم اسمز معکوس بیمارستان شماره ۲ به‌ویژه در ارتباط با متغیرهای سدیم و کلراید پایین‌تر از بیمارستان شماره ۱ بوده که ممکن است ناشی از این باشد که سیستم اسمز معکوس بیمارستان شماره ۲ به سبب تعداد تخت دیالیز بیشتر و بالطبع بیماران بیشتر در طول روز، در مقایسه با بیمارستان شماره ۱ دچار کاهش راندمان شده است. با توجه به اهمیت کیفیت آب دیالیز، Levin & Hoenic در سال ۲۰۰۳ به بررسی ضرورت کیفیت آب همودیالیز در انگلستان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بهترین رهیافت در طراحی یک فرایند تصفیه آب، در نظر گرفتن آن سیستم از لحاظ کیفیت و بهبود مداوم کیفیت است (۱). بهبود مداوم کیفیت و خودداری از عوارض ناشی از آلودگی آب از لحاظ فیزیکیوشیمیایی امکان‌پذیر نیست؛ مگر این که در حفاظت مؤثر و پایدار کیفیت آب توجه ویژه‌ای شود و راهبردهای ضد عفونی مناسب در طولانی مدت استفاده گردد. در این مطالعه مشخص شد که در بیمارستان شماره ۲، کارایی سیستم اسمز معکوس به دلیل زمان طولانی کارکرد کاهش یافته که نشان‌دهنده حساسیت بالای انتخاب سیستم تصفیه مناسب است. باوجوداین، عواملی نظیر حفظ و پایش عملکرد سیستم‌ها، آگاهی تکنسین از مسائل مربوط به آلودگی مایع دیالیز است. همچنین، مدیریت سیستم‌ها اهمیت دارد؛ همان‌طور که مطالعه Lasheen و همکاران در سال ۲۰۰۸ نیز نشان داد که عواملی نظیر زمان توقف آب در سیستم، سن و جنس لوله‌ها، اتصالات سیستم تصفیه اسمز معکوس و لوله‌کشی داخلی در میزان آزاد شدن ترکیبات از سیستم‌های لوله‌کشی و نشت به داخل آب مؤثر است (۲۱). نتایج این مطالعه لزوم ارزیابی عملکرد سیستم‌های اسمز معکوس بیمارستان‌های آموزشی شهر یزد، به‌ویژه بیمارستان شماره ۲ را آشکار ساخت که پیشنهاد می‌شود این فرایند، دست کم در بازه زمانی سالانه صورت

اسمز معکوس بیمارستان‌های موردنظر، جز از نظر سختی کل که در برخی از نمونه‌ها بالاتر از حداکثر مطلوب است، از لحاظ دیگر متغیرهای سنجش شده شامل کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، همه مواد جامد محلول، سولفات، کلراید و pH در حد استانداردهای آب شرب است؛ همچنین، آب خروجی از سیستم اسمز معکوس نیز نسبت به حدود استاندارد AAMI کیفیت مناسب‌تری دارد و با اطمینان ۹۹ درصد، اختلاف معنی‌داری با حدود این استاندارد درباره متغیرهای موردسنجش دارد. این موضوع همسو با مطالعه‌ای بود که توسط «باصری» و همکاران در سال ۱۳۹۲، در بیمارستان اخوان کاشان با بررسی غلظت کاتیون‌هایی چون سدیم، پتاسیم و ... انجام شد (۱۷). همچنین، در بررسی کیفیت شیمیایی آب ورودی به دستگاه دیالیز و مقایسه با استانداردهای بین‌المللی در بیمارستان ۲۲ بهمن گناباد در سال ۱۳۹۲، درباره عناصری همچون سدیم و پتاسیم، میانگین غلظت پایین‌تر از حدود استاندارد بوده است که با این مطالعه همسویی داشت. هرچند درباره عنصر کلسیم در مطالعه «اسدزاده» و همکاران، میزانی بالاتر از استاندارد به دست آمده بود. (۱۸). در استاندارد یادشده درباره pH حدودی تعیین نشده است؛ اما میانگین به دست آمده این مطالعه نشان داد که آب استفاده‌شده، از نظر این پارامتر در محدوده خنثی قرار دارد. در این مطالعه، غلظت آنیون سولفات در همه نمونه‌ها از حد استاندارد ورودی به دستگاه دیالیز کمتر بود که با مطالعه Pérez Sobrino و همکاران در سال ۲۰۰۸ در مکزیک، که به پایش بر خط آب تصفیه‌شده دیالیز پرداختند، همسو است (۱۳). همچنین، در مطالعه‌ای که توسط «شهریاری» و همکاران در سال ۱۳۹۱ در بیمارستان‌های اصفهان انجام شد، نتایج بررسی آب دیالیز پیش و پس از سیستم اسمز معکوس نشان داد که سیستم‌های اسمز معکوس این بیمارستان‌ها به‌طور معنی‌داری میزان سدیم، پتاسیم، سولفات و دیگر عناصر را کاهش می‌دهند (۱۹) که با این مطالعه همسو نبوده و نشان‌دهنده کارایی مناسب سیستم اسمز معکوس در حذف آلاینده‌هاست؛ همچنان که سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا، اسمز معکوس را بهترین فناوری در دسترس برای حذف

گیرد؛ همچنین، با توجه به این که سیستم‌های پیش تصفیه آب ورودی به دستگاه‌های دیالیز برای حذف ذرات معلق و کاهش سختی آب معرفی شده‌اند، برای حفظ غشای سیستم‌های اسمز معکوس بیمارستان‌های آموزشی شهر یزد نیز پیشنهاد می‌شود از چنین سیستم‌هایی استفاده گردد. این عمل می‌تواند با استفاده از فیلترهایی برای حذف کلسیم و منیزیم در نقاط حساس سیستم و رزین‌های کاتیونیک تبادلی سدیمی (نرم‌کننده‌های آب) تخلخل گوناگون صورت پذیرد؛ همچنین، برای حذف کلرین و کلرآمین در آب آشامیدنی به دلیل غلظت زیاد کلراید در آب خروجی از سیستم اسمز معکوس این بیمارستان‌ها، پیش تصفیه آب با فیلترهای کربن فعال پیشنهاد می‌شود. برای کاستن از غلظت کلسیم، منیزیم و سولفات در صورت گذر از حدود استانداردها نیز می‌توان از کاربرد ترکیبی سیستم تبادل یونی و اسمز معکوس استفاده کرد. همچنین، با توجه به تأثیرات زیان‌آور فلزات سنگین بر کیفیت آب دیالیز، پیشنهاد می‌شود پژوهشگران دیگر این پژوهش را در مراکز درمانی دیگر نقاط کشور با دربرگیری سایر پارامترها انجام دهند و در رسیدن به بهداشت و سلامت بیشتر در این حوزه، گامی مؤثر بردارند.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تصفیه آب با استفاده از سیستم اسمز معکوس سبب کاهش فراوانی از غلظت پارامترهای

فیزیکوشیمیایی می‌شود. با وجود این، کارکرد مداوم این سیستم ممکن است راندمان این سیستم را در حذف آلاینده‌ها کاهش دهد؛ بنابراین، لزوم پایش مداوم آب توسط مسئولان بهداشتی بیمارستان‌ها را اثبات می‌کند؛ به طوری که آب خروجی از سیستم‌های تصفیه آب در همزمان‌های مورد استفاده، ترکیبی ثابت و استاندارد باشد. همچنین، با توجه به اندک مطالعات صورت گرفته در ایران در ارتباط با کیفیت آب استفاده شده برای درمان بیماران دیالیزی و متنوع بودن منابع آبی که برای این عمل در مناطق گوناگون کشور با توجه به اقلیم‌های متفاوت استفاده می‌شود، پیشنهاد می‌گردد چنین مطالعه‌ای در دیگر بیمارستان‌های نقاط مختلف کشور انجام پذیرد؛ همچنین، نتایج این مطالعه تجزیه و تحلیل شود تا گامی مؤثر در راستای بهبود کیفیت خدمات بهداشتی درمانی بیمارستان‌های سراسر کشور، به ویژه در این بخش باشد. باید توجه داشت که این فرایند، عامل مؤثری در کاستن از فشارهای روحی و روانی وارد آمده بر بیماران دیالیزی و خانواده‌های آنهاست.

تشکر و قدردانی

این پژوهش حاصل انجام پایان‌نامه کارشناسی ارشد به شماره ۲۱۶۹۸۷۱ است. پژوهشگران بر خود لازم می‌دانند که از همکاری صمیمانه مدیریت و پرستاران بخش دیالیز بیمارستان‌های آموزشی مورد مطالعه شهر یزد تشکر به عمل آورند.

References

1. Hoenich A, Levin R. The Implications of Water Quality in Hemodialysis. Renal Research Institute Symposium 2003; 16(6): 492-497.
2. Laurence RA, Lapiere ST. Related quality of hemodialysis water: a 7-year multicenter study. Am J Kidney Dis 1995; 25:738-750.
3. Hoenich NA, Levin R, Ronco C. How Do Changes in Water Quality and Dialysate Composition Affect Clinical Outcomes? Blood Purif 2009; 27:11-15 DOI: 10.1159/000167002.
4. Peinemann KV, Nunes SP. Membrane Technology: Volume 4: Membranes for Water Treatment. New York, NY: John Wiley & Sons 2010. p. 25-37.
5. Pontoriero G, Pozzoni P, Andrulli S, Locatelli F. The quality of dialysis water. Nephrol Dial Transplant 2003; 21-25.
6. Kawamura S. Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities. New York: John Wiley and Sons 2000. p. 588-90.
7. 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.
8. Asadi M, Norouzi M, Khazaei M, Omid Oskouei A, Paydari Shayesteh N. Concentration of cations in water used for

- hemodialysis in Qom province hospitals and comparisons with AAMI and EPh standards. *J of Health* 2011; 3(2): 48-55 (Persian).
9. Vorbeck-Meister I, Sommer R, Vorbeck F, Horl WH. Quality of water used hemodialysis: bacteriological and chemical parameters. *Nephrol Dial Transplant* 1999; 14: 666-675.
 10. Ward RA. Water processing for hemodialysis. Part I: a historical perspective. *Semin Dialysis* 1997; 10 (1): 26-31.
 11. Asadi M, Arast Y, Behanami Pour S, Norouzi M, Mohebi S, Omid Oskouei A, et al. Quality of water entrance to dialysis machines and its comparison with AAMI and EPh standards in hospitals of Qom province. *Qom university of Medical Sciences Journal* 2012; 6 (3): 22-26 (Persian).
 12. Alizadeh M, Bazrafshan E, Jafari Mansourian H, Rajabizadeh A. Microbiological and Chemical Indicators of Water Used in Hemodialysis Centers of Hospitals Affiliated to Zahedan University of Medical Sciences, 2012. *Journal of Health & Development* 2013; 2(3): 182-191(Persian).
 13. Sobrino Pérez PE, Barril Cuadrado G, del Rey Román C, Sánchez Tomero JA. Monitoring on-line Treated Water and Dialysate Quality. *Nefrologia* 2008; 28(5):493-504.
 14. Ward RA. Dialysis water as a determinant of the adequacy of dialysis. *Semin Nephrol* 2005;25(2):102-11.
 15. Ward RA. Avoiding toxicity from water-borne contaminants in hemodialysis: new challenges in an era of increased demand for water. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2011;18(3):207-13.
 16. Lenore SC. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington DC: American Public Health Association, American Work Association, Water Environment Federation; 1999.
 17. Baseri AM, Dehghani R, Soleimani A, Hasanbeig O, Pourgholi M, Ahaki A, et al. Water quality investigation of the hemodialysis instruments in Kashan Akhavan hospital during Oct-Nov. 2011. *Iran J Health & Environ* 2013; 6 (2): 145-154 (Persian).
 18. Asadzadeh SN, Nemati Sani O, Sajjadi SA, Yousefi M. Chemical quality of water entrance to dialysis machines and its comparison with AAMI and EPh standards in hospitals of 22 Bahman Gonabad. *J North Khorasan Uni of Med Sci* 2013; 5: 1137-1143 (Persian).
 19. Shahryari A, Nikaeen M, Hajiannejad M, Vahid Dastjerdi M, Hassanzadeh A, Saffari H, et al. Evaluation of reverse osmosis system for improving water quality used for dialysis fluid. *Health System Research* 2012; 8 (5): 782-795 (Persian).
 20. Tchobanoglous G. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.* New York, NY: McGraw- Hill; 2003.
 21. 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.