Original Article

Depiction of Health
2021; 12(1): 12-23
http://doh.tbzmed.ac.ir

Evaluation of Physicochemical and Microbial Quality Control of Hemodialysis Machines Water in Hospitals

Michael Abbaszadeh[1], Mohammad Mosaferi[*2], Parisa Firouzi [1], Mohammad Ali Abedpour[3], Samira Sheykholeslami[4]

Article Info:

Article History:
Received: 02.01.2020
Accepted: 09.29.2020
Published: 03.21.2021

Keywords:
Hospitals
Water Quality
Quality Control
Dialysis

DOI: 10.34172/doh.2021.03

Abstract

Background and Objectives: Water quality is important for preparation of dialysis solution due to its direct relationship with blood of patients with renal failure. The aim of this study was to evaluate the chemical and microbial quality of inlet and outlet water of dialysis devices in hospitals of East Azerbaijan province.

Material and Methods: This study was a descriptive-analytical study in which the water of dialysis ward of three hospitals affiliated to East Azerbaijan University of Medical Sciences was investigated. The results of physicochemical (45 cases) and microbial (163 cases) of dialysis water were extracted from the relevant archives in two stages before and after reverse osmosis treatment during 2014-2016. Independent t-test and one-way ANOVA were used for statistical analysis while extracting descriptive statistical parameters. Data analysis was done using Excel and SPSS 23 software.

Results: Evaluation of the efficiency of reverse osmosis system showed that there was a significant difference between water quality, before and after the system. Except for calcium, magnesium, fluoride and nitrate, the concentrations of other cations and anions in 100% of samples were lower than the European Pharmacopoeia standard. Incoming water samples to dialysis machine in 4.9% of cases had total coliform contamination and there was no fecal coliform in any of the samples. The frequency and frequency of tests in hospitals are not observed and despite the risk of heavy metals, heavy metals tests are not performed on dialysis water for the health of dialysis patients.

Conclusion: The need to develop a national standard for controlling dialysis water, testing all quality parameters of dialysis water according to standards in regular times and timeframes, informing hospital managers and environmental health experts about the importance of dialysis water quality in health and increasing life expectancy of dialysis patients is felt.

Citation: Abbaszadeh A, Mosaferi M, Firouzi P, Abedpour MA, Sheykholeslami S. Evaluation of Physicochemical and Microbial Quality Control of Hemodialysis Machines Water in Hospitals. Depiction of Health. 2021; 12(1) 12-23.

1. Student Research Committee, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
2. Tabriz Health Services Management Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran (**Email**: mosaferim@tbzmed.ac.ir)
3. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
4. Department of Environmental and Occupational Health, Ministry of Health and Medical Education, Tehran, Iran

TUOMS PRESS
Tabriz University of Medical Sciences

© 2021 The Author(s). This work is published by Depiction of Health as an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

مقاله پژوهشی

ارزیابی کنترل کیفی فیزیکو شیمیایی و میکروبی آب دستگاه‌های همودیالیز در بیمارستان‌ها

میکائیل عباس‌زاده[۱]، محمد مسافری*[۲]، پریسا فیروزی[۱]، محمد علی عابدپور[۳]، سمیرا شیخ‌الاسلامی[۴]

چکیده

زمینه و اهداف: کیفیت آب مصرفی برای آماده‌سازی محلول دیالیز به دلیل ارتباط مستقیم این محلول با خون بیماران دارای نارسایی کلیوی از اهمیت بالایی برخوردار است. این مطالعه، با هدف ارزیابی کیفیت شیمیایی و میکروبی آب ورودی و خروجی دستگاه‌های دیالیز در بیمارستان‌های استان آذربایجان شرقی انجام شد.

مواد و روش‌ها: مطالعه‌ی حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی بوده و در طی آن آب بخش دیالیز سه بیمارستان وابسته به دانشگاه علوم پزشکی استان آذربایجان شرقی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیزهای فیزیکوشیمیایی (٤٥ مورد) و میکروبی (١٦٣ مورد) آب بخش دیالیز در دو مرحله‌ی قبل و بعد از تصفیه‌ی اسمز معکوس طی سال‌های ١٣٩٣ تا ١٣٩٥ از بایگانی مربوطه استخراج گردید. برای آنالیز آماری، ضمن استخراج پارامترهای آماری توصیفی، از آزمون تی مستقل و آنالیز واریانس یک سویه (ANOVA) استفاده شد. تحلیل داده‌ها با نرم افزار Excel و SPSS 23 صورت گرفت.

یافته‌ها: بررسی کارایی سیستم اسمز معکوس نشان داد اختلاف معنی‌داری بین کیفیت آب، پیش و پس از سیستم وجود دارد. به جز کلسیم، منیزیم، فلوراید و نیترات غلظت بقیه‌ی کاتیون‌ها و آنیون‌ها در ١٠٠ درصد نمونه‌ها کمتر از حد استاندارد Eu.Ph(European Pharmacopoeia) ارزیابی شد. نمونه‌های آب ورودی به دستگاه دیالیز در ٤/٩ درصد موارد دارای آلودگی توتال کلی‌فرم بوده و در هیچ کدام از نمونه‌ها کلی‌فرم مدفوعی وجود نداشت. دفعات و تواتر زمانی انجام آزمایشات در بیمارستان‌ها رعایت نشده و با وجود خطر فلزات سنگین برای سلامتی بیماران دیالیزی، آزمایشات فلزات سنگین بر روی آب دیالیز انجام نمی‌گیرد.

نتیجه‌گیری: نیاز به تدوین استاندارد ملی در خصوص کنترل آب دیالیز، آزمایش تمام پارامترهای کیفی آب دیالیز برطبق استانداردها در دفعات و بازه‌های زمانی منظم، آگاه‌سازی هرچه بیشتر مدیران بیمارستان و کارشناسان بهداشت محیط در رابطه با اهمیت کیفیت آب دیالیز در سلامتی و افزایش امید به زندگی بیماران دیالیزی احساس می‌شود.

کلیدواژه‌ها: بیمارستان، کیفیت آب، کنترل کیفی، دیالیز

نحوه استناد به این مقاله: عباس‌زاده م، مسافری م، فیروزی پ، عابدی م، شیخ‌الاسلامی س. ارزیابی کنترل کیفی فیزیکو شیمیایی و میکروبی آب دستگاه‌های همودیالیز در بیمارستان‌ها. تصویر سلامت. ١٤٠٠؛ ١٢(١): ١٢-٢٣.

١. کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

٢. مرکز تحقیقات مدیریت خدمات بهداشتی درمانی تبریز، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران (**Email**: mosaferim@tbzmed.ac.ir)

٣. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

٤. اداره کل سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران

حقوق برای مؤلف(ان) محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد در تصویر سلامت تحت مجوز کریتیو کامنز (http://creativecommons.org/licenses/bync/4.0/) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده غیر تجاری تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

مقدمه

همودیالیز فرایندی حیات‌بخش برای بیماران مبتلا به نارسایی مزمن کلیه جهت تصحیح عدم تعادل آب و الکترولیت‌ها و مواد شیمیایی خون می‌باشد که در طی آن سموم تجمع یافته در خون بیمار از طریق غشاهای نیمه تراوا از جنس سلولز تصفیه شده و همراه با آب دفع می‌شود (۲،۱). مطابق با آمار سالنمای دیالیز سال ۱۳۹۵، در کشور بیش از ۳۰ هزار نفر بیمار دیالیزی وجود دارد که ۹۵ درصد آنان تحت درمان همودیالیز قرار گرفته‌اند. در این میان استان‌های تهران، خراسان رضوی، اصفهان، فارس، خوزستان و آذربایجان شرقی به ترتیب بیشترین تعداد بیماران همودیالیزی را دارند، ضمن آنکه سالانه بین ۱۵ تا ۲۰ درصد به بیماران کلیوی افزوده می‌شود (۳).

در خصوص بیماران همودیالیزی نکته‌ای که لازم است مدّنظر قرار گیرد، آن است که این بیماران در طی فرایند درمانی در معرض حجم بسیار زیاد آب قرار می‌گیرند. تقریباً میزان دریافت آب یک فرد سالم ۲ لیتر در روز یا ١٤ لیتر در هفته است در حالی‌که یک بیمار همودیالیز تحت درمان ٤ ساعته‌ی دیالیز در معرض ۱۹۲ لیتر آب قرار می‌گیرد که در صورت انجام این عمل به صورت سه بار در هفته، این عدد به ٥٧٦ لیتر می‌رسد (٤). مایع دیالیز (dialysate) شامل مخلوطی از مواد اولیه تغلیظ شده‌ی الکترولیت‌ها و آب به نسبت ۱ به ٣٤ می‌باشد (٥). مایع تغلیظ شده به صورت تجاری و با کیفیت یکسان تولید می‌شود، ولی ممکن است آب استفاده شده دارای کیفیت متفاوتی باشد (٦). با توجه به تماس مستقیم مایع دیالیز با خون بیمار توجه به کیفیت آب مورد استفاده در دستگاه‌های دیالیز حائز اهمیت می‌باشد (٧). آب شبکه‌ی توزیع شهر اگرچه از نظر کیفیت مطابق با استانداردهای آب شرب است، ولی به دلیل دارا بودن بعضی عناصر بدون تصفیه‌ی تکمیلی جهت فرایند دیالیز مناسب نبوده و می‌تواند خطرات زیادی برای چنین بیمارانی به همراه داشته باشد، به همین دلیل برای استفاده از چنین آب‌هایی در مراکز دیالیز باید آن‌ها را مجدداً مورد تصفیه‌ی تکمیلی قرار داد (٨). سیستم تصفیه‌ی آب بخش دیالیز الزاماً متشکل از واحدهای فیلتر شنی عمقی (حذف ذرات)، سختی‌گیرها یا نرم‌کننده‌ها (حذف کلسیم و منیزیم)، فیلتر کربن فعال (حذف کلرآمین‌ها و کلر) و فرایند غشایی اسمز معکوس (حذف یون‌ها، باکتری، اندوتوکسین، میکروسیتین و فلزات سنگین) و در صورت لزوم گندزدایی با اشعه‌ی ماورای بنفش (حذف باکتری) می‌باشد (١٠،٩).

به دلیل ارتباط منطقی بین کیفیت آب و سلامتی بیماران دیالیزی (جدول ۱)، انطباق کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب مورد استفاده برای تهیه‌ی مایع دیالیز با استانداردهای بین‌المللی ضروری به نظر می‌رسد. (۱۱). گسترده‌ترین استانداردهای مورد قبول برای کیفیت آب مورد استفاده جهت تهیه‌ی مایع دیالیز توسط انجمن توسعه‌ی تجهیزات پزشکی(AAMI) و فارماکوپه اروپا (Eu.Ph) تعیین شده است. مطابق با جداول ۲ و ۳ در این استانداردهای بین‌المللی میزان حداکثر پارامترهای شیمیایی و میکروبی آب دیالیز تعریف شده و مبنای عمل قرار می‌گیرد. کیفیت آب دیالیز تنها محدود به آلودگی میکروبی نیست بلکه ترکیباتی همچون یون‌ها و فلزات سنگین را نیز شامل شده و سخت‌گیرانه‌تر از استانداردهای آب شرب می‌باشد (۱۲-۱۵). با توجه به فرایند تهاجمی همودیالیز، تأثیر مستقیم کیفیت آب بر سلامتی بیماران دیالیزی و آسیب‌پذیری و مستعد بودن آنان به ابتلا و توسعه‌ی عفونت، مطالعات مختلفی در رابطه با کیفیت آب بخش دیالیز انجام گرفته است. نتایج مطالعه‌ی انجام یافته توسط پنه (penne) و همکاران در مورد بررسی کیفیت میکروبی آب دیالیز در ۱۰ مرکز دیالیز شهر هلند در طول یک سال نشان داد آلودگی میکروبی آب دیالیز در ۸۲/۸ درصد موارد زیر حد استاندارد بود. کیفیت میکروبی آب در مراکز دارای سیستمRO به همراه یونزدای الکترونی و گندزدای UV در ۹۰/٦ درصد و در مراکز دارای دو سیستم RO در ۸۰/۲ درصد موارد دارای نتایج منفی و فاقد آلودگی میکروبی بود و نیز نوع مواد شبکه‌ی توزیع هیچ تأثیری بر روی شبکه‌ی میکروبی آب نداشت (١٦). در مطالعه‌ی توتارو (Totaro) و همکاران بر روی کیفیت شیمیایی و میکروبی مراکز دیالیز در ایتالیا، ۷۸ درصد از پارامترهای شیمیایی بررسی شده مطابق با استاندارد بوده، ولی نتایج آنالیز میکروبی بیانگر شناسایی باکتری سودوموناس آئروژینوزا در آب بود (۱۷). طی آنالیزهایی که بر روی ۳۰ نمونه‌ی آب بخش دیالیز به مدت ۵ ماه در اصفهان توسط شهریاری و همکاران انجام گرفت، مشخص شد غلظت پارامترهای شیمیایی (مس، روی، سولفات، فلوراید، کلرآمین و کلر آزاد) در رنج استاندارد و غلظت منیزیم، کادمیوم و کروم در بعضی مراکز بالاتر از میزان استاندارد بوده است. همچنین در این مطالعه تمامی نمونه‌ها فاقد آلودگی باکتریایی هتروتروف و سطح اندوتوکسین در ۹۵ درصد موارد مطابق با استاندارد توصیه شده بود (۱۸).

در کشور بیش از ٤٦٠٠ دستگاه دیالیز در ٤٥٣ بخش همودیالیز مستقر است که از این تعداد ۱۷۰۰ دستگاه با کارکرد بیش از ۲۰ هزار ساعت خارج از رده و فرسوده هستند. با توجه به نقش مهم عملکرد سیستم تصفیه‌ی آب در مراکز دیالیز و نیز تأثیر کیفیت شیمیایی و میکروبی آب دیالیز در سلامتی و افزایش طول عمر بیماران کلیوی، مطالعه‌ی حاضر به منظور بررسی کیفیت آب در بخش دیالیز انجام گرفت. برای این منظور سه بیمارستان در استان آذربایجان شرقی انتخاب و کیفیت آب ورودی و تصفیه شده در بخش

همودیالیز طی سال‌های مختلف مورد بررسی و تحلیل آمـاری قرار گرفت و با استاندارد Eu.Ph مقایسه گردید.

جدول۱. خطرات همودیالیز در صورت آلودگی آب با مقادیر بیش از حد مجاز آلاینده‌های شیمیایی (۲)

علائم	آلاینده‌های احتمالی آب
کم خونی	آلومینیوم، کلرآمین، مس، روی، سرب
مسمومیت حاد	سرب، آلومینیوم
بیماری‌های استخوانی	آلومینیوم، فلوراید، سرب
همولیز	مس، نیترات، کلرآمین
پرفشاری خون	کلسیم، سدیم، باکتری، اندوتوکسین، نیترات
اسیدوز متابولیک	pH پایین، سولفات
ضعف عضلانی	کلسیم، منیزیم
تخریب اعصاب	آلومینیوم
تهوع و استفراغ	باکتری، کلسیم، مس، اتدوتوکسین، منیزیم، نیترات، سولفات، روی، میکروسیستین، pH پایین
اختلالات بصری	میکروسیستین
ضعف کبد	میکروسیستین
آنسفالوتایی وخیم، زوال عقلی، استئومالاسی علیل کننده، کم‌خونی میکروسیتر، برهم زدن موازنه کلسیم–منیزیم	آلومینیوم
مرگ	آلومینیوم، فلوراید، اندوتوکسین، باکتری، میکروسیستین، کلرآمین

جدول۲. میزان حداکثر مجاز پارامترهای شیمیایی آب دیالیز بر اساس استانداردهای جهانی

استاندارد / پارامتر	AAMI / ISO 1395 (mg/l)	Eu.Ph (mg/l)	FMC (mg/l)
کلسیم	۲	۲	۲
منیزیم	٤	۲	۲
پتاسیم	۸	۲	۲
سدیم	۷۰	۵۰	۵۰
فلوراید	۰/۲	۰/۲	۰/۲
کلراید	---	۵۰	۵۰
نیترات	۲	۲	۲
سولفات	۱۰۰	۵۰	۵۰
آمونیوم	---	۰/۲	۰/۲
کلرآزاد	۰/۵	۰/۱	۰/۱
کلرآمین‌ها	۰/۱	---	۰/۱
آنتیمونی	۰/۰۰٦	---	---
آرسنیک	۰/۰۰۵	---	---
باریم	۰/۱	---	۰/۱
بریلیوم	۰/۰۰۰٤	---	---
کادمیوم	۰/۰۰۱	---	۰/۰۰۱
کروم	۰/۰۱٤	---	۰/۰۱٤
سرب	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
جیوه	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲
سلنیوم	۰/۰۹	---	۰/۰۱

نقره	۰/۰۰۵	---	۰/۰۰۵
آلومینیوم	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۵
مس	۰/۱	---	۰/۱
تالیوم	۰/۰۰۲	---	---
روی	۰/۱	---	---

AAMI: Association for the Advancement of Medical Instrumentation
Eu.Ph: European Pharmacopoeia
ISO: International Standards Organization
FMC: Fresenius Medical Care

جدول۳. میزان حداکثر غلظت مجاز آلاینده‌های میکروبی در آب دیالیز بر اساس استانداردهای جهانی

استاندارد / آلاینده	AAMI/ ISO13959/ Eu.Ph/ FMC
باکتری	۱۰۰ CFU/ml (action level: ۵۰ CFU/ml)
اندوتوکسین	۰,۲۵ EU/ml (action level: 0.125 EU/ml)

CFU: Colony Forming Unit
EU: Endotoxin Unit

مواد و روش‌ها

مطالعه‌ی حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی می‌باشد. جامعه‌ی مورد تحقیق در مطالعه دستگاه‌های تصفیه‌ی آب واحدهای همودیالیز بیمارستان‌های استان می‌باشد که در طی آن بخش دیالیز سه بیمارستان وابسته به دانشگاه علوم پزشکی در شهرهای تبریز، اسکو و عجب‌شیر استان آذربایجان شرقی مورد بررسی قرار گرفت. بخش دیالیز این بیمارستان‌ها در مجموع دارای ٦٠ تخت فعال و ۷ دستگاه اسمز معکوس بوده و منبع تأمین آب مورد نیاز این بخش، آب شهری می‌باشد. برای تهیه‌ی اطلاعات مربوط به کیفیت آب ورودی دستگاه‌های دیالیز، پس از انجام هماهنگی‌های اداری و با مساعدت کارشناسان بهداشت محیط بیمارستان، سابقه‌ی اطلاعات بایگانی شده‌ی موجود مربوط به نتایج کنترل کیفی و آنالیز آب ورودی و تولید شده توسط دستگاه‌های همودیالیز، طی سال‌های مختلف بررسی و داده‌های مورد نیاز در خصوص ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب بخش دیالیز در دو مرحله‌ی قبل و بعد از تصفیه با اسمز معکوس طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ استخراج گردید. پارامترهای آزمایش شده مشتمل بر هدایت الکتریکی، pH، سختی کل، سختی کلسیمی، قلیاییت، سولفات، کلرور، نیترات، نیتریت، فلوراید، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و پارامترهای میکروبی شامل توتال کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی بود. در مجموع از سه بیمارستان تحت مطالعه، نتایج آنالیز ٤٥ نمونه‌ی شیمیایی (۲۲ نمونه‌ی آب قبل از RO و ۲۳ نمونه‌ی آب بعد از RO) و تعداد ١٦٣ آنالیز میکروبی (نمونه‌های آب بعد از RO) تهیه، جمع‌بندی و تحلیل شد. برای آنالیز آماری داده‌ها ضمن استخراج پارامترهای آماری توصیفی، از آزمون تی مستقل به منظور مقایسه‌ی پارامترهای کیفی آب قبل و بعد از سیستم تصفیه‌ی اسمز معکوس و تعیین کارایی سیستم جهت تأمین کیفیت مطلوب آب و نیز آنالیز واریانس یک راهه (ANOVA) برای مقایسه‌ی کیفیت آب بخش دیالیز سه بیمارستان استفاده شد. تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار Excel و SPSS 23 صورت گرفت.

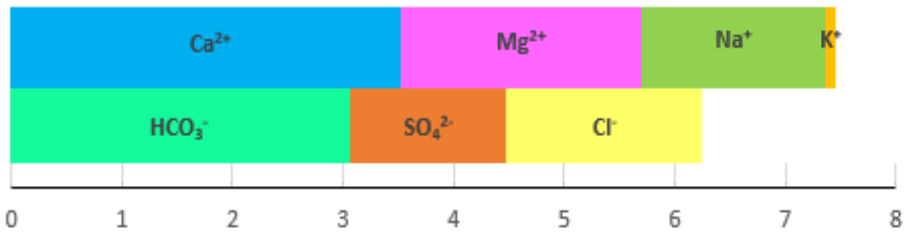
یافته‌ها

در جدول ٤ پارامترهای توصیفی کیفیت آب قبل و بعد از سیستم تصفیه‌ی اسمز معکوس برای کل بیمارستان‌های بررسی شده ارائه شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، نتایج آزمون تی مستقل نشان می‌دهد که مقادیر همه‌ی پارامترها بعد از سیستم تصفیه‌ی تکمیلی اسمز معکوس به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است ($p\ value < 0.05$).

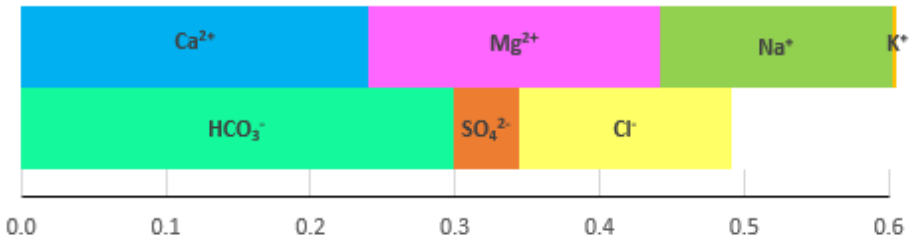
همچنین در نمودار ۱، بالانس یونی آب قبل و بعد RO به صورت متوسط غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر حسب میلی‌اکی والان در لیتر آورده شده است. نتایج بیانگر کاهش غلظت املاح آب بعد از تصفیه‌ی RO و کارایی بالای این سیستم جهت بهبود کیفیت آب می‌باشد.

جدول٤. پارامترهای توصیفی-آماری وضعیت پارامترهای کیفی آب قبل و بعد از سیستم اسمز معکوس

پارامترها	قبل از RO				بعد از RO				راندمان RO (درصد)	p value
	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار		
EC(µS/cm)	۳۷۹	۹۵۷	٦۹۵	۱۷۸/۸۳	۱۵	۱۱٤	۵۰	۲۷	۹۳	۰/۰۰۱
pH	٦/۹	۷/۹	۷/۵	۰/۳	٦	۸	۷	۰/۸	۷	۰/۰٤۵
سختی کل(mg/l)	۱۰۰	٤۰۰	۲۸۱	۸۵	٤	٦۰	۲۱	۱۸	۹۳	۰/۰۰۱
سختی کلسیم (mg/l)	۸۰	۲۵۹	۱۷۹	۵۲	٤	٤۰	۱۱	۱۲	۹٤	۰/۰۰۱
قلیائیت(mg/l)	۱۰۰	۳٦۰	۱۹٤	٦۹	٤	٤۰	۱۸	۱۱	۹۰	۰/۰۰۱
باقیمانده خشک (mg/l)	۲۰۳	٦۱۲	٤٤٤	۱۱٤	۹	۷۳	۳۱	۱۸	۹۳	۰/۰۰۱
نیترات(mg/l)	۳۷/۵	۵	۱٦/۲	۷/٤	۰	۸	۱/۲	۲/۱	۹۲	۰/۰۰۱
نیتریت(mg/l)	۰	۰	۰	---	۰	۰	۰	---	---	---
سولفات(mg/l)	٤۰	۱۵۰	۷۰/٦	٤۰	۰	۷	۲/۲	۲/٤	۹۷	۰/۰۰۱
کلراید(mg/l)	۲۵	۱۲۰	٦۷	۲۷	۰	۲۰	۵/۲	۵/۳	۹۲	۰/۰۰۱
فلوراید(mg/l)	۰/۰۱	۰/۸	۰/۳۸	۰/۱٤	۰	۰/۳	۰/۱۱	۰/۱۳	۷۱	۰/۰۰۱
کلسیم(mg/l)	۲٤	۱۰٤	۷۱/۷	۲۱	۰	۱٦	٤/۵	٤/۸	۹٤	۰/۰۰۱
منیزیم(mg/l)	۹/٦	٤۳/۵	۲٦	۱۱	۰	٤/۸	۲/۳	۱/۷	۹۱	۰/۰۰۱
سدیم(mg/l)	۱۲	٦۲	۳۷/۵	۱۳/۳	۰	۹	۳/٤	۱/۸	۹۱	۰/۰۰۱
پتاسیم(mg/l)	۱	۵/٦	۳/٦	۱/۳	۰	۱	۰/۱۲	۰/۲۸	۹٦	۰/۰۰۱



(الف)



(ب)

غلظت‌ها بر حسب میلی اکی والان در لیتر می‌باشد.

نمودار۱. دیاگرام بالانس یونی آب بخش دیالیز بیمارستان‌ها قبل (الف) و بعد (ب) از سیستم RO

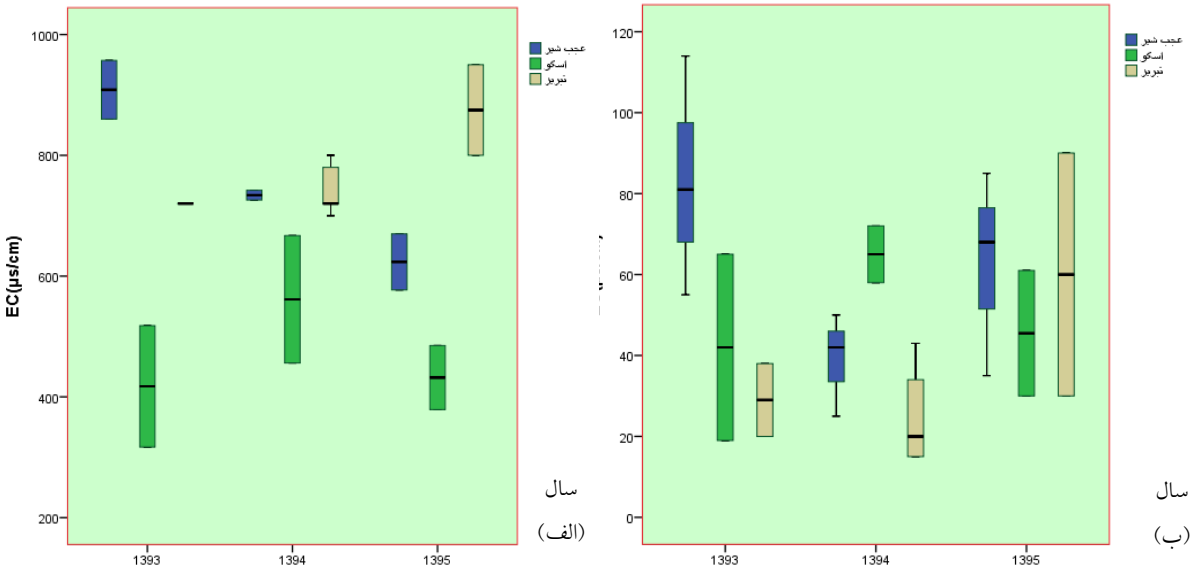
در جدول ۵ میانگین پارامترهای کیفی آب خروجی اسمز معکوس در سه بیمارستان با همدیگر مقایسه شده است. بر اساس نتایج تحلیل واریانس یک راهه ANOVA، پارامترهای pH، سختی کل، سختی کلسیمی، سولفات، کلراید، فلوراید، کلسیم، منیزیم و سدیم در آب بخش دیالیز سه بیمارستان مورد مطالعه دارای اختلاف معنی‌داری بوده (p value < 0.05) و نشان می‌دهد مقادیر این متغیرها در آب بیمارستان‌ها با همدیگر تفاوت داشته است. در رابطه با سایر پارامترها تفاوت معنی‌داری بین سه بیمارستان مشاهده نشد (p value > 0.05).

با دقت در نتایج مشخص می‌شود میانگین اکثر پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب بخش دیالیز بیمارستان تبریز پایین‌تر از دو بیمارستان دیگر بوده و این بیانگر کارایی بالاتر دستگاه‌های اسمز معکوس این بیمارستان نسبت به بقیه می‌باشد.

جدول۵. مقایسه‌ی کیفیت آب ورودی به دستگاه دیالیز در سه بیمارستان مورد مطالعه

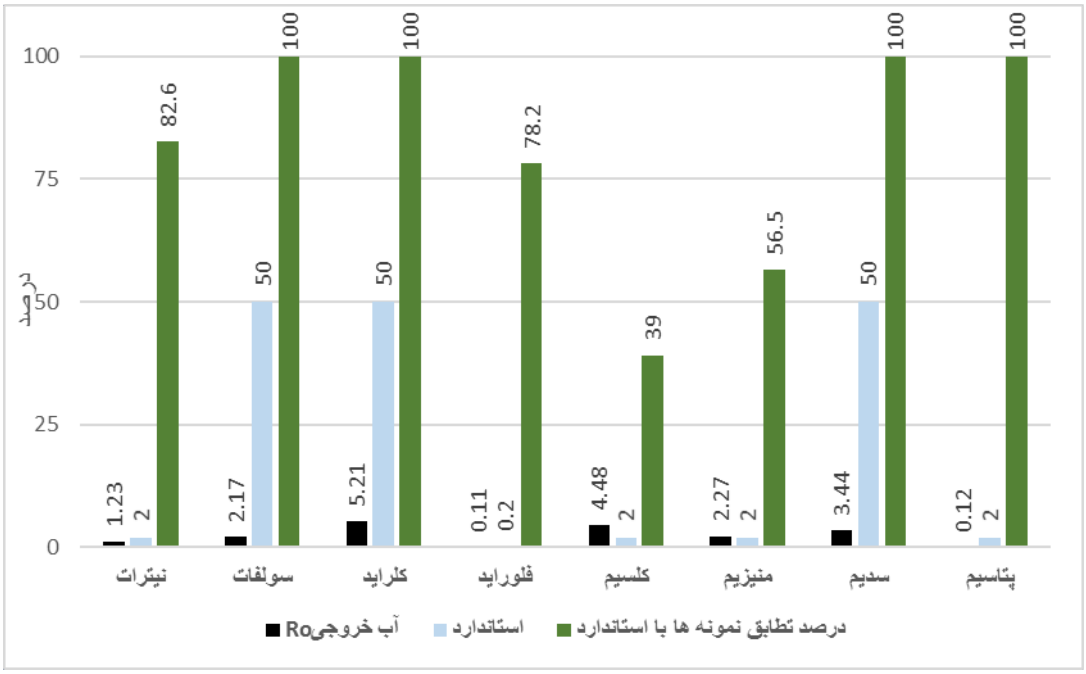
بیمارستان	عجب شیر	اسکو	تبریز	
پارامترها	انحراف معیار±میانگین	انحراف معیار±میانگین	انحراف معیار±میانگین	p value
EC	۲۸± ٦۲	۲۲ ±٥۱	۲٥±۳٤	۰/۱۱۲
pH	۰/۲±۷/٦	۰/۲±۷/۷	۰/۲±٦/۱	۰/۰۰۱
سختی کل	۱۹±۳۳	۱۰±۲۳	۷±٥	۰/۰۰۱
سختی کلسیم	۱۸±۲۰	۷±۱۲	۳±۱	۰/۰۰۱
قلیاییت کل	۱٤±۲٤	۷±۱۷	۷±۱٤	۰/۱۲۹
باقی‌مانده خشک	۱۸±٤۰	۱٦±۳۱	۱٦±۲۲	۰/۱۱۸
نیترات	۳±۲	۰/٥±۰/٤۲	۱/۸±۰/۹	۰/۲۷٦
نیتریت	۰±۰	۰±۰	۰±۰	---
سولفات	۲/٥±۳/٥	۱/۹±۲/۳	۱/۸±۰/٦	۰/۰٤۲
کلراید	٥±۹	۲/٥±۷	۰±۰	۰/۰۰۱
فلوراید	۰/۱٥±۰/۱٦	۰/۱±۰/۲۱	۰±۰	۰/۰۰٥
کلسیم	٥±۸	۲/۷±٥	۱/۱±۰/٤	۰/۰۰۱
منیزیم	۱/۷±۳	۱/۳±۳	۱/۱±۱	۰/۰۰۸
سدیم	۱/٥±۳	۱/٥±۲/٥	۱/۷±٥	۰/۰۱٦
پتاسیم	۰/۰٤±۰/۰٥	۰/۳۷±۰/۲٥	۰/۳٥±۰/۱۳	۰/٤۳۹

هدایت الکتریکی آب شاخصی از مقدار املاح موجود در آب می‌باشد. در نمودار ۲، باکس پلات هدایت الکتریکی آب طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹٥ برای بیمارستان‌های بررسی شده نمایش داده شده است. بر اساس این نمودار، در بیمارستان شهر تبریز شاهد افزایش املاح آب ورودی طی سال‌های مورد بررسی می‌باشیم. این روند برای عجب‌شیر کاهشی بوده و برای اسکو نسبتاً ثابت می‌باشد. در آب تصفیه شده خروجی (قسمت ب) در شهر تبریز هدایت الکتریکی دارای روند افزایشی است. به عبارت دیگر دستگاه مربوطه قادر به کاهش مناسب املاح نمی‌باشد. در عجب شیر نیز در سال ۱۳۹٥ نسبت به سال ۱۳۹٤ افزایشی دیده می‌شود. در اسکو کیفیت آب خروجی سال ۱۳۹٥ نسبت به سال ۱۳۹٤ بهتر شده است. طول باکس پلات‌ها نشان‌دهنده‌ی دامنه‌ی املاح آب خروجی می‌باشد. در شهر تبریز این دامنه بزرگ‌تر از دو شهر دیگر است که نشان‌دهنده‌ی تغییرات قابل توجه در کیفیت آب خروجی است. تغییرات ۳ برابری در آب خروجی در تبریز قابل مشاهده است. بدیهی است که انتظار می‌رود علمکرد این دستگاه‌ها ثابت بوده و کیفیت آب خروجی از دامنه‌ی کمتری برخوردار باشد.



نمودار۲. تغییرات هدایت الکتریکی آب بخش دیالیز بیمارستان‌ها در طول سه سال قبل(الف) و بعد(ب) از سیستم RO

در نمودار ۳ غلظت میانگین آنیون‌ها و کاتیون‌های آب خروجی اسمز معکوس برحسب میلی‌گرم در لیتر در سه بیمارستان مورد مطالعه با استاندارد Eu.Ph مقایسه شده است. به جز کلسیم، منیزیم، فلوراید و نیترات بقیه‌ی آنیون‌ها و کاتیون‌ها در ۱۰۰ درصد نمونه‌های آب ورودی به دستگاه دیالیز دارای مقادیر پایین‌تر از حد استاندارد می‌باشد. غلظت کلسیم، منیزیم، فلوراید و نیترات به ترتیب در ٦١، ٤٣/٥، ٢١/٨ و ١٧/٤ درصد از نمونه‌ها با استاندارد مطابقت نداشته و دارای غلظتی بالاتر از استاندارد می‌باشد.



نمودار ۳. مقایسه‌ی غلظت میانگین آنیون‌ها و کاتیون‌های آب خروجی اسمز معکوس با استاندارد Eu.Ph

بررسی نتایج آزمایشات میکروبی انجام یافته بر روی آب ورودی به دستگاه دیالیز نشان داد از مجموع ۱۶۳ آزمایش میکروبی تعداد ۸ نمونه (۴/۹ درصد) دارای نتیجه‌ی مثبت از نظرآلودگی به توتال کلی‌فرم بوده و در هیچ کدام از نمونه‌ها آلودگی مدفوعی مشاهده نشد.

بحث

در مطالعه‌ی حاضر داده‌های کیفیت آب ورودی و خروجی دستگاه‌های همودیالیز در سه شهر بررسی گردید. برای پارامترهایی نظیر pH، EC، قلیاییت، سختی و باقی‌مانده‌ی خشک حد مجازی توسط استانداردهای جهانی تعریف نشده و استانداردهای آب آشامیدنی و یا دستورالعمل‌های دستگاه‌های دیالیز و وسایل پزشکی ملاک عمل قرار می‌گیرد در نتیجه، مقایسه‌ای برای موارد مذکور صورت نگرفته است. یافته‌های مطالعه‌ی ما نشان داد سیستم اسمز معکوس در ارتباط با تمامی متغیرهای مورد سنجش دارای کارایی بالایی بوده و موجب بهبود یافتن کیفیت آب ورودی به دستگاه دیالیز شده است هرچند مقایسه‌ی غلظت کلسیم، منیزیم، فلوراید و نیترات با استاندارد جهانی نشان داد که غلظت این پارامترها در تمام نمونه‌ها به طور کامل منطبق با استاندارد نبوده است. طبق استانداردها و دستورالعمل‌های جهانی، بایستی هر سه ماه یک آنالیز شیمیایی آب، هر ماه یک آزمایش میکروبی و هر شش ماه آزمایشات مربوط به فلزات سنگین جهت پایش کیفیت آب بخش دیالیز و کنترل کارایی دستگاه اسمز معکوس انجام گیرد (۱۹). اطلاعات جمع‌آوری شده در این مطالعه نشان داد متأسفانه دفعات و تواتر زمانی انجام آزمایشات در بیمارستان‌ها رعایت نشده و سوابق آنالیزهای انجام یافته نیز به صورت مناسب بایگانی و نگهداری نمی‌گردد.

مقادیر عناصر جزئی مایع دیالیز به خصوص فلزات سنگین به طور قابل توجهی میزان این عناصر را در خون بیماران دیالیزی تغییر می‌دهد (۲۰). در مطالعه‌ی تونلی (Tonelli) و همکاران در ایتالیا بر روی سطح سرمی برخی عناصر در خون بیماران دیالیزی مشخص شد غلظت کادمیوم، سرب، مس و وانادیوم بالاتر از میزان استاندارد است که ناشی از مقدار زیاد آن در آب دیالیز و ورود به خون بیماران بود(۲۱). مطالعه‌ی پیرصاحب و همکاران بر کارایی سیستم اسمز معکوس در حذف سرب، کادمیوم، کروم و روی از آب ورودی دستگاه‌های دیالیز نشان داد که میانگین غلظت فلزات سرب و کروم در خروجی اسمز معکوس بالاتر از استاندارد و میانگین غلظت کادمیوم و روی کمتر از استاندارد می‌باشد (۲۲). یکی از دلایل احتمالی بالا بودن غلظت فلزات سنگین در آب دیالیز می‌تواند طول عمر بالای فیلترهای اسمز معکوس و تجمع فلزات بر روی غشا و در نهایت رانده شدن فلزات از روی آن به سمت دیگر در اثر ورود آب خام باشد (۲۳). دلیل احتمالی دوم می‌تواند حذف مواد معدنی آب و کاهش pH و در نتیجه خوردگی تجهیزات فلزی از جمله لوله‌های منتقل‌کننده‌ی آب به دستگاه همودیالیز باشد (۲۴). در مطالعه‌ی اسدزاده و همکاران، pH آب ورودی به دستگاه دیالیز بیمارستان گناباد حتی به ۵/۱ کاهش داشته است (۲۵). کاهش pH آب در یافته‌های مطالعه‌ی ما نیز دیده شد به طوری که میانگین pH در آب خروجی اسمز معکوس نسبت به ورودی از ۷/۵ به ۷ کاهش داشته و در ۴۰ درصد نمونه‌ها pH پایین‌تر از ۷ و در محدوده‌ی اسیدی قرار داشت؛ بنابراین با توجه به نتایج مطالعات مذکور این احتمال وجود دارد که غلظت فلزات سنگین در آب ورودی به دستگاه دیالیز بالاتر از حد استاندارد باشد. بر اساس نتایج تحقیق حاضر با وجود خطر این عناصر برای سلامتی بیماران دیالیزی، آزمایشات فلزات سنگین بر روی آب دیالیز انجام نگرفته و هیچ‌گونه مدرک و نتیجه‌ی آزمایش مربوط به این عناصر در بیمارستان‌ها موجود نیست.

بیماران تحت دیالیز دچار ضعف سیستم ایمنی بوده و بیشتر از افراد سالم در معرض ابتلا به بیماری‌های عفونی قرار دارند (۲۶). در پژوهش لالوکات (Lalucat) و همکاران در اسپانیا بر روی جمعیت ساکن سیستم توزیع آب همودیالیز در طول یک دوره‌ی ۱۸ ماهه، ۲۰۳ باکتری ایزوله و توسط سکانسینگ ژن 16S rRNA با تکنیک PCR مورد شناسایی قرار گرفت و بنابر نتایج باکتری‌های جنس Novosphingobium، Pseudomonas و Sphingomonas به عنوان ایجاد کننده‌ی بیوفیلم و Acinetobacter، Mycobacterium یا Brevibacterium به عنوان تهدیدی برای سلامتی بیماران تحت دیالیز در نظر گرفته شد (۲۷). نتایج مطالعه‌ی ما نشان داد آزمایشات میکروبی آب دیالیز مطابق با موارد تعیین شده توسط استانداردهای بین‌المللی نیست؛ چرا که آزمایش‌های میکروبی روتین انجام گرفته در مورد آب دیالیز شامل توتال کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی می‌باشد، در حالی که این موارد در استانداردهای جهانی جزء شاخص‌های کیفیت میکروبی آب دیالیز نبوده و تنها شمارش باکتری‌های هتروتروف به عنوان شاخص میکروبی مطرح و حد مجاز برای آن تعیین گردیده است که متاسفانه این پارامتر مورد آزمایش قرار نمی‌گیرد.

ایجاد واکنش‌های تب‌زا به دلیل عبور اندوتوکسین‌های باکتری‌ها از مایع دیالیز به خون بیماران از شایع‌ترین عارضه‌های آلودگی باکتریایی آب دیالیز می‌باشد (۲۸). بر طبق پژوهش مخدومی و همکاران در مورد آلودگی به اندوتوکسین در آب مرکز همودیالیز یکی از بیمارستان‌های شهر ارومیه و مقایسه‌ی آن با استانداردها مشخص شد بیش از ۹۰ درصد از دستگاه‌ها دارای آلودگی بالا (بیش از ۵EU/ml) بوده که این

آلودگی در روزهای آخر هفته بیشتر از روزهای اول بود (۲۹). بر طبق اطلاعات به دست آمده در مطالعه‌ی ما علی‌رغم حائز اهمیت بودن این پارامتر به جهت ایجاد عوارض در بیماران، بررسی سطح اندوتوکسین در هیچ یک از بیمارستان‌های تحت مطالعه صورت نگرفته و هیچ‌گونه داده‌ای در این رابطه موجود نیست.

تعیین و تصویب استاندارد به موضوع خاصی نشانگر اهمیت و حساسیت موضوع در نظر متخصصین می‌باشد که در خصوص بیماران دیالیزی سازمان استاندارد ملی ایران تنها استانداردهای مذکور در جدول ٦ را در رابطه با این بخش در نظر گرفته است. با نگاهی به محتوای استانداردهای مذکور این نکته را می‌توان دریافت که در کشور ما متأسفانه تاکنون استانداردی در رابطه با کیفیت شیمیایی و میکروبی آب بخش دیالیز تعریف نشده و با توجه به وضعیت خاص و بسیار حساس بیماران دیالیزی و وجود خلأهای مورد بحث در خصوص نحوه‌ی کنترل کیفیت آب دیالیز در بیمارستان‌های کشورمان، لزوم تدوین استاندارد ملی احساس می‌شود.

جدول٦. استانداردهای ملی مرتبط با همودیالیز در ایران

شماره استاندارد	سال تصویب	عنوان
۱۵۲۰۲	۱۳۹۰	مداخلات پرستاری – همودیالیز – آیین کار
۱۶-۲-۶۰۶۰۱	۱۳۹۰	تجهیزات الکتریکی پزشکی- قسمت ۲-۱۶ الزامات ویژه برای ایمنی پایه و کارایی الزامی تجهیزات، همودیالیز، همودیافیلتراسیون و همو‌فیلتراسیون
۸۶۳۷ ۸۶۳۸	۱۳۹۰	کاشتنی‌های قلبی – عروقی و سامانه‌های برون تنی – همودیالیزکننده‌ها، همودیافیلترها، همو‌فیلترها و همو‌کانسنتراتورها
۳۳۶۸-۲-۳۹	۱۳۹۰	تجهیزات الکتریکی پزشکی- قسمت ۲-۳۹ الزامات ویژه برای ایمنی پایه و عملکرد ضروری تجهیزات دیالیز صفاقی
٤٦٤٠	۱۳۷۷	ویژگی‌ها و روش‌های آزمون‌مدار خون خارج از بند برای دیالیزکننده‌های خون فیلترهای خون و تغلیظ کننده خون
٤٦٣٩	۱۳۷۷	ویژگی‌ها و روش‌های دیالیزکننده‌های خون، فیلتر خون و تغلیظ‌کننده‌های خون

نتیجه‌گیری

استانداردهای ملی در خصوص کنترل کیفیت آب بخش دیالیز وجود نداشته و اقدامات و پارامترهای پایش شده در بیمارستان‌ها تفاوت زیادی با دستورالعمل‌های مطرح در استانداردهای بین‌المللی دارند. با توجه به اهمیت چشمگیر کیفیت آب دیالیز در کاهش هزینه‌های درمان و نیز افزایش سلامتی و امید به زندگی بیماران دارای نارسایی کلیوی، تدوین و تصویب استاندارد و دستورالعمل‌های ملی و مشخص در خصوص کنترل آب دیالیز، آزمایش تمام شاخص‌های شیمیایی و میکروبی تعیین شده در استانداردها در بازه‌های زمانی منظم، آگاه‌سازی هرچه بیشتر مدیران بیمارستان و کارشناسان بهداشت محیط در رابطه با اهمیت سنجش مقادیر فلزات سنگین، سطح اندوتوکسین و آزمایش باکتری‌های هتروتروف و الزام بیمارستان‌ها جهت آنالیز موارد مذکور، هماهنگی کارشناسان بهداشت با آزمایشگاه‌های مرجع و نیز مسئولین تأسیسات بیمارستان‌ها در رابطه با تعویض ادواری و منظم فیلترهای دستگاه اسمز معکوس جهت حصول کارایی بالای این دستگاه و اجتناب از مشکلات، ضروری به نظر می‌رسد (۳۰). امید است نتایج و یافته‌های حاصل از این مطالعه بتواند زمینه‌های مناسبی را برای سیاستگذاران بهداشتی فراهم آورد تا به اهداف بهداشت و سلامت جامعه نزدیک‌تر گردند.

پیامدهای عملی پژوهش

از جمله پیامدهای عملی پژوهش حاضر، افزایش حساسیت مدیران بیمارستانی در خصوص توجه به کنترل کیفی منظم عملکرد سیستم تصفیه‌ی آب در دستگاه‌های دیالیز است. همچنین متولیان امر تدوین استاندارد در کشور می‌توانند بر اساس نتایج پژوهش حاضر نسبت به تدوین استانداردهای ملی مرتبط اقدام نمایند.

ملاحظات اخلاقی

تحقیق حاضر در قالب پروژه‌ی عملی مقطع کارشناسی مهندسی بهداشت محیط بدون اخذ هرگونه گرنت و مبتنی بر جمع‌آوری و تحلیل نتایج آنالیز آب تصفیه‌شده توسط دستگاه‌های دیالیز از سه بیمارستان استان آذربایجان شرقی انجام گردید. در کلیه‌ی مراحل تحقیق، حفظ امانتداری در

خصوص انتشار صحیح نتایج و اجتناب از هرگونه سوگیری مورد توجه قرار گرفته است.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی در بین نویسندگان مقاله وجود ندارد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله نویسندگان مقاله از کلیه‌ی کارشناسان بهداشت محیط بیمارستان‌های بررسی شده که در تهیه‌ی اطلاعات مورد نیاز مساعدت و همکاری نمودند، صمیمانه تشکر می‌نمایند.

References

1. Verma S, Indumathi V, Gurudev K, Naik SA. Bacteriological quality of treated water and dialysate in haemodialysis unit of a tertiary care hospital. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(10):DC14-16. doi: 10.7860/JCDR/2015/14681.6692.
2. Hoenich N, Thijssen S, Kitzler T, Levin R, Ronco C. Impact of water quality and dialysis fluid composition on dialysis practice. *Blood Purif*. 2008;26(1):6-11. doi:10.1159/000110556.
3. Dialysis ICo. *Iranian Dialysis Yearbook 2015*. Available from: http://www.icdgroup.org/Archive.html. (Persian)
4. Kanagasundaram NS, Perry JD, Hoenich NA, Clark RA, Fraser RA, Walton KE. Fluids for Continuous Renal Replacement Therapy–an Evaluation of Microbial Integrity. *Int J Artif Organs*. 2015;38(1):13-6. doi:10.5301/ijao.5000378.
5. Hoenich NA, Levin R, Ronco C. How do changes in water quality and dialysate composition affect clinical outcomes? *Blood Purif*. 2009;27(1):11-5. doi:10.1159/000167002.
6. Glorieux G, Neirynck N, Veys N, Vanholder R. Dialysis water and fluid purity: more than endotoxin. *Nephrology Dialysis Transplantation*. 2012;27(11):4010-21. doi:10.1093/ndt/gfs306.
7. Braimoh RW, Mabayoje MO, Amira CO, Bello BT. Microbial quality of hemodialysis water, a survey of six centers in L agos, N igeria. *Hemodialysis International*. 2014;18(1):148-52. doi:10.1111/hdi.12070.
8. Di Iorio B, Di Micco L, Bruzzese D, Nardone L, Russo L, Formisano P, et al. Ultrapure dialysis water obtained with additional ultrafilter may reduce inflammation in patients on hemodialysis. *J Nephrol*. 2017;30(6):795-801. doi: 10.1007/s40620-017-0422-x.
9. Pizzarelli F, Cerrai T, Biagini M, Malaguti M, Bargagna R. Dialysis water treatment systems and monitoring in Italy: Results of a national survey. *J Nephrol*. 2004;17:565-9.
10. Pirsaheb M, Sharafie K, Naderi S, Ghafari HR, Khosravi T. Role of reverse osmosis membranes on the concentration fluctuations of heavy metals in used water by dialysis instrument of hemodialysis patients. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*. 2017;10(4):1019-23. doi: 10.4103/ATMPH.ATMPH_313_17.
11. Ibrahim S. Quality of care assessment and adherence to the international guidelines considering dialysis, water treatment, and protection against transmission of infections in university hospital-based dialysis units in Cairo, Egypt. *Hemodial Int*. 2010;14(1):61-7. doi: 10.1111/j.1542-4758.2009.00398.x.
12. Association for the advancement of medical instrumentation. *AAMI Adopts Updated Series of Dialysis Standards*. 2020. Available from: https://www.aami.org/detail-pages/press-release/aami-adopts-updated-series-of-dialysis-standards.
13. EDTNA/ERCA guidelines: technical section.. *Journal of Renal Care*. 2002;28:107-15. doi:10.1111/j.1755-6686.2002.tb00221.x
14. Bohrer D, Hörner R, do Nascimento PC, Adaime M, Pereira ME, Martins AF, et al. Interference in the limulus amebocyte lysate assay for endotoxin determination in peritoneal dialysis fluids and concentrates for hemodialysis. *J Pharmaceut Biomed*. 2001;26(5-6):811-8. doi: 10.1016/S0731-7085(01)00459-9.
15. Hoenich NA, Levin R, Ronco C. Water for haemodialysis and related therapies: recent standards and emerging issues. *Blood Purif*. 2010;29(2):81-5. doi: 10.1159/000249212.
16. Penne EL, Visser L, Van Den Dorpel MA, Van Der Weerd NC, Mazairac AH, Van Jaarsveld BC, et al. Microbiological quality and quality

control of purified water and ultrapure dialysis fluids for online hemodiafiltration in routine clinical practice. *Kidney Int*. 2009;76(6):665-72. doi: 10.1038/ki.2009.245.
17. Totaro M, Casini B, Valentini P, Miccoli M, Giorgi S, Porretta A, et al. Evaluation and control of microbial and chemical contamination in dialysis water plants of Italian nephrology wards. *J Hosp Infect*. 2017;97(2):169-74. doi:10.1016/j.jhin.2017.05.011.
18. Shahryari A, Nikaeen M, Hatamzadeh M, Dastjerdi MV, Hassanzadeh A. Evaluation of bacteriological and chemical quality of dialysis water and fluid in Isfahan, Central Iran. *Iran J Public Health*. 2016;45(5):650.
19. Coulliette AD, Arduino MJ. Hemodialysis and water quality. *Semin Dial*. 2013;26(4):427-38. doi: 10.1111/sdi.12113.
20. Soltani F, Ghomeishi A, Mohammadi MJ, Karimyan A, Khoshgoftar M, Darabpour F, et al. Association of toxic microbial and chemical water quality of hemodialysis instruments during 2016. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2017;26(8):5357-62.
21. Tonelli M, Wiebe N, Hemmelgarn B, Klarenbach S, Field C, Manns B, et al. Trace elements in hemodialysis patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Medicine*. 2009;7(1):25. doi: 10.1186/1741-7015-7-25.
22. Pirsaheb M, Naderi S, Lorestani B, Khosrawi T, Sharafi K. Efficiency of reverse osmosis system in the removal of lead, Cadmium, Chromium and Zinc in feed water of dialysis instruments in Kermanshah hospitals. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2014;24(118):151-7. (Persian)
23. Malaeb L, Ayoub GM. Reverse osmosis technology for water treatment: state of the art review. *Desalination*. 2011;267(1):1-8. doi:10.1016/j.desal.2010.09.001.
24. Gedam V, Patil J, Kagne S, Sirsam R, Labhasetwar P. Performance evaluation of polyamide reverse osmosis membrane for removal of contaminants in ground water collected from Chandrapur district. *Journal of Membrane Science & Technology*. 2012;2(3):2-5. Doi: 10.4172/2155-9589.1000117.
25. Asadzadeh S, Sajjadi S, Yousefi M. Chemical quality of water entrance to dialysis machines and its comparison with AAMI and EPH standards in 22 Bahman hospital of Gonabad. *JNKUMS*. 2014;5(5):1137-42. (Persian)
26. Pakpour AH, Saffari M, Yekaninejad MS, Panahi D, Harrison AP, Molsted S. Health-related quality of life in a sample of Iranian patients on hemodialysis. *IJKD*. 2010;4(1):50-59.
27. Gomila M, Gascó J, Busquets A, Gil J, Bernabeu R, Buades JM, Lalucat J. Identification of culturable bacteria present in haemodialysis water and fluid. *FEMS Microbiology Ecology*. 2005;52(1):101-14. doi:10.1016/j.femsec.2004.10.015.
28. Hasegawa T, Nakai S, Masakane I, Watanabe Y, Iseki K, Tsubakihara Y, et al. Dialysis fluid endotoxin level and mortality in maintenance hemodialysis: a nationwide cohort study. *Am J Kidney Dis*. 2015;65(6):899-904. doi:10.1053/j.ajkd.2014.12.009.
29. Makhdoomi k, Taravati m, Sinai b. Assessment of endotoxin contamination of water in taleghani hemodialysis center of uromia & compare with international standards. *Journal of Urmia University of Medical Scinces.* 2006;17(1):41-6.(Persian)
30. Fahiminia M, Mosaferi M, Taadi RA, Pourakbar M. Evaluation of point-of-use drinking water treatment systems' performance and problems. *Desalination and Water Treatment*. 2014; 52(10-12):1855-64. doi:10.1080/19443994.2013.797669.