مجله ره آورد سلامت، دوره ۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶ http://Rsj.iums.ac.ir مقاله مروری

اهمیت و نقش سیستم های تصفیه آب برای واحدهای همودیالیز

مهدی فرزادکیا: دکتری مهندسی بهداشت محیط، استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. farzadkia.m@iums.ac.ir

علی اسرافیلی : استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. a_esrafily@yahoo.com

*** اسرافیل عسگری:** الف- دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت محیط، مربی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

ب- مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده پرستاری و بهداشت خوی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، خوی، ایران. sasgary@gmail.com (* نویسنده مسئول)

چکیده

زمینه وهدف: تصفیه آب نقشی حیاتی در دریافت همودیالیز (HD) ایمن و موثر دارد. لذا اطمینان از اینکه کیفیت آب با استانداردها و توصیه های انجمن آمریکایی (یا معادل آن) برای ارتقاء ابزار پزشکی مطابقت دارد، برای کاهش شیوع خطرات شیمیایی و اندوتوکسمی مرتبط با استفاده از آب برای HD ضروری است. این مطالعه در مورد اصول تصفیه آب برای HD، اجزای ضروری تصفیه آب، سیستم های نظارت و نگهداری توصیه شده برای سیستم، و برخی از حوادث تاریخی مربوط به عوارض جانبی ناشی از استفاده از آب دیالیز آلوده را بررسی می کند.

روش کار: در این مطالعه، با استفاده از پایگاه های الکترونیکی از جمله Web of Science، Ovid، PubMed، Systematic Review، SID، Iran Medex، Scirus، Google Scholar و Medline برای جستجوی انواع روش های تصفیه فیزیکی و شیمیایی، فیلترهای ذرات، سیستم های اسمز معکوس، گندزدایی، استانداردها و رهنمودها، نظارت و نگهداری و حوادث تاریخی در واحدهای همودیالیز بیمارستانی به عنوان کلمات کلیدی مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته ها: مقالات منتشر شده با تاکید بر بررسی روش های تصفیه واحدهای همودیالیز بیمارستانی مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع ۶۰ مطالعه گردآوری و از میان آنها ۳۱ مطالعه انتخاب شدند که این مطالعه در مورد چگونگی و نحوه تصفیه آب قبل از اینکه برای همودیالیز استفاده شود، نظارت و نگهداری سیستم تصفیه آب و بعضی از حوادث تاریخی بحث می کند.

نتیجه گیری: این بررسی نشان می دهد که تصفیه مناسب آب شهری و طراحی، نصب، نظارت و نگهداری مناسب از سیستم های تصفیه آب در مراکز HD در جلوگیری از در معرض قرار گرفتن با خطرات مواد شیمیایی و سموم برای بیماران بسیار مهم هستند.

واژگان کلیدی: محلول های دیالیز، همودیالیز (HD)، واکنشهای پیروژنیک، اسمز معکوس (RO)، تصفیه آب

مقدمه

از اوایل دهه ۱۹۶۰ همودیالیز(HD)[1] به طور فزاینده ای برای درمان نارسایی حاد کلیه مورد استفاده قرار گرفته است. پیشرفت های تکنولوژیکی در غشاهای دیالیز کننده[2] ، دستگاه های دیالیز و دسترسی عروقی، HD را یک روش معمول روزمره ساخته است. با این وجود، آن همچنان از دو جهت خرابی های مکانیکی و خطاهای انسانی به طور بالقوه خطرناک باقی مانده است(۱). HD جایگزین عملکرد کلیه با استفاده از یک غشاء نیمه تراوا در داخل دیالیزر برای فیلتر کردن زائدات و آب از خون به سیال دیالیز شده[3] می باشد. آب برای آماده کردن سیال دیالیز در HD استفاده می شود. اگر آب دیالیز حاوی ناخالصی هایی مانند باکتری، اندوتوکسین، فلزات، گل، رسوب یا مواد شیمیایی باشد، این ناخالصی ها ممکن است از طریق غشای دیالیزر به جریان خون بیمار وارد شود و باعث بیماری یا آسیب شود. از آنجا که دیالیز مقدار زیادی از آب را به کار می برد، حتی مقدار کمی از آلاینده ها می تواند خطرناک باشد. بعضی از مواد ممکن است باعث ایجاد شرایطی نظیر کم خونی یا واکنش های پیروژنیک شوند، در حالی که بعضی دیگر می توانند تا سطوح سمی تولید شوند، و باعث آسیب فیزیکی درازمدت شوند و مواد دیگری که سمیت سریع دارند می توانند باعث مرگ شوند. یک فرد عادی اگر با این چنین آب آشامیدنی مواجه شود، اگر سالم باشد کلیه قادر است این مواد را حذف کند. بیماران مبتلا به نارسایی کلیه این قابلیت را ندارند. بدیهی است که درمان های مشابه دیالیز که قرار است زندگی را نجات دهند نیز می توانند بیماران را با موادی که به آنها آسیب می رسانند، در معرض خطر قرار دهند. به منظور ایمنی بیماران، آب دیالیز باید با یک سیستم تصفیه آب که شامل یک مجموعه ای از دستگاه ها، که هر یک از آنها آلاینده های معینی را حذف می کند، با دقت تصفیه شود. نگرانی ها در مورد ایمنی آب دیالیز همچنین اخیرا با پیشرفت غشاهای دیالیز بسیار نفوذ پذیر در دیالیز با راندمان بالا و فلاکس بالا، استفاده مجدد از دیالیزر و پردازش مجدد و دیالیز بی کربنات کمتر شده است. خوشبختانه این پیشرفت ها در انجام اعمال دیالیز با بهبود مستمر در فن آوری های تصفیه آب هماهنگ شده است.

روش کار

در این مطالعه، با استفاده از پایگاه های الکترونیکی از جمله Web of Science، Ovid، PubMed، Systematic Review، SID، Iran Medex، Scirus، Google Scholar و Medline برای جستجوی انواع روش های تصفیه فیزیکی و شیمیایی، فیلترهای ذرات، سیستم های اسمز معکوس، گندزدایی، استانداردها و رهنمودها، نظارت و نگهداری و حوادث تاریخی در واحدهای همودیالیز بیمارستانی به عنوان کلمات کلیدی مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته ها

مقالات منتشر شده با تاکید بر بررسی روش های تصفیه واحدهای همودیالیز بیمارستانی مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع ۶۰ مطالعه گردآوری و از میان آنها ۳۱ مطالعه انتخاب شدند که این مطالعه در مورد چگونگی و نحوه تصفیه آب قبل از اینکه برای همودیالیز استفاده شود، نظارت و نگهداری سیستم تصفیه آب و بعضی از حوادث تاریخی بحث می کند.

اصول تصفیه آب

در اوایل کاربرد همودیالیز، آب آشامیدنی شهر به طور معمول برای تهیه محلول دیالیز مورد استفاده قرار می گرفت. فرضیه ای که در آن زمان انجام شد این بود که اگر آب آشامیدنی از یک سیستم تصفیه آب خانگی برای نوشیدن ایمن بود، پس برای استفاده در HD نیزایمن است(۲). همانطور که درمان های همودیالیز مزمن معمول تر و گسترده تر شد، شواهدی از تجمع آلودگی های مواد شیمیایی و میکروبیولوژیک ناشی از آب بوجود آمد که واکنش های زیان آور را در بیماران نشان داد. به طور خاص، مشخص شد که مواد شیمیایی آلی و غیر آلی در آب مورد استفاده برای تهیه محلول دیالیز می تواند از طریق غشای دیالیزر منتشر شده و به خون بیمار وارد شود(۲). حالا ما درک خواهیم کرد که کیفیت آب مورد استفاده برای تهیه محلول دیالیز یک جنبه بسیار مهم

[1] hemodialysis
[2] dialyzer membranes
[3] dialysate fluid

HD است. برخی از جدیترین آسیب ها در بیماران دیالیزی در مرور متون پزشکی گزارش شده که مربوط به تصفیه ناکافی یا نامناسب آب است. استانداردهای آب آشامیدنی که مسئولان آب باید برآورده کنند، براساس مقدار آب آشامیدنی ۲ لیتر در روز (۱۴ لیتر در هفته) است. در مقابل، بیمار در HD در معرض بیش از ۳۰۰ لیتر آب دیالیز در هفته است. منافذ غشای دیالیز نیمه تراوا به اندازه ای است که اجازه می دهد تا حلال های تا حد مشخصی عبور کنند؛ انتشار غیر اختصاصی مواد شیمیایی و سموم در داخل غشای دیالیز، این بیماران را با خطرات آلودگی آب در محلول دیالیز با تصفیه ناکافی در معرض قرار می دهد. علاوه بر این، آب شهری که برای نوشیدن مناسب است، به وسیله افزودن مواد سمی در مراحل تنظیم HD آلوده می شود. نمونه هایی از این افزودنی ها عبارتند از سولفات آلومینیوم (آلوم) برای فلوکولاسیون آلاینده های آلی در تامین آب، گاز کلر به عنوان عامل ضد باکتری و فلوراید برای جلوگیری از پوسیدگی دندان. همچنین ممکن است تغییرات فصلی در آلاینده های منابع آب و سختی آب وجود داشته باشد. از این رو، به تمام منابع آب شهری باید مراحل تصفیه اضافی قبل از استفاده در همودیالیز افزوده شود. و همان سطح مراقبت باید در آماده سازی نهایی محلول دیالیز در نظر گرفته شود. کیفیت محلول دیالیز باید به طور منظم و از نظر ویژگی های شیمیایی، فیزیکی و میکروبیولوژیکی بررسی شود. ضدعفونی دستگاه دیالیز نیز در دستیابی به اهداف دیالیز ایمن اهمیت دارد. علائم و نشانه های سمیت شیمیایی احتمالی شناسایی شده مرتبط با آب در تنظیم HD در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱. اثرات آلاینده های شیمیایی در بیماران همودیالیز

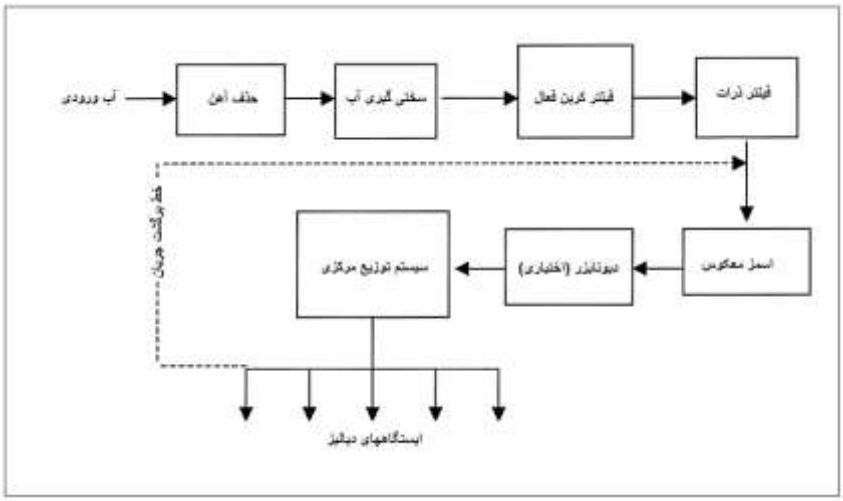
علائم و نشانه ها	آلاینده احتمالی آب
کم خونی	آلومینیوم، کلرامین، مس، روی، فرمالدئید، نیترات
بیماری استخوان	آلومینیوم، فلوراید
فشار خون بالا	کلسیم، سدیم
فشار خون خیلی پایین	باکتری ها، اندوتوکسین ها، نیترات ها
اسیدوز متابولیک	pH پایین، سولفات
ضعف ماهیچه	کلسیم، منیزیم
تهوع و استفراغ	باکتری، کلسیم، مس، اندوتوکسین ها، pH پایین، منیزیم، نیترات، سولفات ها، روی
عیوب عصبی و آنسفالوپاتی	آلومینیوم
همولیز	کلرامین ها، مس، نیترات، فرمالدئید

روش های تصفیه آب

سیستم تصفیه آب، آبی را فراهم می کند که در آن سطوح آلاینده هایی که برای بیماران دیالیزی سمی شناخته شده اند. به طور مداوم کمتر از حد توصیه شده (جدول ۲) نگهداری می شود. در عمل یک سیستم تصفیه آب از چندین دستگاه و فرآیندهای تصفیه مناسب آب استفاده می کند، زیرا مواد مختلف با روش های مختلفی که بطور سری استفاده می شوند حذف می شوند. کیفیت آب، میزان آب مورد نیاز و ملاحظات اقتصادی در انتخاب این دستگاه ها و ترکیب آنها نقش مهمی دارد. به طور کلی، هیچ طرحی که بتوان به عنوان استاندارد تولید آب برای تمام واحدهای HD تعریف کرد، وجود ندارد؛ تعداد و ترتیب دستگاه ها در سیستم باید به صورتی مرتب شده باشد تا بتواند بهترین نیازهای هر واحد معین را برآورده سازد. شکل ۱ شماتیکی منظم از یک سیستم تصفیه آب معمولی را نشان می دهد.

جدول ۲. استانداردهای کیفیت آب همودیالیز: حداکثر مقدار آلاینده شیمیایی(۳, ۴).

آلاینده	حداکثر مقدار توصیه شده (MG/L)	آلاینده	حداکثر مقدار توصیه شده (MG/L)
کلسیم	2 (0.1 mEq/l)	سولفات	100
منیزیم	4 (0.3 mEq/l)	مس، باریم، روی	۰/۱
سدیم	70 (3 mEq/l)	آلومینیوم	۰/۰۱
پتاسیم	8 (0.2 mEq/l)	آرسنیک، سرب، نقره	۰/۰۰۵
فلوراید	۰/۲	کادمیوم	۰/۰۰۱
کلر	۰/۵	کروم	۰/۰۱۴
کلرامین	۰/۱	سلنیوم	۰/۰۹
نیترات	2	جیوه	۰/۰۰۰۲



شکل ۱. نمودار شماتیک ساده شده از سیستم تصفیه آب. اگر RO بتواند آب با کیفیت مناسب تولید کند دیونایزر واحدی اختیاری خواهد بود.

فیلتر حذف آهن

ترکیب دقیق و پیکربندی اجزای یک سیستم تصفیه آب، در میان عوامل مختلف، به کیفیت آب ورودی بستگی دارد. در جاهایی که آب ورودی دارای مقدار زیادی آهن است، فیلتر حذف آهن ضروری خواهد بود. آهن محلول و معلق در فیلتر حذف آهن توسط ماسه های سبز و سنگ های دولومیتی قلیایی حذف می شود. ماسه سبز اکسیداسیون نمک های آهن به هیدروکسید آهن نامحلول را تسهیل می کند. سپس واکنش قلیایی روی سطح سنگ های قلیایی، حذف مستقیم آهن را به صورت رسوب هیدروکسید قادر می سازد. هیدروکسیدهای باقی مانده را می توان به طور مرتب با شستشوی معکوس حذف کرد.

سختی گیرهای آب و دیونایزرها

کلسیم و منیزیم، یون هایی که باعث تشکیل سختی در آب می شوند، می توانند رسوب تشکیل داده و باعث گرفتگی تجهیزات و همچنین آسیب به غشاء اسمز معکوس(RO)[۴] شوند. برای از بین بردن این مشکلات، آب ورودی باید نرم (سبک) شود. این کار با استفاده از یک فرآیند تبادل یونی انجام می شود که آلاینده های یونی غیر آلی را از آب ورودی حذف می کند. نرم کننده های آب و دیونایزرها هر دو مبدل های یونی هستند. در این فرآیند، آب از طریق یک ستون حاوی کانی های مصنوعی، به نام "رزین" عبور داده می شود. برخی از یون های موجود در آب با یون های دیگر موجود روی رزین ها

[۴] Reverse osmosis

مبادله می شوند. نرم کننده های آب حاوی رزین های سدیم دار هستند و به طور عمده باعث تبادل یون های کلسیم و منیزیم می شوند. نرم کننده های آب ظرفیت اتصال بسیار محدودی برای کاتیونهای چندگانه دیگر مانند آهن، منگنز و آلومینیوم دارند. از سوی دیگر، دیونایزرها از نرم کننده های آب متفاوتند، زیرا آنها حاوی رزین های کاتیونی و آنیونی هستند. کاتیونها به وسیله یون های هیدروژن (H^+) و آنیون ها به وسیله یون های هیدروکسید (OH^-) مبادله می شوند. سپس H^+ و OH^- ترکیب می شوند تا H_2O را تشکیل دهند. از این رو، تمام انواع کاتیون ها و آنیون ها را برای تولید آب خالص حذف می کند. دیونایزرها خالص ترین آب را از نظر آلودگی های یونی تولید می کنند. اما در عین حال، آنها مخفیگاه باکتری ها بوده و مواد کلوئیدی قابل توجهی تولید می کنند. مخازن دیونایزرها باید با مقاومت سنج اندازه گیری شوند و آب تولیدی همیشه باید مقاومت بیش از $M\Omega/cm$ ۱ را نشان دهد. هنگامی که سایت های مبادله کننده روی بستر رزین پر شود، گفته می شود که بستر رزین اشباع شده و نیاز به احیاء دارد. نرم کننده های آب با شستشوی بستررزین با آب و سپس با یک نمک کلرید سدیم (محلول نمک غلیظ) احیاء می شوند. اگر احیاء در فواصل مناسب قبل از گرفتگی انجام نشود، یون های قبلا جذب شده ممکن است در آب خروجی وارد شوند و موجب مسمومیت های یونی شوند. از مسمومیت های فلوراید و مس به عنوان یک نتیجه از گرفتگی غیر قابل تشخیص دیونایزر گزارش شده است(۵، ۶).

فیلترهای کربن فعال گرانولی

کربن گرانول (زغال چوب) فعال شده توسط حرارت کلر، کلرامین ها و سایر مواد آلی را از آب جذب می کند. کربن فعال همچنین کلر را با یک اثر کاتالیزوری از بین می برد و در نتیجه کلر به اسید هیدروکلریک تبدیل می شود که توسط بی کربنات ها در آب خنثی می شود. کلر باعث آسیب به غشاء و کلرآمین ها باعث آسیب به بیمار می شود (کلرامین ها اکسید کننده هستند و با اکسیژن واکنش می دهند تا دیواره سلولی را از بین ببرد، از جمله دیواره گلبول های قرمز که باعث کم خونی همولیتیک می شود). آب ورودی باید برای یک زمان تماس به اندازه کافی طولانی با بستر کربن (زمان تماس بستر خالی EBCT)[۵] در تماس باشد تا بتواند کلرامین ها را به طور کامل حذف کند. اداره غذا و داروی ایالات متحده (FDA)[۶] حداقل ۱۰ دقیقه زمان تماس با بستر خالی را توصیه می کند. FDA همچنین توصیه می کند که دو مخزن پر به صورت سری از کربن فعال مورد استفاده قرار گیرد. هنگامی که اولین فیلتر دارای غلظت کلرامین در خروجی تا بیش از ۰/۱ mg/L است، باید جایگزین شود و اگر سطح کلرامین در خروج از مخزن دوم بیش از ۰/۱ mg/L باشد، آب نباید برای دیالیز استفاده شود. از آنجایی که فیلترهای کربن بسیار متخلخل هستند و تمایل زیادی به مواد آلی دارند، در صورتی که به درستی تعمیر یا پی در پی جایگزین نشوند می توانند با باکتری ها آلوده شوند.

فیلترهای ذرات

تمام آب ورودی حاوی ذرات است. این ذرات می توانند باعث نقص در جریان پایین دست دستگاه های دیالیز توسط گرفتگی اوریفیس ها و شیرها شوند. فیلترها ذرات، حلالها و مواد دیگر را از طریق اندازه مشخص فیلتراسیون مکانیکی حذف می کنند. انواع مختلفی از فیلترها که توسط اندازه منافذ فیلتر به میکرون اندازه گیری می شود در دسترس هستند. فیلترهای پنج میکرونی به طور کلی برای تامین تصفیه آب مناسب و حفاظت از تجهیزات در نظر گرفته می شوند.

اسمز معکوس

اولین فرآیند انتخابی تصفیه آب در اکثر کاربردها RO است. آن مشخصات عدم عبور یون های محدود شده توسط غشاهای نیمه نفوذ پذیر را به کار می گیرد. در اسمز معمولی، مولکول های آب از قسمت های با غلظت حلال کمتر به سمت غلظت بیشتر تا زمانی که غلظت سیال در هر دو طرف غشا برابر باشد جریان می یابند. اساسا، اسمز معمولی سعی در رقیق سازی در سمت با غلظت نمک بالاتر به یک سطحی است که غلظت در هر دو طرف غشاء نیمه نفوذ پذیر فشار اسمزی برابری داشته

[۵] Empty bed contact time

[۶] U.S. Food and Drug Administration

Email:rsj@iums.ac.ir

باشند. RO سعی در غلبه بر اسمز و نمک تغلیظ شده در سمت عبور یافته غشا دارد، در حالی که آب خالص در سمت تولید جمع آوری می شود. این کار با استفاده از فشار هیدرواستاتیک بالا به آب ورودی و نیروی محرکه آب در سراسر غشاء انجام می شود. نتیجه نهایی تولید آب تصفیه شده است.

آلودگی میکروبیولوژیکی

مقدار میکروارگانیسم ها در آب دیالیز باید به طور قابل توجهی پایین تر از مقدار قابل تحمل درآب آشامیدنی باشد. علاوه بر منبع آب، تمام اجزای سیستم تصفیه و تحویل آب می توانند باکتری ها و اندوتوکسین ها را در خود جا دهند. آلودگیهای میکروبی اولیه ناشی از آب مایع دیالیز، باکتریهای گرم منفی و میکروباکتریهای غیر توبرکلوز هستند، که این میکروارگانیسم ها قادرند حتی در آب های دارای حداقل مقدار عناصر آلی زنده بمانند(۲). این باکتری ها می توانند بیوفیلم ایجاد کنند که به آنها اجازه می دهد تا به سطوح مانند ظروف محلول دیالیز شده یا به شیلنگ های ورودی (تغذیه) بچسبند. بیوفیلم ها باکتری ها را از ضدعفونی کننده ها محافظت می کند، و حذف آنها را دشوار می سازند. باکتریها می توانند به سرعت در مایع دیالیز رشد کنند که از طریق آن آب تصفیه شده با محلول نمک مخلوط شده تشکیل می شود.

ضد عفونی سیستم

برای جلوگیری از تشکیل بیوفیلم، تمیز سازی و ضد عفونی مرتب برای کل مسیر جریان دیالیز شده درون سیستم تحویل بسیار مهم است. ضدعفونی می تواند توسط حرارت یا مواد استریل کننده شیمیایی (فرمالدئید محلول، اسید پراستیک یا هیپوکلریت سدیم) به دست آید. فرمالدئید ماده ضدعفونی کننده شیمیایی است که به طور گسترده ای برای ضدعفونی سیستم های تحویل استفاده می شود. این یک ضد عفونی کننده بسیار موثر علیه اکثر گونه های باکتریایی به غیر از گونه های مایکوباکتریوم است. فرمالدئید یک ماده سمی است و ممکن است فیوم آن محرک می باشد. در صورتی که غلظت فرمالدئید در هوا بیش از استانداردهای ایمنی باشد، کارکنان ممکن است در معرض خطرات بهداشتی قرار گیرند. اگر سیستم تحویل قبل از شروع دیالیز به اندازه کافی شستشو نگردد، احتمال عبور فرمالدئید از غشای دیالیزر به خون وجود دارد. امروزه استریلیزاسیون با استفاده از اسید پراستیک محبوبیت زیادی به دست آورده است، زیرا آن اکثر اثرات سمی فرمالدئید را ندارد و در عین حال از نظر محیط زیستی مناسب تر است که در نهایت به اسید استیک و آب تبدیل می شود. ضدعفونی گرم از طریق گرم کردن مسیر جریان آب با استفاده از آب گرم بالای ۸۵ تا ۹۰ درجه سانتیگراد جایگزین جذاب اما گرانتری است و از خطرات مرتبط با مواد ضدعفونی کننده شیمیایی جلوگیری می کند.

واکنشهای پیروژنیک در هنگام همودیالیز

واکنشهای پیروژنیک در طی یا بعد از تصفیه دیالیز، تشخیص داده شده اند. محلول دیالیز آلوده شده، باعث فعال شدن مونوسیت ها در جریان خون بیمار به علت انتقال مواد باکتریایی تولیده شده از جمله اندوتوکسین ها (لیپوپلی ساکارید های ناشی از دیواره های سلولی باکتریایی)، پپتیدوگلیکان ها یا اجزاء آن در سراسر غشاء دیالیزمی شود؛ همچنین باعث انتشار سلول های تک هسته ای از سیتوکین های ضد التهابی، مثل اینترلوکین-۱ (IL-1)[۷] و فاکتور نکروز تومور(TNF-α)[۸] می شود. این سیتوکین ها ممکن است فعالیت های بیولوژیکی مختلفی از جمله القاء تب، بی ثباتی قلبی و عروقی، آزادی پروتئین فاز حاد و احتمالا میانجی گری فرآیندهای التهابی مزمن مانند فیبروز، کاتابولیسم پروتئین، آمیلوئیدوز میکروگلوبولین β-2 یا بیماری های قلبی عروقی را بیان کنند. اخیر در داده های آزمایش های In vivo (داخل بدن موجود) تایید کرده اند که حتی در رعایت استانداردهای توصیه شده (<۲۰۰CFU/mL) با افزایش میزان تولید سیتوکین در بیماران HD مرتبط است(۷). علائم واکنش های پیروژنیک شامل تب، لرز یا خشونت، افت فشار خون، تهوع و استفراغ می باشد. واکنش ها معمولا در مدت زمان کوتاهی پس از شروع دیالیز شروع می شود و ممکن است به طور خودبه خودی در طی دوره درمان یا به مدت کوتاهی پس از آن رفع گردد. در یک

[7] nterleukin-1
[8] tumor necrosis factor

مطالعه(۸)، میزان بروز واکنش های پیروژنیک از ۰/۵ تا ۱/۲ در هر ۱۰۰۰ درمان گزارش شده است. علاوه بر این، شیوع فراوان بیماریهای باکتریایی و اندوتوکسمیا در متون پزشکی (۱۳-۱۳) گزارش شده است. یک یا چند واکنش پیروژنیک در هر سال در صورت عدم وجود سپتی سمی توسط ۲۰ درصد از مراکز HD در ایالات متحده گزارش شده است(۹-۱۳). و خطر واکنش های پیروژنیک با استفاده مجدد دیالیزر، کاربرد دیالیزرهای با جریان بالا و محلول دیالیز بی کربنات بالاتر می رود(۱۴).

کنترل کیفیت برای سیستم تصفیه آب

انجمن ارتقاء تجهیزات پزشکی (AAMI) [9] ایالات متحده استانداردهای کیفیت آب را تعیین کرده که به طور گسترده پذیرفته شده اند (جدول ۲،۳). این استانداردها بر اساس یافته های تحقیق FDA در مورد خطرات سیستم های HD و همچنین تحقیقات انجام شده توسط مراکز کنترل بیماری ها می باشد(۱۵, ۱۶).

نظارت (پایش)

نظارت اطلاعات مربوط به کیفیت منبع آب و آب تولیدی و عملکرد اجزای فردی سیستم را فراهم می کند. کیفیت آب تولیدی باید به طور مرتب برای اطمینان از اینکه استانداردهای مورد نیاز کیفیت آب به طور پیوسته حاصل می شود نظارت شود. کیفیت منبع آب اولیه تحت نظارت قرار می گیرد تا اطمینان حاصل شود که فراتر از آنچه در طراحی سیستم فرض نمی شود، بدتر نشود. واحد دیالیز باید ارتباطات مداومی را با تاسیسات تصفیه آب محلی حفظ کند. هرگاه تغییری در تصفیه آب، مقادیر بیش از حد از یک ماده یا دیگر تغییرات شدید آب وجود داشت، باید به واحد دیالیز توسط مسولین آب محلی اطلاع داده شود. تجزیه و تحلیل آلاینده های شیمیایی AAMI باید حداقل هر شش ماه یا سالانه انجام شود و پایش باکتریایی حداقل ماهانه انجام شود. نظارت بر کیفیت باکتریولوژیک آب و محلول دیالیز در حال حاضر شامل نمونه های کشت آب و محلول دیالیز و همچنین اندازه گیری اندوتوکسین ها (لیپو پلی ساکارید) توسط آزمایش لیمولوس آمیبوسیت لیزات (LAL)[10] می باشد. اداره مواد داروئی اروپا (۱۸) استانداردهای سختگیرانه تر برای آلودگی باکتری ها و اندوتوکسین را نسبت به AAMI توصیه می کند (جدول ۳). آزمایش های اضافی باید زمانی که کیفیت آب ورودی متفاوت باشد یا وقتی تغییرات در اجزای عملکرد سیستم رخ می دهد انجام شود (به عنوان مثال در سیستم جدید، اصلاح سیستم قبلی یا هر زمان که بیماری باکتریایی یا واکنش های پیروژنیک در بیماران مشاهده می شود). عملکرد تجهیزات نظارت می شود تا زمانی که جایگزینی برای اجزای پرشده مورد نیاز باشد یا زمانی که تعمیر و نگهداری تجهیزات دائمی مورد نیاز است تعیین شود. همچنین، بسیاری از مهمترین پارامترهای تصفیه آب می توانند به طور مداوم با استفاده از وسایل سنجش و مانیتور ها در جریان آب اندازه گیری شوند. بازرسی روزانه از عملکرد اجزای فردی سیستم، از جمله فشار آب، سرعت جریان، دما و هدایت الکتریکی، اطمینان مداومی را در مورد اینکه کیفیت آب تولیدی حفظ شود ایجاد می کند (جدول ۴). علائم بیمار نیز باید تحت نظارت قرار گیرد؛ اگر چندین بیمار علائم مشابهی در یک زمان داشته باشند، مطمئنا باید یک مشکل مرتبط با سیستم های آبرسانی یا تحویل آب جستجو کرد.

[9] The Association for the Advancement of Medical Instrumentation

[10] Limulus amoebocyte lysate (LAL) assay

جدول ۳. استانداردهای کیفیت آب AAMI HD : استانداردهای اندوتوکسین و میکروبیولوژی برای مایعات دیالیز (۳).

نوع مایع	شمارش میکروبی CFU/ML	اندوتوکسین EU/ML
آب برای آماده سازی دیالیزات (محلول دیالیز)	≤۲۰۰	بدون استاندارد
	<100*	<0.25 *
محلول دیالیز	≤۲۰۰۰	بدون استاندارد
آب برای شستشو و پردازش دیالیزرها (غشای دیالیز)	≤۲۰۰	≤۵
آب برای آماده سازی جهت ضدعفونی کننده دیالیزر	≤۲۰۰	≤۵

* استاندارد های فارماکوپی اروپا (۱۸)

جدول ۴. پارامترهای توصیه شده برای نظارت بر عملکرد اجزاء سیستم تصفیه آب.

فرآیند پاکسازی	پارامتر پایش شده	فرکانس پایش
فیلتراسیون	فشار ورودی و خروجی	روزانه
	میزان جریان آب تولیدی	روزانه
سختی گیر	سختی آب تولیدی	روزانه
جذب فیلتر گرانولی کربن فعال	فشار ورودی و خروجی	روزانه
	غلظت کلرامین آب	قبل از هر بیمار*
اسمز معکوس	تغذیه و هدایت آب ورودی و تولیدی (درصد عبور یا رد شده)	روزانه
	میزان جریان آب ورودی و تولیدی (درصد بازیابی)	روزانه
	فشار ورودی و خروجی	روزانه
	دمای آب ورودی	روزانه
دیونیزاسیون	مقاومت ویژه آب تولیدی	مداوم

* توصیه شده توسط U.S. FDA

نگهداری

تعمیر و نگهداری سیستم شامل تعویض اجزای پرشده و اقدامات پیشگیرانه طراحی شده برای حفظ عملکرد سیستم می باشد. بسترهای تبادل یونی نرم کننده ها و دیونایزرها، فیلترها و بسترهای جذب کربن ظرفیت محدودی دارند و باید دوباره احیا شوند یا جایگزین شوند.

واحدهای اسمز معکوس همچنین نیاز به پاکسازی و ضد عفونی منظم برای حذف مواد آلی، ته نشست ها و باکتری ها دارند. با گذشت زمان، باکتری ها می توانند از طریق غشای RO رشد کرده و به سمت آب تولید وارد شوند و منجر به واکنش های پیروژنیک شوند(جدول ۵).

جدول ۵. توصیه های نظارت و نگهداری AAMI برای سیستم تصفیه آب.

نظارت میکروبیولوژیک
تمام سیستم های تحویل دیالیز باید حاوی مقادیر قابل قبولی از باکتری ها باشد، همانطور که در AAMI توصیه می شود، همانطور که در جدول ۳ آمده است
محیط کشت باکتری دستگاه های دیالیز و سیستم RO حداقل ماهانه انجام می شود
تمام نتایج شمارش محیط کشت برای هر دستگاه دیالیز و سیستم تحویل آب مستند سازی و ثبت می شود
آزمایش های اضافی اگر علائم بالینی نشان می دهد که واکنش پیروژنیک وجود دارد یا پس از اصلاح روش تصفیه آب یا سیستم توزیع، و یا برای هر سیستم جدید انجام می شود
نظارت بر آلاینده های شیمیایی
در راه اندازی تاسیسات و از هر ۶ تا ۱۲ماه، آب تولیدی RO برای آلودگی های شیمیایی لیستشده AAMI مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرد (جدول ۲)
مقادیر کلر یا کلرامین روزانه در محل قبل از هر بیمار آزمایش می شود*
نتایج تجزیه و تحلیل باید در دفترچه روزانه مستند شود
راه اندازی و آزمایش سیستم RO
واحد RO باید با هر راه اندازی آزمایش شود تا مطمئن شود آب سالم در دسترس است

تمام نتایج آزمون باید در دفتر مستندات روزانه ثبت شود، روش:
۱-مقدارنمک را در مخزن ذخیره نمک بررسی کنید
۲-سختی آب را در آب سختی گیری شده آزمایش کنید
۳- آزمایش کلر یا کلرامین آب تولیدی، آب که بیش از استاندارد AAMI می باشد نباید برای دیالیز استفاده شود
۴- فشار، دما، میزان جریان و هدایت الکتریکی همه موارد را بررسی و ثبت کنید
نگهداری
تمام تجهیزات باید مطابق توصیه های سازنده نگهداری شود.
چک کردن کنترل کیفیت باید بر اساس روش و برنامه توصیه شده توسط سازنده انجام شود
چک کردن نشت جریان برق باید به طور مرتب انجام شود
تمام تجهیزات، شامل تصفیه آب و دستگاه HD، باید یک چک لیست اختصاصی و ثبت تعمیر و نگهداری داشته باشند.
مقررات هنگام تهیه روش های نگهداری پیشگیرانه یا تعمیرات رعایت شود
شخصی که تعمیر و نگهداری را انجام می دهد باید چک لیست تعمیر و نگهداری را پر کرده و تاریخ آن را ثبت نماید

* توصیه شده توسط U.S. FDA

حوادث تاریخی

تعداد واکنش های بالینی زیان آور قابل توجه دیالیز خیلی کم گزارش شده است. با این حال، حوادث دیالیز به عنوان یک نتیجه از عیب دستگاه و همچنین خطای پرسنل رخ داده است. واکنش های زیان آور ناشی از افزایش غلظت آب دیالیز از نظرعناصر آلومینیوم(۱۹)، کلرامین ها(۲۰)، آزاید سدیم(۲۱)، فلوراید(۵)، کلسیم یا منیزیم(۲۲)، نیترات ها(۲۳)، مس(۶)، روی(۲۴)، فرمالدئید(۲۵)، سولفات(۲۶)، سدیم(۲۷) و پراکسید هیدروژن(۲۸) گزارش شده است. گزارش اخیر سه گروه از عفونت های گرم منفی جریان خون در مراکز HD در کانادا و ایالات متحده نشان داد که هر سه شیوع احتمالا ناشی از آلودگی لوله زهکشی زائدات در مدل های مشابه دستگاه HD می باشد(۲۹). در ۵ سال گذشته، دو شیوع قابل توجه از مسمومیت بیمار در برزیل (۳۰, ۳۱) و در شیکاگو (۵) گزارش شده است. در ۱۶ ژوئیه ۱۹۹۳، ۱۲ بیمار که در یک واحد طولانی مدت HD در شیکاگو تحت درمان قرار گرفتند در طی یا بعد از HD (۵) بیمار شدند. بیماران علائم خستگی شدید، سردرد، تهوع و سینه و یا پشت درد را تجربه کردند. سه بیمار پس از اتمام دیالیز در آن روز، به دلیل فیبریلاسیون بطنی، دچار ایست قلبی شدند. تحقیقات بعدی نشان داد که فلوراید از سیستم دیونیزه پس از اینکه سیستم رزین تبادل یونی پر شده منتشر شده است. در حالی که سایت های تبادل کننده روی رزین دچار گرفتگی شدند، یون ها کمتر حذف می شوند. ادامه استفاده از رزین باعث می شود یون های با میل ترکیبی پایین، مانند فلوراید، از رزین به پساب توسط یون های با میل ترکیبی بالا جایگزین شوند. محققین به این نتیجه رسید که این حادثه ناشی از اشتباهات در حفظ و نگهداری سیستم دیونایزر بوده است. شیوع این بیماری در طول استفاده موقت از یک سیستم تصفیه آب رخ داده است وقتی که منطقه مرکزی درمان واحد دیالیز به مدت سه ماه قبل از این حادثه برای بازسازی بسته شده بود. در طول این دوره، سیستم های تصفیه آب و ایستگاه های دیالیز موقت نصب شده است. سیستم به مانیتورهای مقاومت ویژه و مانیتورهای تنظیم شده برای تغییر نور از رنگ سبز به قرمز برای مواقعی که کیفیت آب تصفیه شده به کمتر از استاندارد ۱MΩ/cm کاهش یابد مجهزند. در مقابل، دستگاه پایشی که قبلا در واحد دیالیز مورد استفاده قرار می گرفت فقط یک نور قرمز بود که تا زمانی که مقاومت در بالای ۱MΩ/cm بود روشن می ماند. در واقع، هنگامی که واحد دیالیز پس از حادثه بررسی شد، نور سبز خاموش و نور قرمز بر روی مانیتورهای مقاومت ویژه روشن شد. درس هایی که می توان از حادثه فوق یاد گرفت عبارتند از: اول اینکه از دستورالعمل های محاسبه ظرفیت رزین تبادل یونی پیروی کرده و برای نظارت بر اجزای سیستم تصفیه آب جلوگیری از استفاده سهوی این سیستم ها بعد از پر شدن ضروری است. به طور خاص، هشدارهای شنیداری و بصری یکنواخت ضروری هستند. ثانیا، هرگاه تغییر در سیستم صورت بگیرد، مهم است که اطمینان حاصل شود که پرسنل به طور مناسب آموزش دیده اند و توجه کافی به نظارت بر تجهیزات و مراحل بحرانی صورت گرفته است. و در نهایت، با افزایش فرکانس یا شدت علائم رایج باید سوء ظن به یک مشکل جدید و

بالقوه جدی را افزایش داد. یک حادثه جدی دیگر در فوریه ۱۹۹۶ در مرکز HD در برزیل رخ داد(۳۰, ۳۱). همه ۱۲۶بیمار دیالیزی که در زمان مشابه در آنجا وجود داشتتند علائم کبدی و عصبی با شدت های متنوع نشان دادند، که منجر به مرگ ۶۰ بیمار شد. تحقیقات انجام شده پس از آن نشان داد که سیستم آبرسانی شهری و سیستم تصفیه آب در مرکز دیالیز با میکروسیستئین سمی، تولید شده توسط سیانوباکتری ها (جلبک آبی سبز) آلوده بودند. تصفیه ناکافی آب در هر دو تصفیه خانه آب شهری و مرکز دیالیز شیوع بیماری را تسهیل کرده بود. در مورد یک سال قبل از حادثه، آب مورد استفاده برای دیالیز در مرکز توسط ماشین های دارای تانکرآب از یک مخزن محلی بدون تصفیه مناسب دریافت می شد. آب ناشی از تصفیه خانه شهری حاوی میکروسیستئین بوده و توسط سیستم تصفیه ناکافی مرکز دیالیز حفظ شده و حذف نشده است. همچنین کیفیت آب به طور منظم در مرکز دیالیز آزمایش نشده است.

هزینه های درمان آب

هزینه های مربوط به اجرای یک سیستم تصفیه آب برای HD عبارتند از هزینه های سرمایه ای و تعمیر و نگهداری. قیمت واحد جدید سیستم تصفیه آب ممکن است از ۵۰۰۰۰۰ تا بیش از ۱ میلیون دلار، بسته به نیاز و طراحی خاص، از قبیل طول و نوع لوله های آب مورد نیاز (لوله کشی مقاوم در برابر حرارت اگر از ضد عفونی گرم استفاده می شود ضروری است). برای سیستمی که از ضد عفونی گرم استفاده می کند، ژنراتور آب گرم خود ممکن است هزینه بالای ۱ میلیون دلار داشته باشد. تعمیر و نگهداری این سیستم شامل هزینه های تامین آب و برق و هزینه های کنترل کیفیت مانند کشت های منظم آب، تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی برای آلاینده های شیمیایی آب و آزمایشات اندوتوکسین می باشد. علاوه بر این، هزینه های عادی شامل خرید مواد مصرفی از قبیل فیلترهای ذرات (حدود ۱۵۰ دلار در ماه)، قرص های نمک برای نرم کننده آب (حدود ۸۰۰ دلار در ماه)، ضدعفونی کننده های شیمیایی و نوارهای تست (حدود ۱۰۰۰۰ دلار در سال)، همچنین تعویض غشای RO (حدود ۵۰۰۰۰ دلار) که باید هر پنج سال یکبار جایگزین شود.

بحث

هر سیستم تصفیه آبی اگر رها شود، عملکردش با گذشت زمان افت خواهد داشت. کیفیت آب منبع ممکن است تغییرکند، اجزای با ظرفیت محدود پر شده است و باکتری ها سیستم های تحویل را آلوده می کنند. به عنوان مثال، مطالعه روی کیفیت آب HD در کانادا نشان داد که ۳۰٪، ۴۴٪ و ۱۴٪ از کل نمونه های آب تصفیه شده استانداردهای انجمن استانداردهای کانادایی را به ترتیب برای باکتری ها، پیروژن ها و مواد شیمیایی برآورده نمی کند(۱۷). این تغییرات می توانند منجر به شکست سنگین در عملکرد سیستم شود و در نتیجه باعث صدمه به بیمار یا تعمیرات گران قیمت می شود. از این رو، پروتکل های کنترل کیفیت نوشته شده باید توسعه یابد و به منظور محافظت در برابر چنین شکست هایی اعمال شود. نتایج تمام مراحل نظارت و نگهداری باید در دفتر گزارشات ثبت شود و بر اساس یک برنامه منظم و به صورت مستقل بررسی شوند.

فرآیند اسمز معکوس می تواند ۹۰ تا ۹۹ درصد از آلودگی های یونی و میکروبیولوژیکی از جمله باکتری ها، اندوتوکسین ها، ویروس ها، نمک ها، ذرات و مواد آلی محلول را بگیرد. بر اساس کیفیت منبع آب، RO به طور کلی آبی را تولید می کند که برای دیالیز ایمن است. در غیر این صورت ممکن است ضروری باشد که آب تولیدی توسط RO را با یک دیونایزر تصفیه کرد. اندازه گیری هدایت آب ورودی و تولیدی و محاسبه درصد عدم عبور از این اندازه گیری ها، عملکرد دستگاه های RO را کنترل می کند. هنگامی که درصد عدم عبور کمتر از سطح قابل قبول باشد، غشاء RO باید تمیز شود تا اثر بخشی آن بازگردانده شود. کلسیم، منیزیم و آهن می توانند ته نشست هایی روی غشاء RO ایجاد کنند. همچنین، غشاء در معرض آسیب های کلر و کلرآمین، pH زیاد و تخریب باکتریایی قرار دارد. از این رو، پیش تصفیه مناسب قبل از آب ورودی برای حفاظت از غشاء RO لازم است و می تواند طول عمر غشا را تا چندین سال طولانی کند.

نتیجه گیری

تصفیه آب یک جنبه حیاتی از عمل ایمن و موثر HD برای بیماران همودیالیزی است. برای بیمار مهم خواهد بود که دیالیز تجویز و دریافت شده حتما از آب به اندازه

Email:rsj@iums.ac.ir

کافی تصفیه شده باشد. آلودگی پیوسته محلول دیالیز و پیامدهای آن برای HD همچنان یک موضوع مهم برای پرسنل HD است. استانداردهای AAMI (یا معادل آن) و شیوه های توصیه شده برای HD باید همیشه مورد توجه قرار گیرد و باید کنترل کیفیت مداوم ارائه شود. این بررسی نشان می دهد که تصفیه مناسب آب شهری و طراحی، نصب، نظارت و نگهداری مناسب از سیستم های تصفیه آب در مراکز HD در جلوگیری از در معرض قرار گرفتن با خطرات مواد شیمیایی و سموم برای بیماران بسیار مهم هستند.

تقدیر و تشکر

در پایان از کلیه همکاران عزیز که در پیشبرد اهداف این تحقیق، پژوهشگران را یاری نمودند تشکر و قدردانی به عمل می آید.

منابع

1. Nissenson AR, Lindsay RM, Swan S, Seligman P, Strobos J. Sodium ferric gluconate complex in sucrose is safe and effective in hemodialysis patients: North American Clinical Trial. American Journal of Kidney Diseases. 1999;33(3):471-82.

2. Favero M. Good clean water-How dialysis centers treat the vital fluid. Renalife. 1987;2:14-6.

3. Amato RL. Water treatment for hemodialysis-updated to include the latest AAMI standards for dialysate (RD52: 2004). Nephrology Nursing Journal. 2005;32(2):151.

4. Cappelli G, Ravera F, Ricardi M, Ballestri M, Perrone S, Albertazzi A. Water treatment for hemodialysis: a 2005 update. Cardiovascular Disorders in Hemodialysis. 149: Karger Publishers; 2005. p. 42-50.

5. Arnow PM, Bland LA, Garcia-Houchins S, Fridkin S, Fellner SK. An outbreak of fatal fluoride intoxication in a long-term hemodialysis unit. Annals of internal medicine. 1994;121(5):339-44.

6. Manzler AD, SCHREINER AW. Copper-Induced Acute Hemolytic AnemiaA New Complication of Hemodialysis. Annals of internal medicine. 1970;73(3):409-12.

7. Schindler R, Lonnemann G, Schaeffer J, Shaldon S, Koch K, Krautzig S. The Effect of Ultrafiltered Dialysate on the Cellular Content of lnterleukin-1 Receptor Antagonist in Patients on Chronic Hemodialysis. Nephron. 1994;68(2):229-33.

8. Gordon SM, Oettinger CW, Bland LA, Oliver JC, Arduino MJ, Aguero SM, et al. Pyrogenic reactions in patients receiving conventional, high-efficiency, or high-flux hemodialysis treatments with bicarbonate dialysate containing high concentrations of bacteria and endotoxin. Journal of the American Society of Nephrology. 1992;2(9):1436-44.

9. Gordon SM, Oettinger CW, Bland LA, Oliver JC, Arduino MJ, Aguero SM, et al. Pyrogenic reactions in patients receiving conventional, high-efficiency, or high-flux hemodialysis treatments with bicarbonate dialysate containing high concentrations of bacteria and endotoxin. Journal of the American Society of Nephrology : JASN. 1992;2(9):1436-44.

10. Ismail N, Becker B, Hakim RM. Dialyzers, Dialysates, and Water Treatment. Suki and Massry's THERAPY OF RENAL DISEASES AND RELATED DISORDERS: Springer; 1998. p. 1005-28.

11. Jenkins S, Lin F, LIN RS, Israel E, Petersen N. Pyrogenic reactions and Pseudomonas bacteremias in a hemodialysis center. Dialysis & transplantation. 1987;16(4):192-7.

12. Rudnick JR, Arduino MJ, Bland LA, Cusick L, McAllister SK, Aguero SM, et al. An outbreak of pyrogenic reactions in chronic hemodialysis patients associated with hemodialyzer reuse. Artificial organs. 1995;19(4):289-94.

13. Welbel SF, Schoendorf K, Bland LA, Arduino MJ, Groves C, Schable B, et al. An outbreak of gram-negative bloodstream infections in chronic hemodialysis patients. American journal of nephrology. 1995;15(1):1-4.

14. TONG MK-H, Wei W, Tze-Hoi K, Lawrence C, Tak-Cheung A. Water treatment for hemodialysis. Hong Kong Journal of Nephrology. 2001;3(1):7-14.

15. Man N, Ciancioni C, Faivre J, Diab N, London G, Maret J, et al. Dialysis-associated adverse reactions with high-flux membranes and microbial contamination of liquid

bicarbonate concentrate. Bio-Incompatibility and Dialysis. 62: Karger Publishers; 1988. p. 24-34.

16. Tentori F, Blayney MJ, Albert JM, Gillespie BW, Kerr PG, Bommer J, et al. Mortality risk for dialysis patients with different levels of serum calcium, phosphorus, and PTH: the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS). American Journal of Kidney Diseases. 2008;52(3):519-30.

17. Laurence RA, Lapierre ST. Quality of hemodialysis water: a 7-year multicenter study. American journal of kidney diseases. 1995;25(5):738-50.

18. Maissonneuve S. Water for diluting concentrated hemodialysis solutions. European Pharmacopoeia, d. 1992;2.

19. Burwen DR, Olsen SM, Bland LA, Arduino MJ, Reid MH, Jarvis WR. Epidemic aluminum intoxication in hemodialysis patients traced to use of an aluminum pump. Kidney international. 1995;48(2):469-74.

20. Junglee NA, Rahman SU, Wild M, Wilms A, Hirst S, Jibani M, et al. When pure is not so pure: Chloramine-related hemolytic anemia in home hemodialysis patients. Hemodialysis International. 2010;14(3):327-32.

21. Gordon SM, Drachman J, Bland LA, Reid MH, Favero M, Jarvis WR. Epidemic hypotension in a dialysis center caused by sodium azide. Kidney international. 1990;37(1):110-5.

22. Freeman RM, Lawton RL, Chamberlain MA. Hard-water syndrome. New England Journal of Medicine. 1967;276(20):1113-8.

23. Carlson DJ, Shapiro FL. Methemoglobinemia from well water nitrates: a complication of home dialysis. Annals of internal medicine. 1970;73(5):757-9.

24. Petrie J, Row P. Dialysis anaemia caused by subacute zinc toxicity. The Lancet. 1977;309(8023):1178-80.

25. Arduino MJ, editor CDC investigations of noninfectious outbreaks of adverse events in hemodialysis facilities, 1979–1999. Seminars in dialysis; 2000: Wiley Online Library.

26. Comty C, Luehmann D, Wathen R, Shapiro F. Prescription water for chronic hemodialysis. Transactions-American Society for Artificial Internal Organs. 1974;20:189.

27. Nickey WA, Chinitz VL, Kim KE, Onesti G, Swartz C. Hypernatremia from water softener malfunction during home dialysis. Jama. 1970;214(5):915-6.

28. Gordon SM, Bland LA, Alexander SR, Newman F, Arduino MJ, Jarvis WR. Hemolysis associated with hydrogen peroxide at a pediatric dialysis center. American journal of nephrology. 1990;10(2):123-7.

29. Archibald LK, Jarvis WR. Health care–associated infection outbreak investigations by the Centers for Disease Control and Prevention, 1946–2005. American journal of epidemiology. 2011;174(suppl_11):S47-S64.

30. Jochimsen EM, Carmichael WW, An J, Cardo DM, Cookson ST, Holmes CE, et al. Liver failure and death after exposure to microcystins at a hemodialysis center in Brazil. New England Journal of Medicine. 1998;338(13):873-8.

31. Pouria S, de Andrade A, Barbosa J, Cavalcanti R, Barreto V, Ward C, et al. Fatal microcystin intoxication in haemodialysis unit in Caruaru, Brazil. The Lancet. 1998;352(9121):21-6.

Importance and role of water purification systems for hemodialysis units

Mahdi Farzadkia: Ph.D. in Environmental Health Engineering, Professor, Environmental Health Engineering Dept., School of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Ali Esrafili: Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, school of health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

***Esrafil Asgari:** a- ph.D. Student of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. & b- Instructor of Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Nursing and Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran. sasgary@gmail.com(*Corresponding author)

Abstract

Background and Objectives: Water treatment plays a vital role in the delivery of safe and effective hemodialysis (HD). Ensuring that water quality meets the American Association for the Advancement of Medical Instrumentation standards and recommendations (or equivalent) is necessary to reduce the incidence of chemical hazards and endotoxemia associated with the use of water for HD. This review will discuss the principles of water treatment for HD, the essential components of water purification, the recommended system monitoring and maintenance procedures, and some of the historical incidents of adverse reactions that resulted from the use of contaminated dialysis water.

Materials and Methods: In this study, Electronic databases including Web of Science, Ovid, PubMed, Systematic Review, SID, Iran Medex, Scirus, Google Scholar, and Medline were searched using a variety of physical and chemical purification methods, particle filters, osmosis systems Reverse, disinfection, standards and guidelines, supervision and maintenance, and historical events in hospital hemodialysis units as keywords.

Results: Articles published with emphasized on the water treatment of hospital hemodialysis units. A total of 60 studies were compiled and 31 of them were selected. This study discusses how and how to clean water before hemodialysis is used, monitoring and maintaining a water purification system and some historical events.

Conclusion: The survey shows that urban water purification and the proper design, installation, monitoring and maintenance of water purification systems in HD centers are crucial for preventing exposure to chemical and pesticide hazards for patients.

Key words: Dialysis solutions, Hemodialysis (HD), Pyrogenic reactions, Reverse osmosis (RO), Water purification