

Research Note**Design and Manufacture of Peritoneal Dialysis Unit****N. Ghazanshahi**

Ph.D, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran

Abstract

Peritoneal Dialysis (PD) units treat renal failure, partially replacing kidney function by removing metabolic wastes and fluid through selective diffusion and osmosis across the peritoneum. A prototype of PD unit is designed and made for the first time in IROST. Our unit features are control of filling dialysate flow to peritoneal cavity and draining from it, warming the dialysate to body temperature and controlling the dialysate temperature before filling, Control and monitoring fill time, dwell time, drain time, number of cycles on the basis of dialysis type, computing the ultra filtration, reporting and storing capability, computer connection capability, programming for individual patient, etc. In this unit, all controls and monitoring of different parameters are based on digital and microprocessor system.

Keywords: Peritoneal dialysis, Automated PD, Micro controller, load cell, Osmosis, Diffusion, Flow control, Ultra filtration

***Corresponding author**

Address: Nasrin Ghazanshahi, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Shahid Moosavi Ave., No. 71, Department of electrical engineering, Biomedical engineering group, P.O. Box 15815 – 3538, Tehran, Iran.

Tel: +98 22 82276311

Fax: +98 2282276620

E-mail: ghazanshahi@hotmail.com

طراحی و ساخت دستگاه دیالیز صفاقی

نسرین غازانشاهی

دکتر، پژوهشکده برق و کامپیوتر، گروه مهندسی پزشکی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران

چکیده

دستگاه‌های دیالیز صفاقی (PD)، علاجه برای ناتوانی کلیه هستند. این نوع دیالیز با دفع مواد زائد حاصل از سوخت و ساز بدن، بر اساس اصول انتشار و اسمز در سرتاسر پرده صفاق، جایگزین کار کلیه می‌شود. نمونه مهندسی این دستگاه برای اولین بار در ایران در گروه مهندسی پزشکی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران طراحی و ساخته شده است. از جمله ویژگی‌های دستگاه طراحی شده می‌توان به کنترل جریان مایع دیالیز ورودی به حفره صفاق، گرمایش و کنترل دمای مایع دیالیز قبل از تزریق، کنترل زمان تجویز، توقف و تخلیه مایع دیالیز و تعداد چرخه‌ها بر اساس نوع دیالیز، محاسبه آبگیری، امکان تهیه گزارش، ثبت گزارش، ارتباط با کامپیوتر و قابلیت برنامه‌ریزی برای هر فرد خاص اشاره کرد. در این دستگاه کلیه عملیات کنترل و پایش پارامترهای مختلف بر پایه سیستم‌های ریزپردازش‌گر و به صورت دیجیتال انجام شده است.

واژه‌های کلیدی: دیالیز صفاقی (سایکلر)، دیالیز صفاقی خودکار، ریزکنترل‌گر، حسگر وزن، اسمز، انتشار، کنترل جریان، آبگیری

* عهده‌دار مکاتبات

نشانی: تهران، خیابان شهید موسوی، شماره ۷۱، کدپستی ۱۵۸۱۹، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

تلفن: ۰۲۲۸۲۲۷۶۳۱۱، دورنگار: ۰۲۲۸۲۲۷۶۶۲۰، پیام‌نگار: ghazanshahi @ hotmail.com

۱- مقدمه

بیشتری ادامه می‌یابد، که این امر به افزایش طول عمر بیمار منجر می‌شود؛ زیرا کاهش کارکرد کلیه با افزایش مرگ و میر همراه است.

در این مقاله، ابتدا به بررسی اصول دیالیز صفاقی و چگونگی عملکرد نمونه دستگاه‌های خارجی موجود پرداخته شده و سپس با استفاده از دانش و تجربیات گروه‌های پزشکی و مهندسی، اقدام به بهینه‌سازی نمونه‌های خارجی شده است.

۲- اصول دیالیز صفاقی

صفاق، غشائی است که جداره‌های شکمی - لگنی^۱ اندام‌ها را می‌پوشاند. این غشاء پرده اصلی تبدلات در دیالیز صفاقی است. دفع مواد زائد حاصل از سوخت و ساز بدن و مایعات از طریق خون و به وسیله حفره‌ها و مجراهای داخل سلولی صفاق در حفره شکمی رخ می‌دهد.

در واقع PD بر اساس اصول انتشار و اسمز عمل می‌کند. در عمل انتشار، محلول‌ها (مواد زائد سمی حاصل از سوخت و ساز، الکترولیت‌ها) به آسانی از یک ناحیه با غلظت بالاتر به ناحیه با غلظت کمتر حرکت می‌کنند تا به تعادل برسند [۳]. حین اسمز، حلال‌ها (به عنوان مثال آب) از میان غشاء نیمه تراوا از یک ناحیه با غلظت کمتر محلول به ناحیه با غلظت بیشتر محلول می‌روند.

یک چرخه نمونه دیالیز صفاقی شامل مراحل زیر است: ابتدا حفره صفاق با حجم مشخصی از مایع دیالیز پر می‌شود. این مایع برای مدت زمان تنظیم شده در صفاق باقی می‌ماند (زمان توقف) و در این مدت فرایندهای انتشار و اسمز انجام می‌شود. سپس مایع دیالیز که حاوی آب اضافی بدن و مواد حاصل از سوخت و ساز بدن است از حفره صفاق به بیرون تخلیه می‌شود [۴].

۳- شرایط مایع دیالیز صفاقی

مایع دیالیز تزریق شده به داخل حفره صفاق، عاری از مواد حاصل از سوخت و ساز بدن بوده و غلظت مولکول‌های ماده حل شده (به عنوان مثال دکستروز) در مایع

دفع مواد زائد حاصل از سوخت و ساز سلول‌ها یکی از حیاتی‌ترین فعالیت‌های بدن است که توسط کلیه انجام می‌شود. در صورتی که کلیه شخص بنا به دلایلی نتواند به درستی به انجام عمل خود بپردازد، سلامت وی مورد تهدید جدی قرار خواهد گرفت. از این رو از دستگاه‌های دیالیز به عنوان جایگزینی برای کلیه چنین بیمارانی استفاده می‌شود.

از روش‌های موجود برای کمک به بیماران با نارسایی کلیه می‌توان به پیوند کلیه، همودیالیز و دیالیز صفاقی اشاره کرد. برخلاف همودیالیز، که به عنوان یک دستگاه دیالیز کننده (کلیه مصنوعی) برای دفع مواد زائد حاصل از سوخت و ساز و مایعات از خون به کار می‌رود، در روش دیالیز صفاقی^۱ (PD) مایع دیالیز به وسیله یک کاتتر^۲ و یک ست یکبار مصرف استریل به حفره صفاق تزریق و پس از مدتی از آن دفع می‌شود [۱]. همودیالیز از سال‌های ۱۹۶۰، زندگی بسیاری از بیماران با ناتوانی کلیوی را حفظ کرده است، اما معالجه PD درازمدت تا توسعه کاتتر شرکت تنخهوف^۳ در سال‌های ۱۹۷۰ عملی نشد. تعداد زیادی از بیماران دچار ناتوانی کلیه با استفاده از این کاتتر و یک دستگاه PD، موفق به چیره شدن بر بیماری ادرار خونی^۴ خود در خانه شدند.

البته در روش دیالیز صفاقی، ضروریست کلیه بخشی از عملکرد مؤثر خود را داشته باشد. همچنین شایان ذکر است که بازده دیالیز صفاقی از همودیالیز کمتر است.

شایان ذکر است اگرچه همودیالیز یک معالجه بنیادین برای بیماران در پایان دوره بیماری کلیوی^۵ به شمار می‌رود، اخیراً در ایالات متحده دیالیز صفاقی برای تقریباً ۱۷٪ از بیماران دیالیزی که به دلیل شرایط سنی، دیابت، مشکل دسترسی به رگ، یا شرایط پیچیده قلبی نمی‌توانند همودیالیز را تحمل کنند، به کار گرفته شده است [۲].

در صورت استفاده از روش همودیالیز در شرایطی که کلیه بیمار عملکردی ناقص دارد، ادرار به تدریج قطع و عملکرد کلیه به کلی از بین خواهد رفت. در حالی که اگر شروع درمان چنین بیمارانی با روش دیالیز صفاقی باشد، باقی‌مانده کار کلیه برای مدت بیشتری حفظ شده و تا مدت

¹ Peritoneal Dialysis
⁵ End Stage Renal Disease

² Catheter
⁶ Abdomino-pelvic

³ Tenchhoff

⁴ Uremia

زمان سنج تعبیه شده در دستگاه، زمان توقف مایع درون حفره صفاق را پایش می‌کند و هنگامی که زمان تعیین شده سپری شد، مسیر مایع دیالیز خروجی^۹ به کمک کلمپ باز شده و اجازه می‌دهد مایع دیالیز از حفره صفاق در یک کیسه تخلیه شود. وزن مایع دیالیز کیسه تخلیه به وسیله حسگر وزن دیگری مشخص می‌شود.

۵- روش‌های دیالیز صفاقی

به طور کلی دیالیز صفاقی می‌تواند به وسیله خود شخص، دستگاه و یا ترکیبی از هر دو حالت انجام شود. روش‌های متعددی در دیالیز صفاقی وجود دارد که می‌توان آنها را به دو دسته اصلی تقسیم کرد [۷].

۵-۱- دیالیز صفاقی مداوم

این روش با انجام عملکرد مداوم، مشکل بازده پایین دیالیز صفاقی را برطرف می‌کند. در نارسایی حاد کلیه، پروتکل‌هایی برای دیالیز صفاقی مداوم وجود دارد که عبارت‌اند از ۴ تا ۸ چرخه تبادل روزانه که در هر مرحله، ۲lit مایع دیالیز به مدت ۶ تا ۶ ساعت در بدن نگه داشته می‌شود. این روش به دو صورت CAPD^{۱۰} و CCPD^{۱۱} قابل انجام است [۱].

۵-۲- دیالیز صفاقی متناوب

اساس روش دیالیز صفاقی متناوب IPD^{۱۲}، انجام تبادلات متناوب و کوتاه مدت است، به طوری که در ساعاتی از روز شکم بیمار خالی از محلول است. این روش به دو صورت NPD^{۱۳} و TPD^{۱۴} انجام می‌شود.

۵-۳- چگونگی انجام دیالیز به وسیله دستگاه دیالیز

صفاقی طراحی شده [۸]

مراحل انجام عمل دیالیز معمولاً در ۴ چرخه دو ساعته انجام می‌شود. روش‌های متداولی برای انجام عمل فوق مورد استفاده قرار می‌گیرد که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد. این روش‌ها در دستگاه طراحی شده، پیاده‌سازی شده‌اند.

دیالیز بیشتر از خون است بنابراین یک شیب غلظت درباره انتشار مواد حاصل از سوخت و ساز و آب از خون به مایع دیالیز ایجاد می‌شود. برای کمک به دفع آب اضافی بدن، محلول دیالیز صفاقی باید دارای خاصیت اسمزی بالایی باشد. همچنین با توجه به اینکه غلظت الکترولیت برای بیشتر سیستم‌های فیزیولوژیک بحرانی است، سطوح الکترولیتی مایع دیالیز باید مانند سطوح الکترولیتی خون باشد.

۴- اساس کار دستگاه‌های دیالیز صفاقی

طراحی دستگاه طبق استاندارد بین‌المللی انجام شده است [۵]. دستگاه‌های دیالیز صفاقی برای ایجاد فشار هیدرو استاتیک از نیروی جاذبه زمین بهره می‌گیرند و از یک سازوکار انسداد، برای تزریق و تخلیه مایع دیالیز استفاده می‌کنند. شکل ۱ نمونه مهندسی ساخته شده را نشان می‌دهد [۶]. در این دستگاه‌ها کیسه‌های مایع دیالیز در سطحی بالاتر از سطح بیمار قرار داده می‌شوند. همچنین کیسه تخلیه در سطحی پایین‌تر از سطح بستر بیمار قرار می‌گیرد. یک حسگر وزن داخل واحد گرم‌کننده برای به دست آوردن حجم مناسب مایع دیالیز مورد نیاز برای تزریق نصب شده است. گرم‌کننده، مایع دیالیز را تا درجه حرارت مناسبی گرم کرده و مدارهای داخل دستگاه، مسیر مایع دیالیز ورودی^۷ را به کمک کلمپ^۸ باز می‌کنند و اجازه می‌دهند مایع دیالیز به مقدار تنظیم شده به درون حفره صفاق جاری شود. اگر مایع دیالیز به اندازه مناسب گرم نشده باشد دستگاه از تزریق مایع دیالیز جلوگیری می‌کند.



شکل ۱- دستگاه دیالیز صفاقی ساخته شده

⁷ Inflow
¹¹ Continuous Cyclic PD

⁸ Clamp
¹² Intermittent PD

⁹ Outflow
¹³ Nightly PD

¹⁰ Continuous Ambulatory PD
¹⁴ Tidal PD

از آلوده شدن مایع دیالیز، باید جریان مایع دیالیز به طور خارجی کنترل شود. در بخش کنترل جریان، حرکت دورانی یک موتور پله‌ای^{۱۵} به حرکت جابجایی مستقیم دهانه یک شیر تبدیل شده، که جریان مایع دیالیز را با دقت قابل قبولی تنظیم می‌کند.

۷- حسگر دما و کنترل درجه حرارت

حسگر دمای به کار رفته از نوع مقاومتی و از خانواده PTC^{۱۶} است، یعنی با افزایش دما مقاومت آن زیاد می‌شود. عامل مهم در انتخاب حسگر دما خطی بودن آن در محدوده دمایی مورد استفاده است. در این دستگاه، محدوده اندازه‌گیری دما از ۲۰°C تا ۶۰°C است. در طراحی دستگاه از ۲ حسگر یکی برای نمایش دمای محیط و دیگری برای کنترل درجه حرارت در محدوده دمای بدن (۳۷°C) استفاده شده است.

۸- واحد الکترونیک و کنترل

واحد الکترونیک و کنترل تمامی عملکردهای دستگاه را کنترل می‌کند. به طور کلی وظایف این واحد، عبارت‌اند از:

- دریافت دستورها و تنظیم‌ها از کاربر و نمایش پارامترها و وضعیت‌های مختلف عملکردی
- خواندن اطلاعات تمام حسگرها (به‌عنوان مثال دما، وزن و محاسبه پارامترهای لازم و مدیریت هشدار دهنده‌ها)
- کنترل کل عملگرهای سیستم از قبیل شیر تناسبی^{۱۷}، گرم‌کننده، پمپ (در صورت نیاز) و کلمپ‌ها با توجه به فازها و تنظیم‌های^{۱۸} مختلف
- ذخیره گزارش‌ها و تنظیم‌های مختلف و قابلیت ارتباط با کامپیوتر و انتقال اطلاعات به آن

۹- نتیجه‌گیری

هم اکنون در ایران دیالیز صفاقی به صورت دستی (CAPD) انجام می‌شود. در این روش از کیسه‌های یکبار مصرف که فقط دارای یک کیسه مایع دیالیز و یک کیسه تخلیه هستند، استفاده می‌شود. بیمار ابتدا مسیر ورود مایع دیالیز را به کیسه

(الف) روش CCPD: در این روش ۴ چرخه عمل دیالیز به‌طور خودکار انجام می‌شود؛ البته پیش از شروع عمل دیالیز، با توجه به شرایط بیمار، در ابتدا عمل پیش تخلیه و یا تزریق انجام خواهد گرفت. مدت زمان تجویز، توقف، تخلیه و تعداد چرخه‌های عمل دیالیز به‌وسیله صفحه کلید قابل تنظیم است و یا با استفاده از پیش فرض دستگاه انجام می‌شود.

(ب) روش NPD: این روش مشابه با روش CCPD است، با این تفاوت که فرض مرحله شروع عمل دیالیز، انجام مرحله تجویز است.

(ج) روش PD-Plus: در این روش تنها یک سیکل اضافی عمل دیالیز برای بیمار در نظر گرفته شده است (معمولاً این سیکل در بعد از ظهر انجام می‌گیرد). البته با توجه به وضعیت بیمار، دستگاه دیالیز، توانایی انجام یک سیکل اضافی دیگر را نیز دارد.

بنابراین روش PD-Plus مناسب بیمارانی است که علاوه بر چهار چرخه دیالیز شب، در طول روز هم به دیالیز نیاز دارند. این بیماران در شب به روش CCPD عمل می‌کنند و در صبح یک کیسه مایع دیالیز غلیظ‌تر به وزن یک لیتر در چرخه آخر CCPD تجویز می‌کنند و سپس به فعالیت‌های روزمره می‌پردازد. عصر با روش PD-Plus دیالیز می‌کنند و مایع دیالیز صبح را تخلیه کرده، سپس یک مایع دیگر تزریق می‌کنند و شب هنگام خواب، اول آن را پیش تخلیه کرده و سپس ۴ چرخه دیالیز دو ساعته به روش CCPD انجام می‌دهند.

۶- کنترل جریان

سرعت زیاد انتقال مایع دیالیز به بیمار، سبب بروز عوارضی نظیر شانه‌درد می‌شود. در مدل‌های قدیمی دستگاه بیمار با تنظیم دستی گیره روی رابط بین کاتر و ست یکبار مصرف و یا تغییر ارتفاع کیسه‌ها جریان مایع دیالیز را تنظیم می‌کرد. اما در دستگاه حاضر، کاربر می‌تواند با تعیین حجم مورد نیاز و زمان تزریق، مطمئن باشد که سرعت سیال در حد تنظیم شده ثابت خواهد ماند. از طرفی دیگر، به علت استفاده از ست‌های یکبار مصرف استاندارد و همچنین برای جلوگیری

¹⁵ Stepper motor

¹⁶ Positive Temperature Coefficient

¹⁷ Proportional valve

¹⁸ Set point

از دیگر قابلیت‌های این دستگاه در مقایسه با نمونه‌های مشابه خارجی، می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- برای هر بیمار خاص تنظیمات جداگانه‌ای در نظر گرفته شده است و دستگاه قابلیت ذخیره‌سازی آنها را در حافظه دارد.
- اطلاعات مربوط به برنامه‌ریزی دستگاه به وسیله صفحه کلید انتقال داده می‌شود.
- برای تنظیم پارامترهای سیستم، استفاده از کلمه رمز عبور تعبیه شده است. بنابراین تنها کاربران تأیید شده به تنظیم عملکرد دستگاه دسترسی دارند.
- کنترل جریان ورودی مایع دیالیز به صورت هوشمند انجام می‌گیرد.
- برای تسهیل استفاده از دستگاه به وسیله کاربر دفترچه راهنمای نحوه استفاده و عملکرد دستگاه، در بخش نرم‌افزاری آن گنجانده شده است.

همچنین به منظور افزایش ایمنی دستگاه، حسگرهای متعددی در آن تعبیه شده‌اند. این حسگرها عبارت‌اند از: ۱. حسگر وزن ورودی، درون واحد گرم‌کننده جاسازی شده است تا حجم مناسب مایع دیالیزی برای تزریق اندازه‌گیری شود؛ ۲. حسگر وزن خروجی، حجم مایع دیالیز کیسه تخلیه را مشخص می‌کند؛ ۳. یک حسگر دما برای پایش؛ ۴. یک حسگر دما برای کنترل درجه حرارت مایع دیالیز که به وسیله گرم‌کننده به دمای 37°C می‌رسد.

به‌طور کلی، دستگاه طراحی شده توانایی انجام دیالیز به روش‌های NPĐ، CCPD، CAPD، PD Plus و AUTORUN را دارد و می‌تواند حداکثر چهار چرخه عمل دیالیز را به همراه یک مرحله پیش‌تخلیه انجام دهد. هر چرخه کامل عمل دیالیز شامل سه مرحله تزریق، توقف و تخلیه است. زمان‌سنج درون دستگاه، زمان توقف مایع در حفره صفاق را اندازه‌گیری می‌کند و در نهایت مسیر مایع دیالیز خروجی را باز کرده تا مایع دیالیز از حفره صفاق به کیسه تخلیه وارد شود. وجود ست‌های یکبار مصرف و مایع دیالیز صفافی، فیلم‌های آموزشی دیالیز صفافی برای بیماران، امکان عمل جراحی نصب کاتتر همراه با رعایت کامل

تخلیه به‌وسیله قیچی‌های مخصوص که نقش کلمپ را بر عهده دارند می‌بندد تا مایع دیالیز داخل کیسه، وارد حفره صفاق شود و در هنگام تخلیه نیز بر عکس مسیر تجویز را با کلمپ دستی مسدود کرده و مسیر خروجی به کیسه تخلیه را باز می‌کند و پس از تخلیه، ست یکبار مصرف را دور می‌اندازد. با توجه به اینکه دست بیمار، سر کاتتر و وسایل مرتبط کار در انجام هر عمل دیالیز باید ضد عفونی شوند، تکرار ۴ بار دیالیز در شبانه‌روز کار دشواری خواهد بود. اما با استفاده از CCPD مرحله ضد عفونی دست و وسایل جانبی دیالیز فقط دوبار (یکبار هنگام خوابیدن و وصل شدن به دستگاه و دیگری هنگام بیدار شدن) انجام می‌گیرد. از دیگر ویژگی‌های مهم انجام مکانیزه عمل دیالیز این است که بیمار می‌تواند به راحتی در هنگام خواب و استراحت دیالیز شود. بنابراین در طول روز (هنگام فعالیت و کار) صفاق بیمار خالی بوده و بیمار مجبور نیست دو لیتر مایع را با خود حمل کند. مزایای ذکر شده برتری کامل این روش نسبت به روش دستی را نشان می‌دهد.

با بررسی نمونه دستگاه با کاتالوگ‌های مربوط به دستگاه‌های موجود خارجی که عملکرد آنها بر اساس نیروی جاذبه زمین است و همچنین بررسی محدودیت قطعات مورد نیاز در بازار ایران، نمونه‌ای با ساختار مشابه دستگاه‌های شرکت سلکترا^{۱۹} طراحی و ساخته شد. در این طراحی سعی شده است که برخی از امکانات دستگاه‌های دیگر مشابه مدل فرزنوس^{۲۰}، در دستگاه طراحی شده در نظر گرفته شود. به‌عنوان مثال در دستگاه سلکترا، وزن مایع ورودی دیالیز سنجیده نمی‌شود، زیرا بسته‌های مایع دیالیز در وزن‌های متنوع در کشورهای تولیدکننده دستگاه وجود دارد. اما در ایران بسته‌های مایع دیالیز فقط در یک وزن تولید می‌شوند، بنابراین به حضور یک حسگر برای اندازه‌گیری وزن مایع ورودی نیاز است. همچنین در دستگاه‌های مدل فرزنوس، ست یکبار مصرف آن دارای یک کیسه اضافی است که روی کفه‌ای مشتمل بر حسگر وزن و گرم‌کننده قرار دارد. به این ترتیب مایع ورودی به بدن بیمار، گرم شده و مقدار حجم تزریقی آن کنترل می‌شود.

¹⁹ Selectra®²⁰ Fresenius®

بهداشت سبب توسعه این نوع دیالیز در ایران شده است. دستگاه ساخته شده را می‌توان در منزل و بیمارستان استفاده کرد و پارامترهای چرخه‌های دیالیز را از طریق صفحه کلید تنظیم نمود یا از پارامترهای پیش‌فرض استفاده کرد. ولی می‌توان برای بیمارانی که می‌خواهند از این دستگاه در منزل استفاده کنند دستگاه را بسیار ساده‌تر ساخت و پارامترها را برای هر بیمار خاص برنامه‌ریزی کرد تا بیمار با فشار دادن چند کلید عمل دیالیز را انجام دهد.

۱۳- سپاسگزاری

نویسنده لازم می‌داند از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران به دلیل پشتیبانی مالی این طرح سپاسگزاری کند. به علاوه، از شرکت سرم‌سازی ثامن، آقای مهندس کوروش کاکی خانقاهی و سرکار خانم دکتر هانیه نیرومند اسکویی به دلیل همکاری مؤثر در ساخت نمونه مهندسی تشکر می‌شود.

مراجع

- [1] Charles Moin, Practical use of peritoneal dialysis, In: John F. Maher, editor, Replacement of renal function by dialysis; Kluwer Academic Publishers, 1989, pp. 537-551.
- [۲] گاج، استونر، کورئا؛ ترجمه: مزگان صیرفی، اصول همودیالیز، انتشارات کورش، تهران، ۱۳۷۵، ص ۲۷۶.
- [3] Daugirdas J.T., Peter G. Blake, Todd S. Ing, Hand book of dialysis, 3rd edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, 2001: 281-308.
- [4] Harris D., Graham Elder, Lukas Kairaitis, Gopala Rangan (eds.), Basic clinical dialysis, McGraw-Hill Companies, Australia, 2005: 165-201.
- [5] IEC 60601-2-39, Particular requirements for the safety of peritoneal dialysis equipment, Medical electrical equipment, part 2-39, 1st edition, International Electrotechnical Commission, 2003.
- [۶] غازانشاهی نسرين، طراحی و ساخت دستگاه دیالیز صفاقی، یازدهمین کنفرانس مهندسی پزشکی، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۳.
- [۷] رحمانی لیلا، دیالیز صفاقی، انتشارات جامعه، تهران، ۱۳۷۷، صص ۳۹-۴۲.
- [۸] غازانشاهی نسرين، گزارش پروژه ساخت دستگاه صفاقی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، ۱۳۸۲.