

透析膜の滅菌法および物理化学的構造が溶質の透過特性に及ぼす影響

赤阪, 郁弥 / AKASAKA, Fumiya

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

57

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

2

(発行年 / Year)

2016-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00013381>

透析膜の滅菌法および物理化学的構造が 溶質の透過特性に及ぼす影響

INFLUENCE OF THE STERILIZATION AND PHYSICO-CHEMICAL STRUCTURE OF THE DIALYSIS
MEMBRANE ON PERFORMANCES OF SOLUTE TRANSPORT

赤坂郁弥

Fumiya AKASAKA

指導教員 山下明泰

法政大学大学院理工学研究科応用化学専攻修士課程

In this study, four different dialyzers with the same polysulfone (PS) membrane sterilized with autoclave (AC), γ -ray using ether no additives (γ^-) or an additive (γ^+), and no sterilization (NS) were investigated for solute transport performance. Pores of the membrane may have been enlarged by steam of the high temperature and pressure in the AC and shrunk by crosslinking the second component polyvinylpyrrolidone (PVP) in PS in the γ^- sterilization. In addition, four other dialyzers which have different physicochemical structures were evaluated in terms of solute transport from the inside to the outside and its opposite. As for the two kinds of cellulose triacetate (CTA) membranes were compared under the same conditions, and there found a great difference in solute transport.

Key Words : sterilization, γ -ray, autoclave, membrane structure

1. 緒言

慢性透析患者は排尿できないことにより、体内に老廃物（尿毒素）が蓄積する。尿毒素を除去するため、人工腎臓（以下、ダイアライザ）などを用いて治療する。日本の慢性透析患者数は2014年末現在320,448人となり¹⁾、このうち90%以上の患者がダイアライザによる血液透析治療を受けている²⁾。

ダイアライザは治療時に血液と接触するため、工場出荷時に十分な滅菌を行う必要があるが、滅菌により物理的、機械的性質が変化して溶質除去性能に影響があるとされる。本研究では種々の滅菌が行われたダイアライザを用いて、膜の内側から外側だけでなく、外側から内側への溶質透過性能を評価した。また、膜素材の異なるもの、膜素材は同じだが膜構造の異なるものについても溶質透過性能を評価した。

2. 実験方法

試験溶液はpH 7.4の緩衝溶液2000 mLに対してアルブミン4.84 g溶解した。この試験液をホットスターラーで加温（37°C一定）しながら攪拌した。試験液（疑似血液）流量 $Q_B=200$ mL/min、濾過流量 $Q_F=10$ mL/minで限外濾過実験を行った（Figs.1~2）。実験中はダイアライザ試験液入口 C_{Bi} 、出口 C_{Bo} 及び限外濾液 C_{Fi} の3点から経時的にサンプルを採取し、紫外可視分光光度計を用いて吸光度を測定した。

滅菌法別実験で使用したダイアライザは川澄化学工業社製RENAK PS-1.6（高圧蒸気滅菌、以下AC）、同モデルの未滅菌品（以下NS）、添加剤を加えてまたは加えずに γ 線滅菌した試作モデル（以下 γ^+ または γ^- ）である。

膜素材別実験で使用したダイアライザは川澄化学工業社製RENAK PS-1.6（PS膜、以下RENAK）、日機装社製FDX-150GW（PEPA膜、以下FDX）、ニプロ社製FB-150U β eco（CTA膜、以下FB）、FIX-150Seco（ATA膜、以下FIX）である。

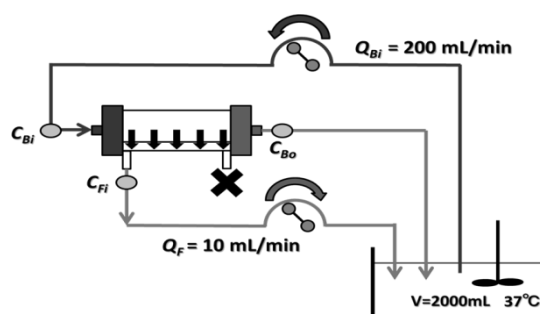


Fig.1 実験回路（内外濾過）

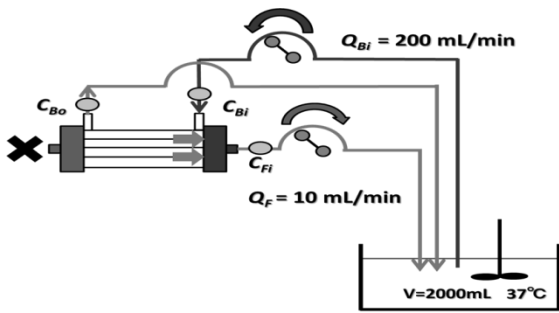


Fig.2 実験回路 (外内濾過)

3. 結果及び考察

Figs.3~4 に内外濾過、外内濾過におけるアルブミンの篩係数 (以下、 $s.c._4$) の経時変化を示した。 $s.c._4$ は 0~1 の範囲で表され、1 に近い程溶質が膜を透過しやすく、0 に近い程溶質が膜を透過しにくいことを表す³⁾。

Fig.3 よりインタクトな細孔径 (ポアサイズ) を反映している 5 分目のピークで滅菌法を比較すると、 $AC > \gamma+ > NS > \gamma-$ となった。 AC では高温高压の蒸気によって細孔が拡大した可能性がある。 $\gamma-$ は γ 線により PVP 同士または PVP と PS との間に生じる架橋によってポアが狭小化した可能性がある。

Fig.4 より外内濾過においても滅菌法で比較すると同様の傾向を示したが、濾過方向で比較するとおよそ 5 倍、外内濾過の篩係数が高値を示した。PS 膜は膜の内側から外側へ細孔が広がるグラジエント構造である。そのため $s.c._4$ に影響があらわれた。

Fig.5 には外内濾過 $s.c._4$ (Fig.4) の内外濾過 $s.c._4$ (Fig.3) に対する比の経時変化を示した。RENAK は PS 膜であり前述したグラジエント構造のため、外内濾過で高値をとったと考えられる。FDX は PEPA 膜であり、中空糸の内側と外側に緻密層を持つ、対称グラジエント構造である。しかし、内側の緻密層と外側の緻密層とでは細孔径が異なるため、RENAK 程ではないが $s.c._4$ に差異が見られた。FB は CTA 膜で内側と外側でポアサイズが同じ均一構造を有する。このため、内外濾過と外内濾過における $s.c._4$ に変化が見られなかったものと考えられる。しかし同じ CTA 膜でもグラジエント構造を有する FIX では、外内濾過でやや高い値をとった。

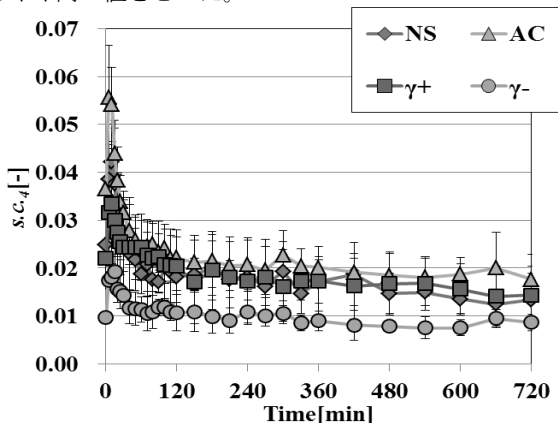


Fig.3 内外濾過 $s.c._4$ の経時変化

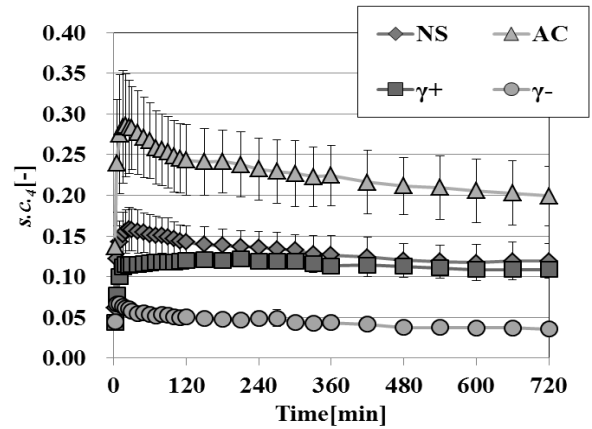


Fig.4 外内濾過 $s.c._4$ の経時変化

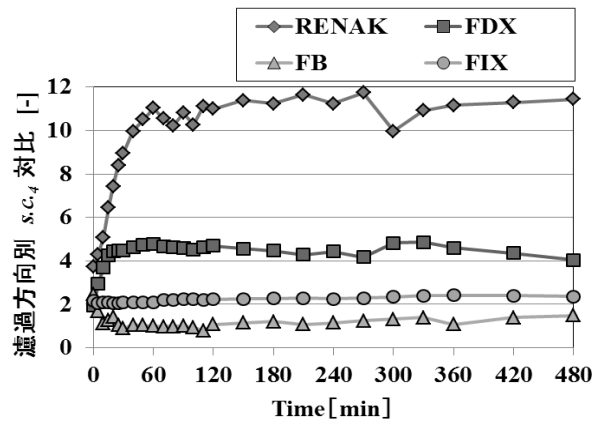


Fig.5 外内濾過 $s.c._4$ の内外濾過 $s.c._4$ に対する比の経時変化

4. 結論

AC では細孔が拡大し、 $\gamma-$ では γ 線により高分子の架橋が進行し、ポアが狭小化した可能性がある。また、滅菌は膜の表面だけでなく、その内部にまで影響があることが示唆された。

同じ CTA 膜であっても、構造が異なる場合には、外内方向と内外方向で透過性に差異があらわれた。

参考文献

- 1) (社) 日本透析医学会：図説 わが国の慢性透析療法の実況 (2014 年 12 月現在), p3, 2015
- 2) 山下明泰：血液透析・血液濾過の原理 —分子拡散と限外濾過—Clinical Engineering **19**(4): pp353-358,2008
- 3) 太田和夫・阿岸鉄三・大坪修・岸本武利・酒井清考・前田憲志：ダイアライザ性能評価基準, p3~4, 日本人工臓器学会, 1982