

維持透析用人工腎臓の膜面積と装置性能との関係

相澤, 雄祐 / AIZAWA, Yusuke

(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/10.15002/00013380>

維持透析用人工腎臓の膜面積と装置性能との関係

RELATIONSHIP BETWEEN THE MEMBRANE SURFACE AREA AND DEVICE PERFORMANCE IN THE ARTIFICIAL KIDNEY FOR MEINTENANCE DIALYSIS

相澤雄祐

Yusuke AIZAWA

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

If the same membrane is provided, generally the larger the membrane surface area, the higher the solute removal performance should be achieved. However, the solute removal performance per unit membrane surface area may decrease as the membrane surface area becomes larger. In this study, the influence of the membrane surface area and other design factors on the total device performance was evaluated. Total of 17 dialyzers of 3 commercial brands, varying the membrane surface area were investigated. The overall mass transfer-area coefficient (KoA) per arithmetically calculated area (A_0) was calculated for evaluation (KoA/A_0). The solute removal performance of the dialyzer increases with the blood and/or the dialysis fluid flow rates, as well as A_0 ; however, a design factor particularly the packing density of hollow fiber plays an important role for the effective use of A_0 .

Key Words : packing density of hollow fiber (PDF), overall mass transfer-area coefficient (KoA),

1. 緒言

腎機能が低下し、慢性的に治療が必要な状態を慢性腎不全という。腎不全になると排尿ができず、老廃物が体内に蓄積するため、人工腎臓（以下、ダイアライザ）などを用いて体内の老廃物を除去する。ダイアライザの研究は臨床的な検討が多く、溶質除去特性などに関する基礎的な検討は余り多くない。

ダイアライザには中空の半透膜がおよそ 10000 本束ねられており、同一の膜であれば一般に膜面積の大きいものほど溶質除去性能に優れる。しかし、膜面積が大きくなるにつれて中空糸 1 本当たりの透析効率は低下する。本研究では種々のダイアライザを用いて治療を模した 2 種類の検討を行い、設計因子が装置性能に与える影響を評価した。

2. 実験方法

クレアチニン(分子量 113)、ビタミン B₁₂(分子量 1355) はイオン交換水に溶解した。キモトリブシン(分子量 25000) は pH7.4 のリン酸緩衝溶液に溶解した。

実験 1 では、試験液流量 $Q_B = 100, 200, 300, 400$ mL/min、透析液流量 $Q_D = 350, 500, 650$ mL/min、限外濾過流量 $Q_F = 0$ mL/min、補充液流量 $Q_S = 0$ mL/min で透析実験を行

った。

実験 2 では、 $Q_B = 200$ mL/min、 $Q_D = 500$ mL/min、 $Q_F = 200, 250$ mL/min、 $Q_S = 200, 250$ mL/min で透析濾過実験を行った (Fig.1)。実験中、ダイアライザ試験液入口 C_{Bi} 、出口 C_{Bo} 及び透析液出口 C_{Do} の 3 点でサンプルを採取し、紫外可視分光光度計で吸光度を測定した。

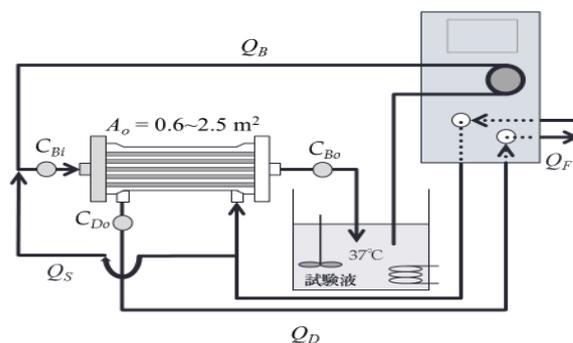


Fig.1 実験回路

使用したダイアライザはフレゼニウス社製 FX シリーズ(膜面積: 0.6, 1.0, 1.4, 1.8, 2.2 m²) の 5 種類、FX-CorDix シリーズ(膜面積: 0.6, 1.0, 1.4, 1.8, 2.2, 2.5 m²) の 6 種類、日機装社製 FDY シリーズ(膜面積: 1.0, 1.2, 1.5, 1.8, 2.1, 2.5 m²) の 6 種類、計 17 種類である。

実験データは、医学的装置性能指標であるクリアランス C_{LB} 、これより算出される工学的指標である総括物質移動係数 K_o および有効膜面積 A の積を公称膜面積 A_0 で除した $K_o A/A_0$ ¹⁾ で評価した。総ての中空糸が物質移動に貢献していれば、 $A/A_0=1$ となる。

3. 結果及び考察

(1) 実験 1 (透析実験)

Fig.2 に FDY におけるクレアチニンの $K_o A/A_0$ と A_0 の関係を示す。同一膜で膜面積が異なるだけなので、 K_o は一定になることが期待される。しかし、膜面積の増加とともに $K_o A/A_0$ は減少し、1.0 から 2.5 m^2 の範囲でおよそ半減した。これは、 A_0 の増加とともに中空糸本数が増加するため、透析液がダイアライザの中心に分配されにくくなることで生じたと考えられる。他のダイアライザや溶質においても同様の傾向が見られた。

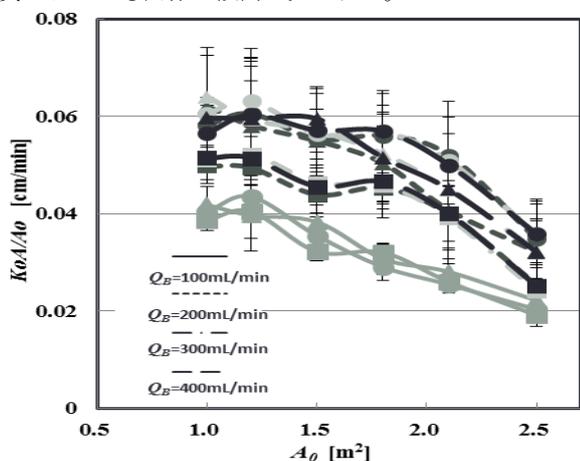


Fig.2 FDY におけるクレアチニンの $K_o A/A_0$ と A_0 の関係 (関係 $Q_D=350$ mL/min、 Δ : $Q_D=500$ mL/min、 \circ $Q_D=650$ mL/min)

Fig.3 に FX におけるビタミン B₁₂ の $K_o A/A_0$ と中空糸充填率 (PDF) の関係を示す。

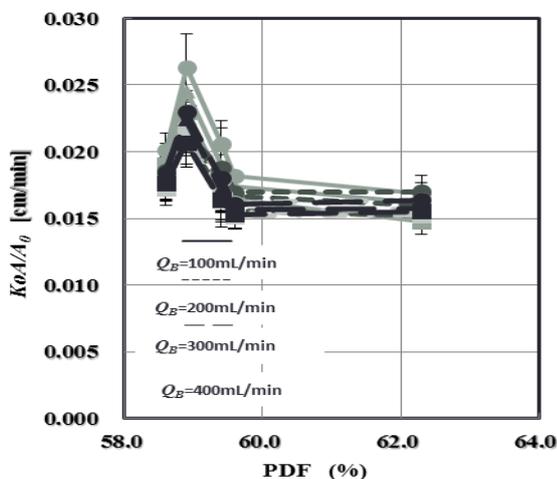


Fig.3 FX におけるビタミン B₁₂ の $K_o A/A_0$ と PDF の関係 (関係 $Q_D=350$ mL/min、 Δ : $Q_D=500$ mL/min、 \circ $Q_D=650$ mL/min)

PDF = 59 % 付近で $K_o A/A_0$ はピークを取っている。これより FX では PDF = 59 % 付近でダイアライザを設計すると良いことが分かった。ただし、最適な PDF は各ダイアライザにより異なった。

(2) 実験 2 (透析濾過実験)

Fig.4 に各溶質における C_{LB} と A_0 の関係を示す。 A_0 の増加とともに C_{LB} は増加したが、クレアチニンやビタミン B₁₂ では Q_F の増加とともに C_{LB} が減少した。これは、ダイアライザに入る正味の透析液流量が減少するためである。キモトリプシンにおいても濾過による明瞭な除去効果は見られなかったが、一部にその傾向は認められた。

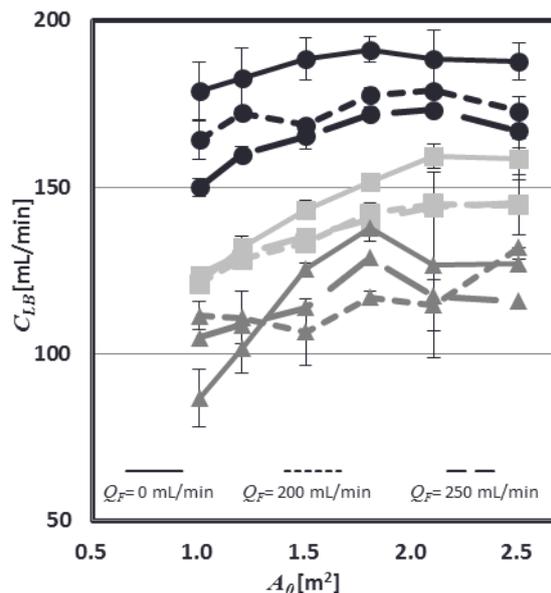


Fig.4 FDY における各試薬の C_{LB} と A_0 の関係 (関係クレアチニン、 \square レビタミン B₁₂、 Δ :キモトリプシン)

4. 結論

膜面積の増加とともに、有効に使われる膜面積が減少することがわかった。中空糸充填率²⁾が特定の値で、装置性能は最大値をとることが分かった (FDY 50%、FX 59%、FX-CorDiAx 56%)。透析濾過では、小さな溶質では Q_F の増加とともに C_{LB} が減少した。また、濾過による明らかな除去効果は見られなかったが、一部にその傾向は認められた。

参考文献

- 1) Brenner BM, Rector FC ed: The kidney II, p.2455, Saunders WB Co., Phila, 1981.
- 2) Noda I, Gryte CC: Mass transfer in regular arrays of hollow fibers in countercurrent dialysis, *AIChE J*, **25**, 113-122, 1979.