

小型人工透析システムのためのローラポンプにおける シェルの形状が流量に与える影響の調査

○小松 寿輝, 松尾 真心子 (大分大学大学院工学研究科), 菊池 武士 (大分大学理工学部),
丹下 佳洋, 友 雅司 (大分大学医学部)

講演番号: 3A4-03

研究背景

人工透析は腎機能低下に伴い、余分な水分や老廃物を除去する治療のことである。
血液透析では患者の血液をローラポンプで体の外に取り出し、ダイアライザで老廃物や余分な水分を透析液に除去して再び患者の体内にきれいな血液を戻している。

一般的な血液透析治療では平均して週に3回、1回3～5時間の頻繁な治療で、
加えて長期間の通院が必要であるため、
患者のQOLの低下が考えられる。

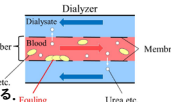
患者のQOLの向上が見込める**長時間の連続治療**が可能な**装着型人工腎臓**の開発が進められている。

[1] Leigh-Ann Topfer, Wearable artificial kidneys for end-stage kidney disease, CADTH issues in emerging health technologies, pp5, 2017

装着型人工腎臓の懸念点

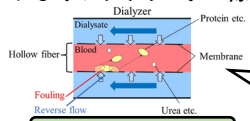
低流量かつ長時間の連続治療であるため、ダイアライザ内で**ファウリング現象** (膜の目詰まり) が発生すると、透析効率が著しく低下する。
→透析効率を改善できる機能が必要である。

ファウリング現象は血液中の中で、比較的分子量の大きいタンパク質などが中空糸膜の表面に付着することである。



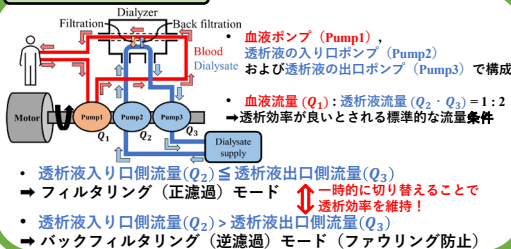
研究目的

本研究の目的として、透析液から血液への**逆濾過流**によりファウリングの除去を図る。

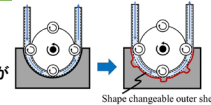


一時的に透析液から血液への**逆濾過流**を起こすことにより**ファウリング**を除去
→透析効率の改善

提案する透析システム



よりコンパクトな機構を実現するため、3つのポンプそれぞれで流量差を生み出すことを目的として、ローラポンプにおけるシェルの形状を制御することで流量の調整が可能なシステムの構築を目指す。

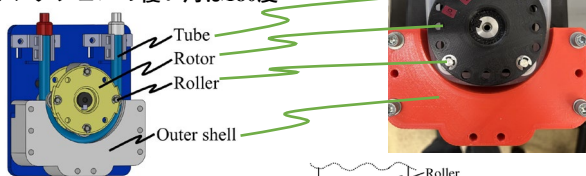


実験方法

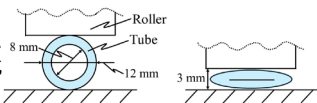
シェルの一部に溝 (gutter) を設けることで流量の変化が見られないか調査する。

ローラポンプの条件

- チューブの寸法は外径12 mm, 内径8 mm
- ローラの外形は20 mm
- ローラ数は4個
- ポンプシェルの覆い角は180度

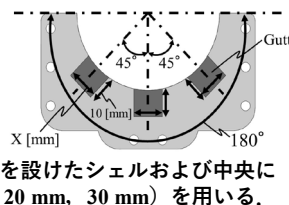


ローラによってチューブが完全に押しつぶされたときに流量が変化することが確認できた。



ポンプシェルの製作条件

- シェルは、幅X [mm], 高さ10 mmの溝 (gutter) を45度間隔で3箇所設けた。
- 3箇所の溝にはスペーサを挟むことでX = 0, 10, 20, 30 mmの溝を実現できる。
- 測定条件として、溝のないシェル、3箇所に溝を設けたシェルおよび中央1箇所溝を設けたシェル (X = 0 mm, 10 mm, 20 mm, 30 mm) を用いる。



A gutter in the center

X = 10 [mm]

X = 20 [mm]

X = 30 [mm]

3 gutters

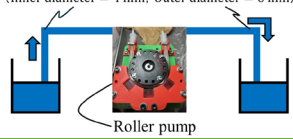
X = 10 [mm]

X = 20 [mm]

X = 30 [mm]

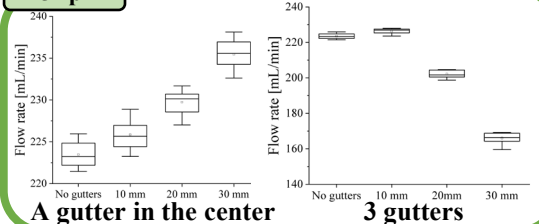
水温20℃の水を回転速度25, 50 [rpm]で各条件10回ずつ流量[mL/min]を計測

Urethane tube (Inner diameter = 4 mm, Outer diameter = 6 mm)

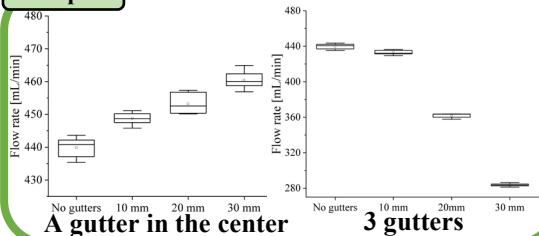


結果と考察

25 rpm



50 rpm



3箇所に溝あり

溝幅が大きいくほど流量が減少した。

→シェルの領域にあるすべてのローラが溝部に同時に対面する瞬間があり、その際にチューブ出口から入り口までの流路が通じることで逆流が生じた可能性がある。

中央1箇所のみ溝あり

溝幅が大きいくほど流量が増加した。

→ローラがチューブ内面を完全に押しつぶしている箇所が常に1つは存在している。そのため、逆流がなかったか、もしくは少なかったと考える。

結論

透析用途においては、ローラポンプの流れの安定性や流量の確立が重要である。これを前提に**中央1箇所のみ溝**を設けるシンプルなシェルとその溝部の形状の制御を行うことは流量を効果的に調整できる可能性が示された。

