

LDV および PIV を用いた中空糸型血液透析器内部の流れの可視化

○鈴木哲治・佐藤敏夫・竹内真一・川島徳道・阿岸鉄三*

桐蔭横浜大学工学部、*板橋中央総合病院血液浄化療法センター

T. Suzuki, T. Sato, S. Takeuchi, N. Kawashima and T. Agishi*

Dept. of Biomedical Engineering, Toin University of Yokohama

*Blood Purification Center, Itabashi Chuoh General Hospital

1. まえがき

1960年代末に現在の中空糸型透析器が市場に現れた際には、コイル型・積層型と比べて、手のひらに乗る程度の大きさの透析器で十分な透析ができると期待されていたが、現実には約40年あまり経過した現在でも、中空糸型透析器の透析膜面積は約10,000cm²、直径3.5~4.0cm、長さ28.0cm程度の大きさが必要である。本研究では、中空糸型透析器の透析効率を、当初期待されたほど改善されない原因の一つとして、中空糸束を灌流する透析液の流れの偏り（チャネリング）について検討した。

2. 透析器内部の流れの可視化

透析器内部の中空糸束の位置によって、クリアランスに違いが生じることは既に報告されている¹⁾。我々は、中空糸束を灌流する透析液の流れの偏り（チャネリング）がこの原因の一つであると考え、LDV (Laser Doppler Velocimetry) と PIV (Particle Imaging Velocimetry) を用いて、透析器内部を流れる透析液の流れの可視化について検討した。

今回の実験では、透析液の流入出口に設けられているバケルが流れに与える影響を可視化する目的で、市販のダイアライザ[®]（トレスホン BS-16UL、TORAY）から中空糸を取り除いた空のダイアライザ[®]を用意し、その中に擬似透析液として水道水を人工心臓ポンプ（HAD-100、MERA）を使って循環させた。その際の循環流量は500ml/minとした。また、レーザー光を反射するトレーサとして、粒子径30μmのナイロン製粒子を濃度20mg/lで混入した。

まず、LDVによる透析器内部の流速分布の測定を行った。測定ポイントは、ダイアライザ[®]長手方向の中央を基準とし、そこから上下に35、85、115mmの計6ポイントを測定した。また、各ポイントでそれぞれ半径方向の中央部分と壁側部分の流速も測定した。得られた測定結果をFig.1に示す。この結果を見ると、バケルの影響で流入出口付近で大きく流速が変化していることがわかる。また、その影響で流入出口から離れた部分においても流れに偏

りが生じていることも確認できた。

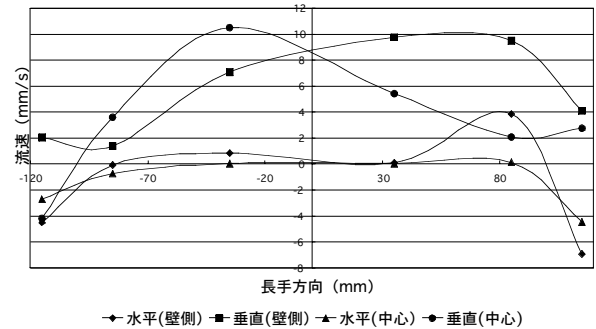
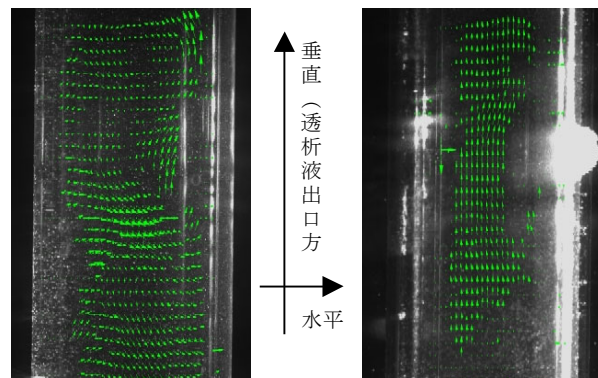


Fig.1 透析器内部の流速分布

次に、同じ測定条件でPIVによる流速ベクトル分布の測定を行った。PIVによる測定では、レーザーシートによりダイアライザ[®]の長手方向に沿った断面を照射し、その画像を高速ビデオカメラで撮影した。得られた流速ベクトル分布の測定結果をFig.2に示す。この結果を見ると、ダイアライザ[®]の中心部分では、バケルによる影響で擬似透析液の流れが旋回している一方、壁側部分ではほぼ層流で流れていることが確認でき、これが中空糸束の位置でクリアランスが異なっている原因の一つであると推定できた。



(a) 中心部分

(b) 壁側部分

Fig.2 透析器内部の流速ベクトル分布

3. 参考文献

- 1) 阿岸鉄三：中空糸型血液透析器の構造上の問題、Clinical Engineering, Vol.13, No.4, pp.332-