

## 高設定流量を確保できる留置針の最適形状の提案を目的とした数値流体力学解析の試み

桐蔭横浜大学大学院工学研究科医用工学専攻

島崎 直也, 中根 紀章, 山内 忍, 本橋 由香, 佐藤 敏夫, 阿岸 鉄三

Naoya SHIMAZAKI, Noriaki NAKANE, Shinobu YAMAUCHI, Yuka MOTOHASHI, Toshio SATO, Tetsuzo AGISHI

### 1. 目的

透析療法において、頻回の穿刺によるバスキュラーアクセス (VA) の荒廃を防ぐとともに、穿刺痛を軽減し、良好なVA機能を維持しながら効率の良い透析治療を継続するためには、より細径の留置針の使用が望ましいとされている。我々は、細径でも設定流量に見合った実流量を確保できる留置針の開発を目的に、側孔の各種設計パラメータが留置針の脱血特性に及ぼす影響について、数値流体力学 (computational fluid dynamics, CFD) 解析に基づく理論的な検討を試みた。

### 2. 方法

初めに水系における17G留置針に対する基本的なCFD解析手法の確立を目的として、側孔のない単純な構造の解析モデル (17 G有効長30 mm側孔なし留置針) に対してCFD解析を実施した。内径12 mmの血管に側孔なし留置針を留置した解析モデルを作成し、解析条件として、血管内には水 (密度 $\rho = 997 \text{ kg/m}^3$ , 粘性率 $\mu = 0.89 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ , 温度 $25^\circ\text{C}$ ) を流量 $700 \text{ ml/min}$ で流入させ、血管流出口には平均静圧 $0 \text{ Pa}$ を設定した。モデルの針基部には、解析条件と同じ条件で実測した吸引圧を設定した。実験で使用したダイアライザや血液回路によって生じる圧力損失を解析で考慮するために、モデルの針基部に流体抵抗モデルを導入し、そのモデルを定義するために必要な透水係数と圧力損失係数を実験から求め、CFD解析を実施した。解析の有効性を検証するために、吸引圧と同時に実流量も測定し、CFD解析によって得られた解析流量と比較した。また、留置針先端に側孔を有する留置針に対しても、側孔なし留置針に対する解析で設定した吸引圧と流体抵抗モデルを使用

し、CFD解析を実施した。

### 3. 結果

側孔なし留置針に対する解析結果は、モデルの針基部に吸引圧と流体抵抗を設定することで実験結果とほぼ一致した。同様に、側孔あり留置針に対する解析結果も実験結果とほぼ一致し、側孔なし留置針の解析結果と比較したところ、側孔ありの方が側孔なしより確保できる解析流量が少なくなった。この結果より、側孔を設けたことでかえって確保できる実流量が少なくなった実験結果を理論的に説明することができた。また、水系における一連の解析手法の応用例として、血液と同等の粘度を有する模擬血液を使用した解析も実施した。その結果、側孔なしと側孔ありのいずれの場合においても解析結果と実験結果がよく一致し、血液の粘度を考慮したCFD解析でも留置針の脱血特性を精度よく解析することが可能となった。

### 4. まとめ

実測した側孔なし留置針の吸引圧と流体抵抗モデルを解析条件として設定することで、解析結果と実験結果が精度よく一致した。したがって、側孔なし留置針に対するCFD解析によって確立した解析手法を用いることで、側孔の数と配置位置の違いが留置針の脱血特性に及ぼす影響を理論的に検討できる可能性が示唆された。

### 5. 独創性

今回の検討では解析結果と実験結果を一致させるために、針基部の吸引圧に加えて、流体抵抗モデルを導入する新しい方法を提案した点や、適切に側孔を設けないと側孔を設けたことでかえって確保できる実流量が少なくなったという実験結果を、理論的に説明できた点に独創性がある。

#### ■ 著者連絡先

桐蔭横浜大学大学院工学研究科医用工学専攻  
(〒225-8503 神奈川県横浜市青葉区鉄町1614)  
E-mail. toshio\_yuta0518@toin.ac.jp

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。