

## 腹膜透析を模倣した新規血液浄化装置の検討

法政大学大学院理工学研究科

大坪 佑生, 井戸田 直和, 山下 明泰

Yuki OTSUBO, Naokazu IDOTA, Akihiro C. YAMASHITA

### 1. 目的

当研究室では、透析患者の quality of life (QOL) の向上や災害時にも施行可能な治療の実施を目指し、ゲルに活性炭や酵素を包埋したデバイス、分離膜と膜以外の素材を組み合わせた携行可能な血液浄化システムなどの研究を行ってきた。本研究では、腹膜透析を模倣した完全人工システムの開発を目指した。経年劣化が著しい腹膜の代替として、ダイアライザ内の人工膜を使用し、長期間治療可能なシステムのミニデバイスを試作した。

### 2. 方法

連続携行式腹膜透析法 (CAPD) の解析より、連続治療に必要な装置性能を設定し、ミニプロトタイプモデルを設計した。ダイアライザから取り出した中空糸膜 (400~500本) の両端をウレタン接着剤で固定し、10 ml シリンジの上端部分と接着することでヘッダー部分を作製した。中空糸部分を軟質性ポリ塩化ビニルの袋で覆い、透析液を充填する袋部を形成することで、携行可能なミニプロトタイプモデルを作製した。作製したモデルの膜として、FDY-21〔日機装(株)〕の中空糸膜を用いた場合をモデル1、MFX-21Seco〔ニプロ(株)〕を用いた場合をモデル2とした。本研究で作製したミニプロトタイプモデルでは、ダイアライザのハウジングの役割を軟質性プラスチックの袋が担っているため、圧力がかかると除水が生じて膨張する。したがって、この除水量をコントロールするために、2枚の金属板でミニプロトタイプモデルを挟んだ。

試験液容積 600 ml, 試験液流量 12 ml/min, 充填透析液量 60 ml/回の水系循環実験を行った。試験溶質にはクレアチニンおよびビタミン B<sub>12</sub> を用い、試験液と透析液の濃

度が平衡に達するまでの時間を測定した。また、ミニプロトタイプモデルを挟む除水制御板の間隔を変更し、実験中の透析液量の変化を電子天秤で測定することで除水量の制御が可能かを検証した。

### 3. 結果

試験溶質がクレアチニンの場合、モデル1ではおよそ5時間、モデル2ではおよそ3時間で、試験溶液と透析液の濃度が平衡に達した。臨床のCAPDでは、小分子溶質の場合、透析液貯留6時間までに血中濃度と透析液の濃度はほぼ平衡に達するので、本実験結果は臨床における濃度の経時変化曲線をほぼ再現できたといえる。このシステムをスケールアップすることで、1日4回透析液を交換する新しい血液浄化システムを構築できる可能性が示唆された。一方で、試験溶質にビタミン B<sub>12</sub> を用いた場合、使用する透析膜の透過性能によって、平衡に達するまでの時間が最大2時間程度異なった。物質収支式の数値解を実験データにフィットさせる方法で、デバイスの総括物質移動膜面積係数 ( $K_oA$ ) を算出し、これを臨床のCAPDと比較したところ、クレアチニンをベースにすると4~7倍のスケールアップが必要であることがわかった。

また、除水量は除水制御板間隔に対して、使用した膜素材や試験溶質に関係なく、ほぼ直線的に変化することがわかった。本研究における水分の移動は、現時点では静水圧差であり、体液と透析液の浸透圧差で除水を行うCAPDとは異なる。今後、浸透圧と静水圧差を組み合わせることで、除水量をより自由に制御できる可能性がある。

### 4. まとめ

CAPDを模倣した血液浄化システムをミニプロトタイプモデルで検証し、適切な溶質除去効率の実現および除水量の制御に成功した。

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。

#### ■ 著者連絡先

法政大学大学院理工学研究科

(〒184-8584 東京都小金井市梶野町3-7-2)

E-mail: yama@hosei.ac.jp