

日
時

2024年5月26日(日)
12:35~13:35

理想の 持続緩徐式血液濾過器とは ～「設計工学」と「実臨床」の両面から～

会
場

第4会場

ウインクあいち 10F「1001」

〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅4丁目4-38

司 会

伊藤 孝史 先生

帝京大学ちば総合医療センター 第三内科

演 者

山下 明泰 先生

法政大学生命科学部 環境応用化学科

「理想的なCRRT膜とデバイスの設計について」

下村 太郎 先生

大阪赤十字病院 医療技術部 第二臨床工学技術課

「持続緩徐式血液濾過器キュアフローA[®]の特徴」

共 催

日本医工学治療学会第40回学術大会
旭化成メディカル株式会社

「理想的なCRRT膜とデバイスの設計について」

法政大学生命科学部 環境応用化学科 山下 明泰

【はじめに】 CRRT用ヘモフィルタに用いられている分離膜は、多くの場合、維持透析用に開発されたものが転用されてきた。しかし、CRRTでは分離膜もさることながら、長時間に渡って性能が低下しない性質、すなわち抗ファウリング特性が要求される点は、維持透析とは大きく異なる。本講演では、抗ファウリング特性のための工学的な工夫について考える。

【抗血栓性と抗ファウリング特性】 血液適合性のうち最も基本的な性質は抗血栓性である。流体力学的には、抗血栓性は高い壁剪断速度によって担保される。このためには中空糸内径の狭小化および中空糸有効長の長尺化が有効である。しかし、濾過(正方向・逆方向)がかかる系では、流れ方向に血流量が変化するため、装置全体に渡って一律に高い壁剪断速度を保持することは難しい。抗血栓性と抗ファウリング特性には、ヘッダー(ウレタン)部の鏡面化、中空糸入口部や膜表面の平滑化も大いに関与する。膜表面に関しては、ビタミンEコーティングによる抗血栓性が報告されている。また、維持透析の分野では α_1 -ミクログロブリン(α_1 -MG)の抗酸化能が注目されており、 α_1 -MG分子の「リニューアル促進のための除去」という考え方が受け入れられつつある。リコンビナント α_1 -MGの強力なラジカル消去能と同じ方向性を持つビタミンEコーティングは期待の技術である。

【デバイス形状】 膜の性能が優れていても、用途に応じたデバイス(外筒)の形状がなければ、高いデバイス性能を担保することはできない。すなわち、膜は膜で、外筒は外筒で別々に作ったのでは意味がなく、膜性能を最大限に発揮するデバイス形状を検討する必要がある。その場合、中空糸有効長 L 、外筒直径 D 、中空糸内径 d 、中空糸本数 n の4因子に、中空糸充填率(PDF)を加えた5因子が重要である。特に、同一中空糸を用いて最適化を行う場合 $PDF \propto n/D^2$ であるため、 L/D および n/D^2 の2因子で内部濾過流量、すなわち溶質除去性能の最大化が可能である。

【おわりに】 CRRTでの除去ターゲット物質は、炎症性のサイトカインやメディエータであるため、サイズセレクトィビティだけでなく、吸着を含めた総合的な膜特性が要求される。経済的な問題(健康保険の適用)を考慮しつつ、新しい技術を取り込みながら、新しい枠組みへの変革が待たれる。

「持続緩徐式血液濾過器キュアフローAの特徴」

大阪赤十字病院 医療技術部 第二臨床工学技術課 下村 太郎

集中治療室における血液浄化は、持続的腎代替療法(CRRT)が多く施行される。現在、本邦でCRRTに使用可能な持続緩徐式血液濾過器の膜素材は5種類あり、それぞれの特徴に応じた使い分けが行われる場合がある。2022年9月に旭化成メディカル社より発売されたキュアフローAは、膜素材に透水性が高い特徴を有するポリスルホン(PS)を用いた製品である。キュアフローAは同素材を用いた従来品エクセルフローから大幅な設計変更が行われており、外観は太く短い形状から、細く長い形状に変更となった。製品改良による特長の一つ目は線速の向上である。中空糸内径を従来品の $225\mu\text{m}$ より $200\mu\text{m}$ に変更したことや、濾過器の長さ/直径比(L/D比)を大きくしたことにより、中空糸内での凝固軽減が期待できる。二つ目はヘッダー部分の血液うっ滞予防である。直径が小さくなったことに加え、ヘッダー部分を薄い構造に変更したことで外側に向かう血流が改善され、ヘッダー部分の凝固軽減が期待できる。三つ目は中空糸内の血流均一化である。外周ウレタン部の容積を減少させたことや、ヘッダー部分のOリングを排除したことで、外周部の中空糸に対して偏りなく血液が流れることが期待される。これらのことから、キュアフローAへの設計変更はライフタイム延長につながる可能性があるかと推察される。

臨床においてCRRTの濾過器に求める性能のひとつに「ライフタイムの延長」がある。安定したCRRTの施行は患者だけでなく、人的資源や医療資源にとってもメリットを有する。しかし、現在使用可能な膜素材の濾過器において、特定の製品がライフタイムの延長に有利であるという十分なエビデンスは存在しない。そこで、当院においてPS膜のキュアフローAと抗血栓性に優れた特長をもつ他の濾過器についてライフタイムに関する後ろ向き観察研究を行った。対象は当院の集中治療室でCRRTを導入して1回以上の回路交換を行った患者とし、初回と2回目の回路データのみを解析に使用した。キュアフローA群23例46回路と抗血栓性に優れた特長をもつ濾過器群32例64回路において、患者背景に有意差は認めなかったが、回路・治療条件において凝固場所へのみ有意差を認めた。主要評価項目である48時間後の回路開存率については、両群間で有意差を認めなかった。

2024.3-J-1027