

バスキュラーアクセスエコーにおける狭窄径に応じた血流速度波形の再現を目的とした自己血管内シャントモデル

*¹桐蔭横浜大学大学院工学研究科医用工学専攻, *²桐蔭横浜大学医用工学部臨床工学科,

*³新潟医療福祉大学医療技術学部臨床技術学科

細川 柚乃*¹, 奥 知子*², 本橋 由香*², 山内 忍*^{1,2}, 佐藤 敏夫*^{1,2}, 佐々木 一真*³

Yuno HOSOKAWA, Tomoko OKU, Yuka MOTOHASHI, Shinobu YAMAUCHI, Toshio SATO, Kazuma SASAKI

1. 目的

バスキュラーアクセス (VA) 血流量に近似する上腕動脈血流量 (FV) の算出には、時間平均血流速度 (TAV) が採用されている。しかし、VA狭窄が進行した際の血流速度波形にみられる切痕、逆流、拡張期血流の消失などがTAVに反映されず、FVとVA血流量が一致しない可能性が指摘されている。また、現状では狭窄径に応じて変化する血流速度波形を忠実に再現できるVAエコーシミュレータは実用化されておらず、FVの測定精度に関する定量的評価は十分に行われていない。そこで本研究では、自己血管内シャント (AVF) モデルを用いて、狭窄径に応じた血流速度波形を忠実に再現する方法について検討した。

2. 方法

側端吻合を模擬したY型コネクタ内に内径を段階的に変化した狭窄パーツを留置し、タフシロンゲル製チューブを流出静脈、シリコンチューブを流入動脈として接続したAVFモデルを作製した。循環回路内には多機能型脈動ポンプを用いて、各狭窄径に応じたFVになるようにポンプ拍出量を調整したうえで、微小気泡混合水を循環させた。血流速度波形の測定の際には、超音波診断装置のサンプルボリュームを6 mm (チューブ径に合わせて)、ステアリング角度を15度、角度補正を60度に設定した。正常AVFや軽微な狭窄時の血流速度波形としては、拡張末期血流速度と収縮期最高血流速度との差が小さく、拡張期に緩やかな流速低下を認めるような波形を再現する必要があるため、容量性血管効果をもたらすタフシロンゲル製チューブを血流

速度波形測定部の上流側に挿入した。中程度～高度狭窄、閉塞における血流速度波形は、モデル下流側に接続した300 cmのシリコンチューブの長さを調節し、容量性血管効果を調整することで、狭窄進行時の血流速度波形にみられる逆流や切痕成分、閉塞時の血流消失の再現を試みた。

3. 結果

このモデルに接続したタフシロンゲル製チューブによる容量性血管効果によって、透析患者の正常AVFや軽微な狭窄時の血流速度波形を再現することができた。また、中程度～高度狭窄、閉塞症例でみられる逆流や切痕、閉塞時の血流消失についても、モデル下流側に接続した300 cmのシリコンチューブの長さを変化させ、容量性血管効果を調整することで忠実に再現できた。拍動流の収縮期には狭窄径の小さいAVFモデルの流出静脈側よりも、AVFモデル下流側に接続したシリコンチューブ側に微小気泡混合水が流れる一方、拡張期では流入動脈側に逆流することで血流速度波形の切痕や逆流、あるいは血流消失を再現できたものと考えられる。

4. まとめ・独創性

容量性血管効果を調整する目的で、AVFモデルの血流速度波形測定部の上流側にタフシロンゲル製チューブを挿入したり、AVFモデルの下流側に接続したシリコンチューブの長さを変化させたりすることによって、透析患者の狭窄病変の様態に応じた血流速度波形を忠実に再現することができた。VAエコーシミュレータを初めて提案することができた。このシミュレータを利用することで、これまで十分に検討することができなかったTAVから算出されるFVの測定精度に関する定量的評価が実施できるようになり、FVの新しい算出方法の提案に発展するものと考えられる。

■ 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。