

神奈川工科大学

健康福祉支援開発センター

研究報告

第 21 号

2024 年度

研究推進機構

目次

- ・ Can ion exchange resins be used
for extracorporeal circulation therapy
of hyperkalemia?

折原和広 山家敏彦 松田康広

- ・ 透析穿刺における刺入深さ推定のためのレーザー測距デバイスと慣性センサの活用

大瀧保明 杉本康介 藤原夕芽

- ・ 透析穿刺における穿刺針把持の力学的特徴による技能の評価

大瀧保明

- ・ 透析用穿刺針に接着する刺入力計測装置の開発

大瀧保明 吉良直樹

高カリウム血症に対するイオン交換樹脂を用いた体外循環療法

研究者名：折原和広，山家敏彦，松田康広

背景

重度の高カリウム血症は重篤な不整脈を引き起こし、腎機能障害が生じた場合には血液透析が必要となる。しかし、血液透析には装置の制限があり、大量の水を必要とする。特に災害時には、医療施設の損傷やライフラインの寸断により血液透析が行えないため、高カリウム血症への対応はより深刻となる。本研究では、高カリウム血症に対する血液透析の代替法としてイオン交換樹脂を用いた体外循環療法を検討した。

方法

カリウムイオンの除去には吸着法を用い、陽イオン交換樹脂を充填した吸着カラムを準備した。循環方法は、同一の豚の血液サンプルを使用し、全血をカラムに通す「直接血液灌流法」と、血漿分離によって得られた血漿をカラムに通す「血漿灌流法」を検討した。これらの循環方法について循環試験を実施し、カラム入口圧の変化と電解質の変化を観察した。

結果

直接血液灌流法ではカラム入口圧が上昇し、血漿灌流法では安定していたことから、血球成分を除去してカラムに通す「濾過法」を循環方法とした。濾過法における血中電解質の変化を統計的に検討したところ、フィルター入口ではカリウムイオンの有意な減少とカルシウムイオンの有意な増加、カラム入口ではカルシウムイオンの有意な増加とカリウムイオンの有意な減少、カラム出口ではカルシウムイオンの有意な減少とカリウムイオンの有意な増加が認められた。

結論

濾過法を用いることで、高カリウム血症の豚の血液中からカリウムイオンを除去することが可能であった。本方法は、血液透析に必要な装置や設備、大量の透析液や水を用いることなくカリウムイオン濃度を低下させることができ、血液透析設備のない医療施設や災害時の高カリウム血症治療に貢献する可能性がある。

研究成果の発表

Orihara, K., Yamaka, T. & Matsuda, Y. Can ion exchange resins be used for extracorporeal circulation therapy of hyperkalemia?. Ren Replace Ther 11, 10 (2025). <https://doi.org/10.1186/s41100-025-00605-y>

透析穿刺における刺入深さ推定のための レーザー測距デバイスと慣性センサの活用

研究者名：大瀧保明，杉本康介，藤原夕芽

透析穿刺は体表から針を刺入してカニューラを血管に留置する手技である．穿刺は血管と針先の位置関係を考慮して行われるが，針の空間姿勢や刺入深さをモニタできれば，難易度の高い条件下での正確度の向上が望める．本稿では，治療場面を考慮した簡易な方式として，レーザー測距デバイスと慣性センサを穿刺針に搭載して針の刺入深さを推定する方法を提案する．計測原理，および較正方法の検討を示すとともに，模擬血管モデルへの穿刺実験において提案法の精度と許容性について述べる．

研究成果の発表

大瀧保明，杉本康介，藤原 夕芽，透析穿刺における刺入深さ推定のためのレーザー測距デバイスと慣性センサの活用，日本機械学会 2024 年度年次大会講演論文集，J162-05，2024.

透析穿刺における穿刺針把持の力学的特徴による技能の評価

研究者名：大瀧保明

穿刺針操作の把持力に見られる特徴から穿刺技能の評価を試みた。穿刺針の把持形態は標準的な臨床手技に倣い、針基部を母指と示指中節で挟んで保持するものとした。把持部に3軸の力センサを母指側、示指側に配置した。血液透析に豊富な臨床経験を有する臨床工学技士と未習熟者を被験者とし、皮膚血管モデルに対し穿刺した。事前所見を得た後、刺入前から外針挿入に至る各段階において把持特性を比較した。把持指、および針の3次元姿勢に対しての操作力ベクトルの方向と大きさを評価し、熟練度による把持力の増減とタイミングの相違を検出した。このような把持特性の相違は、穿刺針の可動範囲や自由度に違いをもたらす可能性、また針先の血管貫入時に指先で感知する力覚、触覚の感度に変化をもたらす可能性が推察された。

研究成果の発表

大瀧保明, 透析穿刺における穿刺針把持の力学的特徴による技能の評価, 生体医工学シンポジウム 2024, E-10, 東京, 2024.

透析用穿刺針に装着する刺入力計測装置の開発

研究者名：大瀧保明，吉良直樹

穿刺中の刺入力は針が組織を剪破し血管に貫入される際の反力と考えることができる。針の進め方や生体物性を反映し、カテーテル留置に際しての刺入の適切さ、また穿刺の技能を評価するうえで重要である。従来、センサを組み入れた実験用の針を用いて穿刺の力学特性が明らかにされてきた。本研究では、臨床利用される透析用穿刺針そのままに小型力センサを穿刺針の把持位置に脱着できる計測装置を試作した。模擬皮膚血管への穿刺にて出力の妥当性を確認するとともに、提案法による刺入力計測の精度と信頼性について検討を行った。

研究成果の発表

大瀧保明，吉良直樹，透析用穿刺針に装着する刺入力計測装置の開発，日本機械学会 IIP2025 情報・知能・精密機器部門（IIP 部門）講演会講演論文集，IIP-E6-2，2025