

遠心分離を利用した体内埋込式人工腎臓の開発

東京大学大学院医学系研究科医用生体工学講座

有吉 洸希, 磯山 隆

Koki ARIYOSHI, Takashi ISOYAMA



1. 目的

現在、日本に約32万人、世界中に推定約200万人以上の維持透析患者が血液透析治療を受けており、日本に限らず台湾や中国、インドなど、世界中で爆発的に透析人口が増加している^{1),2)}。現在行われている透析治療は臨床で多くの患者を救っているが、未だに多くの問題を抱えている。第一に、週3回、1回4～5時間の通院治療が必要であること。第二に、厳しい飲水制限を強いられること。第三に太い留置針を2本使用した穿刺と、心臓に負担をかけてしまうシャント手術が必要であること。最後に、大規模災害時の維持透析が非常に困難であること、が挙げられる。そこで、これらすべての問題を解決するためには、小型で体内埋め込み可能な人工腎臓の開発が必要であると考えた。

2. 方法

現在行われている人工透析では透析膜が使用されているが、透析膜は膜面積に透析効率が依存するため小型化には不向きである。また、透析膜はタンパク質が付着し透析効率が低下するファウリングが発生し、長期連続使用にも限界があるため、体内埋め込みは難しい。そこで、本研究では、透析膜に代わる新しい方法として、持続遠心分離による方法を提案する。

生命維持に必要な血球成分やタンパク成分は、透析膜を用いなくても遠心分離方式で分離できるはずである。そこ

で、体内に埋め込める大きさの小型持続連続遠心分離器を開発すれば、体内に埋め込める人工腎臓が実現可能と考えた。遠心分離方式であれば、透析膜の劣化などの問題も起こらず、長期連続使用ができるはずである。また、透析液を使用せずに済むため、透析液を清浄化する装置も必要なく、体内埋め込みに適している。

体内埋め込み式遠心分離型人工腎臓の原理を図1に示す。本体を体内に埋め込み、腎動脈、腎静脈および膀胱に接続される。腎動脈から流入してきた血液を持続遠心分離し、血球成分やタンパク成分などの生体に必要な物質は腎静脈から体内へ戻し、余剰水分や老廃物などは膀胱へため、排出する。

しかし、遠心分離で血液を分離する場合、加速度(G)が高いと凝固系が活性化してしまい、血栓の発生が危惧される。また、高シアストレスによる溶血の発生も危惧される。そこで、二段階遠心分離を採用し、一次分離では比較的低いGの遠心分離で血球成分を分離し、血栓や溶血の恐れがない二次分離では高いGかつ長時間の遠心分離によってタンパク成分を分離する。

遠心分離器の制作にあたり、分離に最も影響する部位はディスクであると考え、直径70 mmの3種類のディスク(ノーマルディスク、中心に15 mmの柱があるディスク、中心に30 mmの柱があるディスク)を試作し、適切なディスク形状の検討を行った。

3. 結果

ブタ血液を用いた分離実験の結果を図2に示す。中心に30 mmの柱のあるディスクは4,000 rpmにおいて約150秒で一定量の血球が分離した。一方で、ノーマルディスクは300秒後も分離するには至らなかった。すべてのディスクにおいて過度の溶血は確認されなかった。

■ 著者連絡先

東京大学大学院医学系研究科医用生体工学講座
(〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1 医学部三号館別棟W205)
E-mail: ariyoshi@bme.gr.jp
iso@bme.gr.jp

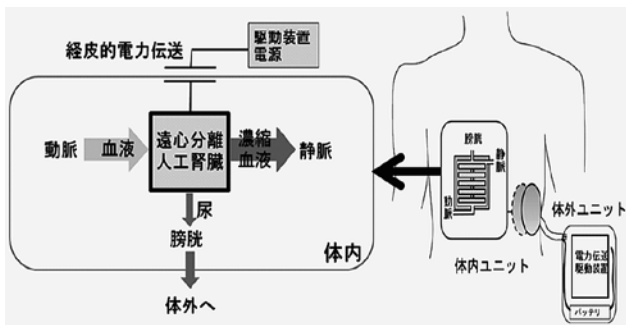


図1 体内埋め込み式人工腎臓概念図

4. まとめ・独創性

透析治療において、透析膜や透析用留置針、透析液の進歩は目覚ましいものがあるが、未だに体内に埋め込める透析装置は実用化されていない。今日の透析医療が抱える数多くの問題は、遠心分離を利用した体内埋め込み式人工腎臓の実現で解決できる可能性があると考えられる。

本研究では、体内埋め込み式人工腎臓のための遠心分離器開発の基礎研究を行った。体内埋め込みを目的とした小型遠心分離装置でも血球の分離が可能であることが示唆された。分離効率がまだまだ低いことや、タンパク分離などまだまだ問題は山積しているが、体内埋め込み式人工腎臓実現の可能性を示唆する結果となったと考えられる。

謝辞

最後にYoshimi Memorial T.M.P Grantを頂きましたことを厚く御礼申し上げます。

本稿のすべての著者に規定されたCOIはない。

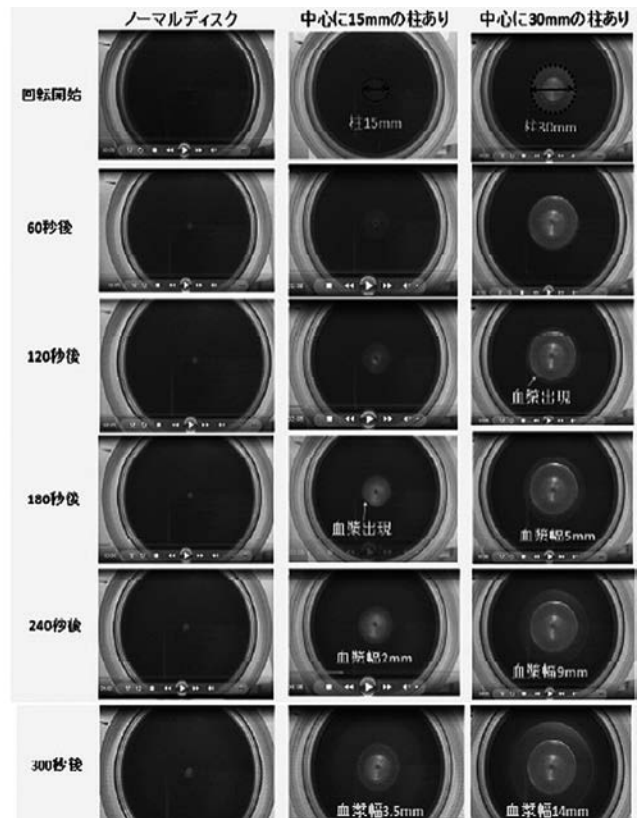


図2 プタ血液を用いた分離実験結果

文献

- 1) Liyanage T, Ninomiya T, Jha V, et al: Worldwide access to treatment for end-stage kidney disease: a systematic review. *Lancet* **385**: 1975-82, 2015
- 2) 一般社団法人日本透析医学会：わが国の慢性透析療法の現況