



Title	人工心肺におけるコロイド浸透圧測定技術の開発
Author(s)	松本, 猛志
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/105759
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (松 本 猛 志)

論文題名

人工心肺におけるコロイド浸透圧測定技術の開発

論文内容の要旨

本研究では、人工心肺（Cardiopulmonary Bypass：CPB）管理中に日常的に使用されている血液濃縮器に着目し、これを膠質浸透圧（Colloid Osmotic Pressure：COP）測定に応用可能であるとの仮説のもと、新たな測定手法の開発と技術的妥当性の検証を行った。

COPは血管内外の水分移動を規定する重要な因子であり、体液管理、浮腫予防、臓器灌流維持において臨床的意義が高い。特にCPB中は大量の補液や血液希釈が行われるため、COPの変動は循環動態や組織酸素供給に直接影響を及ぼす可能性がある。しかしながら、COP測定はこれまで臨床現場でほとんど実施されてこなかった。その背景には、COP補正が不要とする一部報告に加え、専用装置の高コスト、操作の煩雑さ、測定精度の限界、測定時間の長さなど、技術的・運用的な障壁が複合的に存在していた。結果として、COPは理論的には重要であるにもかかわらず、実際の臨床判断に活用される機会が極めて限られていた。

本研究ではまず、牛血を用いた基礎実験により、血液濃縮器に搭載された限外ろ過膜を分離膜として用い、膜の前後に発生する静水圧をCOPとして測定する手法を構築した。従来法（膠質浸透圧計）との比較では、測定誤差は ± 0.5 mmHg以内に収まり、相関係数 $r = 0.96$ と高い一致を示した。また、10回の繰り返し測定における変動係数（Coefficient of Variation：CV）は約1.5%とばらつきが極めて小さく、測定系として高い再現性を示した。測定系は既存の濃縮器構造を活用するため、追加装置を必要とせず、コスト面・設置面でも優位性がある。

次に、臨床応用に向けた feasibility study として、人工心肺管理中の成人患者30名（平均年齢：66.1歳、男性18名・女性12名）を対象に、臨床環境下でのCOP測定を実施した。測定はCPB中の4時点（①大動脈遮断後、②開始60分後、③復温時、④大動脈遮断解除後）で行い、各症例におけるCOPの最低値および最高値を抽出した。結果、最低COP値（median 14mmHg）はCPBバランスおよび手術バランスと正の相関を示し、浮腫との関連が示唆された。最高COP値（median 20mmHg）では両バランスと負の相関を示し、術後の急性腎障害（AKI）との関与の可能性も認められた。これらの傾向は既存の報告と一致しており、本測定法がCOP評価手法として妥当性を有することを裏付ける結果となった。これらの知見は、体外循環管理における適正COP範囲の設定が重要であることを示している。臨床使用においては、COP測定が人工心肺操作を妨げないことが求められる。本手法では、測定操作が簡便であり、人工心肺管理中であっても安定した運用が可能であることを確認した。測定時間は1回あたり平均3分以内であり、術中の他業務を妨げることなく、ポイントオブケアにおける迅速なCOP評価が可能であった。特別なトレーニングを要せず、既存機器の延長線上で測定が完結する点も、臨床導入の現実性を高める要因となる。

以上の結果から、既存の血液濃縮器を再定義することで、COPの簡便な測定が可能となり人工心肺管理方針決定に資する新たな技術的選択肢となることが明らかとなった。本研究は、臨床現場におけるCOPモニタリングの実装に向けた基盤的知見を提供するとともに、医療機器の再活用による新たな応用可能性を拓くものである。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (松 本 猛 志)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	上野 高義
	副 査	教授	竹屋 泰
	副 査	教授	三善 英知

論文審査の結果の要旨

本研究では、人工心肺（Cardiopulmonary Bypass：CPB）管理中に日常的に使用されている血液濃縮器に着目し、これを膠質浸透圧（Colloid Osmotic Pressure：COP）測定に応用できるとの仮説のもと、新たな測定手法の開発と妥当性検証を行った。COPは体液移動や臓器灌流に関わる重要因子であるが、専用装置の高コストや操作性の問題から臨床利用が進んでいない。

牛血を用いた基礎実験により、濃縮器の限外ろ過膜を分離膜として利用し、膜前後の静水圧差をCOPとして測定する手法を構築した。従来法との比較では、測定誤差 ± 0.5 mmHg以内、相関係数 $r = 0.96$ と高い一致を示し、10回反復測定の変動係数は約1.5%と再現性も良好であった。本手法は既存構造を活用するため追加装置を必要とせず、コスト面・運用面で優位性を有する。

次に、成人CPB症例30例を対象とした feasibility study を実施し、CPB中4時点でCOPを測定した。最低COP値（median 14 mmHg）はCPBバランスおよび手術バランスと正の相関を示し浮腫との関連が、最高COP値（median 20 mmHg）は負の相関を示し術後急性腎障害（AKI）との関連が示唆された。これらは既報と整合し、本測定法の臨床的妥当性を支持する結果であった。測定は1回3分以内で完了し、人工心肺操作を妨げず実施可能であった。

以上より、血液濃縮器を再定義することでCOPを簡便かつ迅速に測定でき、人工心肺管理における治療判断を支援する新たな技術的選択肢となり得ることが示された。本研究は、COPモニタリングの臨床実装に向けた基盤的知見を提供するとともに、既存医療機器の再活用による応用可能性を拓くものである。

本研究成果は、これまで積極的に行われていなかった人工心肺中の浸透圧測定につき、簡便で経済的な手法を開発したものであり、今後の人工心肺管理の向上に向けた取り組みにつながることを期待できると考えられる。従って、本研究は周術期管理の発展に対し貢献する研究であると考えられ、博士（保健学）の学位に値すると評価できる。