

養成施設卒業研究コンペ 結果発表

2025

年間優秀賞①

臨床工学技士教育のための VR 人工心肺シミュレータの開発

横山和奏

北里大学 医療衛生学部 医療工学科 臨床工学専攻

年間優秀賞②

左冠動脈前下行枝を責任病変とする急性冠症候群における
導出 18 誘導心電図の有用性

松本悠花

中部大学 生命健康科学部 臨床工学科

年間優秀賞③

シングルニードル透析法に用いる
デバイスの違いによる透析効率の比較検討

森 絢加

藍野大学 医療保健学部 臨床工学科

結果と講評

担当編集主幹 嶋津秀昭

16回目となる「養成施設卒業研究コンペ2025」の審査結果をお知らせいたします。

今年度は各施設の推薦を受けて応募された8編の論文のうち、審査後に査読者のコメントに従って改訂が行われた最終的な論文から、優れた3編を選奨いたしました。

今年度もコンペの応募件数がそれほど多くありませんでしたが、いずれも卒業研究としては満足できる内容でありました。コンペティションという競争下で、真剣な議論の末、最終審査を行って順位を付けました。枚数制限の厳しい論文ですので、著者が紙上で表現できることには限界がありますが、その点を考慮したうえで、「臨床工学技士業務との関連の強さ」、「学生が主体的に行う研究であるか」、「研究のオリジナリティと充実度」、「研究の面白さ」、「疑問点の少なさ」、「文章表現の良し悪し」、「図式、表などの適切さ」を点数化して順位付けを行いました。編集主幹全員の総合的な判断に従って、次のように年間優秀賞を決定いたしました。

年間優秀賞①

臨床工学技士教育のためのVR人工心肺シミュレータの開発
(横山和奏/北里大学 医療衛生学部 医療工学科 臨床工学専攻)

p.930-932に掲載

人工心肺に関する訓練や学習を支援するシステムとして、非常に期待がもてる研究であると考えられます。今後、人工心肺モデルの汎用性などを検討・改善することで、臨床現場においても優れた教育ツールとなる可能性を秘めていると評価しました。

年間優秀賞②

左冠動脈前下行枝を責任病変とする急性冠症候群における導出18誘導心電図の有用性(松本悠花/中部大学 生命健康科学部 臨床工学科)

p.933-938に掲載

101例の患者データを用いており、またResearch Questionと結語が一貫していることから、高水準の研究です。判定に用いた係数やカットオフ値は独自に決定したものではありますが、今後症例数を増やし再考することで、より精度を高めることが期待されます。

年間優秀賞③

シングルニードル透析法に用いるデバイスの違いによる透析効率の比較検討
(森 絢加/藍野大学 医療保健学部 臨床工学科)

p.939-942に掲載

SNDにおける尿素除去率に及ぼす接続デバイスの違いによる影響を実験的に検証したものであり、形状による違いについても考察できています。今日ではあまり行われないシングルニードル透析法に関する実験ではありますが、素朴な疑問を検証する学生主体の姿勢が評価できます。

【全体的講評】

本コンペの目的は、臨床工学技士の養成にかかわるすべての施設に向けて、学生に対して有意義で質の高い指導を行うことを推奨することでもあります。コンペの場で、それぞれの施設における研究推進の参考となる成果をお示しできたことは、今後の教育研究活動に大いに役立つものと考えています。

短い期間での論文の推敲には困難な点多かったことと思いますが、研究の当事者でない読者に研究の内容を正確に伝えるためには、研究の目的・方法・結果・考察の適切な記述が必要です。一次審査の段階では記述自体の未熟さや不備に対する指摘も相当数ありました。経験の少ない学生に対しては、指導者の適切な指導も不可欠です。一方で、卒業研究は学生の主体的なかかわりが最も大切なことですので、学生自身の自主的な研究という観点から、卒業論文としての課題選定にも配慮が必要となります。先生には学生の資質向上に資するようなテーマの選定や研究推進の方法、とりまとめに関する指導など、今後とも力を発揮していただけることを期待しております。学生のかかわる研究時間の制約などで、特に、完成度の高い論文を完成させることには多くの苦勞が予想されますが、このコンペでは研究の着眼点の面白さに高い評価を与えています。また、投稿された論文には査読が行われますので、よい論文を仕上げるための一助になることも期待できるかと思います。多くの学生にとって、本コンペへの応募は大きな経験となって卒業後の活動にも活かされるものと考えています。臨床工学技士養成施設の先生には、卒業研究成果を積極的に推薦いただけますようお願いいたします。

※編集室より：コンペティションであるため、編集室による校正は行わず、図版も原稿の図をそのまま掲載しています。



臨床工学技士教育のための VR人工心肺シミュレータの開発

北里大学 医療衛生学部 医療工学科 臨床工学専攻

横山 和奏

YOKOYAMA, Wakana

1. 研究の目的

人工心肺装置は、心臓血管外科手術において無血視野を確保しつつ、循環安定性を維持するために不可欠な機器である。そして、この人工心肺装置の操作は医師の指示のもと臨床工学技士が行うが、操作は複雑であるが故に、手技は知識と経験に依存しているとされている¹⁾。臨床工学技士を目指す学生は人工心肺について学ぶものの、学内実習では、装置のコストや数の限られた現状から、学生が装置全体の機能を包括的に理解し、臨床の現場をイメージした上で操作を学ぶ機会は限られている。また、臨床実習は見学に限られ、実際の操作経験を積む機会が乏しい^{2), 3)}。

近年、教育現場における課題を解決する手段としてVR (Virtual Reality) 技術がある。VRは、HMD (ヘッドマウントディスプレイ) を着用することで仮想空間に対して高度な没入感を提供する技術である。VRの利点として、学習の時間・場所を選ばず、仮想空間内で実機不要の安全な学習環境を提供できることが挙げられる。

先行研究では、熟練者と自分が行った操作の違いを見える形にすることで、手技の向上を目的としたVRシミュレータが開発されている。HMDを被った状態で、人工心肺のダイヤルを模擬した現実のダイヤルを手探りで操作することで、映像内のダイヤルも回るといふものになっている。波形が画面に表示されてはいるものの、手技とは同期しておらず、操作指示も第三者が声をかける必要があるものになっていた^{4), 5)}。

そこで、VR技術を活用し、臨床工学技士を目指す学生に向けたVR人工心肺シミュレータの開発を目指す。本研究ではその第一段階として、学内実習において実際の臨床のイメージを補完する

可能性を探ることを目的とし、仮想世界で操作が完結するシミュレータの開発を行う。

2. 研究方法

2-1. 開発環境の構築

使用ソフトであるUnityとデバイスであるMeta Quest 3においてVR開発環境を構築し、コントローラ操作に応じる手を表示する設計を行った。この際、コントローラだけでなくハンドトラッキングでも使用できるように設計した。また、手術室内の移動を可能にするため、衝突判定を設置した。

2-2. 3Dモデルの作成

3Dモデルの作成には、オープンソースの3DモデリングソフトウェアであるBlenderを主に使用してモデリングを行った。人工心肺装置やその他の医療機器については、スマートフォンのアプリケーションであるScaniverseを活用して3Dデータを取得し、Fig. 1に示したようにリトポロジを行うことで軽量化を図った。手術台や无影灯、麻酔器などは、アセットを購入し、それをBlenderでデシメートすることで軽量化を図った。

2-3. VR人工心肺シミュレーションシステムの開発

掴む動作と回転動作をプログラムすることで、Meta Quest 3のコントローラを使用し、ユーザーが仮想空間内で直感的に装置を操作できるよう設計した。

人工心肺装置の動作シミュレーションでは、ユーザーがFig. 2のようにダイヤル操作を体験でき、ローラーポンプの回転動作を確認できる機能を導入した。生体情報モニタのFig. 3のように表

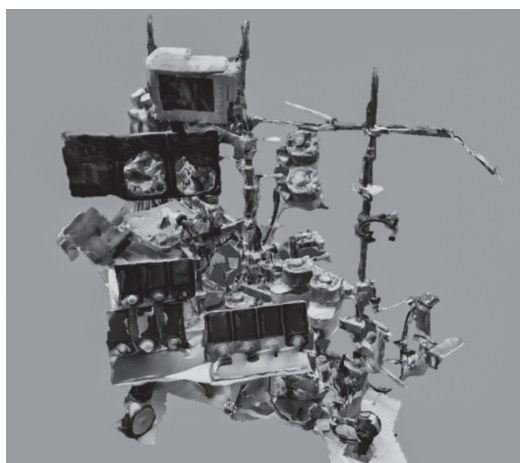


Fig. 1 (a) 3D スキャンで得た点群データ

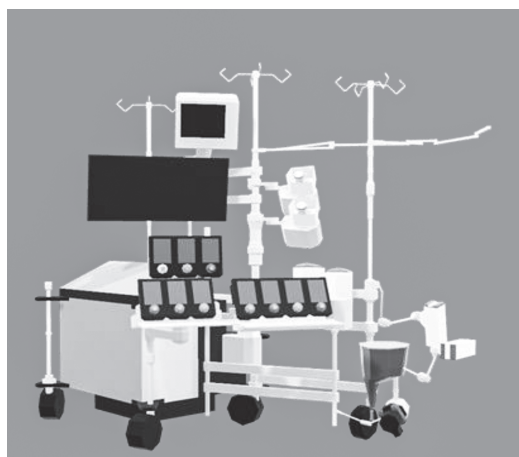


Fig. 1 (b) リトポロジ後のモデル



Fig. 2 実際にコントローラを用いてダイヤルをつまんでいる様子

示できるよう設計し、各種データを数値は動的に変化し、波形が流れて見えるように表示した。

3. 結果

VR内にFig. 4で示したような手術室全体と人工心肺装置を含む主要な医療機器を再現することで、現実に近い環境で操作体験を得られる設計となった。人工心肺装置に関しては、操作部を個別にモデリングし、動作可能な形で実装した。次に、操作インターフェースとして、ダイヤルの回転操作については、直感的なインタラクションを実現した。また、人工心肺装置のローラーポンプは、Unity内で回転動作を再現するスクリプトを

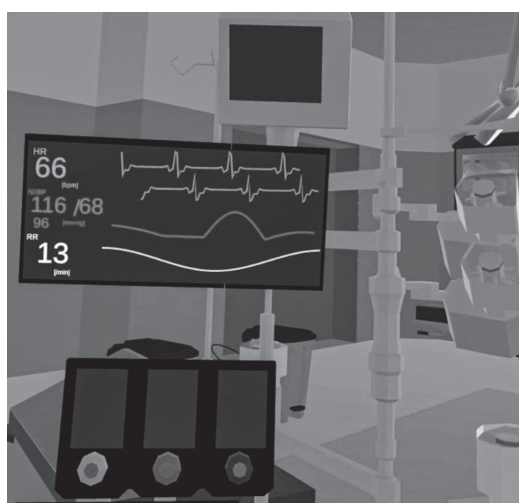


Fig. 3 モニタに表示した各波形や数値の様子

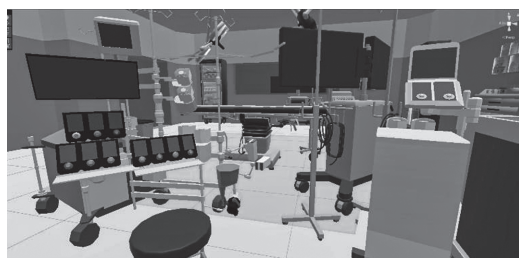


Fig. 4 作成したモデルをUnityに配置した様子

実装し、視覚的な操作フィードバックを提供した。さらに、生体情報モニタに各種波形をリアルタイムで表示する機能を追加したが、それぞれの具体的な挙動については改善の余地が残された。アプリケーションの動作確認においては、Meta Quest 3上での実機テストを実施し、システム全体がスムーズに動作することを確認した。今後、波形情報を手技と同期させ、術中の再現シナリオを作成することでシミュレーションの完成を目指す。加えて、トラブルケースを盛り込んだシナリオの実装を行い、現場では体験が難しい異常対応についても学習可能な設計とする予定である。

4. 考察

本研究で開発したシステムは、従来の教育方法

を補完する学習ツールとなり得る可能性を示した。一方で、改善の余地も存在する。例えば、血圧波形の詳細な挙動の再現精度を向上させる必要がある。また、現在のシステムは、まだシナリオの作成に至っていない点や波形が手技と同期していない点などが一番の課題として挙げられる。これらを補完するためには、さらなるシステム開発を進める必要がある。今後は、作成したシミュレータの使用感の調査を行い、さらに再現性の評価や教育効果の検証・評価も必要であると考えている。また、将来的には鉗子やピンチクランプなどの基本的な体外循環操作も実装し、より実践的なシナリオへの対応を目指す。

指導教員：北里大学 医療衛生学部 医療工学科 臨床工学専攻
武田俊

■文献

- 1) 田村幸穂, 日本心臓血管外科会, 「人工心肺の実際」
https://jscvs.or.jp/surgery/0_2_syujutu_sinzou_sinpai/ (最終閲覧日 2024/06/21)
- 2) 厚生労働省, 「臨床工学技士法第14条第4号の規定に基づき厚生労働大臣が指定する科目に関する協議等の事務手続きについて」
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000199288_00008.html (最終閲覧日 2024/06/21)
- 3) 3学会構成心臓血管外科専門医認定機構, 「心臓血管外科専門医認定修練施設一覧」
http://cvs.umin.jp/inst_list/index.html (最終閲覧日 2024/06/21)
- 4) 田仲浩平ほか, 医療 AR の技術支援と人工心肺 VR シミュレータによる医療・教育 DX, 医療機器学会誌, 2021, vol91, no.5
- 5) 東京工科大学, 「自主的に行動できる“主人公意識”を持った臨床工学技士になろう!」
<https://www.teu.ac.jp/information/2023.html?id=77> (最終閲覧日 2024/06/21)

受賞者コメント

この度は名誉ある賞をいただき、誠にありがとうございます。ご指導くださった先生方、支えてくださった皆様、そして審査に携わってくださった皆様に、心より感謝申し上げます。

VRを活用した教育支援というテーマで取り組んできた本研究が、このように評価されたことを大変嬉しく思います。今回の受賞を励みに、今後も医療現場で役立つ技術の実現と、より良い教育環境の構築に貢献できるよう努めてまいります。



左冠動脈前下行枝を責任病変とする急性冠症候群における導出18誘導心電図の有用性

中部大学 生命健康科学部 臨床工学科

松本 悠花

MATSUMOTO, Yuka

1. はじめに

急性冠症候群 (Acute Coronary Syndrome : ACS) は、冠動脈粥腫 (プラーク) の破綻とそれに伴う血栓形成により冠動脈の高度狭窄または閉塞をきたして急性心筋虚血を呈する病態で、虚血による心臓突然死を包括した疾患概念である¹⁾。現在、日本の死亡原因の第2位は心疾患であり、急性冠症候群がこの大部分を占めているため、対応可能な医療施設への迅速な搬送が必要である²⁾。

また、DTBT (Door To Ballon Time) は90分以内であれば死亡率が下がることが研究で確かめられている³⁾。

さらに、2018年急性冠症候群ガイドライン (2018年改訂版) によると、急性冠症候群の診断は第1段階として、問診、身体所見、標準12誘導心電図を10分以内に評価する必要があるとされている。そのため、心電図での診断は重要であるといえる。

しかしながら、標準12誘導心電図では右側胸部誘導や背側部誘導が無く、右室梗塞や後壁梗塞の診断が困難である場合もある。導出18誘導心電図では標準12誘導心電図の波形をもとに右側胸部誘導 (syn-V3R・syn-V4R・syn-V5R)、背側部誘導 (syn-V7・syn-V8・syn-V9) の波形状を演算処理し、導出することができる⁴⁾ため、標準12誘導心電図よりも右室梗塞や後壁梗塞の発見に有益とされている¹⁾。一方、左冠動脈前下行枝を責任病変とする前壁梗塞の診断には、標準12誘導心電図で十分とする認識が一般的である。

2. 目的

左冠動脈前下行枝を責任血管とする急性心筋梗塞の心電図診断における導出18誘導心電図の有

用性を検討する。

3. 方法

3-1. 研究デザイン

実際の冠動脈造影診断をもとに左冠動脈前下行枝を責任冠動脈とした症例に対する標準12誘導心電図と導出18誘導心電図による責任冠動脈の予測診断における感度、特異度、陽性的中率、陰性的中率、ROC-AUCについて比較した後ろ向き症例集積研究である。

3-2. 対象

名古屋掖済会病院において、調査期間内に急性冠症候群の診断により緊急冠動脈インターベンション (Percutaneous Coronary Intervention : PCI) を実施し、同時に導出18誘導心電図記録が行われた合計101例を対象とした。

本研究は中部大学倫理審査委員会 (中部大学承認番号 : 20230069、承認月日 : 2023年11月24日) と名古屋掖済会病院 (受付番号 : 2023-049、承認月日 : 2024年1月15日) での審査と承認を得て行った。

3-3. 期間

2023年2月1日～2024年1月31日の1年間

3-4. 使用機器

標準12誘導心電図の判定に、フクダ電子株式会社製の Cardio-Max FCP-8600、導出18誘導心電図の判定に、日本光電社製の臨床用ポリグラフ RMC-5000を使用した。

3-5. 標準12誘導心電図による判定

標準12誘導心電図を用いて責任冠動脈を推定し、右冠動脈 (Right Coronary Artery : 以下 RCA)、左冠動脈主幹部 (Left Main Trunk : 以下 LMT)、左冠動脈前下行枝 (Left Anterior

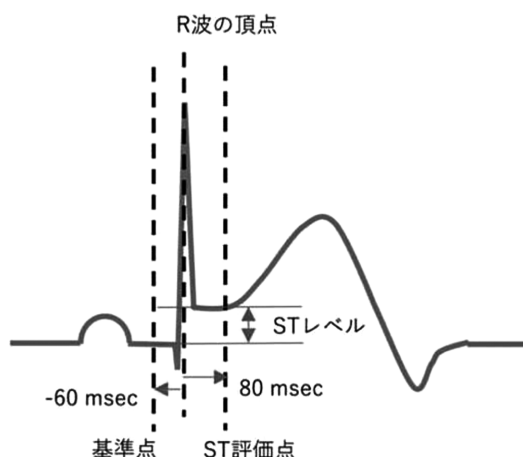


図1 ST計測の基準点

Descending：以下 LAD)，左冠動脈回旋枝(Left Circumflex：以下 LCX)，不明に分ける。責任血管の推定は，2018年急性冠症候群ガイドラインに準じて，心臓血管外科の専門医資格を有する医師1名と心電図検定2級取得者2名を判定者として行った。

3-6. 導出18誘導心電図による判定

臨床用ポリグラフRMC-5000を用いて機械的にST偏位を計測した。QRS時間の正常範囲(60～100 msec)およびVentricular Activation Time (VAT)の正常範囲(30～40 msec)に基づき，STレベル測定の基本線はPQ区間(等電位線)に一致するように，R波ピークから前方へ60 msecの位置に設定した。また，測定点はJ点後60 msecに相当する位置とし，R波ピークから後方へ80 msecの位置に設定した。基準点から上昇をプラス，基準点から下降をマイナスの高さ(mV)で測定し，5拍の平均を計測値とした(図1)。

実測12誘導，導出6誘導の合計18誘導の各心電図波形のSTレベル(mV)に対し，RCA，LMT，LAD，LCXの係数を乗じたものをRCA score，LMT score，LAD score，LCX scoreとして算出した。係数は責任冠動脈をRCA，LMT，LAD，LCXに分け，急性冠症候群ガイドラインに準じて独自に決定した。例えば，LAD

病変では前胸部誘導においてST上昇がみられることから，前胸部誘導をプラス，対側性変化として下壁誘導および背側部誘導にST低下がみられることから，これらをマイナスとして設定した。係数の大きさは，ST上昇の判定基準が，V2・V3誘導では40歳未満の男性では2.5 mm，40歳以上の男性では2.0 mm，女性では1.5 mm，一方，背側部誘導では0.5 mmと異なることと冠動脈の灌流領域と各誘導の位置関係も考慮し設定した(表1)(表2)(表3)。

本研究で冠動脈の閉塞の可能性を数値化することを目的に考案した冠動脈閉塞スコア(以下 STEMI-ACS score)をRCA score，LMT score，LAD score，LCX scoreの4つに分けて算出する。RCA score，LMT score，LAD score，LCX scoreは，それぞれ計測されたSTレベルに誘導毎の係数を乗じて合計して算出する。STEMI-ACS score ≥ 0.5 を陽性とし，STEMI-ACS score < 0.5 を陰性と判定する。RCA score，LMT score，LAD score，LCX scoreのいずれか複数が陽性となる場合は，最も値の大きいものを予測責任冠動脈とする。

3-7. 確定診断と診断精度の比較

冠動脈造影による責任冠動脈の判定を確定診断とし，標準12誘導心電図と導出18誘導心電図によるLADを責任血管とする推定の感度，特異度，陽性的中率，陰性的中率，ROC-AUCを算出し比較する。

4. 結果

4-1. 患者背景

対象となった患者の平均年齢は，70.1 $\pm$ 13.6歳，男性71名，女性30名であった。

患者101例の責任冠動脈は，AHA分類において，#1：9例，#2：10例，#3：6例，#4：4例，#5：5例，#6：35例，#7：18例，#8：2例，#9：3例，#10：1例，#11：2例，#12：1例，#13：3例，#14：2例であった。この内，#6，#7，#8，#9，#10の59例をLAD病変と診断した。

表1 STEMI-ACS scoreの係数(40歳未満男性)

	RCA	LMT	LAD	LCX
aVL	-1.00	1.00		
I		1.00		
-aVR		1.00	1.00	
II	1.00	-1.00		
aVF	1.00	-1.00	-1.00	
III	1.00	-1.00	-1.00	
syn-V5R	1.00	-1.00		-3.00
syn-V4R	1.00	-1.00		-2.00
syn-V3R	1.00	-1.00		-1.00
V1			1.00	-1.00
V2	-0.40	0.40	0.40	-0.40
V3	-0.40	0.50	0.40	
V4	-0.80	0.80	1.00	
V5	-0.80	0.80	1.00	
V6	-0.40	0.50		1.00
syn-V7			-1.00	2.00
syn-V8			-2.00	3.00
syn-V9			-3.00	4.00

表2 STEMI-ACS scoreの係数(40歳以上男性)

	RCA	LMT	LAD	LCX
aVL	-1.00	1.00		
I		1.00		
-aVR		1.00	1.00	
II	1.00	-1.00		
aVF	1.00	-1.00	-1.00	
III	1.00	-1.00	-1.00	
syn-V5R	1.00	-1.00		-3.00
syn-V4R	1.00	-1.00		-2.00
syn-V3R	1.00	-1.00		-1.00
V1			1.00	-1.00
V2	-0.50	0.50	0.50	-0.50
V3	-0.50	0.50	0.50	
V4	-0.80	0.80	1.00	
V5	-0.80	0.80	1.00	
V6	-0.50	0.50		1.00
syn-V7			-1.00	2.00
syn-V8			-2.00	3.00
syn-V9			-3.00	4.00

4-2. 標準12誘導心電図の推定精度

冠動脈造影診断にて、閉塞部位がLADと診断したものをLAD陽性、閉塞部位がLAD以外と診断したものをLAD陰性とする。標準12誘導心電図の診断結果から虚血責任血管がLAD陽性であった25例のうち、冠動脈造影診断でLAD陽性が24例、LAD陰性が1例であった。標準12誘導心電図の診断結果から虚血責任血管がLAD陰性

であった76例のうち、冠動脈造影診断でLAD陽性が35例、LAD陰性が41例であった。

虚血責任血管がLADに対する標準12誘導心電図における感度は40.7%、特異度は97.6%、陽性的中率は96.0%、陰性的中率は53.9%であった(表4)。

標準12誘導心電図によるLAD病変診断のROC-AUCは0.691であった(図2)。

表3 STEMI-ACS scoreの係数(女性)

	RCA	LMT	LAD	LCX
aVL	-1.00	1.00		
I		1.00		
-aVR		1.00	1.00	
II	1.00	-1.00		
aVF	1.00	-1.00	-1.00	
III	1.00	-1.00	-1.00	
syn-V5R	1.00	-1.00		-3.00
syn-V4R	1.00	-1.00		-2.00
syn-V3R	1.00	-1.00		-1.00
V1			1.00	-1.00
V2	-0.75	0.75	0.75	-0.75
V3	-0.75	0.75	0.75	
V4	-0.80	0.80	1.00	
V5	-0.80	0.80	1.00	
V6	-0.50	0.50		1.00
syn-V7			-1.00	2.00
syn-V8			-2.00	3.00
syn-V9			-3.00	4.00

4-3. 導出18誘導心電図の推定精度

導出18誘導心電図の診断結果から虚血責任血管がLAD陽性であった31例のうち、冠動脈造影診断でLAD陽性が28例、LAD陰性が3例であった。導出18誘導心電図の診断結果から責任血管がLAD陰性であった70例のうち、冠動脈造影診断でLAD陽性が31例、LAD陰性が39例であ

表4 標準12誘導心電図の推定精度

		疾患		
		有	無	
		59人	42人	
検査	陽性	真陽性	偽陽性	陽性的中率
	25人	24人	1人	96.0%
	陰性	偽陰性	真陰性	陰性的中率
	76人	35人	41人	53.9%
		感度	特異度	
		40.7%	97.6%	

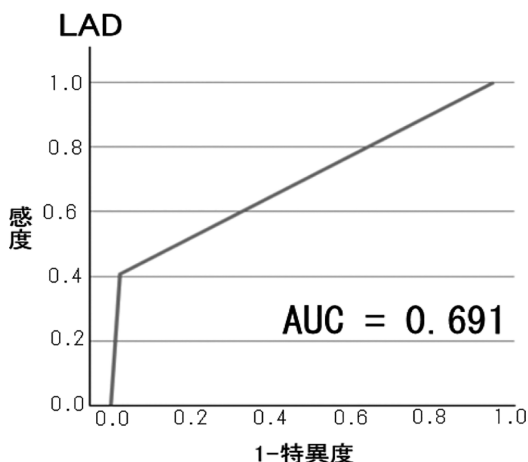


図2 標準12誘導心電図のROC曲線

た。責任血管がLADに対する導出18誘導心電図の感度は47.5%，特異度は92.9%，陽性的中率は90.3%，陰性的中率は55.7%であった(表5)。

導出18誘導心電図によるLAD病変診断のROC-AUCは0.828であった(図3)。

5. 考察

導出18誘導心電図によるROC-AUCは、標準12誘導心電図よりも高くLAD病変の診断においてより精度が改善される可能性が示唆された。

導出18誘導心電図では、背側部誘導であるsyn-V7, synV8, syn-V9, 右側胸部誘導であるsyn-V3R, syn-V4R, synV5Rが追加されてお

表5 導出18誘導心電図の推定精度

		疾患		
		有	無	
		59人	42人	
検査	陽性	真陽性	偽陽性	陽性的中率
	31人	28人	3人	90.3%
	陰性	偽陰性	真陰性	陰性的中率
	70人	31人	39人	55.7%
		感度	特異度	
		47.5%	92.9%	

り、過去の文献からも、導出された6誘導の有用性を示すものが多数存在する⁵⁾⁶⁾⁷⁾。背側部誘導は、後壁梗塞の診断に対し有用とされている⁶⁾。後壁領域は主にLCXあるいはRCAが支配しているため、背側部誘導でST上昇を認めた際は、LCXまたはRCAが責任血管である⁸⁾と判定できる。また、LADが責任血管であった場合、背側部誘導は対側性変化⁹⁾により、STは低下する。右側胸部誘導は、右側壁梗塞の診断に対し有用とされている⁶⁾。右室領域はRCAが支配しているため、右側胸部誘導でST上昇を認めた際は、RCAが責任血管であることが予測される。よって、導出18誘導心電図の使用により、右室梗塞や後壁梗塞、LADの対側性変化をSTEMI-ACS scoreによる判別に加え、評価できることが診断精度の改善に寄与していると考えられる。

今回使用した、STEMI-ACS scoreを算出する際に使用する係数やカットオフ値は独自に決定したものであるため、症例を増やし再考することで、

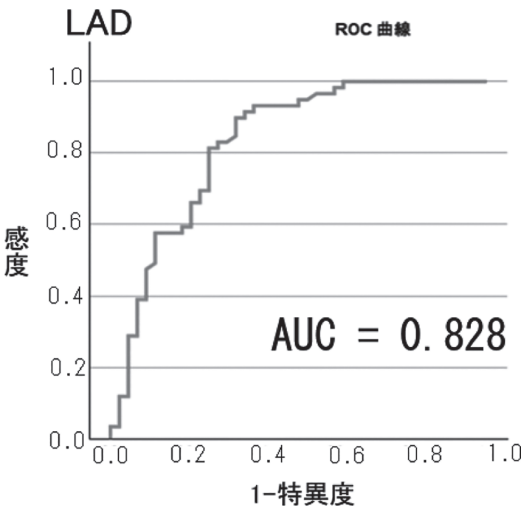


図3 導出18誘導心電図のROC曲線

診断精度がさらに上昇することが期待できる。

本研究は対象が全て急性冠症候群であり、病変のない患者を含んでおらず、導出18誘導心電図判定の精度を確定するものではない。しかし、同一症例群の診断プロセスにおいてLAD 診断の感度とROC-AUCが高まった点は、実臨床においてLAD 病変でも導出18誘導が有益である可能性を示すものと考えられる。

6. 結語

導出18誘導心電図はLAD 責任病変とするACSの部位診断における診断精度を改善することが期待できる。

指導教員：中部大学 生命健康科学部 臨床工学科
平手裕市

文献

1) 小菅雅美, 木村一雄. 急性冠症候群ガイドライン (2018 年改訂版). 日本内科学会雑誌. 2021, 110(1): 78-84.
2) 令和4年 (2022) 人口動態統計 (確定数) の概況. 厚生労働省.
3) Koh JQ, Tong DC, Sriamameswaran R, Yeap A, Yip B, Wu S, Perera P, Menon S, Noaman SA, JamieL. In-hospital 'CODE STEMI' improves door-to-balloon time in patients undergoing primary percutaneous coronary intervention. Emergency Medicine Australasia. 2018 Apr; 30(2): 222-227.
4) 日本光電, 技術情報 | 導出18誘導心電図, 導出18誘導心電図とは, <https://medical.nihonkohden.co.jp/iryo/techinfo/18lead/18lead.html> (2025/03/30 アクセス).
5) Takao Katoh, Akira Ueno, Keiji Tanaka, Jiro Suto, Daming Wei. Clinical Significance of Synthesized Posterior/Right-Sided Chest Lead Electrocardiograms in Patients with Acute Chest Pain, Journal of Nippon Medical School, 2011

Volume 78 Issue 1 Pages 22-29.

- 6) Tadashi Ashida, Usefulness of synthesized 18-lead electrocardiography in the diagnosis of ST-elevation myocardial infarction: A pilot study, The American Journal of Emergency Medicine, Volume 35, Issue 3, Pages 448-457 (2017)
PMID: 27931763
- 7) Tomoki Horie, Rikuta Hamaya, Tomoyo Sugiyama et al. Synthesized 18-Lead Electrocardiogram in Diagnosing Posterior Stemi-Equivalent Acute Coronary Syndrome in Patients with NSTEMI. Cardiol Res Pract. 2022 Aug 17;2022:9582174.
PMID: 36082208
- 8) Shahoud JS, Ambalavanan M, Tivakaran VS. Cardiac Dominance. In StatPearls; StatPearls Publishing: Treasure Island, FL, USA, 2024.
- 9) Schweitzer P, Keller S. The role of the initial 12-lead ECG in risk stratification of patients with Acute coronary syndrome. Bratisl Lek Listy, 2001; 102(9): 406-11.

受賞者コメント

この度は、臨床工学技士養成施設卒業研究コンペ2025で年間優秀賞をいただくことができ、大変光栄に思います。選考委員の先生方、査読で貴重なご助言をくださった先生方、そして日頃からご指導いただいた先生方に心より感謝申し上げます。本研究では、これまで12誘導心電図で十分とされてきた左前下行枝を責任血管とする急性冠症候群の診断において、導出18誘導心電図の有用性を示すことができ、今後の診断に少しでも役立てば嬉しいです。



シングルニードル透析法に用いる デバイスの違いによる透析効率の比較検討

藍野大学 医療保健学部 臨床工学科

森 絢加

MORI, Ayaka

1. 研究目的

シングルニードル (SN) 透析は穿刺針を1本のみ使用して脱血と返血を行う透析法である。返血側回路を透析装置の気泡検知器兼回路クランプで血液回路を閉塞させた状態で血液ポンプを回転させて脱血を行い、設定した返血圧上限に達すると血液ポンプが停止、回路クランプを開放させることでバスキュラーアクセスとの圧較差により返血を行う。そのため2本針を用いる標準透析に比べてダイアライザに流入する血流量が減少することから、物質の除去効率が低下する。

SN透析法は脱血、返血の2箇所のバスキュラーアクセス確保が困難であった場合などの臨時として用いられることがあるが、流量や圧設定についての報告^{1), 2)}は行われているものの、デバイスの違いが物質除去に与える影響については報告されていない。そこで本研究では、SN透析法に用いるデバイスの違いによる透析効率について調査した。

2. 研究方法

2-1. 実験回路

実験系を図1に示す。個人用多用途透析装置 (DBB-100NX, 日機装株式会社) に透析用水処理装置 (VCR-20P-W, ダイセンメンブレンシステムズ株式会社) を接続し、逆浸透水を供給した。また、血液回路 (NY-Y030PM, 日機装株式会社)、ダイアライザ (APS-13SA, 旭化成メディカル株式会社) を透析装置に接続し実験回路を作製した。

透析液 (キンダリー AF2号透析剤, 扶桑薬品工業株式会社) を溶媒とした尿素濃度215 mg/dL の試験液 10 L に対して透析を行い、試験液がタ

ンク内を再循環する方式で行った。図中の破線は試験液の攪拌・加温回路であり、作製した試験液の温度を $37 \pm 1^\circ\text{C}$ に維持した。攪拌・加温回路は熱交換器 (MHL-3-L, 泉工医科工業株式会社) および遠心ポンプ (CAPIOX, TERUMO 株式会社)、冷温水槽 (HHC-211D, 泉工医科工業株式会社) を用いて構成した。

血液回路先端に接続する針の太さ (外径) は 16 G のシングルニードル用透析留置針 (ハッピーキャスシングルニードル, メディキット株式会社) または 16 G の透析用留置針 (ハッピーキャスクランプ, メディキット株式会社) を用いた。透析用留置針に三方活栓 (ニプロ活栓, ニプロ株式会社) または透析血液回路セット (S NEEDLE Y TUBE LOCK A, ニプロ株式会社, 以下 Y 字回路) を接続した SN 透析法 3 種類と標準透析法による合計 4 種類の実験を行った。実験条件を表 1 に示す。

2-2. 実験方法

血流量 200 mL/min, 透析液流量は 500 mL/min, シングルニードル設定は上限圧 200 mmHg, 下限圧 100 mmHg とした。実験時間は 60 分間とし、検体の採取は実験開始 0 分から 10 分おきに 7 検体採取した。

2-3. 尿素濃度測定方法

尿素濃度の測定は尿素測定キット (QuantiChrom™ Urea Assay Kit, バイオアッセイシステム社) とマイクロプレートリーダー (インフィニット F50R, TECAN 株式会社) を用いて吸光度分析法によって算出した。測定は 1 検体につき 3 重測定を行い測定値の信頼性を確認した後に、1 検体あたりの平均値を計算してサンプルの尿素濃度とした。

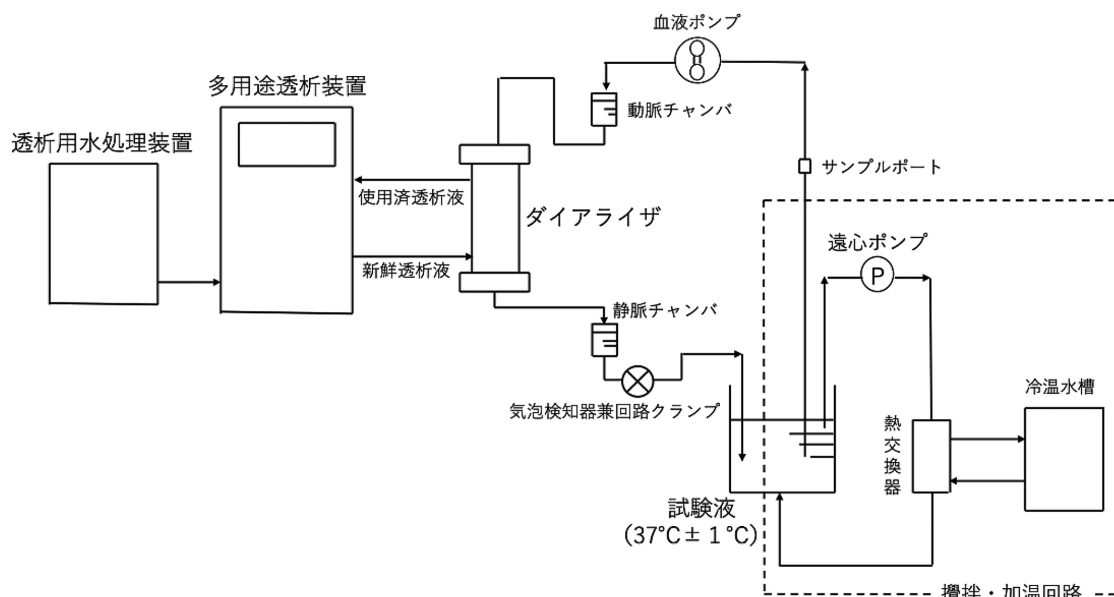


図1 実験系

表1 実験条件

透析法	手法
標準透析法	2本針
SN透析法	Y字回路
	三方活栓
	専用針

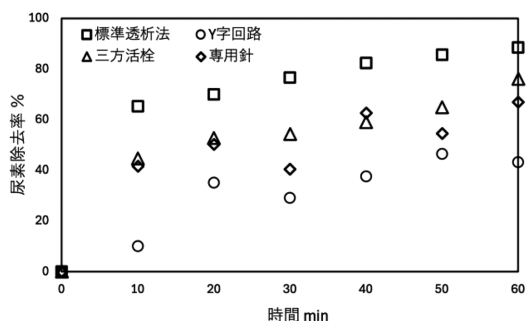


図2 各条件における尿素除去率推移

2-4. 尿素除去率の算出

透析効率を評価するために尿素除去率Rを算出した。尿素除去率Rは式(1)³⁾のように表される。

$$R = \frac{C_B(0) - C_B(t_e)}{C_B(0)} \times 100 \quad (1)$$

$C_B(0)$ は透析開始前の尿素濃度、 $C_B(t_e)$ は検体採取時の尿素濃度を示す。

3. 結果の概要

図2に各条件における尿素除去率の推移を示す。すべての実験条件で尿素除去率は増加傾向で

あった。標準透析法の尿素除去率は他の条件よりも高く推移した。一方でY字回路を用いた条件では尿素除去率が最も低い値で推移した。

表2にSN透析法のモニタ値と60分後の尿素除去率を示す。本実験に用いた透析装置では、ストロークボリュームストロークボリュームは1回の脱血操作により送液した量のことを示し血液ポンプの回転数から推算⁴⁾される。また平均血流量ml/minはストロークボリュームを用いて式(2)で表される⁴⁾。

表2 SN透析法のモニタ値と60分後の尿素除去率

	ストローク ボリューム mL	平均血 流量 mL/min	平均血流量 の中央値 mL/min	60分後の 尿素除去率 %
Y字回 路	7.6~8.9	104 - 130	117	43.1
三方活 栓	6.9~8.8	112 - 124	118	76.2
専用針	8.1~8.5	109 - 127	118	66.9

$$\text{平均血流量} = \frac{\text{ストロークボリューム}}{\text{脱血時間} + \text{返血時間}} \quad (2)$$

平均血流量はストロークボリュームを1回の脱血と返血にかかる時間で除して算出される。SN透析法は3種類とも平均血流量の中央値が同等であり、血流量200 mL/minの設定対して60%程度しか確保できていなかった。しかし、ストロークボリュームの範囲を比較すると、Y字回路では1.3 mL、三方活栓では1.9 mL、専用針では0.4 mLでありデバイスにより差が見られた。専用針を用いたSN透析法では、三方活栓とY字回路を用いた場合よりもストロークボリュームの範囲が小さく、安定して血液が送り出されていたことが分かった。

4. 考察

SN透析法3種類は平均血流量の中央値が同等であったにもかかわらず、実験開始60分後の尿素除去率に差が生じていたが、これは脱血と返血が共通して流れるデッドスペースの容量が尿素除去率に影響を与える一つの原因となっているのではないかと考えられた。本実験に用いたデバイスのデッドスペースと容量を図3に示す。デッドスペースは破線で示した部分であるが、カタログなどで容量が公表されていなかったため、1 mLのシリンジで水を注入して測定を行った。Y字回路0.44 mL、三方活栓0.09 mL、専用針0.04 mLであった。デッドスペースに残る浄化された血液が脱血側に流入してしまう微小な再循環が繰り返し発生することにより、尿素除去率に差が生じたの

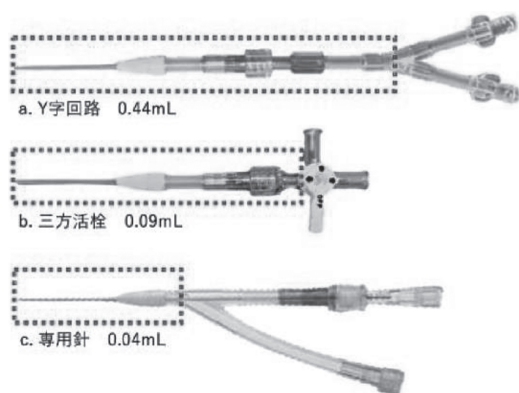


図3 実験に用いたデバイスのデッドスペースと容量

ではないかと考えることができた。そのため、専用針や三方活栓はデッドスペースの容量が小さかったために、Y字回路に比べて尿素除去率が高くなったのではないかと考えられた。

以上のことから、SN透析法では血流量が同等であっても、デッドスペースによる再循環量が尿素除去率に強く影響を与えたことが示唆された。そのため、専用針を使用せずにSN透析法を行う場合には、デッドスペース容量の小さい三方活栓を用いるほうが高い物質除去率が得られるのではないかと考えられる。

図2のグラフの推移から、標準透析法では時間経過毎の尿素除去率の傾きが定常状態に近づいていることが読み取ることができるが、SN透析法では標準透析法に比べると尿素除去率が定常状態に近づく結果を得るには60分での実験は時間が不十分であったと考えられる。今後は透析時間を延長して尿素除去率が定常状態に達するときに尿素除去率に差が生じるのか検討する必要がある。

指導教員：藍野大学 医療保健学部 臨床工学科
畑中由佳

■文献

- 1) 三吉直, 藤岡宏, 戸田成志: シングルニードル透析における静脈圧と血液流量の関係. 香川労災病院雑誌, Vol. 27, pp. 31-33, 2021.
- 2) 杉山正夫, 森嵩博, 鹿又一洋, 村杉浩, 本多仁, 大濱和也, 高根裕史, 岡田浩一: シングルニードル透析におけるデバイスの比較検討. 埼玉透析医学会誌, Vol. 4, No. 2, pp. 212-214, 2015.
- 3) 山下明泰: 第3章 血液浄化療法の工学的基礎知識. 透析治療法合同専門委員会, 血液浄化療法ハンドブック 2024. 株式会社協同医書出版社, 東京, pp. 40-45, 2024.
- 4) 日機装株式会社: 個人用多用途透析装置 DBB100NX 操作マニュアル ver.5.7.

受賞者コメント

この度は年間優秀賞という大変光栄な賞をいただき, 心より感謝申し上げます.

本研究では, シングルニードル透析法に用いるデバイスの違いによる透析効率の比較検討を行いました. 研究を進める中で多くの困難もありましたが, 指導教員の先生のご助言のもと研究に取り組むことができました. 今後もこの経験を糧に, 臨床や研究分野に貢献できるよう, さらに学びを深めていきたいと思います. 本賞を励みにより一層努力してまいります. 誠にありがとうございました.

編集室より

16回目となる「養成施設卒業研究コンペ 2025」では, 各施設の推薦を受けて応募された下記の8編の論文のうち, 優れた3編を年間優秀賞として選定いたしました. 養成施設卒業研究コンペ 2026におかれましても, 皆様からのご応募をお待ちしております.

養成施設卒業研究コンペ2025 採用論文一覧

No	タイトル	執筆者 (敬称略, ○: 筆頭著者)
1	超聴診器を用いた小児心臓手術における脱血不良の早期検出の有効性	○越智翔洋, 小町 温, 井久保智怜
2	小型犬における脱血カニューレの違いによる中心静脈圧および下大静脈内径に関する模擬実験	○井久保智怜, 小町 温, 越智翔洋
3	橈骨動脈-橈側皮静脈間動静脈瘻の吻合部作製と乱流発生の関係性	○小町 温, 越智翔洋, 埋金龍輝
4	模擬回路を用いた小型犬の体外循環における回路圧力損失の検討	○山口勝己, 松田向日葵, 山口翔和, 坂口天音
5	多出力ニューラルネットワークを用いた心電波形生成の試み	○伊藤光之介, 前川柊翔
6	臨床工学技士教育のためのVR人工心肺シミュレータの開発	○横山和奏
7	左冠動脈前下行枝を責任病変とする急性冠症候群における導出18誘導心電図の有用性	○松本悠花
8	シングルニードル透析法に用いるデバイスの違いによる透析効率の比較検討	○森 絢加