

養成施設卒業研究コンペ 結果発表

2026

年間優秀賞①

血管後壁穿通を防止するための透析用留置針における穿刺抵抗の解析

上原 結

順天堂大学 医療科学部 臨床工学科

年間優秀賞②

在宅血液透析における透析液流量低減の有用性評価

西田長夏

順天堂大学 医療科学部 臨床工学科

年間優秀賞③

深層学習を用いた EIT 再構成の臨床応用に向けた条件設定と評価

森 己乃佳

北里大学 医療衛生学部 医療工学科 臨床工学専攻

結果と講評

担当編集主幹 嶋津秀昭

17回目となる「養成施設卒業研究コンペ2026」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9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はそれほど多くありませんでしたが、応募された論文はいずれも卒業研究として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の下で、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性」「論文としてのオリジナリティ」「研究の意義やおもしろさ」「疑問点の少なさ」「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、次のように編集主幹賞を決定いたしました。

年間優秀賞① 血管後壁穿通を防止するための透析用留置針における穿刺抵抗の解析

(上原 結/順天堂大学 医療科学部 臨床工学科)

p.936-940に掲載

穿刺針の選定は、従来、主観的な「刺しやすさ」という視点やコストなどの側面で行われてきました。本論文で提示された、穿刺感覚を数値化することで各メーカーの製品間における穿刺感覚の差異を定量的に解析したことを高く評価しました。臨床現場での課題解決にも直結する、よい着眼点の研究テーマであると考えます。

年間優秀賞② 在宅血液透析における透析液流量低減の有用性評価

(西田長夏/順天堂大学 医療科学部 臨床工学科)

p.941-944に掲載

本研究では、透析液流量を減少させたときの溶質除去(クリアランス)について実験的に比較していました。その結果、小分子の溶質ではクリアランスが若干低下するものの、中分子溶質除去に大きな差異はなく、十分現実的な結果であることが示されていました。今後予想される在宅血液透析への応用についても考察されていた点も評価できます。

年間優秀賞③ 深層学習を用いたEIT再構成の臨床応用に向けた条件設定と評価

(森 己乃佳/北里大学 医療衛生学部 医療工学科 臨床工学専攻)

p.945-948に掲載

EITはCTやMRIとは異なり、放射被ばくや強磁場を伴わずにベッドサイドで肺の状態をモニタリングできることが最大の特徴です。機械学習などの技術的要素が進歩していることを踏まえると、実用範囲も今後拡大されると考えられます。本研究は肺自体が一般的な導電率を維持しているという限定的な条件ではあるが、臨床応用の可能性を評価しました。

【全体的講評】

本コンペの目的は優秀な卒業研究の選奨を通じて、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も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。先生方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。



血管後壁穿通を防止するための 透析用留置針における穿刺抵抗の解析

順天堂大学 医療科学部 臨床工学科

上原 結

UEHARA, Yui

1. 緒言

穿刺ミスは患者のストレス要因となるだけでなく、穿刺者と患者の信頼関係を悪化させる要因となる¹⁾。その一つに、血管後壁の穿通（以下、後壁穿通）がある。

本研究では、血管前壁の穿通時（以下、前壁穿通）のプツンという感覚（以下、穿通感覚）が大きい針を“後壁穿通が生じにくい針”として定義し、3社全8種の透析用留置針（以下、針）で比較・検討を行った。

2. 穿刺抵抗の測定実験

2-1. 定義

穿刺抵抗波形における、各相および各ピーク点を以下の通り定義する（図1）。

a. 内筒圧入相

内筒先端が血管に接触してから穿通に至るまでの区間。

b. 内筒ピーク点

内筒先端が血管を穿通した瞬間の最大抵抗値。

c. 内筒刺入相

内筒先端が血管を穿通してからカテーテル（以下、カテ）先端が血管に接触するまでの区間。

d. カテ圧入相

カテ先端が血管に接触してから穿通に至るまでの区間。

e. カテピーク点

カテ先端が血管を穿通した瞬間の最大抵抗値。

f. カテ刺入相

カテ先端が血管を穿通してから側孔に至るまでの区間。

g. 第1側孔ピーク点

カテ先端に最も近い側孔（以下、第1側孔）が血管を穿通した瞬間の最大抵抗値。

h. 側孔間刺入相

第1側孔から、それに続く側孔（以下、第2側孔）に至るまでの区間。

i. 第2側孔ピーク点

第2側孔が血管を穿通した瞬間の最大抵抗値。

2-2. 仮説

後壁穿通を回避するうえでは、穿刺者が血管前壁の穿通を認識できることが重要であると考えられる。そこで、“穿刺抵抗の落ち込む傾きが大きいほど穿通感覚も大きくなり、後壁穿通が生じにくい。”という仮説を立てた。

針における穿刺抵抗は、カテピーク点で最大値をとることから（図2）²⁾、カテピーク点と側孔の開始点の傾きを穿通感覚とした。

2-3. 使用機器

- ・計測スタンド MX2-500N（イマダ（株））
- ・固定テーブル TTB-10（イマダ（株））
- ・フォースゲージ ZTA-20N（イマダ（株））
- ・グラフ描画ソフト Force Recorder Next Standard（イマダ（株））
- ・統計ソフト StatFlex for Windows Ver.6（（株）アーテック）
- ・血管前壁模型ポリエチレンシート³⁾ 厚み $t = 0.3 \text{ mm}$
- ・透析用留置針（ランセット加工） A社 15G, 16G, 17G B社 15G, 16G, 17G
- ・透析用留置針（バックカット加工） C社 15G, 17G

2-4. 実験方法

本研究では、針先形状の違いによる穿刺抵抗波

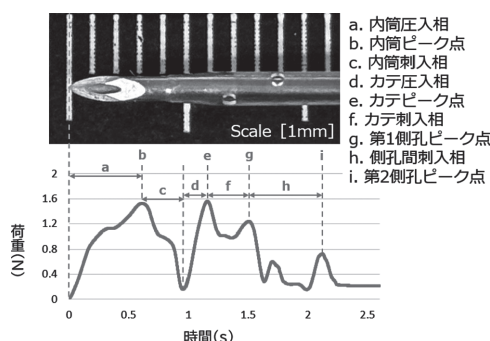


図1 穿刺抵抗波形における各相の定義

形の差を基礎的に比較するため、計測スタンドで安定して測定可能な条件として、穿刺角度を90°、穿刺速度を300 mm/minに統一し、血管前壁模型に側孔が通過するまで穿刺し、穿刺抵抗を測定した。針1種につき30回測定を行った。前述の傾き、平均化した波形を比較し、各針先端をカメラで撮影し検討した。サンプリング周波数は2 kHzとし、針と模型は測定毎に交換した。

3. 結果および考察

3-1. 傾きにおける統計的有意差

15Gではすべての組み合わせで有意差を認め、B社の針の傾きが最も大きくなった($p < 0.05$) (図3)。

16GではA社とB社の2群間で有意差を認め、B社の針の傾きが有意に大きかった($p < 0.001$) (図4)。

17GではA社とB社の間で有意差を認め、B社の針の傾きがA社と比較して有意に大きかった($p < 0.01$) (図5)。

3-2. 穿刺抵抗波形

3-2-1. 17Gでのメーカー間比較

A社は内筒ピーク点の到達が最も遅く、3社の中でカテピーク点と考えられる値が最も小さい。B社は内筒ピーク値が最も小さく、カテピーク点が目立つ波形である。C社は内筒、カテーテルともにピーク点に到達する時間が最も早かった。また、側孔ピーク値がいずれも他2社より大きく、各ピーク点の傾きが明瞭であった(図6, 7, 8, 9)。

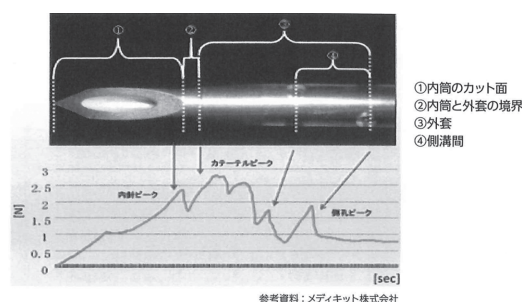


図2 穿刺抵抗のピークポイント

なお、本実験では穿刺速度を一定に制御しているため、ピーク到達時間の違いは針の進行速度の低下ではなく、各製品の針先端、カテ先端、側孔の位置関係および形状差により、模型へ接触・穿通するタイミングが異なったことを反映していると考えられる。

3-2-2. 同一メーカーでのサイズ間比較

A社15G、16Gはカテピークと考えられる点より後に最大値を迎える波形となった(図10)。

B社およびC社ではサイズ間で波形の違いは認めなかった(図11, 12)。

3-3. 針の形状比較

15G穿刺抵抗波形の傾きにおける多重比較では、B社が最も傾きが大きく(図3)、B社はカテ先端傾斜部の長さが3社の中で最も短い(図13)。

A社とC社の比較では、C社の傾きが大きく(図3)、C社はカテ先端部分に厚みがあり盛り上がっている。カテピーク点からの落ち込む傾きがA社よりも大きかったのは、この厚みが影響していると考えられた。したがって、カテ傾斜部の長さが短く、先端に厚みがあるほど、穿通感覚が大きくなると考えられた。

また、A社では15G・16Gと17Gで穿刺抵抗の最大値が異なるピーク点となっていた。画像と波形を比較すると、側孔の位置がサイズにより大きく異なることが分かる。A社15Gの側孔はカテ傾斜部の中央に近い位置にあり、A社17Gの側孔はカテ傾斜部の末端に近い位置にある(図14)。

A社15Gでカテーテルピーク点が小さい値と

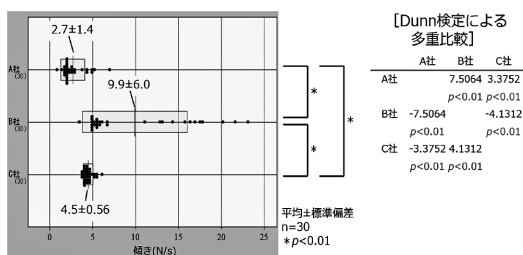


図3 15G針 傾き比較

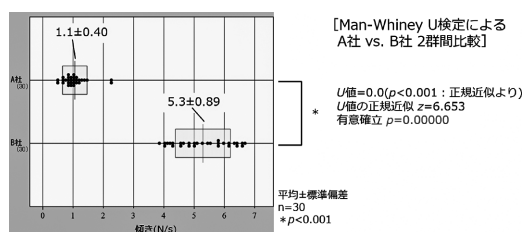


図4 16G針 傾き比較

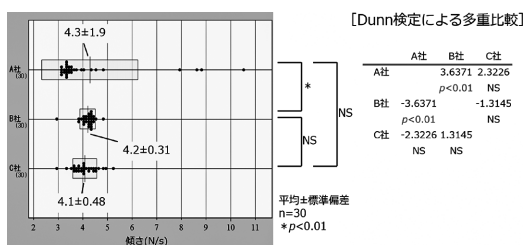


図5 17G針 傾き比較

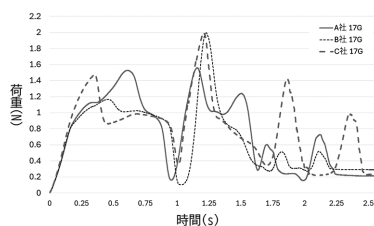


図6 各メーカーの針(17G)における穿刺抵抗波形

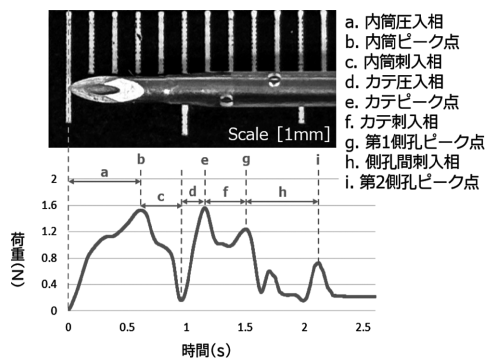


図7 A社 17Gにおける穿刺抵抗波形

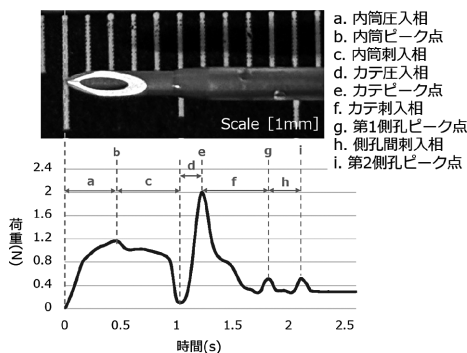


図8 B社 17Gにおける穿刺抵抗波形

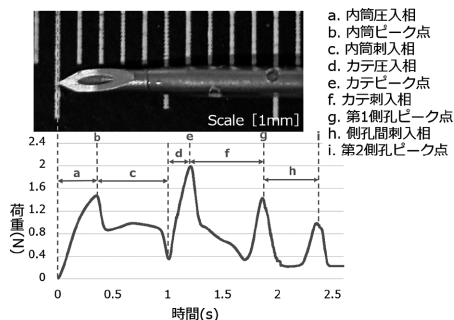


図9 C社 17Gにおける穿刺抵抗波形

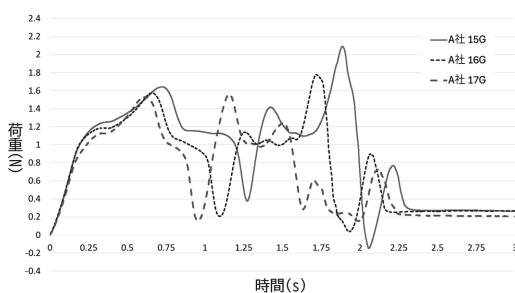


図10 穿刺抵抗波形 (A社)

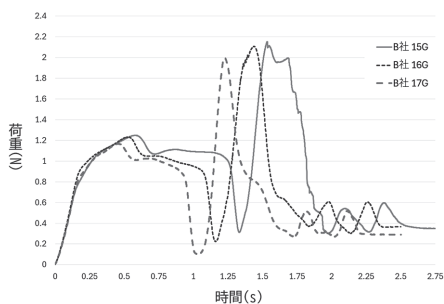


図11 穿刺抵抗波形 (B社)

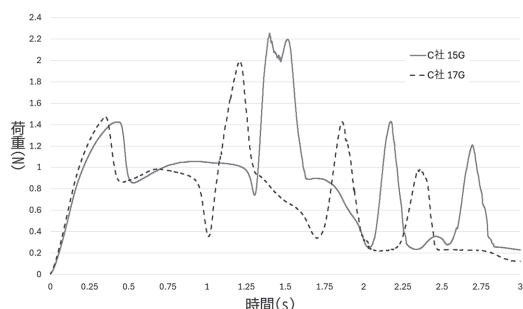


図12 穿刺抵抗波形 (C社)

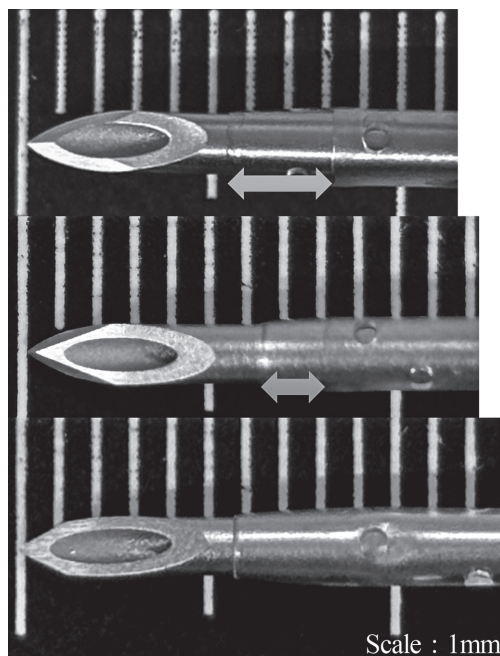


図13 15G針

1段目：A社，2段目：B社，3段目C社

なったのは、側孔が影響したためと考えられる。

つまり、カテーテルピークの落ち込む傾きを大きくするには、カテ傾斜部と側孔の位置が離れている必要があると推測される。

4. 本研究の限界と今後の課題

本研究では、時間的制約により、穿刺抵抗波形

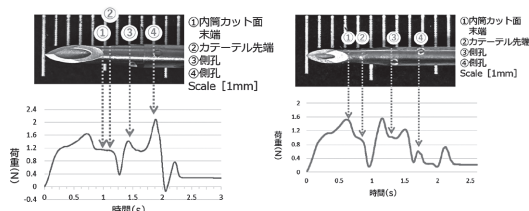


図14 穿刺抵抗ピーク点 (A社)

左：15G，右：17G

から得られた定量的指標と、穿刺経験者による主観的な穿通感覚との対応関係を検証できていない。また、本実験では穿刺角度を90°に統一したが、臨床では20~30°程度で穿刺されることが多く、角度の違いが結果に影響する可能性がある。

今後は、穿刺経験者による主観評価との比較、臨床に近い穿刺角度、およびより生体血管に近いモデルでの検証を行う必要がある。

5. 結言

本実験条件下では、穿通感覚を反映すると考えた穿刺抵抗波形の傾きが大きい針の特徴として、

- ①カテ傾斜部が短い。
 - ②カテ先端に厚みがある。
 - ③傾斜部から側孔まで一定の距離がある。
- の3点が示唆された。

指導教員：順天堂大学大学院 医療科学研究科 臨床工学専攻
中谷直史

■文献

- 1) 日比まどか, 他: 穿刺ミスによるストレス調査とバスキュラーアクセス分類による穿刺ミス対策, 兵庫透析従事者研究会誌, Vol.43, pp.14-17 (2020).
- 2) 竹内淳志, 他: バスキュラーアクセス穿刺時における血管後壁穿通を避けるためにせん断応力を活用する新しい試み, 明和医学誌, Vol.9 pp.27-31 (2022).
- 3) 齋藤和哉, 他: 透析用留置針の穿刺反力のメーカー間の比較, 日血浄化技会誌, Vol.20 No.9 pp.95 (2012).

受賞者コメント

この度は, 年間優秀賞に選出いただき, 誠にありがとうございます.

ご指導いただいた中谷直史先生, ならびに順天堂大学の先生方, 友人, そして家族に, 心より感謝申し上げます.

本研究は, 患者と臨床工学技士の双方に大きな負担を強いる穿刺ミスに対し, 「穿刺経験に依存しない防止策」を目標に着手いたしました. 本格的な研究に初めて取り組み, 研究成果を臨床へ応用するハードルの高さを痛感しました.

今回の受賞を励みに, 今後も医療のさらなる発展のため, 一層邁進してまいります.



在宅血液透析における 透析液流量低減の有用性評価

順天堂大学 医療科学部 臨床工学科

西田 長夏

NISHIDA, Nodoka

1. 緒言

現在の日本では、少子高齢化の進行に伴い老々介護の負担増加が問題となっている一方で、自宅で最期を迎えたいという患者の意見の増加傾向から、在宅医療の需要性が高まってきている。在宅血液透析 (Home Hemodialysis : HHD) は透析時間や回数の自由度が高く、QOLの向上や社会復帰の促進、合併症の軽減が期待される。一方で、自己管理の負担や介助者の高齢化、機械の設置スペースや廃棄物処理の困難さ、治療に伴う費用などの物理的負担、さらには医療従事者が常駐していないことから、トラブル時の対応遅れなどの心理的負担が欠点として挙げられている^{1), 2)}。

臨床工学技士は在宅血液透析において、医師の指示のもと透析条件の設定や透析液原液の交換などを行っている。そこで、在宅血液透析における問題点の改善策の1つとして透析液使用量の削減方法を検討した。標準透析での性能をなるべく維持しつつ透析液使用量を削減することを研究目的として、透析液流量を下げたときの溶質除去性能を評価した。

2. 方法

図1のようにシングルパスの実験回路を作成した。ダイアライザはPES-21D α (ニプロ)、コンソールはNOV-i (ニプロ) を用いて、生理食塩水でプライミングした。溶質として小分子溶質のビタミンB₂ (VB₂, 濃度40 mg/L, 分子量376) およびビタミンB₁₂ (VB₁₂, 濃度40 mg/L, 分子量1,355), 小分子中分子溶質のリゾチーム (濃度250 mg/L, 分子量14,300), 大分子溶質のアルブミン (濃度250 mg/L, 分子量66,000) の4種類

を用いて、血液流量 (Q_B) を200 mL/min, 濾過流量 (Q_F) を0 mL/minに保ち、透析液流量 (Q_D) を500, 400, 300 mL/minの順に変化させた。血液側入口・出口でサンプルを採取した。紫外・可視分光光度計V-730 (JASCO) を用いて、VB₂ は波長445 nm, VB₁₂ は550 nmの吸光度から血液入口側濃度C_{Bi}・血液出口側濃度C_{Bo}を算出した。リゾチームおよびアルブミンの濃度測定には、ピシンコニン酸 (Bicinchoninic acid : BCA) 法を用いた。BCA Protein Assay kit (Thermo Fisher Scientific) を使用し、マイクロプレートリーダーMPR-A100 (AS ONE) を用いて570 nmの吸光度を測定し、濃度を算出した。得られた濃度からクリアランス (CL) および総括物質移動面積係数 (KoA) を以下の式 (1), (2) より算出した。

$$CL = \frac{C_{Bi} - C_{Bo}}{C_{Bi}} Q_B \quad (1)$$

$$K_oA = \frac{1}{1/Q_B - 1/Q_D} \ln \left(\frac{1 - CL/Q_D}{1 - CL/Q_B} \right) \quad (2)$$

3. 結果および考察

Q_Dを変化させたときのCLとKoAの変化を図2に示す。CL, KoAともに、値が大きい順にビタミンB₂, ビタミンB₁₂, リゾチーム, アルブミンとなり、これは分子量の小さい順と一致した。したがって、拡散・濾過の分子量依存性が確認できた。

3-1. ビタミンB₂, B₁₂ (小分子溶質)

小分子のCLは標準治療のQ_D 500 mL/minの条件でVB₂が約180 mL/min, VB₁₂が約170 mL/minであった。Q_Dを500 mL/minから300

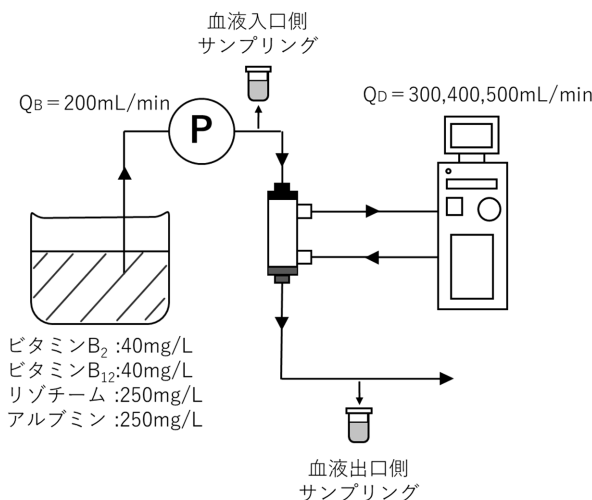
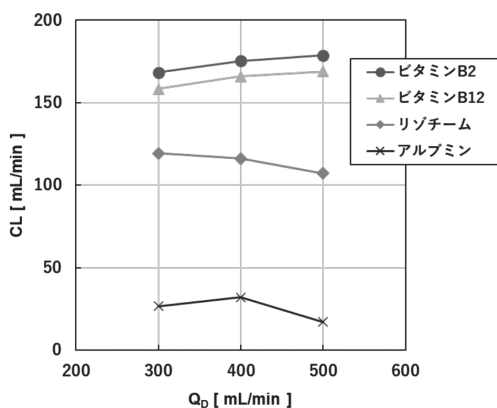


図1 実験回路図

a) クリアランス (CL)



b) 総括物質移動膜面積係数 (K_OA)

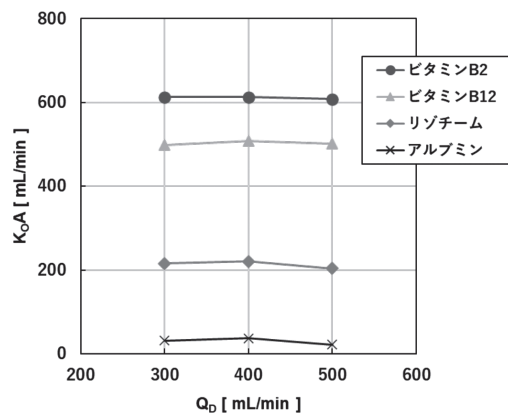


図2 透析液流量を変化させたときのクリアランスと総括物質移動膜面積係数の関係

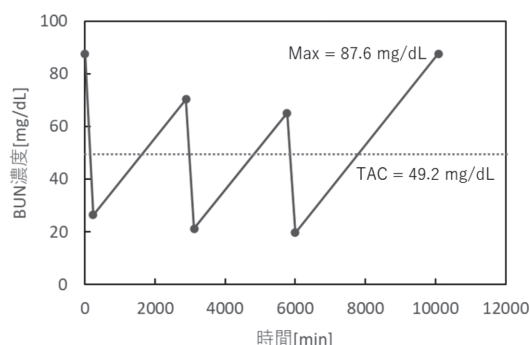
mL/minと減少させると、ビタミンB₂・B₁₂ともにCLが約10 mL/min低下した。また、KOAはQ_Dの影響を受けず、ビタミンB₂で約600 mL/min、ビタミンB₁₂で約500 mL/minであり、「CL<Q_B<Q_D<KOA」という関係性が確認できた。Q_Dを40%低減させてもクリアランスが5~6%程度しか低下しなかったことから、今回使用したダイアライザはQ_B、Q_Dを大きくこえる膜透過性能を有しており、ダイアライザ内での拡散が最大限に活用されていると推察される。小分子に

おいては、Q_Dを低減させても標準治療と実質的に同等の除去性能が維持できると考えられる。

3-2. リゾチーム (小分画中分子溶質)

中分子のリゾチームではQ_Dを減少させるとCLがわずかに増加する傾向を示したが、有意差はなかった。これは、紫外可視分光光度計で吸光度を直接測定できるVB₂・VB₁₂とは異なり、リゾチームはBCA法を用いた結果、データのばらつきが大きくなったためと推測される。有意差がなかったことから、リゾチームのCLはQ_Dに依

a) 週3回4時間・透析液360 L使用



b) 週7回2時間・透析液252 L使用

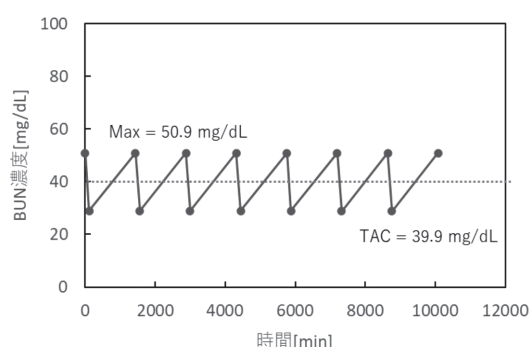


図3 透析スケジュールを変更したときの尿素窒素濃度の変化

存せず約110 mL/minではほぼ一定と考えられる。KoAも約210 mL/minで一定であった。リゾチームは β_2 ミクログロブリンなどの小分画中分子溶質を想定しており、この分子量帯では「 $CL < KoA < Q_B < Q_D$ 」の関係があることが明らかになった。したがって、CLは主にKoAと Q_B に依存し、 Q_D を減少させても β_2 ミクログロブリンの除去性能は標準治療と同等であると考えられる。

3-3. アルブミン (大分子溶質)

大分子では膜透過が大幅に制限されるため、CLは Q_D に依存せずほぼ25 mL/minと他の溶質と比較して低値を示した。アルブミンもBCA法で測定したため、リゾチームと同様に結果のばらつきが大きく、有意差はなかった。CLが臨床よりも大きい結果となったのは、血液系ではなく生理食塩水系での実験でファウリングがほぼなかったからと推測される。KoAも Q_D に依存せずほぼ25 mL/minと低値を示し、「 $CL = KoA$ 」の関係が確認できた。したがって、大分子溶質の溶質除去性能は膜性能にほぼ依存し、 Q_D 低下による除去性能の変化は限定的であると考えられる。

3-4 HHD への応用

これらの結果から、 Q_D を500 mL/minから300 mL/minに減少させてもCLおよびKoAに大きな差は認められず、溶質除去性能はほぼ維持されることが明らかになった。これは近年開発されているダイアライザが細孔径の大きく除去性能が

高いためと推察される。透析液を40%削減しても性能がほぼ維持されることから、コスト削減・医療資源の節約が可能となる。

HHDは標準透析とは異なり長時間・夜間透析や短時間頻回透析といった柔軟なスケジュールが設定できる。そこで、透析スケジュールを短時間頻回透析に変更したときの一週間のBUN濃度の変化を計算した。想定患者の条件として、体重60 kg、尿素の体内分布容積Vを36000 mL(体重の60%)、尿素生成量を6 mg/min(ただし、透析治療中の生成量は除去量より非常に小さいため無視する)とし、週の初めと終わりの濃度が等しくなる定常状態を仮定した。治療条件はVB₂の結果を用いて、週3回4時間の標準透析では $Q_D = 500$ mL/minでCL=180 mL/min(週あたり透析液使用量360 L)、週7回2時間のHHDでは $Q_D = 300$ mL/minでCL=170 mL/min(週あたり透析液使用量252 L)とした。標準透析とHHDにおけるBUN濃度の時間変化を図3に示す。HHDでは透析液使用量を週あたり108 L(全体の30%)削減したのにもかかわらず、BUN濃度の最大値、週平均濃度TACのいずれもHHDのほうが標準透析よりも低値であった。これは、ダイアライザのCLや除去性能よりも、透析スケジュールが体内の週平均BUN濃度に大きな影響を及ぼすためである。以上より、HHDの利点である透析スケジュールの柔軟性を活用すること

で、溶質除去性能を維持または向上させつつ透析液使用量を大幅に削減する可能性が示唆された。

4. 結言

透析液流量を 500 mL/min から 300 mL/min

に減少させても溶質除去性能はほぼ同等であり、透析液の使用を節約できる。

指導教員：順天堂大学大学院 医療科学研究科 臨床工学専攻
滑川亘希

■文献

- 1) 政金生人：我国の在宅血液透析の地域差を考える, 人工臓器 51 巻 3 号：196-200, 2022
- 2) 友 雅司：在宅透析の現状と将来, 人工臓器 44 巻 3 号：206-209, 2015

受賞者コメント

この度は年間優秀賞という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・ご協力いただいた先生方、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。

本研究が在宅血液透析のさらなる発展と患者さまの QOL や治療環境の向上に少しでも貢献できれば幸いです。この受賞を励みに、今後も知識と技術の向上に努め、医療の発展に貢献できるよう精進してまいります。



深層学習を用いたEIT再構成の臨床応用に向けた条件設定と評価

北里大学医療衛生学部医療工学科臨床工学専攻

森 己乃佳

MORI, Konoka

1. 研究目的

電気インピーダンストモグラフィ (EIT) は、体表面に装着した電極から微弱電流を流し、体内の導電率変化を画像化する技術であり、被ばくがなくベッドサイドでリアルタイムモニタリングが可能である。この特性から、現在は主に肺の換気分布の可視化に利用され、人工呼吸管理や肺胞リクルートメント評価など、集中治療領域における呼吸管理への応用が期待されている。また、呼吸に伴うインピーダンス変化を連続的に観察できることから、肺機能や肺コンプライアンス変化のモニタリングへの応用可能性も注目されている。

一方で、EITはCTやMRIと比較して空間分解能が低く、異常領域の形状や回転の再現に課題がある。先行研究では深層学習によって位置や大きさの再現性は向上したものの、形状再現や臨床条件への適用には限界があった¹⁾。

本研究では、EITを腫瘍診断へ応用することではなく、人工呼吸管理や換気動態評価などの呼吸モニタリングへの応用を見据え、深層学習による画像再構成精度向上を目的とした。そのため、腫瘍形状を模擬した異常領域を、EIT画像再構成における空間分解能および形状再現性能を評価するためのモデル条件として設定した。

そこで本研究では、胸郭モデルおよび16チャンネル電極を用いた、より臨床に近い条件で深層学習によるEIT再構成を行い、その有用性を評価した。

2. 研究方法

2-1. データセット作成

本研究では、PyEIT(ver.1.2.4)²⁾を用いてシ

ミュレーションデータを作成した。胸郭内部構造を模擬し、ランダムに配置された異常領域(導電率変化)を組み合わせることでデータセットを構築した。

電極数は16チャンネルとし、異常領域の有無における電極間電位の比を入力データ(208×1)、対応する導電率分布(432×432)を教師データとした。データ数は計10,000セット(学習用8,000、評価用2,000)とした。

2-2. 深層学習モデルと評価方法

本研究では、PyTorchを用いてFig2に示すニューラルネットワークを構築した。本ネットワークは、一次元の電位データを二次元特徴マップへ変換し、段階的なアップサンプリングによって高解像度の導電率分布を再構成する構造とした。EIT特有の境界が不明瞭になりやすい課題に対し、広域情報と局所構造を同時に扱えるよう設計した。また、U-Netアーキテクチャを用いることで、大域的特徴抽出と空間情報復元を行い、スキップ接続によって浅層の形状情報を保持したまま高精度な再構成を実現した。さらに、アップサンプリングを用いて高解像度化と計算負荷軽減を両立した。損失関数にはHuberLossを用い、外れ値の影響を抑えた安定した学習を行った。評価は、生成画像とGround Truthとの視覚的比較に加え、肺領域および腫瘍領域におけるIoU (Intersection over Union)を用いて定量評価した。

3. 結果の概要

深層学習による再構成画像は、異常領域の位置、大きさに加え、従来課題であった形状および回転も良好に再現した。定量評価では、IoU中央値は腫瘍領域で約0.74、肺領域で約0.96を示し

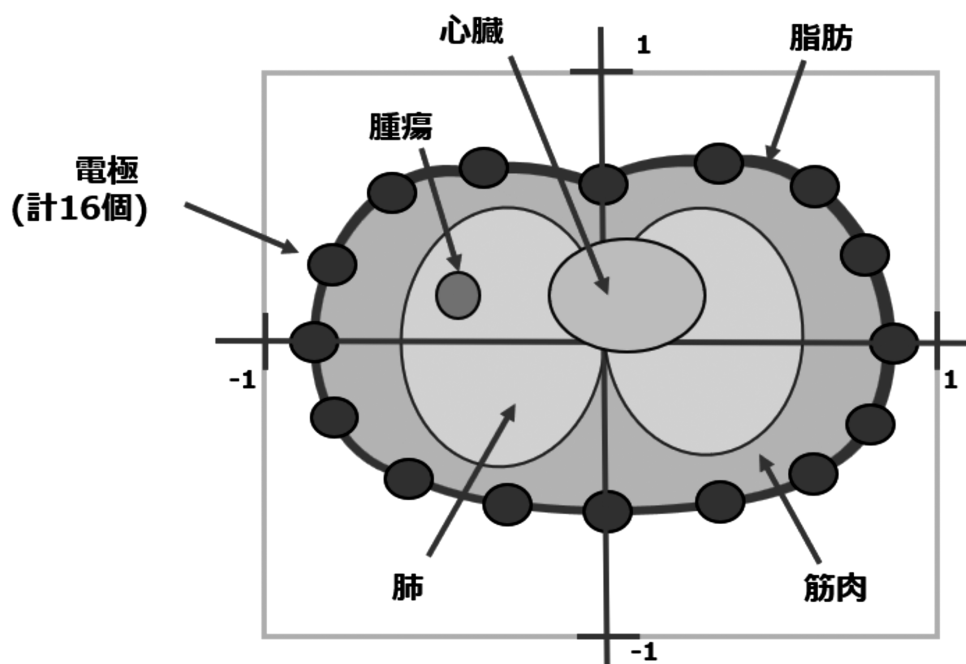


Fig.1 データセットの模式図

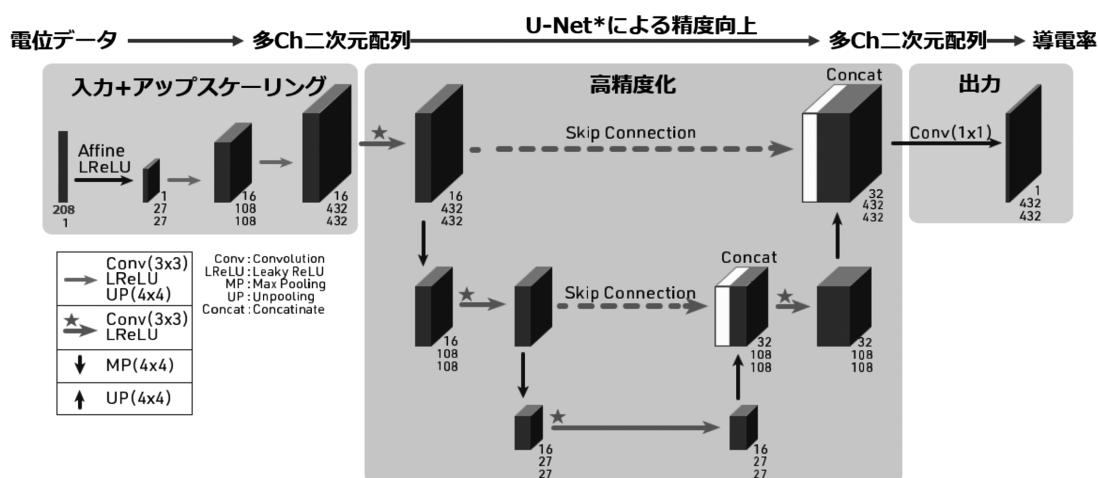


Fig.2 作成したネットワーク

Ground Truth



Deep Learning

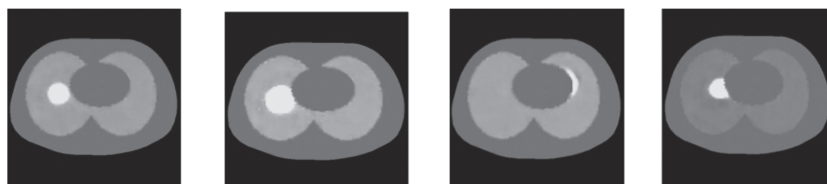


図3 15G針 傾き比較

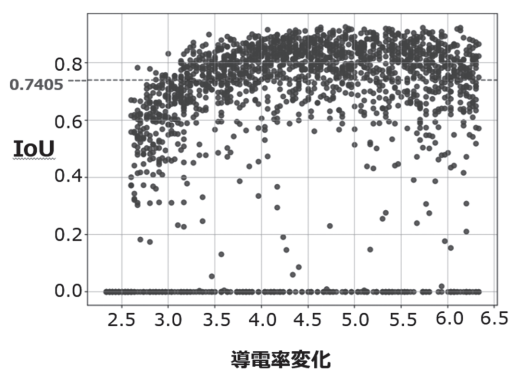


Fig.4 腫瘍の導電率変化とIoUの散布図

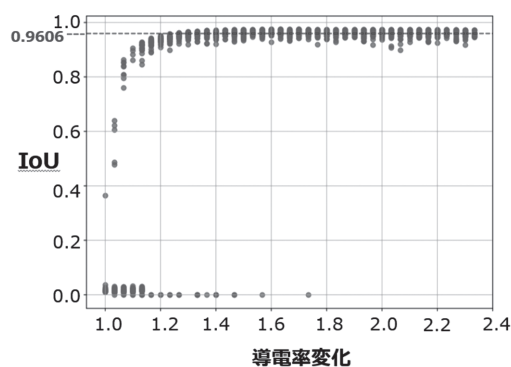


Fig.5 肺の導電率変化とIoUの散布図

た。特に肺領域では導電率変化の条件に依存せず、高い精度を安定して維持した。

一方で、小さく複雑な形状を持つ腫瘍では再構成精度が低下する傾向が認められた。

4. 考察

本研究により、深層学習を用いることでEITの空間分解能の低さを一定程度改善できることが示された。特に、従来困難であった形状や回転の再現が改善された点は、臨床応用に向けた重要な進展である。

また、16チャンネル胸郭モデルを用いたことで、より実臨床に近い条件での評価が可能となった。EITは呼吸に伴うインピーダンス変化をリアルタイムに観察できるため、局所換気分布だけでな

く、肺機能や肺コンプライアンス変化のモニタリングへの応用も期待される。

一方で、本研究では呼吸運動による時間変化を考慮せず、静的条件下で検討を行った。しかし、肺導電率変化に対して肺領域IoUは比較的安定していたことから、呼吸停止時など肺導電率が比較的一様となる条件では、一定の臨床的有用性を有する可能性が示唆された。

一方で、小領域や複雑形状の再現には依然課題が残る。これはEITの感度分布の偏りや平滑化の影響によるものと考えられる。また、EITはCTやMRIと比較すると空間分解能に限界があるものの、深層学習・機械学習技術の発展により、今後さらなる画像再構成性能向上と実用範囲の拡大が期待される。

以上より、本研究は深層学習によるEIT再構成の臨床応用可能性を示した。今後は、小領域検出精度の向上や実測データを用いた検証、呼吸運動を考慮した動的条件下での評価が必要である。

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) 関根遥 2024年度 北里大学医療衛生学部医療工学科臨床工学専攻 卒業論文
- 2) Benyuan Liu, Chanhua Xu, Xiuzhen Dong et al : pyEIT : A python based framework for Electrical Impedance Tomography, SoftwareX vol. 7, pp.304-308, 2018.

受賞者コメント
この度は、栄えある年間最優秀賞に選出いただき、誠にありがとうございます。指導教員の先生方をはじめ、研究を支えてくださった皆様に心より感謝申し上げます。本研究は、深層学習を活用してEIT再構成の臨床応用を目指したものです。今回の受賞を大きな励みとし、今後も医療技術の発展や臨床現場の課題解決に貢献できるよう、一層精進してまいります。この度は本当にありがとうございました。

編集室より
17回目となる「養成施設卒業研究コンペ 2026」では、各施設の推薦を受けて応募された下記の9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 2027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2026 採用論文一覧

No	タイトル	執筆者(敬称略, ○:筆頭著者)
1	3D模擬気管モデルを用いた小型犬におけるカフ圧と吸気リークの定量評価	○岩水 初, 村田達哉
2	麻酔器のリークと閉塞時における現象の検証	岡本拓己
3	刺激応答性細胞輸送材料の設計と幹細胞移植への応用	佐藤玲実
4	医療酸素ボンベ圧力計の自動読み取り手法の検討	吉村正磨
5	ハンドトラッキングを用いたVR腹膜透析の手技訓練システムの構築	○小畑光輝, 山本航輝
6	異物存在下における気道上皮についての研究	小田捺未
7	血管後壁穿通を防止するための透析用留置針における穿刺抵抗の解析	上原 結
8	在宅血液透析における透析液流量低減の有用性評価	西田長夏
9	深層学習を用いた EIT 再構成の臨床応用に向けた条件設定と評価	森 己乃佳