

＜研究課題＞ ICTで身体拘束を減らす
 －医療用カテーテル自己抜去防止システムの開発－

代表研究者 千葉大学大学院看護学研究院
 共同研究者 千葉大学大学院看護学研究科

助教 雨宮 歩
 博士前期課程 松村 彩

【まとめ】

医療用カテーテルの自己抜去を防ぐため、認知機能低下がある高齢者は身体拘束されることがある。そこで我々は、非拘束で自己抜去予防を可能にするため、ICTを活用した新たな接触検知システムを開発している。本研究ではシステムのプロトタイプを作成し、自己抜去動作のアラーム閾値設定として、0.5秒以上1.5秒以内に次の電圧反応があった場合とした。これにより失報・誤報を低減しながら自己抜去を未然に検知できる可能性が示された。

1. 研究の目的

身体拘束はADLやQOLの低下だけでなく人権擁護の観点からも問題を有しており、臨床では身体拘束のないケアの実現に向けて様々な取り組みが進められている¹⁾。しかし、2016年の報告によると、病棟・介護施設等全体で65.9%、医療保険適用病床に限ってみると9割以上の機関で身体拘束が行われている²⁾。同報告によると、身体拘束される理由で最も多いのは、認知機能低下が伴う高齢者で、チューブ類の抜去の恐れがある場合であり、ミトンなどで身体拘束されることが多い。そこで、我々は非拘束による自己抜去防止を目指し、生体電極を利用した接触検知センサシートの仕組みを開発した(図1、2)。本研究では、この接触検知システムを用いて、患者がチューブを気にして触れていることをスタッフに知らせ、自己抜去を未然に防ぐ接触センサシステムの開発(図3)を目指す。今回は留置期間が長い傾向にあり、身体拘束解除が難しいとされる経鼻経管栄養胃チューブ(以下、NGチューブ)に焦点を当て、失報低減を図る。さらに、過剰アラームによる誤報を減らすことを目的に、NGチューブを気にする動作から固定テープを剥離する動作(以下、自己抜去想定動作)を定量化し、これに限定したアラーム設定を検討する。

2. 研究方法と経過

2-1 接触電圧測定器のプロトタイプ作成

プロトタイプとして、接触時の電圧を計測、検知するために必要な接触電圧測定器と、その

アプリケーションソフトを設計、製作をした(図3)。



図1 生体電極を利用したセンサシートの仕組み

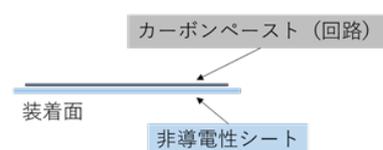


図2 センサシートの断面図

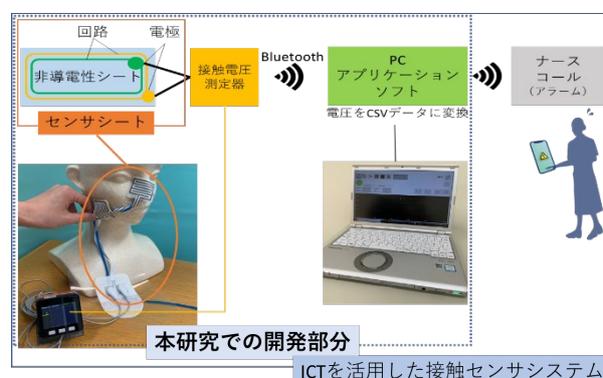


図3 ICTを活用した接触検知システムと本研究の位置づけ

2-2 データ収集方法

対象者に、調査用チューブを非侵襲的範囲(0.5 cm)で鼻腔に挿入し、テープで固定した上からセンサシートを貼付した。療養生活で接触誤報が想定される非自己抜去動作15項目(表1)とNGチューブ自己抜去動作を認知機能が低下した高齢者による動作を想起の上、実施させた。この間、製作した接触電圧測定器で電圧測定し、動画撮影した。また、予備調査にて皮膚が乾燥状態では電圧による接触検知が不十分となる場合があり、データ収集前に Mobile Moisture HP10-N™ (株式会社インテグラル)

にて手指の角質水分量を測定し、非乾燥状態を示す 15 以上あることを確認した。

2-3 本研究の対象者と流れ

本研究の対象者は、認知機能の低下のある高齢者ケアの経験がある介護医療専門職者 20 名で本調査 20 名、評価調査 3 名の 2 段階とした。

2-4 データ解析

本調査では、失報・誤報を算出、原因を追究しセンサシートを改良した。また、自己抜去想定動作のアラーム閾値は、各動作中の電圧ゼロ時間と電圧上下回数を変数に用いて ROC 曲線でカットオフ値から算出した (図 4)。



図 4 1つの動作内の電圧波形例と変数の定義

電圧測定値そのものを変数としない理由は、対象者の手指の角質水分量やセンサシート回路への接触面積により電圧が異なり、個人や状況によって電圧数値が大きく変化するためである。よって、電圧測定値は動作定量化にあたっての変数として扱うことは困難であった。

評価調査では、本調査によって改良されたセンサシートと自己抜去想定動作のアラーム閾値の結果を用いて 3 名のデータで調査し、失報率・誤報率を算出した。

本研究は、千葉大学大学院看護学研究科倫理審査委員会の承認 (R2-31) を得て実施した。

3. 研究の成果

3-1 接触電圧測定器のプロトタイプ作成

センサシートへ手指が接触し、検知された電圧を接触電圧測定器によって測定された電圧が、PC アプリケーションソフトによって CSV データに変換されデータが取得可能となった。また、接触電圧測定器は Bluetooth による無線通信が可能である (図 5)。

3-2 本調査の結果

1) 対象者の特性

対象者の職業は 20 名全員看護師で、年齢は 22 - 41 歳、経験年数は 0.1 - 17 年とばらつきはあったが、認知機能低下のある高齢者の

ケア経験が全対象者にあることを確認した。

2) 電圧測定

非自己抜去動作 15 項目と自己抜去想定動作の電圧波形の例を図 6 に示す。

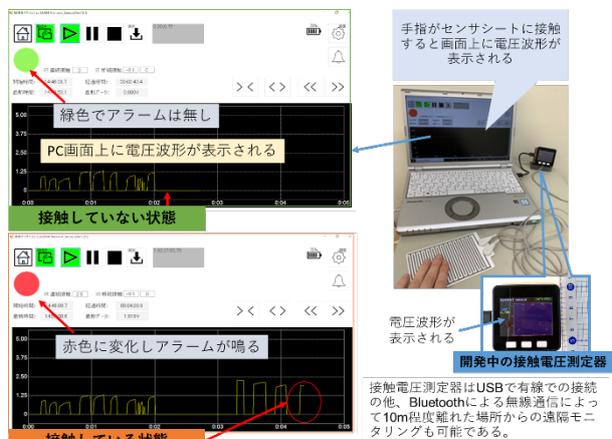


図 5 接触電圧測定器のプロトタイプと PC アプリケーションソフト画面

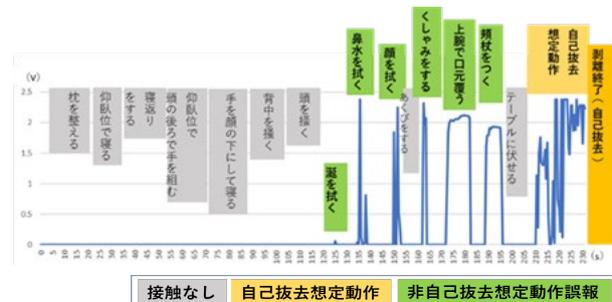


図 6 電圧測定結果の一例

3) 失報・誤報

本調査において失報率は 15.0% (3/20 例) であった。センサシート剥離の際に回路への接触不足が原因だったものがあつた。そのため、回路をセンサシートの縁に配置し、改良した (図 7)。

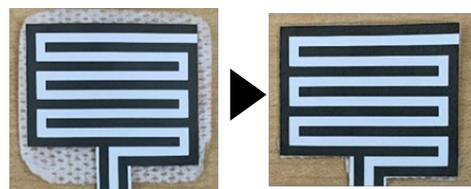


図 7 改良前 (左) と改良後 (右) のセンサシート

誤報率は 23.3% (70/300 例) であった。誤報はセンサシートに触れていないが接触反応していた非接触誤報が 3 例あり、そのうち、回路の捻じれによるものが 1 例あり、捻じれを解消することで解決できた。また、手指の水分・油分が回路に付着・残存した例が 2 例あり、乾いた布などで拭き取り、誤報を解除できた。これらを除く誤報 67 例はすべて非自己抜去動作によるものであった。この非自己抜去動作による誤報を減らすために下記の検討を実施する。

4) 自己抜去想定動作のアラーム閾値

①電圧ゼロ時間の ROC 曲線

曲線下面積は 0.858、95%信頼区間 0.763 - 0.953 であった。また、カットオフ値は Youden index を使用し感度：94.1%、特異度：69.4% のカットオフ値：0.250 (秒) であった (図 8)。

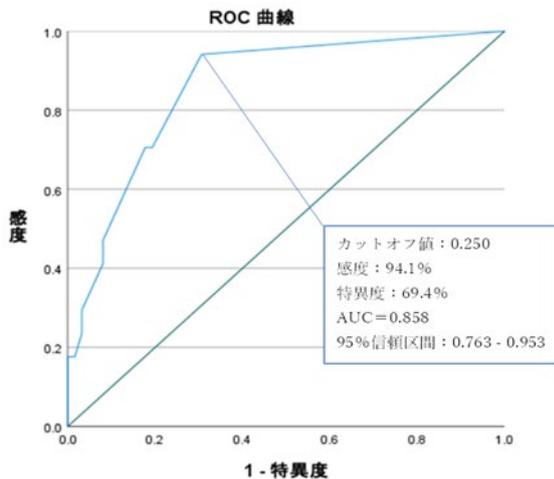


図 8 電圧ゼロ時間の ROC 曲線

②接触時間あたりの電圧上下回数の ROC 曲線

曲線下面積は 0.731、95%信頼区間：0.620 - 0.843 であった。カットオフ値を Youden index を使用し感度：59.7%、特異度：94.1% のカットオフ値：0.648 (回/秒) であった (図 9)。つまりデータ解析の表現上、電圧上下回数が 1 秒あたり 0.648 回となる。これを自己抜去想定動作のアラーム閾値 X として「X 秒あたり電圧上下回数 1 回」と換算し、下記のように求めた。

$$0.648 \text{ (回)} : 1 \text{ (秒)} = 1 \text{ (回)} : X \text{ (秒)}$$

$$X = 1/0.648$$

$$X = 1.543 \text{ (秒)}$$

以上より、約 1.5 秒に 1 回電圧反応が上下した場合に自己抜去想定動作と判断した。

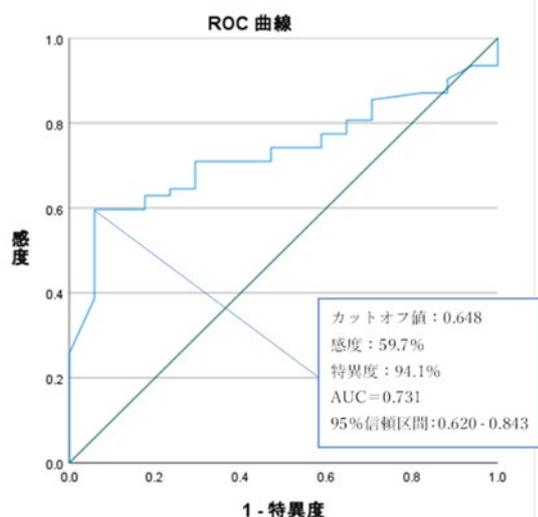


図 9 電圧上下回数の ROC 曲線

①と②の結果から秒数が短い方を自己抜去想定動作のアラーム閾値の下限、つまり電圧ゼロとなってから何秒以上接触反応がある場合にアラートするかを設定した。同様に、秒数が長い方を自己抜去想定動作のアラーム閾値の上限、つまり電圧ゼロになって (電圧ゼロ時間の発生) から何秒以内に次の電圧が生じた場合にアラートするかを設定した。①の結果は 0.250 秒、②の結果が 1.543 秒であったため、自己抜去想定動作のアラーム閾値を「電圧ゼロとなってから 0.250 秒以上 1.543 秒以内に次の電圧反応があった場合」と設定することを検討した。しかし、本研究で使用している接触電圧測定器のサンプリングレートは 2 Hz であり、1 秒あたり 2 回電圧を測定する。つまり、0.5 秒が最低のサンプリングレートとなる。カットオフ値を 0.5 秒に ROC 曲線の座標上最も近い 0.625 秒とした場合、感度が 70.6、特異度が 80.6 となる。この場合、Youden index を使用したカットオフ値 0.250 秒よりも感度が低下してしまうが、サンプリングレートを 4 Hz (0.25 秒ごとに 1 回電圧測定) とすると、バッテリーの消耗が大きくなるという課題が生じる。臨床で接触センサシステムを実装するには、センサシステムの精度とバッテリー持続時間をバランス良く保つことが望ましい。そのため本研究の評価調査では、2 Hz のサンプリングレートをを用いて「電圧ゼロとなってから 0.5 秒以上 1.5 秒以内に次の電圧反応があった場合」と自己抜去想定動作のアラーム閾値を試行的に設定した。このアラーム閾値設定を、本調査 20 名分のデータにあてはめ誤報率の変化を検証した結果、誤報率は 23.3% から 8.5% まで減少した (図 10)。

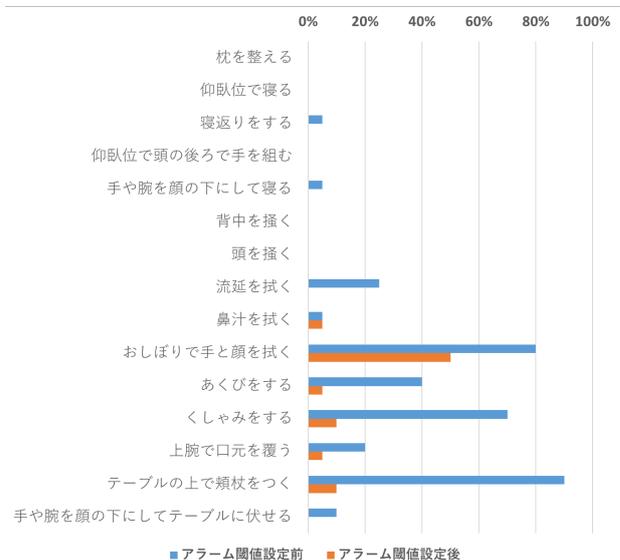


図 10 自己抜去想定動作のアラーム閾値設定前・後の誤報率の変化

3-3 評価調査結果

1) 対象者の特性

対象者の職業は3名で、看護師、介護士、理学療法士であった。年齢29～67歳、経験年数6～40年で本調査同様にばらつきはあるが、認知機能低下のある高齢者のケア経験は全対象者であった。

2) 失報・誤報

評価調査対象者3名において、本調査の結果3-2-①にて改良したセンサシートを用いて調査した。その結果、いずれの対象者もセンサシートへの接触が不足したことによる失報はなかった。

3) 自己抜去想定動作のアラーム閾値設定

本調査の結果3-2-4)で検討した「電圧ゼロとなってから0.5秒以上1.5秒以内に次の電圧反応があった場合」にアラーム閾値を設定し、評価調査の3名全員の自己抜去想定動作中に0.5～1.5秒の電圧ゼロ時間が生じた。そのため、本調査で設定したアラーム閾値による失報例はなかった。さらに、このアラーム閾値の設定したことで非自己抜去動作中の電圧ゼロ時間が3名ともに発生せず、誤報例は非接触誤報も含めて無かった。よって、評価調査3名では失報率、誤報率ともに0.0%であった。

以上の結果より、本研究にて検討した自己抜去想定動作に限定したアラーム閾値により、誤報低減を図りながら、自己抜去を未然に検知できる可能性が示唆された。

4. 今後の課題

今後臨床で認知機能低下のある高齢者に対して調査するにあたり、本研究で検討したセンサシートを用い、改良点の有無を確認する。自己抜去想定動作に限定したアラーム閾値に関して、サンプリングレートを4Hz(0.25秒に1回の電圧測定)への変更についてバッテリー持続時間との兼ね合いを検討していく必要がある。また、病院施設で療養する高齢者は認知機能の低下だけでなく、脳卒中などによる運動障害などで手指の巧緻性は健常者と異なることも予測される。本研究で設定した自己抜去想定動作のアラーム閾値について、臨床で実際に

高齢者を対象とし、信頼性と妥当性の検証が必要である。さらに、今後はAIを用いて個別のパターンに応じてアラートすることで、非自己抜去動作による接触誤報をさらに低下させ、接触センサシステムの精度向上を図る予定である。

5. 研究成果の公表方法

本研究の成果の一部を1)～4)で発表し、5)は今後発表予定である。

1) Amemiya A., Matsumura A., Kase R., Sugawara Y., Minowa T., and Ichida M. (2021): Examination of a contact detection sensor to prevent self-removal of peripheral intravenous catheters. 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 4965-4968.

2) Matsumura, A., & Amemiya, A. (2021, July 3-5). Voltage measurement for the development of a catheter self-removal prevention system. A preliminary study. The 9th Asia Pacific Entertostomal Therapy Nurse Association Conference, 107.

3) 松村 彩, 雨宮 歩, 箕輪 隆城, 市田 誠. (2021, 10月22～23日). 経鼻経管栄養胃チューブ自己抜去防止センサシートの形状に関する検討, 第9回看護理工学会学術集会, 13. (オンライン)

4) 千葉県科学フェスタ2021(10月10日)出展

5) IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2022.

参考文献

- 1) 厚生労働省「身体拘束ゼロ作戦推進会議」: 身体拘束ゼロへの手引き. 2001.
- 2) 公益社団法人全日本病院協会: 「身体拘束ゼロ実践に伴う課題に関する調査研究事業」報告書. 2016.

以上