

O1-6

採血シミュレーション訓練用ハプティックデバイスに関する研究

A Study of Haptic Device for Blood Sampling Simulation Training

○ 佐藤政哉, 香川亮太, 高木寛之, 多羅尾進, 齊藤浩一 (東京高専 専攻科)

Masaya SATOH, Ryota KAGAWA, Hiroyuki TAKAGI, Susumu TARAO, Hirokazu SAITO,
Advanced Course, Tokyo National College of Technology

Abstract: Blood sampling is frequently performed in clinical inspection and blood donations. The skill of needle puncture is improved by two ways: clinical experience and simulation training by using a human body model. However trainee cannot practice positively in clinical site due to the subjects' burden. In addition, simulation training would not give difference of reaction force of venipuncturing between the subjects. In this study, for novel blood sampling simulation training, a device reproducing the reaction force of venipuncturing using haptic technology has been prototyped. A haptic device of human interface was developed and the reaction force of venipuncturing against a biological tissue model was measured using the haptic device. As the results, 2 dimensional motion of venipuncturing could be reproduced and the characteristic reaction force of venipuncturing was observed. And it seemed that viscoelastic characteristics should be integrated into the biological tissue.

Key Words: Haptic simulator, Needle puncture, Blood sampling practice

1.はじめに

臨床検査や献血のために採血は頻回に行われているが、その技術の修得方法は専ら臨床現場における実地経験と、人体の一部を模したシリコンゴム製モデルを用いたシミュレーション訓練の2種類である。しかし、これらの方法には被検者に苦痛や事故の危険を伴う事や、被検者ごとで異なる血管の硬さなどに起因する穿刺反力の違いを経験できないといった問題がある。そこで本研究では触覚を機械的に再現するハプティック技術に着目し、様々な穿刺反力を再現できる採血シミュレータの開発を行っている。穿刺反力を再現する装置は肘窩静脈からの採血訓練に特化させることで小型かつシンプルな機構を目指す。また装置の制御は生体組織の粘弾性を考慮した上でパラメータの変更により容易に様々な穿刺反力を再現できるものとする。

本稿では試作した装置の概要とその装置を用いた穿刺反力測定の実験結果について報告する。

2. ハプティック技術を応用した採血シミュレーション訓練

本研究では様々な穿刺反力を再現するために機械的に触覚を再現する装置(ハプティックデバイス)を中心とした穿刺シミュレータの開発を行う。穿刺訓練用シミュレータの概要を Fig.1 に示す。試作するハプティックデバイスは注射器型の入力装置、アクチュエータ、力覚センサ等を有し、パーソナルコンピュータ(以下PC)に接続される。訓練者が入力装置を実際の注射器と同様に操作すると、操作情報がハプティックデバイスにより検知

される。PCではこの情報を基に穿刺反力を再現するための運動情報を生成し、ハプティックデバイスがその運動情報通りの動作をすることで、訓練者は実際に穿刺を行っているような感覚を得られる。PCで運動情報を生成する際のパラメータを変更することで再現する穿刺反力が変化する。本シミュレータはシリコンゴム製の血管モデルとは異なり、繰返しの使用による劣化がない。その上、穿刺訓練中の注射器の動作(穿刺角度や速度、所要時間等)が数値保存されるため、訓練の定量的な評価ができるようになり、効果的な訓練が可能になると期待される。

3. 採血訓練用ハプティックデバイスの試作

3.1 自由度の設定

穿刺の基本的な動作¹⁾を Fig.2 に示す。動作は大きく別けると①血管に針を穿刺する、②注射器を倒して水平に固定する、③血液を吸引する、④針を抜くの4つである。これらの動作のうち③以外を再現するため、Fig.3のよう

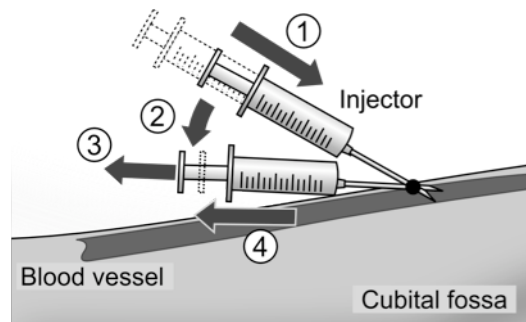


Fig.2 Injector's motion in blood sampling

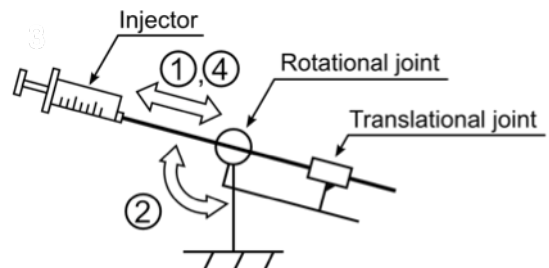


Fig.3 Arrangement of degrees of freedom of the haptic device

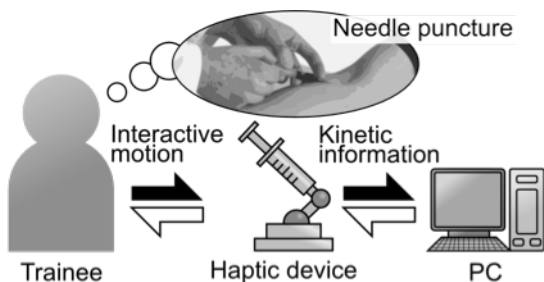


Fig.1 Concept image of needle puncture simulator using haptic technology

に自由度を配置した。ハプティックデバイスの持つ自由度は実際の注射器と同様の空間6自由度が望ましいが、まずは基本的な動作を再現できるよう、並進と回転の各1自由度ずつに限定した。

3.2 試作機の外観と穿刺動作の再現機構

Fig.4 に製作した試作機の外観を示す。全高が約 250 mm、幅が約 100 mm、長さが約 250 mm である。可動範囲は並進のリンクで約 60 mm、回転のリンクで約 45 deg である。Fig.5 に示すように並進1自由度はスライドレールを用いたスライダリンク機構によって実現される。回転1自由度は Fig.6 に示す4節からなる機構によって実現される。各アクチュエータには制御回路やエンコーダを内蔵したサーボモータを用いている。力覚のセンシングにはロードセルを2つ用いており、装置の自由度と同じ並進と回転の2成分の荷重を測定できる。入力部となる注射器は力覚のセンシング部を介して駆動機構に固定した。これにより、注射器にかかる全荷重は力覚のセンシング部に伝達される。

本試作機ではマニュアル制御により動作確認を行い、穿刺の基本的な動作を再現するために必要な自由度を持つことを確認した。

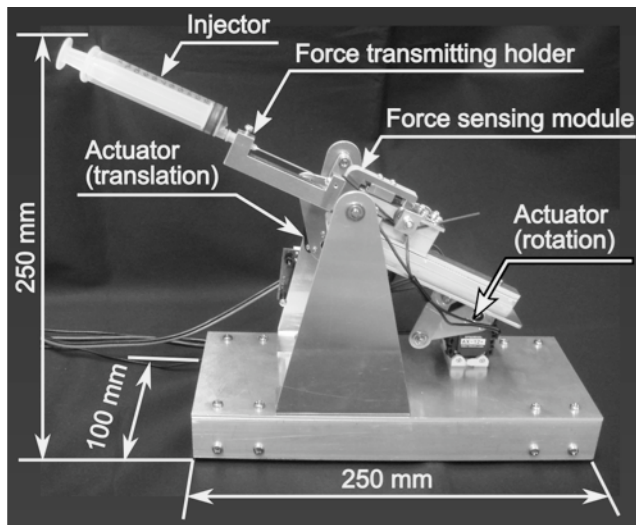


Fig.4 Appearance of the haptic device

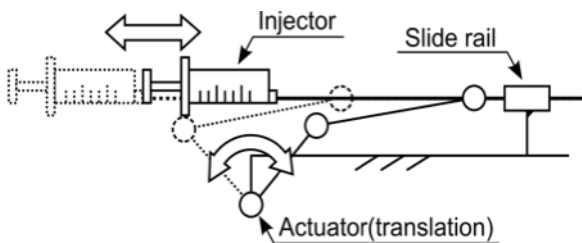


Fig.5 Translational mechanism

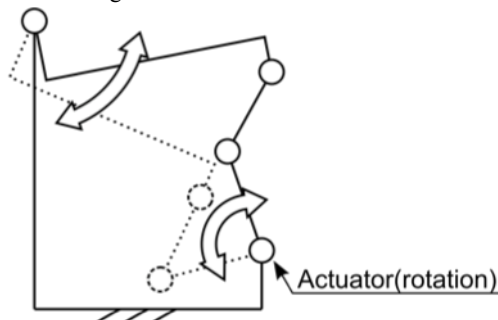


Fig.6 Rotational mechanism

3.3 制御システム

試作したハプティックデバイスには、ロードセルとアクチュエータが2つずつ搭載されている。ロードセルはひずみアンプ、A/D変換器を介して、アクチュエータはコンフィギュレータを介してPCへ接続される。本装置では、力覚情報としてロードセルによる測定値を、位置・姿勢、速度情報としてアクチュエータに内蔵されているエンコーダの値を用い、フィードバック制御を行う。

4. 腕モデルに対する穿刺反力の測定

シリコンゴム製の腕モデルに試作したハプティックデバイスにより穿刺を行い、その穿刺反力を測定した。ハプティックデバイスには注射器の代わりに採血針を固定し、マニュアル制御により穿刺を行った。その実験結果を Fig.7 に示す。用いた採血針は採血に一般的に用いられる 21G 採血針で、穿刺条件は穿刺速度が約 15 mm/s、穿刺角度が約 20 deg である。これまでの報告²⁾と同様に刺入開始に伴い穿刺反力は増加し、内部の血管壁を貫通時に反力が低下する様子が確認された。今後は、腕モデルの他にも鶏皮などの生体組織に対して様々な穿刺条件で穿刺反力の測定を行い、穿刺反力再現に向けた制御の参考データとして用いる計画である。

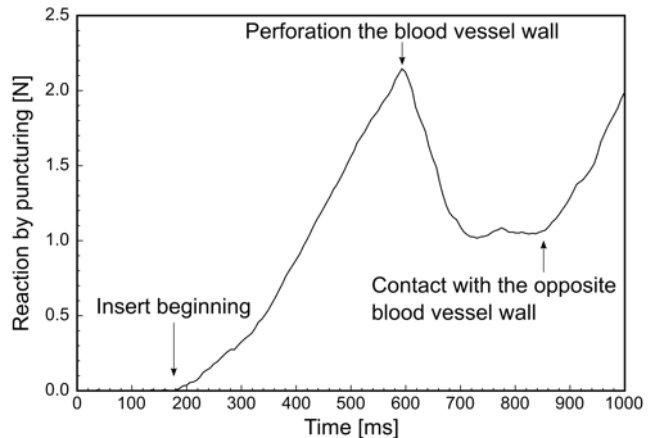


Fig.7 Reaction by puncturing to the model

5. おわりに

従来の採血訓練用シミュレータに代わる装置として、採血訓練用ハプティックデバイスに関する研究を行っている。今回はハプティックデバイスの試作と、試作した装置を用いて腕モデルに対する穿刺反力の測定を行った。ハプティックデバイスの試作では穿刺動作の再現に必要な自由度を持つことを確認した。穿刺反力の測定では、血管への穿刺時にみられる反力低下の特徴を確認した。

今後は、動物などの生体組織を対象とした穿刺反力の測定、生体組織の粘弾性を考慮したアクチュエータの制御プログラムの作成を進めていく計画である。

謝辞

本研究の一部は財団法人新生資源協会研究助成による。

参考文献

- (1) 星和夫, 鈴木敏恵, 臨床検査総論, 医歯薬出版, pp. 24-25, 1987.
- (2) H.Saito, K.Mitsubayashi, T.Togawa, Detection of needle puncture to blood vessel by using electric conductivity of blood for automatic blood sampling, Sensors and Actuators, A 125, pp. 446-450, 2006.