

血液透析における穿刺技術の教示システムに関する研究

Training System for Dialysis Puncture Technique in Hemodialysis

金平 蓮^{*1}, 大橋 篤^{*1}, 山崎 一徳^{*1}, 藤本 英雄^{*2}
Ren KANEHIRA^{*1}, Atsushi OHASHI^{*1}, Hideo FUJIMOTO^{*2}

^{*1} 藤田保健衛生大学・医療科学部

^{*1} School of Health Sciences, FUJITA Health University

^{*2} 名古屋工業大学

^{*2} Nagoya Institute of Technology

Email: kanehira@fujita-hu.ac.jp

あらまし：本研究では臨床工学の学生を対象として穿刺技術の操作教示に着目した。人工透析の治療において、穿刺針を患者の血管に刺すとき、針の持ち方や入針角度や軌跡および操作力の確実さが要求される。しかし、授業と実習での限られた時間の中ではこれらをすべて習熟するのは困難である。本論文では操作力の定量化を行い、力覚フィードバック装置を用いて実際の穿刺に近い感覚を PC 上に再現し、繰り返し訓練できるシステム環境を構成した。学習者が穿刺力を体験することによって、入針速度や操作力等の理解を深め、繰り返し練習でき、リアルタイムで操作評価を受け、訓練効果の向上を図った。

キーワード：教育訓練システム、マルチメディア支援、スキル学習、動作教示、臨床工学

1. はじめに

近年 ICT 技術を中心としたマルチメディアを用いた e-ラーニングシステムの開発と応用が注目されている⁽¹⁾。また、臨床医学において、情報と工学の先端技術を活用した臨床工学への支援も検討されつつある。本研究では、医療機器の操作法提示を中心とした教育訓練支援システムの構築を目指している⁽²⁾⁽³⁾。しかし、操作訓練において一般的な E-learning を利用した知識の学習に対して、操作訓練の支援方法はまだ確立されず、しかも操作という経験知、身体知は、形式知に比べ、言語で知識を共有することが難しいという特徴がある⁽⁴⁾。そこで、本論文では、臨床工学の学生を対象として穿刺技術の操作教示に着目した。人工透析の治療において、穿刺針を患者の血管に刺すとき、針の持ち方や入針角度や軌跡および操作力の確実さが要求される。本論文では操作力の定量化を行い、力覚フィードバック装置を用いて実際の穿刺に近い感覚を PC 上に再現し、訓練システムの環境を構成した。学習者が穿刺力を体験することによって、入針速度や深さ及び操作力等の理解を深め、繰り返し練習でき、リアルタイムで評価を受け、訓練効果の向上を図った。

2. 人工透析及び穿刺操作

人工透析とは、腎臓が使えなくなった人の為に血液を体外循環し、ダイアライザー(dialyzer)を通して、血液を浄化することで、通常一日置きに4時間かけて血液を浄化する。

透析治療には血管に針を刺す“穿刺”(puncture)と呼ばれる作業が伴う。穿刺は脱血用と返血用の穿刺針がそれぞれの特別血管シャント(shunt)に挿入することである。血管は皮下を走行し、位置や形は様々で、直接目視できない状況で血管を把握し、穿刺角度や深さなどを判断しなければならない。そのため、

穿刺は注射よりも危険度が高く、刺しどころを誤ると出血が止まらなくなり、医療事故になることもあり得るので、穿刺技法は透析治療において重要な操作技術の一つである。

上述のように透析業務において、穿刺技術は正確さ、熟練度などが要求される。しかし、臨床工学科の臨床実習において学生が人に対し、穿刺を行うことは不可能である。臨床現場でも穿刺を行うことに対し、不安を感じ、穿刺用教育支援システムを活用したい人が多いが、このような支援システムはまだないのが現状である。本研究ではこれらの問題を解決するため、穿刺用教育支援システムを提案し、穿刺技術が練習できるような「操作法教示」支援システムを試みた。

3. 穿刺技術の教育訓練システム

3.1 システム構築のアプローチ

本研究の先行研究では、穿刺角度や入針軌跡の教示システムが提案され、教育訓練の効果が確認されたが、穿刺の操作感覚を提示できるシステムがまだできていない。本論文では穿刺感覚(反力)が体験できる「操作力教示」システムをターゲットとした。そこでコンピュータの VR(virtual Reality)空間において学習訓練の環境を構成し、実機なしでも穿刺の操作感覚(反力)を繰り返し練習できる教育訓練システムを作成した。力覚フィードバックできるデバイス Phantom を利用できる PC 環境を設定し、VR 腕モデルと穿刺システムが作成された後に、教示指標として反力教示データを設定した。そこで操作感覚、入針角度、挿入方向及び深さの提示を行い、穿刺技術の教示支援システムを構成した。

3.2 操作力教師データの設定

学習者にリアルタイムで正誤判断を提示できるシ

システム構築にあたって教示用教師データが必要である。そこで、まず熟練技士の操作を記録と解析および定量化することによって、操作訓練の指標を決定した。穿刺操作感の抵抗値として皮膚の反力を 0.3N、血管壁を 0.2N~0.6N、下部の血管外を 0.4N と設定した(図 1)。

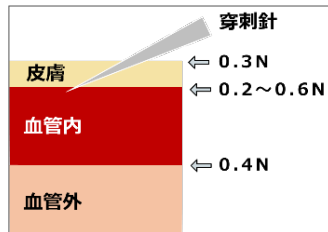


図1 操作反力の設定

実空間の穿刺操作と対応している VR 空間での穿刺針の角度や距離の判定を分かりやすくするため、VR空間において簡易な腕のモデルを作成し、皮膚、血管内、血管外の3層を作り、その中で反力を加えた。老若男女の血管、人工血管などを再現するために、3層それぞれで反力や血管径を変更できるように設定し、実際の穿刺に近い感覚のフィードバックを実現した。

3.3 教育支援システムの構成

本研究では Phantom を使用するにあたって OS は ROS(ロボットオペレーションシステム)に適用できる Ubuntu を選択した。作成された教示データおよび穿刺用 VR 腕モデルを用いて、穿刺技術の教育支援システムを構成した。図2にシステムの構成図及び操作と情報の流れを示している。

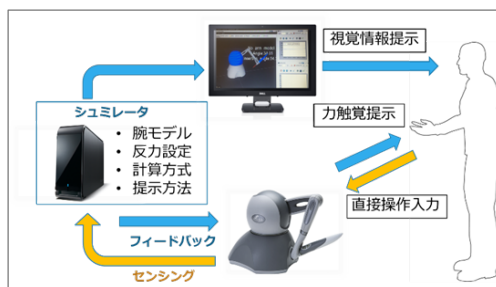


図2 教示システムの構成と情報の流れ

本システムを利用する際、穿刺動作の一連の流れを電子教本で学習者に教示を行う。その後、学習者が練習用デバイス Phantom を用いて PC 空間にある腕モデルに穿刺操作を行う。学習者の直接操作に対して、Phantom から穿刺の反力感覚を提示する。同時に入針角を数値とグラフで表示し、穿刺過程での層まで到達しているかを文字と色で表示することで、自分の穿刺操作を確認することができる(図3)。このように入針距離、入針角度を確認しながら操作力を繰り返し体験することで、穿刺技術の向上とつながる。

3.4 システムの検証実験

本システムの有用性を検証するために、本学科の教員1名、男生11名、女性4名、計16名に協力し

てもらい、構成されたシステムを用いて検証実験を行った(図4)。それぞれの受験者が実操作の後アンケート調査を回答してもらった。



図3 穿刺操作の教示画面

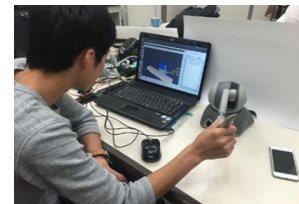


図4 操作訓練の検証実験

アンケート調査において、穿刺体験ができたか？臨床に出る前に本システムを利用したいか？などの設問があり、用意されたそれぞれの質問に対して5段階評価をしてもらった。教員に実際の穿刺感覚を再現できていると評価して頂いた。90%の学生からは穿刺感覚の体験ができ、技術の向上につながるなどのポジティブな意見を得ることができた。

4. まとめ

本論文では、人工透析における穿刺操作を取り上げ、操作法の教示を中心とした教育支援システムの構成を行った。本研究では今までなかった穿刺の感覚(操作力)を体験できるシステムを構成し、穿刺の操作力及び入針角を確認しながら繰り返し練習できることを実現した。また検証実験によってシステムの有効性を確認した。

今後の課題としては腕モデルをシャントや血管の走行まで忠実に再現、反力提示を3層だけではなくもっと細かく設定し、感覚フィードバックを実際の穿刺に限りなく近づけて、より有用性の高い教示支援システムにすることである。

謝辞: 本研究の一部は JSPS 科研費 17K01441 の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) Education IT Solutions EXPO, (2017) <http://www.edix-expo.jp/>
- (2) Kanehira, R. et al.: Education and training environments for skill mastery, Multimedia and Signal Processing, Springer, pp.451-458 (2012)
- (3) Ren Kanehira, Kazinori Kawaguchi and Hideo Fujimoto: Research in the training system for operation of Heart-lung machine, Proceedings of 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, ISBN: 978-1-4673-7681-5 IEEE, pp.2512-2516, (2015)
- (4) K. Furukawa, (Science of knowledge) Skills Science Introduction: Approach to the elucidation of human skill, Ohmsha (2009)