

学位論文の内容の要旨

専攻	分子情報制御医学	部門	分子腫瘍学
学籍番号	10D745	氏名	三木 武寛
論文題目	Development of a virtual reality training system for endoscope-assisted submandibular gland removal		

(論文要旨)

・背景

近年、臨床医学の様々な分野において内視鏡支援下手術は基本的な手技となっており、その発展に伴い、内視鏡操作技術を向上させるためのトレーニングシステムも広く開発されている。歯科・口腔外科の領域でも、顎下腺摘出術や歯根端切除術などに内視鏡支援下技術が取り入れられ、これまでより低侵襲な手術が考案されている。しかしながら、その応用については、操作を含めた技術的な要件もあり、さらにトレーニングシステムも開発されていないことから、普及には時間を要すると考えられる。そこで、われわれは口腔外科領域での内視鏡支援下手術に関するトレーニングシステムを開発した。本研究では、開発したシステムを用いてその有用性について評価を行った。

・材料と方法

まず実際の内視鏡支援下顎下腺摘出術の内視鏡画像をバーチャルリアリティによって再現した(図1)。システムは一台のコンピュータと二台の触覚デバイス(Geomagic Touch: Geomagic Technologies, Wilmington, MA, USA)により構成された。

組織の動きや硬さ、引張り強さは、プログラムから開発した自動計算システムを用いて、実際の手術感覚と近似するように設定し、現実の手術に近い力覚を再現した。仮想手術操作は、触覚デバイスを用いた(図2)。(力学的フィードバック設定: nominal position resolution: >450dpi (0.055mm); range of motion: hand movement pivoting at the wrist; maximum force sensed: 3.3 N; force feedback: x, y, z3-axis; and interface, IEEE-1394 FireWire)

次に、開発したシステムの有用性について評価実験を行った。14名の口腔外科医が被験者となった。トレーニング前後で行う操作試験は、手術練習模型(Small Surgical Dissection Pad Contains 2 types of vessel: arterial and bile. Limbs & Things Ltd, Bristol, UK)をビデオカメラで撮影し、手元を隠して画面を見ながら血管を剖出するという操作とした。バーチャルリアリティでこの操作試験と同様の映像、触覚を再現した。14名の被験者を2群に分け、一方はバーチャルリアリティによりトレーニングを行い、もう一方は行わず対照群とした。なお、14名の被験者は全員が口腔外科臨床経験のある歯科医師で、かつ全員が内視鏡による手術の経験はなかった。

トレーニングは7回反復して行った。これは、パイロット試験で同システムを反復して操作した際に、7回目以降で有意に操作時間が短縮し、操作ミスが減少したことから、7回の訓練により技術が向上すると仮定して、トレーニング計画を立案した。

・結果

対照群においては操作時間や操作回数において、一回目より成績が下降したのが見られたが、トレーニングを行ったものは全員において操作時間が短縮し、目的を成すまでの操作回数も減少した(図3、4)。その差は統計学的に有意であった。



図1 バーチャルリアリティ画像



図2 Geomagic Touch

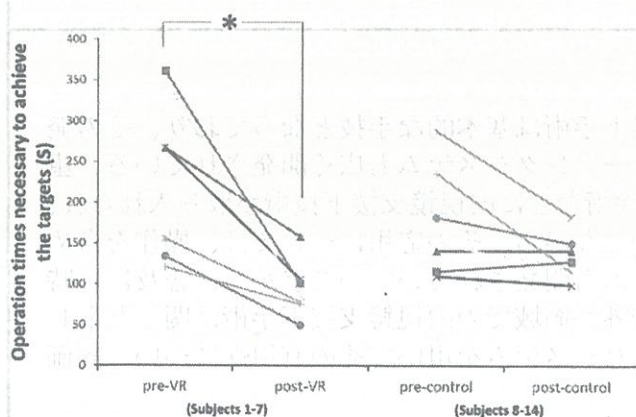


図3 操作完了までに要した時間の比較

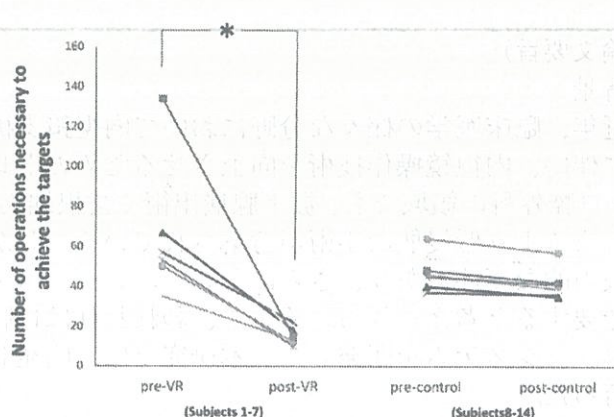


図4 操作完了までに要した操作回数の比較

・考察

われわれの開発したシステムを用いて7回の反復訓練を行うことにより、画面を見ながら行う手術操作技術は向上した。市販されている内視鏡支援訓練システムに関して、10回以内の反復訓練で有用性が確認されたとの報告もあり、われわれのシステムも訓練システムとして、内視鏡支援下手術技術向上に有用であると考えられた。またこの研究の被験者からのアンケート結果から、「ペアンの操作が実際の感覚に近い」との答えが多く得られた。これは、触覚デバイスを用い設定値を変化させ様々な硬さや圧力を表現することができるため、実際の手術に近い操作感覚が実現できたと考えている。今後、さらに実際の手術操作感覚に近づけるため、触覚フィードバック設定値の最適化が必要と考える。

このような訓練は、従来の模型や動物を用いた訓練より、環境的にも、経済的にも有用性が高いと考える。しかしながら、現段階では、まだ再現できる操作が比較的単純であるため、今後さらに手術手技のシミュレーションの操作の高度化、プログラム開発によるシミュレーション可能な手術の種類追加は必須である。さらに、手術難易度設定、また、術中のトラブル（出血や組織の破損）の再現性など、より現実に近いバーチャリティーが得られるようなシステム全体の向上がこれからの課題である。

Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery	
掲 載 誌 名	第 卷, 第 号 (Published online)
(公表予定)	2016年9月1日
掲 載 年 月	Published online
出版社 (等) 名	Elsevier Ltd
Peer Review	有 無

(備考) 論文要旨は、日本語で1, 500字以内にまとめてください。