

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月1日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21592534

研究課題名（和文） バーチャルリアリティによる内視鏡支援下口腔外科手術手技訓練システムの開発

研究課題名（英文） Development of a training system using virtual reality for oral surgery assisted by the endoscope.

研究代表者

松井 義郎（MATSUI YOSHIRO）

香川大学・医学部・教授

研究者番号：10181687

研究成果の概要（和文）：

われわれは既存の三次元触覚インターフェイスデバイスを用いて、口腔外科領域では世界初の軟組織に対するバーチャルリアリティによる内視鏡支援下口腔外科手術手技の訓練システムを開発した。同システムで訓練すると、非施行のものに比べ、実際の手術におけるペアン操作回数や手術時間といった手術技術が有意に向上した。従ってわれわれの開発した訓練システムが外科医の手術パフォーマンスを上達させることが証明された。

研究成果の概要（英文）：

We have developed a virtual reality training system using a three dimensional tactile interface devise for oral surgery assisted by the endoscope for the first time in the world, which simulates a soft tissue preparation in the area of oral surgery. The parameters such as the time of operation and a number of strokes during surgery were significantly improved in the training group in compared with the controls. Therefore, the system we have developed has been proved to develop surgical performance of the operation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：口腔外科学

科研費の分科・細目：歯学、外科系歯学

キーワード：バーチャルリアリティ・三次元触覚インターフェイス・口腔外科・内視鏡支援下手術・

1. 研究開始当初の背景

2009年当時、内視鏡支援下に行われる低侵襲手術は、医科領域において基本的な術式としてその適応範囲が急速に広がっていた。しかしながら、口腔外科領域においては内視鏡支援下に行う手術は一般的ではなく、open surgery が主流であった。これに対しわれわれは、顎下腺摘出術、顎骨嚢胞摘出術、関節

突起骨折に対する整復固定術など、積極的に内視鏡支援下で実施し、その有用性を報告してきた。しかしながら、内視鏡支援下手術は従来法に比べ難しく、他科領域では未熟な術者が患者死亡事故を起こして大きな社会問題となった。そのため医科領域では、腹腔鏡や関節鏡支援下に行った手術をバーチャルリアリティ（以下VR）で再現した訓練システムが

急速に発達した。これに対し、口腔外科領域においては内視鏡支援下手術の導入が遅れたために、手術手技訓練装置や訓練方法は開発されていなかった。

当時の内視鏡支援下手術の主流は、ファントム実習と動物実習であった。ファントム実習は硬組織実習には優れているものの、術中の圧迫や牽引によって変形をきたす軟組織手術の訓練には適していない。一方動物実習は、軟組織訓練にも適しているが、費用、設備など多くの面で問題を抱え、反復訓練を行うことは困難であった。そのため、VRを用いた訓練システムは、内視鏡手術未経験者が手軽に繰り返し訓練できる手段として大いに期待された。

口腔外科手術手技のVR訓練としては、当時尾崎らによる3次元モデルを用いた抜歯シミュレーションソフト、またSternbergらによる歯根尖切除術訓練装置などが考案されていたが、いずれも硬組織手術を再現したもので、軟組織手術を表現したものではなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、口腔外科領域における内視鏡支援下軟組織手術をVRによって訓練できるシステムを開発することであった。軟組織手術時の牽引など、外力による顎下腺と血管を含めた周囲組織の動的な変形状態を生理学的計算モデルによって可視化し、牽引力覚をVR装置によって被験者に正確にフィードバックできるシステムを開発することによって、口腔外科領域での内視鏡支援下手術を普及する強力なツールとなり得ると考えた。

3. 研究の方法

(1) プロトタイプ手術シミュレータ（内視鏡下手術トレーニングソフトウェア）の設計、試作

内視鏡支援下顎下腺摘出術の手術資料と既存の3次元触覚インターフェイス（Haptic device）、また現有の組織変形生理学的モデルと内部組織構造および計測データをもとにして基礎となるソフトウェアを設計、開発した。デバイスはSensAble社製PHANTOM Omni（図1）を使用した。試作品を実際に操作し、システムの機能性、力覚データ、解剖学的正確性を評価した。



図1 SensAble社製PHANTOM Omni

(2) VR訓練プログラムの考案

内視鏡手術未経験の口腔外科医2名に、プロトタイプVR手術シミュレータを用いた反復訓練を行わせた。

訓練は周囲の膜剥離から、血管挙上までを一連の流れとし、1日2~3回、計10回行わせ、各回に①シミュレーションに要した時間、②操作の正確性、③デバイスの使用レベル、を評価した。その後、得られた結果を基に独自の訓練プログラムを考案した。

(3) 独自に考案したVR訓練システムプログラムの評価

口腔外科医20名を対象とし、初めに模型を用いた血管棒出訓練を実施。血管剖出には日本ライトサービス株式会社製外科剥離パッド

(S)を使用。パッドを専用のフレームに固定し、ビデオカメラで撮影。得られた画像をリアルタイムにモニターに表示し、モニター下での手術操作を行った。（図2）



図2 血管剖出訓練とビデオ映像

膜の剥離から、顎下腺明示、血管挙上までの手術操作において、全体の操作時間、剥離に要したストローク数、血管への接触回数を測定し、手術操作の滑らかさ、正確性を評価した。次に被験者を二つの群に分配し、10名の口腔外科医は独自に考案されたVR訓練プログラムを用いてVR顎下腺摘出術訓練を行い、残りの10名はVR訓練を行わなかった。その後、被験者全員が2回目の模型による手術訓練を行った。1回目と2回目の評価を比較することでVR訓練の有用性を検討した。（図3）

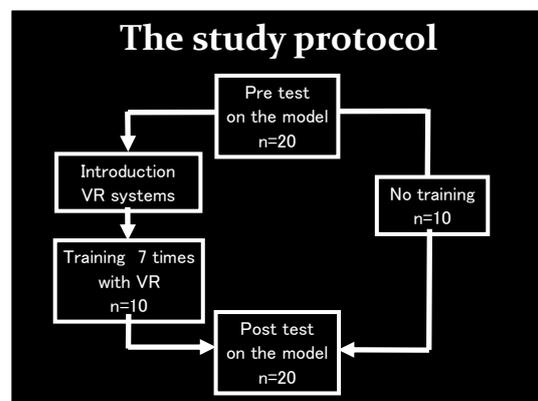


図3 実験プロトコル

4. 研究成果

(1) VR モデルの製作

①先に述べたように研究代表者は、顎下腺摘出術など種々の内視鏡支援下手術を世界に先駆け実施しており、その有用性、確実性を国内外に報告してきた。このようにして得られた画像データを基として、VRシミュレーション画像の構築を果たした。また実際の手術における困難な点、注意すべき点などの問題点を明らかとし、訓練システムに応用した。

②研究分担者の党らは解剖学的データとMRIデータに基づいて舌、喉頭を含む生理学的発話機構モデルを構築した。小谷らは、血管内部の透視を可能とするコンピュータビジョンとコンピュータグラフィックスを中心とした画像・視覚情報処理を行ってきた。

①と②を組み合わせることにより、実際の手術画像に酷似し、さらに外力による軟組織の変化を表現したVRモデルが完成した。(図4)

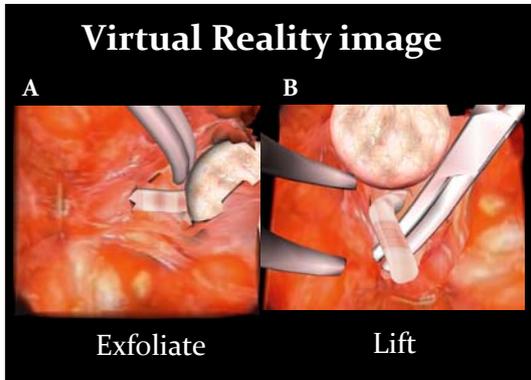


図4 VR画像 左：剥離 右：血管挙上

(2) VR 訓練プログラムの考案

2名の内視鏡手術未経験口腔外科医を対象に、われわれの開発したVR手術手技訓練シミュレータを10回操作させたところ、7回目以降での操作時間とデバイス使用レベルにおいて統計学的に有意に技術力の向上を認めた。

(図5、6)なお、操作レベルは以下の項目で評価した。

- 1: 利き手以外で膜に触れる。
- 2: 利き手以外で膜を圧排する。
- 3: 片方のペアンでもう一方をアシスト。
- 4: 利き手以外で膜を剥離、切断、把持。

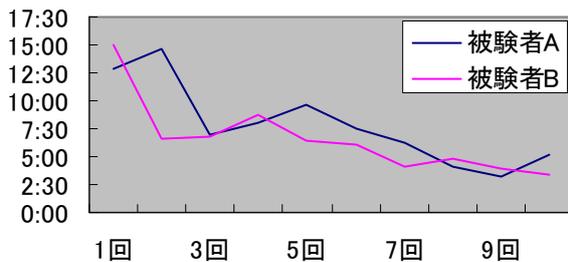


図5：デバイス操作時間の推移

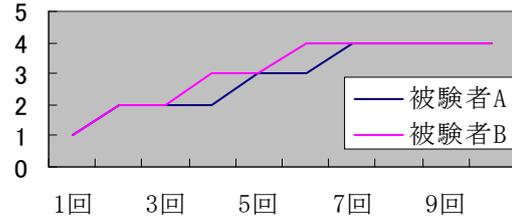


図6：デバイス操作レベルの推移

この結果、VR手術手技訓練シミュレータを用いて7回以上訓練することで、実際の手術手技を速やかに行うことが可能となり、ペアンの操作性が向上すると予想した。

上記の仮説を基に、プロトタイプVR口腔外科手術手技訓練シミュレータを計7回以上(1週間以内)、反復訓練を行うという訓練プログラムを考案した。

(3) 独自に考案したVR訓練システムプログラムの評価

訓練前後における血管剖出操作時間の変化では、コントロール群では著変を認めなかったが、VR群において操作時間が有意に短縮した。(図7)また、訓練前後における操作時間の差の平均値を比較したところ、VR群はコントロール群に対し有意に操作時間が短縮していることがわかった。(図8)

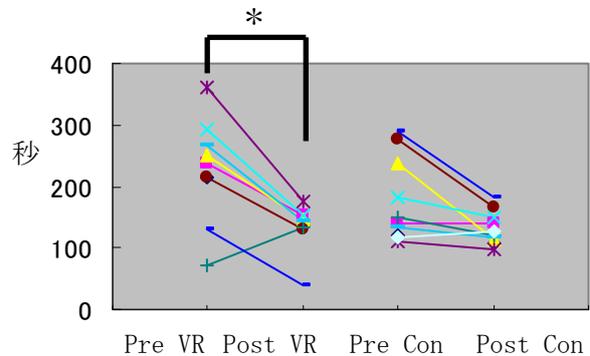


図7：VR訓練前後での操作時間の比較 (*:p=0.013)

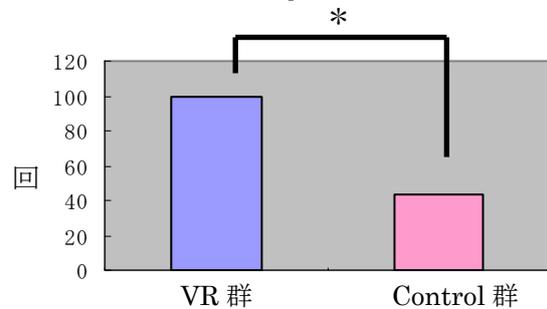


図8：VR群とコントロール群における平均操作時間の差 (*:p=0.026)

次に、VR 訓練前後の利手のペアン鉗子操作回数を比較したところ、コントロール群では著明な変化を認めなかったが、VR 群では有意に操作回数が減少した。(図 9)また、操作回数の差の平均値を比較したところ、VR 群ではコントロール群に対し、有意に操作回数が減少していることが認められた。(図 10)

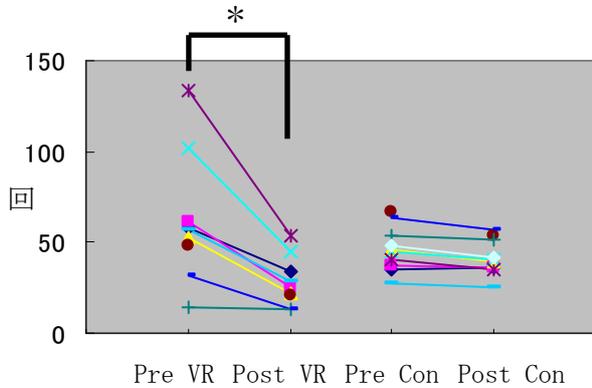


図 9 : VR 訓練前後でのペアン操作回数の比較 (* : p=0.025)

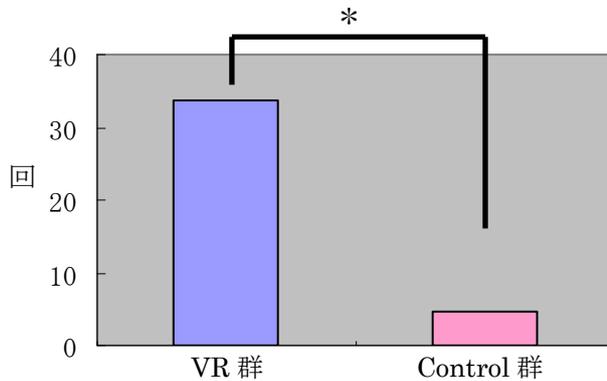


図 10 : VR 群とコントロール群におけるペアン操作回数の平均値の差 (* : p=0.0054)

VR 訓練を行うことにより血管剖出作業に要するストローク回数が減少したことから、1 回のストロークにおける作業内容が充実し、無駄な操作が省かれたと考えられた。また作業時間が短縮し、エラー回数も減少したことから、より円滑に、かつ正確・丁寧な手術操作が行われたと示唆された。

以上より、我々が開発した VR 内視鏡支援下口腔外科手術手技訓練システムの反復訓練を行うことにより、実際の手術手技における技術力の向上が認められた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 7 件)

三木武寛、岩井俊憲、廣田 誠、藤内 祝、小谷一孔、党 健武、松井義郎、バーチャルリアリティ内視鏡支援下手術訓練システムの開発とその有用性に関する検討、第 66 回日本口腔科学会総会学術集会

三木武寛、岩井俊憲、廣田 誠、藤内 祝、小谷一孔、党 健武、松井義郎、バーチャルリアリティトレーニングシステムを用いた口腔外科内視鏡下手術の技術向上に関する検討、第 56 回 日本口腔外科学会総会学術集会

三木武寛、岩井俊憲、廣田 誠、藤内 祝、小谷一孔、党 健武、松井義郎、3 次元触覚インターフェイスを用いた口腔外科内視鏡支援下手術訓練システムの開発、第 65 回 日本口腔科学会総会学術集会

三木武寛、岩井俊憲、廣田 誠、藤内 祝、小谷一孔、党 健武、松井義郎、Development of a virtual reality training system for removal of submandibular gland assisted by a surgical endoscope、9th Asian Congress on Oral & Maxillofacial Surgery

三木武寛、岩井俊憲、廣田 誠、藤内 祝、小谷一孔、党 健武、松井義郎、バーチャルリアリティを用いた内視鏡支援下顎下腺摘出術訓練システムの開発、第 56 回 日本口腔外科学会総会学術集会

松井義郎、口腔顎顔面領域における内視鏡支援手術—低侵襲手術を目指して—、第 63 回日本口腔科学会学術集会

松井義郎、内視鏡を用いた顎下腺摘出術—小切開による低侵襲手術—、第 63 回日本口腔科学会学術集会

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等
http://www.kms.ac.jp/~dent/research/r_page06.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松井 義郎 (MATSUI YOSHIRO)
香川大学・医学部・教授
研究者番号：10181687

(2) 研究分担者

藤内 祝 (TOUNAI IWAI)
横浜市立大学・医学部・教授
研究者番号：50172127

廣田 誠 (HIROTA MAKOTO)
横浜市立大学・医学部・准教授
研究者番号：20347305

党 建武 (TOU TAKESHI)
北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授
研究者番号：80334796

小谷 一孔 (KOTANI KAZUNORI)
北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授
研究者番号：20225452

岩井 俊憲 (IWAI TOSHINORI)
横浜市立大学・大学病院・診療指導医
研究者番号：00468191

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：