

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：32645

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17102

研究課題名（和文）ヘッドマウントモニターを用いたバーチャルリアリティナビゲーションインプラント手術

研究課題名（英文）Evaluation of the navigation assisted VR implant surgery using head mount display

研究代表者

大場 英典 (Oba, Hidenori)

東京医科大学・医学部・兼任助教

研究者番号：60817261

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：近年、インプラント埋入手術に関連した様々な偶発症が社会的な問題となっている。これは、インプラントを顎骨内の可視化不能な深部に埋入することだけでなく、手術操作時に一方向からしか見ることができないため死角が生じることも一因と考えられる。そこで、バーチャルリアリティ（VR）技術により、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）内に内視鏡およびナビゲーション像を現出させるインプラント手術システムを開発し、手術システムの検証と解析を行なった。結果、HMDを用いた内視鏡もしくはナビゲーション補助のVRインプラント手術はインプラント手術の欠点の一部を解消し、教育ツールとしても有効である可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究では、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いた内視鏡もしくはナビゲーション補助のバーチャルリアリティ（VR）インプラント手術を用いると、安全性に加え操作時間の短縮が達成でき、インプラント治療の欠点の一部の解消が可能であることが明らかとなり、臨床経験の浅い歯科医師や、手術経験のある熟練医でも教育ツールとして有効である可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：In recent years, various complications related to dental implant surgery have become a social problem.

This is thought to be due not only to the fact that the dental implant is embedded deep in the jawbone, which cannot be visualized, but also to the fact that it is possible to see from only one direction during the surgical operation, resulting in a blind spot. Therefore, we developed an implant surgery system that displays endoscopic and navigation images in a head-mounted display (HMD) using virtual reality (VR) technology, and verified and analyzed the surgical system for dentists. The results suggest that endoscopic or navigation-assisted virtual reality (VR) implant surgery using a head-mounted display (HMD) can eliminate some of the drawbacks of implant surgery and may be effective as an educational tool.

研究分野：口腔外科学・歯科インプラント学

キーワード：歯科インプラント VR ヘッドマウントモニター 内視鏡 ナビゲーション

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

近年コンピューターやインターネットの普及に端を発したデジタルテクノロジーの進歩は、様々な場面で日常生活に大きな変化をもたらしている。その中で、バーチャルリアリティ (VR) は、写実的画像を生み出し本当の環境を実際にそこにあると感じさせるコンピューター技術で、コミュニケーション・医療・交通・家庭・エンタテインメントなど様々な分野に急速に普及しつつある。外科分野においては、da Vinci に代表される手術支援ロボットシステムが実用化されるなど多くの試みがみられ、インプラントに関してもコンピューター・補助診断 (CAD)・手術 (CAS) は驚くべき発展を遂げ、すでに 3D シミュレーションやその情報に基づくガイド手術が広く一般的に行われている。しかし、ガイド手術はすべてをガイド任せにし、術者の経験や想像力を働かせなくなりがちな弱点があり、それが起因と考えられるトラブルが頻発している。その点、仮想現実により実際に見える以上の情報を得ることを目的とした VR 手術は、術者の経験や想像力をより確実なものにするため手術の安全性が担保できるだけでなく、未熟な術者に対する手術習得という教育目的にも利用可能である。以上から、簡単ですぐに臨床および教育応用可能な VR インプラント手術システムの構築は、インプラント研究における早急に着手しなければならない重要な研究課題といえる。

## 2. 研究の目的

東京医科大学茨城医療センターの研究チーム (主任：松尾朗教授) が開発し、すでに臨床応用しているヘッドマウントモニターを用いた VR インプラント手術システムをさらに発展させ、内視鏡像とナビゲーション像を VR で融合したインプラント手術システムを構築し、即時に臨床および教育に応用可能な、ヘッドマウントモニターを用いた内視鏡補助 VR ナビゲーションインプラント手術システムを開発し、その精度を検証することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 手術システムの確立

ヘッドマウントモニターセットは、モニター内に内視鏡およびナビゲーション画像がそれぞれ別々に表示されその大きさも規定されているため、モニター内の表示方法を改良し、インプラント埋入に最適な VR 像を構築し、手術方法を確立する。

### (2) 模型実験による精度の検証

顎骨の実際の症例の CT 画像から PloPlan CMF (Materialise, Leuven, Belgium) を用いシミュレーションを行い、3D プリンターにて顎骨モデルを作製する。顎骨モデルをレジストレーションし、ナビゲーションシステム Stealth Station S7® (Medtronic, Dublin, Ireland)、ヘッドマウントディスプレイ (Head mount image processor unit (SONY Co. Ltd. Japan))、内視鏡 (鼻腔鏡 4mm (Olympus, Tokyo, Japan)) を用いて模擬インプラント手術を行い精度の検証を行う。

## 4. 研究成果

### (1) 手術システムの確立

#### 使用装置

1, ナビゲーションシステム: Stealth Station S7® (Medtronic, Dublin, Ireland)

2, ヘッドマウントディスプレイ (HMD): Head mount image processor unit(SONY Co.ltd.Japan)

3, 内視鏡: 鼻腔鏡 4mm (Olympus, Tokyo,Japan))

#### VR 手術方法

VRインプラント手術法は、まず術前に術者と助手がHMDを装着する。このHMDは、目線を下げれば術野を直視でき、わずかに上方へ移せばナビゲーションおよび内視鏡像を確認できるという特徴を持っている。(図1)

次いで、ナビゲーションガイド下で内視鏡挿入位置を決定し、犬歯窩に小孔を開け助手が内視鏡を上顎洞内に挿入し、上顎洞内の観察の状態を観察する。術者は肉眼で既存骨部にインプラント窩を形成した後、ナビゲーションで埋入窩の位置を確認する。次いで、オステオトームにて垂直的上顎洞底挙上を行うが、これらの操作の際に上顎洞粘膜に穿孔等がないかをHMDに投影された内視鏡像で確認しつつ手術を進める。(図2)

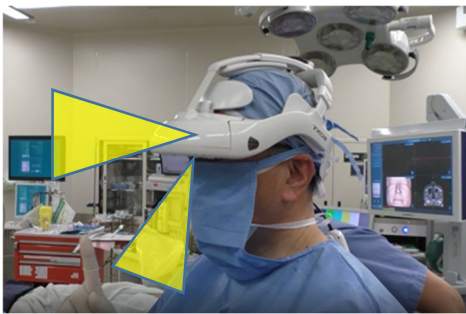


図 1

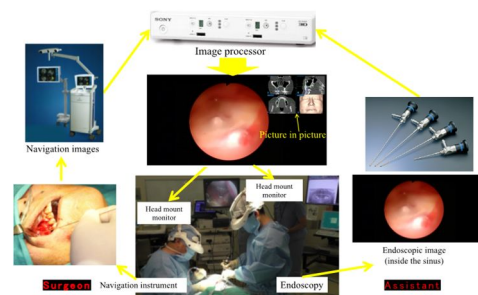


図 2

### (2) 模型実験による精度の検証

#### 研究方法

##### 対象

歯科医師 8 名で、内訳は東京医科大学茨城医療センターに所属する研修医 4 名 (臨床経験 2~3 年)、インプラント治療経験があり、且つ日本口腔外科学会認定医、専門医、指導医レベルの歯科医師 4 名 (臨床経験 9~30 年) である。

##### 模擬手術モデル

模擬手術に使用するモデルは、東京医科大学茨城医療センターで上顎洞底挙上を行った実際の患者の CT データより 3D 顎骨モデルを作製し、実習用顔面マスクにて顎骨モデルを被覆し実験用模型を作製した。(図3) 実験用模型には、事前に犬歯窩部に内視鏡挿入用の小孔を付与し、上顎洞底部に厚さ 0.5mm のラバーシートを貼り付け擬似上顎洞粘膜とし、右側上顎 6 部にインプラント窩を形成した。(図4)

##### 模擬手術の方法

模擬手術は実際の手術室にて、模擬手術モデルを手術台に固定し、術者と助手が一組みとなり以下の 2 条件で模擬手術を施行した。(図5)

条件 1: 内視鏡画像を HMD 投影

条件 2: 内視鏡画像を通常のモニター上に投影

2 つの条件共に、助手が犬歯窩の小孔から内視鏡を挿入した後、術者が内視鏡画像を見ながら右側上顎 6 部にインプラント窩からオステオトームを挿入し、内視鏡画像上で上顎洞粘膜の挙上を確認されるまでの操作時間を計測した。

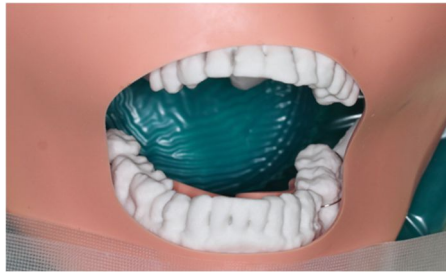


図 3

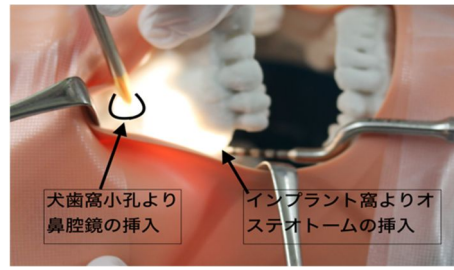


図 4



図 5

### 検討方法

臨床経験年数別に若手，熟練医がそれぞれペアとなり，内視鏡画像を HMD 投影させた場合と，通常のモニター上に投影させた場合で一人 5 回ずつ同様の操作を繰り返し，その結果を統計学的に t 検定を用いて比較検討し， $p < 0.05$  を統計学的有意差ありとして判定した。

統計学的解析には SPSS Statistic ver.28 for MacOS (IBM,Tokyo,Japan)を用いた。2 群間の比較には t 検定 (Paired Samples T-Test) を用い， $p < 0.05$  を統計学的有意差ありとして判定した。

### 結果

1. 内視鏡画像を HMD 投影 (VR 群) と，通常のモニター上に投影 (モニター群) での全対象者に対する操作時間の差を検討した。操作時間の平均値を測定したところ，モニター群では  $13.60 \pm 15.95$  秒，VR 群では  $8.03 \pm 2.55$  秒という結果であった。また，両群間の操作時間には有意差を認めた ( $p < 0.05$ )。(図 6)

2. VR 使用時での臨床経験年数別の異なる 2 群間 (若手群，熟練医群) での比較を行った。操作時間の平均値を測定したところ，若手群では  $8.55 \pm 3.30$  秒，熟練医群では  $7.50 \pm 1.39$  という結果であった。また，両群間の操作習熟度には有意差は認めなかった ( $p > 0.05$ )。(図 7)

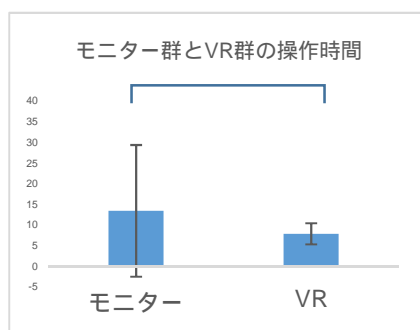


図 6

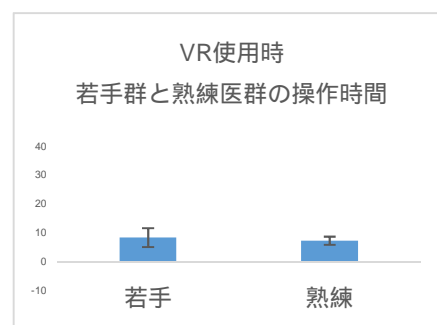


図 7

### 考察

以上より，本研究では，VR 技術と HMD を用いると，視点の外側にあるモニターを見る

ために術野から視点をずらすことなく手術が可能となるため、安全性に加え操作時間の短縮が達成でき、モニターの欠点の解消が可能であることが明らかとなった。また、有意な操作時間の短縮が認められたことや、若手群・熟練医群間での差が認められなかったことから、V R 技術と HMD は、臨床経験の浅い若手や、手術経験のある熟練医でも教育ツールとして有効である可能性が示唆された。

#### 参考文献

A Matsuo et al: Virtual reality head-mounted display for endoscopically-assisted implant surgery. Br J Oral Maxillofac Surg 2018 Sep;56(7):636-637.

Jaime Gateno et al: A new technique for the creation of a computerized composite skull model. J Oral Maxillofac Surg 2003 Feb;61(2):222-227.

Ayoub A, Pulijala Y: The application of virtual reality and augmented reality in Oral & Maxillofacial Surgery. BMC Oral Health 2019 Nov 8;19(1):238.

Vicki R LeBlanc et al: A preliminary study in using virtual reality to train dental students. J Dent Educ 2004 Mar;68(3):378-383.

Xiaojun Chen et al: A patient-specific haptic drilling simulator based on virtual reality for dental implant surgery. Int J Comput Assist Radiol Surg 2018 Nov;13(11):1861-1870

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Matsuo A, Hamada H, Oba H, Shibata K	4. 巻 56
2. 論文標題 Virtual reality head-mounted display for endoscopically-assisted implant surgery.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery	6. 最初と最後の頁 636-637
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.bjoms.2018.04.002	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大場 英典, 池畑 直樹, 大槻 里実, 近津 大地, 松尾 朗
2. 発表標題 ヘッドマウントディスプレイを用いた内視鏡もしくはナビゲーション補助VRインプラント手術の有用性に関する3Dモデルによる検討
3. 学会等名 第50回公益社団法人日本口腔インプラント学会記念学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大場 英典, 池畑 直樹, 大槻 里実, 都丸 怜奈子, 小日向 大知, 戸口 美咲, 近津 大地, 松尾 朗
2. 発表標題 ヘッドマウントディスプレイを用いたVRインプラント手術の有用性に関する検討
3. 学会等名 第24回公益社団法人日本顎顔面インプラント学会総会・学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池畑 直樹, 大場 英典, 奥山 文子, 藤井 裕子, 近津 大地, 松尾 朗
2. 発表標題 ヘッドマウントモニターを用いた内視鏡およびナビゲーション補助顎矯正手術の手術教育における有用性
3. 学会等名 第29回日本顎変形症学会総会・学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池畑直樹, 濱田勇人, 大場英典, 千喜良仁, 奥山文子, 藤井裕子, 松尾朗
2. 発表標題 ヘッドマウントモニターを用いた内視鏡補助バーチャルリアリティー上顎洞底挙上術.
3. 学会等名 第22回日本顎顔面インプラント学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	松尾 朗  (Matsuo Akira)  (70229417)	東京医科大学・茨城医療センター歯科口腔外科・教授   (32645)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------