

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 25 日現在

機関番号：32650

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25730208

研究課題名(和文) 失敗事例の擬似体験を可能にする口腔インプラント手術シミュレーターの開発

研究課題名(英文) Development of Implant surgery simulator to allow the experience of failure case

研究代表者

木下 英明 (Kinoshita, Hideaki)

東京歯科大学・歯学部・講師

研究者番号：30637749

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：欠損した歯牙に対する口腔インプラント治療の普及に伴い、手術時の偶発症も多数報告されている。医療用シミュレーターは非常に発達しており、様々な機器が歯科医療の教育現場で用いられている。本研究では個体差に起因する骨の切削感の違いを体感でき、仮想現実上で種々の失敗事例や成功事例の反復練習を可能にする教育用インプラント手術シミュレーターを開発した。今回我々はこのシミュレーターを用いてドリリング時に手指に伝わる力覚について検討することを目的とした。上部皮質骨から海綿骨領域、そして失敗事例としての骨外穿孔時の切削力の違いを有限要素法により解析でき、力覚体感装置において提示することが可能となった。

研究成果の概要(英文)：With implants becoming more widespread as restorative treatment for missing teeth, there have also been many reports of procedural accidents during surgery. Medical simulators have undergone tremendous advances in recent years, and different devices are now used in educational institutions. In the present study, we developed an implant surgery simulator that allows users to experience differences in sensation caused by individual variability when drilling into the jaw bone. The objective of this study was to use this simulator to investigate the counter-the-force transmitted to the fingers when drilling. Differences in drilling force are from cortical bone to the trabecular bone or vice versa and examples of procedural errors and this can be analyzed using the finite element method displayed with the counterforce sensing device.

研究分野：生体力学

キーワード：インプラント 骨質 生体力学 シミュレーション教育 有限要素解析 力覚 マイクロCT 偶発症

1. 研究開始当初の背景

歯の欠損に対する口腔インプラント治療の普及に伴い、手術時の偶発症も多数報告されている。偶発症の一つにはドリリング時の骨外穿孔による血管損傷がある。特に下顎骨においては骨外に舌下動脈やオトガイ下動脈が走行しており、骨質の状態の診断の誤りや誤った方向へのドリリングにより動脈を傷付けてしまうことでの死亡事故も報告されている。熟練医であればドリリング中の力覚の違いにより海綿骨と皮質骨の区別ができ、骨外穿孔を未然に防げると考えるが、実際の手術以外に骨のドリリングの力覚（切削感）を経験する機会がないのが現状である。近年、医療用シミュレーターは非常に発達しており、様々な機器が歯科医療の教育現場で用いられている。東京歯科大学においても、インプラント治療の診断項目の一つである「骨質」に注目した力覚体感型インプラント手術シミュレーターの開発および運用を進めてきた。

2. 研究の目的

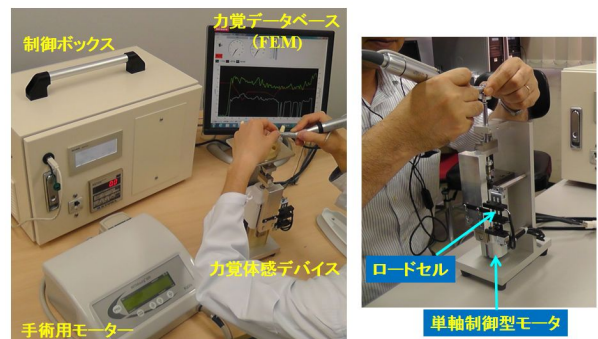
上記の学術的背景から、本研究の目的を次の2点とした。

1) インプラント手術における骨のドリリング時の手指に伝わる感覚を数値化することで、シミュレーター上にて骨の切削感の個体差を体感し、成功例はもとより様々な失敗例の反復練習を可能にする。

2) シミュレーター使用時および事後評価に用いるソフトウェアとして、直観的な操作が可能なタブレットを用いた切削応力を可視化および断面表示機能を備えた術後評価ツール、さらにはヘッドマウント型ディスプレイ（HMD）を用いた力覚体感装置用の映像部分として、手術時の音や雰囲気や奥行きまでも再現し、リアリティを追求した映像ツールを作製する。

3. 研究の方法

装置本体部分は、共同研究の慶應義塾大学理工学部がすでに試作機（井元製作所）を運用しており、それをを用いてインプラントモーターに付与する反力測定装置を作製・試用する。東京歯科大学解剖学講座所蔵の実習用遺体の下顎骨をマイクロCT (HMX- 225 Actis4, TESCO)にて撮影し、得られたスライスデータを元に三次元有限要素解析ソフトウェア (VOXELCON, くいと)を用いて骨梁構造を忠実に再現した下顎臼歯部の有限要素 (FE) モデルを作製した。ドリリングを行う領域において $4.0 \times 4.0 \times 0.5 \text{mm}$ の ROI を連続的に抽出し、ドリルをドリリング方向に 0.01mm 強制変位させ、ドリルの底面にかかる反力を計算した。また、実際の新鮮遺体を用いてドリリング時の反力を測定し、有限要素解析の結果と併せてキャリブレーションし、シミュレーター上に反映させた。(倫理委員会承認番号: 00356) 完成したデータベースを用いてタブレット上で簡便に操作が可能な解析ソフトを開発した。タブレットでの使用を考慮して、FE モデルのサイズを自動的に縮小するプログラムを開発し、術後評価用ツールとしての運用を開始した。実習時には実際の手術時の映像を使用してよりリアルな状況を再現した。



4. 研究成果

マイクロCTを用いた三次元有限要素モデルの構築によって、膨大な量の日本人の顎骨の形態のデータベースを構築することがで

きた．それらのデータを元にドリリング時の反力計算を行うことで，上部皮質骨から海綿骨領域へのドリリング，さらにはそして失敗事例としては舌側皮質骨に接触し，最終的に穿孔してしまう際の急激な切削力の違いを算出し，シミュレーター上で再現することができた．また，複数の個体のマイクロ CT データベースの FE モデルを構築することで，個体差や切削部位による切削感の違いを学習できる教育用システムとして運用が可能となった．事後評価にタブレット型端末を用いることで，ドリリング時の応力波及を視覚的に体感することができた．以上の結果をふまえ，症例が少ない歯科医師でも本シミュレーターを用いて擬似体験を積むことで，ドリリングの力覚の経験値を蓄積することが可能となった．

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 7 件)

Kinoshita H, Umezawa T, Omine Y, Kasahara M, Rodríguez-Vázquez JF, Murakami G, Abe S.

Distribution of elastic fibers in the head and neck: a histological study using late-stage human fetuses

Anatomy and Cell Biology, 46:39-48, 2013

(査読有)

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=23560235>

Kinoshita H, Nakahara K, Matsunaga S, Usami A, Yoshinari M, Takano N, Ide Y, Abe S.

Association between the peri-implant bone structure and stress distribution around the mandibular canal: a three-dimensional

finite element analysis.

Dent Mater J. 2013;32(4):637-42. (査読有)

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=23903647>

Noguchi T, Matsunaga S, Kinoshita H, Fukuda M, Saka H, Ide Y, Abe S.

A Site-Specific Comparison of the Trabecular Structure in Senescence

-Accelerated Mice –Evaluation of Time-Course Changes in Bone

Architecture using in vivo micro-CT–

Journal of Hard Tissue Biology, 22:171-176, 2013 (査読有)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhtb/22/2/22_171/_article/-char/ja/

Abe S, Yamamoto M, Noguchi T, Yoshimoto T, Kinoshita H, Matsunaga S, Murakami G, Rodríguez-Vázquez, J.F. Fetal development of the mediobasal segment (S7) of the human right lung.

Anatomy and Cell Biology, 47:12-17, 2014.

(査読有)

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3968262/>

Ikari Y, Kinoshita H, Agematsu H, Saka H, Matsunaga S, Ide Y, Abe S.

Three-dimensional analysis of pulp chambers in mandibular second deciduous molars

Journal of Hard Tissue Biology, 23:211-216, 2014 (査読有)

Matsunaga S, Shimoo Y, Kinoshita H, Yamada M, Usami M, Tamatsu Y,

Abe S.

Morphologic Classification of Root Canals and Incidence of Accessory Canals in

Maxillary First Molar Palatal Roots:
Three-Dimensional Observation and
Measurements using Micro-CT
Journal of Hard Tissue Biology, 23:329-334,
2014

(査読有)

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhtb/23/
2/23_211/_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhtb/23/2/23_211/_article/-char/ja/)

Kobayashi F, Yamamoto M, Kitamura K,
Kishi A, Kinoshita H, Matsunaga S, Abe S.
Desmin and Vimentin Expression during
Embryonic Development of Tensor Veli
Palatini Muscle in Mice

Journal of Hard Tissue Biology, 2015 (査読
有)

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhtb/24/
2/24_134/_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhtb/24/2/24_134/_article/-char/ja/)

[学会発表] (計 7 件)

木下英明

顎骨海綿骨をドリリングする際の力覚体感
型インプラント手術シミュレーターの開発
第 33 回日本骨形態計測学会, 平成 25 年 7 月
5 日, アクトシティ浜松コンgresセンター
(静岡県・浜松市)

木下英明

力覚体感型インプラント手術シミュレータ
ーを用いた口腔インプラント学教育に向け
て, 第 32 回日本歯科医学教育学会, 平成 25
年 7 月 12 日, 北海道大学 学術交流会館 (北
海道・札幌市)

木下英明

教育用ツールとしての口腔インプラント手
術シミュレーターの開発
第 43 回日本口腔インプラント学会学術大会,
平成 25 年 9 月 14 日, 福岡国際会議場 (福岡
県・福岡市)

木下英明

教育用ツールとしてのインプラント手術シ
ミュレーターの開発-臨床歯科医師による試
行-

第 33 回日本歯科医学教育学会, 平成 26 年 7
月 5 日, 北九州国際会議場 (福岡県・北九州
市)

木下英明

臨床歯科医師によるインプラント手術シミ
ュレーターの試行
第 44 回日本口腔インプラント学会学術大会,
平成 26 年 9 月 14 日, 東京国際フォーラム (東
京都・千代田区)

木下英明

Development of Implant Surgery
Simulator as an Educational Tool
EAO CONGRESS 23rd ANNUAL
SCIENTIFIC MEETING, 平成 26 年 9 月
26 日, AUDITORIUM PARCO DELLA
MUSICA (Italy・Roma)

木下英明

インプラント手術におけるドリリング時の
切削感覚を体感可能なシミュレーターの開
発, 第 64 回日本歯科理工学会学術講演会,
平成 26 年 10 月 5 日, アステールプラザ (広
島県・広島市)

[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：

出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6．研究組織

(1)研究代表者

木下英明 (HIDEAKI KINOSHITA)

東京歯科大学・歯学部・講師

研究者番号：30637749

研究者番号：

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：