

平成 30 年 5 月 27 日現在

機関番号：32650

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K20487

研究課題名(和文) 骨梁構造の力学的特性の個体差を考慮した「骨質反映型インプラント実習用模型」の開発

研究課題名(英文) Development of a "model which reflects bone quality for practicing implant placement," taking into consideration individual differences in mechanical properties of trabecular structure

研究代表者

木下 英明 (Kinoshita, Hideaki)

東京歯科大学・歯学部・非常勤講師

研究者番号：30637749

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：歯科インプラント治療において神経や血管の損傷などの手術手技関連の偶発症の発生の防止と、インプラントの診断基準の一つである「骨質」の定量化はともにインプラント治療を行う上で重要な課題である。本研究では、申請者がこれまで「力覚体感型インプラントシミュレーター」を通じて培ってきたヒト顎骨の三次元的な構造解析のノウハウを応用させ、海綿骨領域における骨梁構造の個体差および固体内分布に起因する生体力学的な特性の一部が明らかとなった。さらには解剖学的な構造の理解に加えて定量的な骨質の診断を可能にする「骨質反映型インプラント実習用模型」を作製し、インプラント学教育の一端を構築することができた。

研究成果の概要(英文)：Quantifying "bone quality", a diagnostic criteria of implant placement, is important in implant treatment in order to prevent accidents such as nerve and blood vessel injury. In this study, we applied our current knowledge of the three dimensional structural analysis of the human jawbone which was achieved through the development of the "haptic sensation type implant simulator", and biomechanical characteristics resulting from individual difference and the distribution of the varying structure in the trabecular bone region were revealed. In addition to understanding anatomical structures, it was possible to construct a "model which reflects bone quality for practicing implant placement", to enable quantitative diagnosis of bone quality and contribute to implant education.

研究分野：生体力学

キーワード：インプラント シミュレーター 有限要素解析 個体差 偶発症 顎骨内部構造 骨梁 実習用模型

1. 研究開始当初の背景

近年インプラント治療の普及に伴い、様々な医療トラブルが報告されている。インプラント手術関連の重篤な医療事故の調査報告によると、インプラントを行っている歯科医師の4人に1人は重篤な偶発症の経験があり、その内訳では下歯槽神経損傷が最も多くの割合を占めている。また、さらにその内訳をみると下歯槽神経損傷の原因の半数以上はドリリングによるものという報告があり、手術手技に関連する技術の向上が急務である。その反面、骨のドリリング時の力覚(切削感)は実際の手術以外に骨質の評価を下すための基準を構築する機会が無いという現状がある。近年、医療用シミュレーターの発達は非常に目覚ましく、様々な機器が歯科医療の教育現場で用いられている。インプラントに関しても模型による実習が行われてきているが、模型の力学的特性は実際の顎骨とは異なる。実際の患者の骨には個体差並びに部位による骨の状態の不均一性があるため、模型のみでは骨質の違いについての力覚の学習ができないという問題が生じる。

我々はこれまで慶應義塾大学理工学部機械工学科の高野直樹教授らとの共同研究でインプラント周囲骨梁構造が荷重伝達経路に及ぼす影響についての力学的解析を進めてきた。さらには東京歯科大学解剖学講座の阿部伸一教授および口腔インプラント学講座の矢島安朝教授との共同のプロジェクトにおいて、海綿骨領域の骨梁構造の切削感覚について着目し、「力覚体感型インプラントシミュレーター」として教育現場における実用化を結実した。(平成 25-26 年度科学研究費若手研究(B))。試作機はすでに完成しており、歯科医師や歯科学学生を対象とした試用評価を行ってきた。その上で現在のインプラント学の教育現場において、実習で用いられている模型間のばらつきや、生体における個体内の海綿骨の分布が考慮されていないという点が懸念されていた。

2. 研究の目的

上記の学術的背景から、以下を目的とした。

(1)インプラント実習用模型と実際の顎骨との力学的特性の相違の解明

マイクロCTを用いて海綿骨の分布の数値解析を行い、一定荷重化でドリリングが進行する際の海綿骨の反力計測も行う

(2)腰椎骨および大腿骨に基づく海綿骨における力学的特性の確率的予測計算の顎骨への適用

海綿骨領域の力学的特性のばらつきを予測可能な計算手法を確立する

(3)骨梁構造の個体差および個体内の確率的分布を適用した実習用模型作製

マイクロCTデータを元に個体差のばらつきを挿入した模型を3Dプリンターにて作製する

3. 研究の方法

本研究は、(1)ドリリング時の応力値のデータベース、(2)インプラント実習用模型作製、(3)シミュレーターへの対応、(4)確率計算の4つの項目に跨って同時に進行していった。

(1)データベースにおいては解剖学講座所蔵の実習用遺体のマイクロCTデータを用いてFEモデルを作製し、海綿骨構造の解析および計算上でのドリリング時の反力値を求め、インプラント実習用模型においても同様の手順を行った。さらにインプラント実習用模型においては卓上試験機および電子天秤を用いて一定荷重下での垂直方向のドリリング反力値の測定も行った。(2)模型作製においては、マイクロCTデータおよび模型から得た反力値を基に東京歯科大学所蔵の3Dプリンターを用いてインプラント実習用模型を作製した。作製した模型は卓上試験機にて反力測定時と同様の測定を行い、模型の精度の確認を行い、後述の確率計算にて海綿骨のばらつきの確率を予測した解析手法を適用し、海綿骨領域の骨梁構造の個体差および個体内分布を忠実に再現したインプラント実習用模型の作製に至った。(3)シミュレーターにおいては東京歯科大学第4学年の口腔インプラント学の実習において学生を対象とした試用評価を行った。これまでに行った評価に加えて、年度ごとに100名以上の試用評価を行うことでシミュレーターの改善にもつながった。(4)確率計算においては海綿骨領域の個体差のデータが豊富な腰椎骨および大腿骨の確率的解析モデルにおける確率変数を下顎骨の海綿骨に適用して力学的特性の確率的予測を行った。具体的にはKellerおよびKeyakらの報告を元に骨密度とヤング率の関係性を下顎骨のミクロ構造モデルに適用して海綿骨領域の力学的特性のばらつきを予測し、得られた確率的予測を力覚データベースおよび3Dプリンターにて作製するインプラント実習用模型に当てはめることで個体差に起因する骨質の違いを再現可能にした。

4. 研究成果

本研究によって、個体差に起因する骨質の違い(inter-individual difference)と、同一個体内での海綿骨領域における骨梁構造の分布(intra-individual difference)を反映させたインプラント実習用模型の試作品の作製に至った。実際の顎骨と実習用模型との力学的特性の違いを明らかにし、海綿骨構造を再現した模型によって学習者はより実際の生体に則した形でインプラント実習が可能となった。模型実習を通じて様々な骨質のパターンを学習することで、骨質に関する生体力学的な理解がより深まると考えられる。これはインプラントの診断基準の一つである「骨質」の定量化につながり、これまで多くの患者を実際にドリリングすることで

獲得してきた自己の中での「骨質」の絶対的な基準をより早く獲得することが可能になると期待される。これら一連の成果は、患者の CT データから海綿骨の確率的予測を考慮した模型の作製を可能にし、術前に模型上で患者本人の顎骨のドリリングの切削感を体感することで偶発症の発生を未然に防ぐことにつながると考える。

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 6 件)

Hideaki Kinoshita, Masahiro Nagahata, Naoki Takano, Shinji Takemoto, Satoru Matsunaga, Shinichi Abe, Masao Yoshinari and Eiji Kawada.
Development of a Drilling Simulator for Dental Implant Surgery.
Journal of Dental Education. January 2016, 80 (1) 83-90 (査読有)
<http://www.jdentaled.org/content/80/1/83.long>

Daisuke Tawara, Masahiro Nagahata, Naoki Takano, Hideaki Kinoshita, Shinichi Abe.
Probabilistic analysis of mechanical behaviour of mandibular trabecular bone using a calibrated stochastic homogenization model
Acta Mechanica. October 2015, 226, (10) 3275-3287 (査読有)
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00707-015-1381-8>

Mohammad Aimaduddin Atiq bin Kamisan, Kenichiro Yokota, Takayuki Ueno, Hideaki Kinoshita, Shinya Homma, Yasutomo Yajima, Shinichi Abe, Naoki Takano.
Drilling force and speed for mandibular trabecular bone in oral implant surgery
Biomaterials and Biomechanics in Bioengineering. 2016, 3 (1) 15-26 (査読有)
DOI:
<http://dx.doi.org/10.12989/bme.2016.3.1.015>

Mohammad Aimaduddin Atiq bin Kamisan, Hideaki Kinoshita, Fumiya Nakamura, Shinya Homma, Yasutomo Yajima, Satoru Matsunaga, Shinichi Abe, Naoki Takano.
Quantitative study of force sensing while drilling trabecular bone in oral implant surgery
Journal of Biomechanical Science and Engineering. 2016, 11 (3) 15-00550 (査読有)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jbse/11/3/11_15-00550/_article

Rino Harada, Eitoyo Kokubu, Hideaki Kinoshita, Masao Yoshinari, Kazuyuki Ishihara, Eiji Kawada, Shinji Takemoto.
Corrosion behavior of titanium in response to sulfides produced by Porphyromonas gingivalis.
Dental Materials. 2018 February 34 (2) 183-191. (査読有)
DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.10.004>

Someya Tomoko, Kinoshita Hideaki, Harada Rino, Kawada Eiji, Takemoto Shinji
Effects of calcium hydroxide reagent on the bond strength of resin cements to root dentin and the retention force of FRC posts.
Dental Materials Journal. 2017, September, 36 (5) 630-637 (査読有)
DOI:
<https://doi.org/10.4012/dmj.2016-355>

〔学会発表〕(計 4 件)

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臨床実習アンケート
第 65 回日本歯科理工学会学術講演会
平成 27 年 4 月 12 日, 仙台市情報・産業プラザ (宮城県・仙台市)

木下英明
第 5 学年臨床実習生を対象とした力覚体感型インプラント手術シミュレーターを用いたアンケート調査
第 34 回日本歯科医学教育学会
平成 27 年 7 月 11 日 鹿児島県民交流センター (鹿児島県・鹿児島市)

Hideaki Kinoshita
Educational evaluation of a drilling simulator for dental implant surgery
International Dental Materials Congress 2016
平成 28 年 11 月 5 日 Indonesia, Bali

Hideaki Kinoshita
Bond strength of CAD/CAM resin blocks after various surface treatments
95th General Session & Exhibition of the International Association of Dental Research

〔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

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

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()