

機関番号：17102

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20592272

研究課題名 (和文) 上顎無歯顎者への低侵襲インプラント治療のための
生体力学的プロトコルの確立研究課題名 (英文) Establishment of the biomechanical protocol of minimally
invasive implant treatment for edentulous maxilla

研究代表者

松下 恭之 (MATSUSHITA YASUYUKI)

九州大学・歯学研究院・准教授

研究者番号：60159150

研究成果の概要 (和文)：

上顎骨の解剖学的形態、脆弱な骨質を再現した無歯顎模型を用い、オーバーデンチャーの支台となるインプラントの本数、配置、アタッチメントによる連結の影響を評価し、このデータを実際の患者毎の CT をもとに作成した有限要素モデルに適用することによって、インプラント補綴設計の最適化が図れる可能性が示唆された。

研究成果の概要 (英文)：

The effect of the number of implant, insertion position, connection of the abutment with the maxillary overdenture with anatomical form and soft bone was evaluated, and applying this data for the finite element model based on the CT data of each actual patient, it was suggested that the possibility to optimize the prosthetic design of implant.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1700,000	510,000	2210,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2900,000	870,000	3770,000

研究分野：歯科補綴学

科研費の分科・細目：補綴系歯学

キーワード：インプラント オーバーデンチャー 生体力学

1. 研究開始当初の背景

上顎無歯顎者へのインプラント治療は、骨量・骨質などの問題から埋入部位の制限や、初期固定を得られにくいという問題点があり、下顎無歯顎と比較してインプラント体の生存率が低い。また、骨増生や骨移植を行った上での多本数の埋入は、高齢者への負担が非常に大きい。このことから、より少ない本数で既存骨を利用したインプラント治療が求められるが、現在、埋入本数、配置、各種アタッチメントの選択基準は確立されてお

らず、術者の経験や勘によるところが大きい
ため、早期の解決が必要とされる

2. 研究の目的

上顎無歯顎者へのインプラント埋入計画立案時の問題点を生体力学的観点から取り組み、科学的根拠に基づいたプロトコルを確立する。

3. 研究の方法

(1) CT撮影により得られたDICOMデータから有限要素モデルを作成し、患者個々の顎骨状

態に応じたシミュレーションを行った。

80歳男性の上顎無歯顎CTデータをもとに有限要素モデルを作成した。シミュレーション上で6本のインプラントを咬合平面に垂直に、犬歯部、小白歯部、大白歯部に埋入し、チタン製上部構造を取り付けた。インプラントと顎骨とは線形弾性体と仮定した。上顎洞の上縁部を完全固定し、インプラント上部構造に咬合力を負荷した。CT値を基に上顎骨内のヤング率の分布を算出し、咬合力負荷時の歪み分布を評価した。

(2)上顎無歯顎模型上で作製したインプラントオーバーデンチャーについて、インプラントの本数、配置の違い、維持装置によるインプラントの連結の有無の影響を、さらにインプラントアバットメント部のひずみと義歯の動揺を測定し、評価した。

シミュレーション模型として、上顎無歯顎模型(P9-X825、ニッシン社、京都)を用いた。本模型は発泡ポリウレタン製で上顎洞を有し、上顎骨の解剖学的形態を再現している。その材質については、三点曲げ試験にて弾性率の計測を行ったところ、弾性率は0.52GPa、ポアソン比は0.36であった。直径3.75mm、長さ13mmのインプラント(Brånemark MkIII、Nobel Biocare社、スウェーデン)を模型の両側犬歯相当部に、直径3.75mm、長さ8.5mmのインプラント(Brånemark MkIII、Nobel Biocare社、スウェーデン)を第二小白歯、第二大臼歯相当部に仮想咬合平面に対して垂直に埋入窩を形成した。エポキシ系接着剤(アラルダイトRT-30、高圧ガス工業社、大阪)を用い、オッセオインテグレーションが得られた状態を想定してインプラントを植立した。各インプラントの位置は上條(1973)の報告に基づき、両側犬歯部インプラントの中心間距離を25mm、犬歯部と第二小白歯部インプラントの中心間距離を12mm、第二小白歯部と第二大臼歯部インプラントの中心間距離を16mmとし、歯槽頂上に配置した。疑似粘膜としてシリコンラバー系印象材(エグザファイン インジェクションタイプ、GC社、東京)を用いて作製した。上顎無歯顎における歯槽頂部顎堤粘膜の厚さは2.64~3.71mmであり、口蓋部や上顎結節部ではやや厚くなるとの報告(宮下、岸、寺倉)を参照に、その厚みを4mmと設定した。

インプラントアバットメント部のひずみの測定については、ひずみゲージからセンサーインタフェースボード(PCD-200A、共和電業、東京)を介し、サンプリングタイムを20Hzでサンプリングし、コンピュータ(Aptiva2168-S65、IBM-Japan社、東京)に

転送し、記録した。

義歯の動揺に関しては、3SPACEセンサー(Polhemus社、アメリカ)にて、義歯の動揺を計測した。計測点は、左側第一大臼歯部とした。

義歯に負荷する荷重は、島津万能試験機(オートグラフ AGS-10kng、島津製作所、京都)を用いて行った。荷重位置は上顎両側中切歯近心隅角の中間点から口蓋側へ2mmの点、右側犬歯部と右側第二小白歯部インプラントの中間点の義歯咬合堤上の点、右側第二小白歯部と右側第二大臼歯部インプラントの中間点の義歯咬合堤上の点、にて荷重を負荷した

4. 研究成果

(1)有限要素モデルによる、患者個々の顎骨状態に応じたシミュレーションを行った結果、高いヤング率の骨質は上顎洞側壁部、上顎結節部、正中口蓋縫合部付近に認められた。歪み分布では、インプラントネック部から先端部周囲の広い範囲に周囲に大きな歪みが認められた。以上のことから、上顎無歯顎では顎骨のヤング率の分布は均等ではなく、インプラントの埋入位置、長さ、傾斜などによって、歪み分布に差が生じると予想される。

(2)上顎無歯顎模型を用い、インプラントオーバーデンチャーにおけるインプラントの本数、配置、アタッチメントによる連結の影響を、力学的に比較検討した。

Lekholm&Zarbらはインプラント臨床の経験から、緻密骨と海綿骨のパリエーションを視覚・触覚的観点からタイプ1から4までに分類した。上顎ではタイプIII、IVが多いとされる。Tadaらは、Rhoらの報告を参照にして、Type I から IV での海綿骨のヤング率をそれぞれ E1 E2 E3 E4GPaとして計算シミュレーションを行っている。今回使用した模型の弾性率を三点曲げ試験により実測したところ弾性率は512MPa、ポアソン比は0.36であり、TypeIIIの海綿骨骨質に相当するものと考えられる。

さらには上顎洞、鼻腔の解剖学的形態も十分に再現されており、上顎骨でのインプラント支持オーバーデンチャーの力学的影響を検討するには十分妥当なモデルと考えられる。

Tada(2003)らは、骨密度とヤング率の関係から、ヤング率により骨質をType1~Type4に分類し、それぞれType1:9.5GPa、Type2:5.5GPa、Type3:1.6GPa、Type4:0.69GPaとし、ポアソン比を0.3とした。この分類は、骨密度とヤング率の関係より、臨床的に広く用いられているLekholm&Zarbによる骨質の分類(1985)のType I ~Type IVに相当するとみなすことができるため、本実験で用いたモ

デルの物性は、TypeIVの骨質よりもやや柔らかいと言え、解剖学的にも、物性的にも、脆弱な上顎骨を再現しているとみなせる。

Jemt らは上顎無歯顎において、インプラントオーバーデンチャーの支台数が2本の場合にはインプラントの失敗率が他の治療オプションでの成功率に比べ非常に高く、2本を用いたオーバーデンチャーの使用に関して問題であると報告している。また上顎オーバーデンチャーのレビューを行った Sadowsky はインプラントが3本以下の場合には有意にインプラントの生存率が低くなるとしている。一方 Rangert らは、インプラントへの曲げモーメントがインプラントの生存にネガティブな影響があるとしている。生体において骨吸収やインテグレーションの喪失を引き起こす曲げモーメントの閾値については現在のところ報告がない。本研究では2本のインプラントを用いたオーバーデンチャーモデルでのインプラントに発生した曲げモーメントの値を基に、他のオーバーデンチャーモデルでの検討を行った。

4本モデルでは、どちらのアタッチメントにおいても、荷重時の前方インプラントの曲げモーメントが10Ncm以上となった。これはインプラント2本モデルでの状態に近似しており、曲げモーメントの観点からはリスクであると考えられる。4本モデルにおいて、荷重ではどちらのアタッチメントでも第一大臼歯部における義歯の変位量が1.5mm程度であることから、後方ではアタッチメントが脱離し、前方インプラントで主に荷重を負担したため、曲げモーメントが大きくなったと考えられる。

オーバーデンチャーにおいてはAntero-Posterior Ratioが重要であるとされているが(Ridell, 2009)、本研究結果からは、インプラントオーバーデンチャーに関しては、Antero-Posterior Ratioを広くとることによる力学的な安定は認められず、上顎洞後方よりも上顎洞前方にインプラントを配置したデザインの方が生体力学的には有利であるという結果となった。

6本モデルでは、軸力、曲げモーメントとも、4本モデルよりも大きくなった。6本モデルでは、義歯の粘膜への接触面積が少ないため、顎堤粘膜による荷重負担がほとんど期待できないためであると考えられる。荷重伝達の観点からは、オーバーデンチャーの支台となるインプラントの本数は4本で十分であるということが示された。

バーアタッチメントとボールアタッチメントを比較すると、インプラント2本モデル、インプラント6本モデルでは、バーアタッチ

メントの方が曲げモーメントが大きくなった。インプラント4本モデルの場合は、4曲げモーメントはバーアタッチメントの方が大きくなった。義歯の変位量はバーアタッチメントの方が変位量についても大きくなった。曲げモーメント、義歯変位量の軽減の観点では、バーアタッチメントよりもボールアタッチメントの方が有利であると考えられる。

Slot ら(2010)は、4本のインプラントを支台とした上顎インプラントオーバーデンチャーの機能後1年でのインプラント生存率は、バーアタッチメントの場合96.3%、ボールアタッチメントの場合95.2%であり、バーアタッチメントの方が生存率が高いと報告している。

Rangert(1989)は、繰り返し荷重負荷試験から、インプラント体の破折を引き起こすインプラントの曲げモーメントの限界値を約50~60Ncmとしている。本実験結果より、曲げモーメントの最大値はインプラント2本モデル、4Lモデルの場合に10Ncm程度であったことから、インプラント体の破折のリスクは少ないと考えられるが、インプラント周囲の骨吸収や他の力学的偶発症の危険性は考えられる。

以上により、模型実験により得られたデータを、実際の患者毎のCTをもとに作成した有限要素モデルに適用することによって、インプラント補綴設計の最適化が図れる可能性が示唆された。

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2件)

- ① Qian L, Todo M, Morita Y, Matsushita Y, Koyano K. Deformation Deformation analysis of the periodontium considering the viscoelasticity of the periodontal ligament. DentMater, 25(10):1285-1292, oct, 2009.
- ② Qian L, Todo M, Matsushita Y, Koyano K. Finite Element Analysis of Bone Resorption Around Dental Implant. Journal of Biomechanical Science and Engineering. vol14, 365-376, 2009.

〔学会発表〕(計5件)

- ① Haruta A, Matsushita Y, Tsukiyama Y, Sawae Y, Sakai N, Koyano K. The effect

of position of implants on stress distribution of a maxillary implant supported overdenture with bar attachment: in vitro evaluation. The 6th Congress of the Asian Academy of Osseointegration (AAO), Seoul, Korea, November, 2010. (Poster Presentation)

なし ()

研究者番号 :

- ② 松下恭之. 「生体力学からみた上下顎無歯顎インプラント補綴設計課」, The 9th Conference on Biomechanics in Fukuoka, 福岡市, 10月, 2009. (シンポジウム)
- ③ Matsushita Y. A Biomechanical Study of the Effect of Tilting and Not Tilting Implants on Bone Strain in Edentulous Maxilla: In Vitro Evaluation. 5th Scientific Meeting AAO (Asian Academy of Osseointegration) Bali, Indonesia, November, 2009.
- ④ 松下恭之, 佐々木健一, 荒平高章, 江崎大輔, 春田明日香, 東藤貢, 古谷野潔. 上顎に対するインプラント補綴が骨内歪みに及ぼす影響に関する数値解析的検討. 日本口腔インプラント学会第26回九州支部学術大会, 浦添市, 2月, 2009. (一般口演)
- ⑤ 松下恭之, 佐々木健一, 江崎大輔, 春田明日香, 古谷野潔. 上顎無歯顎へのインプラント補綴に関する力学的検討. 第21回日本歯科医学会総会, 横浜市, 11月, 2008. (ポスター発表)

[図書] (計1件)

- ① 松下恭之. エssenシャル口腔インプラント学. 第1章6. インプラントの生理学的特徴と咬合との関連. 古谷野潔, 松浦正朗編著, pp34-37, 医歯薬出版, 東京, 9月, 2009. (分担)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松下 恭之 (MATSUSHITA YASUYUKI)
九州大学・歯学研究院・准教授
研究者番号 : 6 0 1 5 9 1 5 0

(2) 研究分担者

古谷野 潔 (KOYANO KIYOSHI)
九州大学・歯学研究院・准教授
研究者番号 : 5 0 1 9 5 8 7 2

(3) 連携研究者