

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18592108

研究課題名（和文） インプラントに加わる荷重の生体内三次元リアルタイム測定

研究課題名（英文） In vivo 3-D force real-time measurement on implant

研究代表者

千葉 貴大（TAKAHIRO CHIBA）

東北大学・大学院歯学研究科・大学院非常勤講師

研究者番号：70396505

研究成果の概要：

インプラント（人工歯根）を土台とした入れ歯治療の良好な予後を期待する上で、インプラントに加わる力を考慮した入れ歯の設計が重要となる。しかしながら、現在の治療において、インプラントに加わる力について不明な点が多く、この力を基にした診療ガイドラインは確立されていない。本研究ではインプラントに加わる力の三次元解析システムを開発し、またそれをヒトの口の中に応用し、生体内測定を行うことに成功した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,500,000	0	1,500,000
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	540,000	3,840,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴理工系歯学

キーワード：インプラント、圧電センサ、生体内測定、オーバードンチャー、3次元荷重

## 1. 研究開始当初の背景

インプラント義歯では、咀嚼などの機能時に加わる荷重の多くは、支台となるインプラントで負担される。インプラント長軸に対する側方成分の増大は周囲骨に歪みを生じさせ、フィクスチャー頸部の骨結合喪失をもたらす。したがって、インプラント義歯治療の良好な予後を期待する上で、機能時に加わる荷重の大きさのみならず、方向を考慮した設計を行うことが重要となる。

しかしながら、現在のインプラント義歯治

療において、埋入本数決定から義歯製作過程に至るまで、インプラントに対する荷重を基にした診療ガイドラインは確立されていない。これはインプ段と二対する荷重を考慮する上で立脚すべきデータが欠如していることに起因する。

これまで、機能時にインプラントに加わる荷重について多数の研究が存在するが、その多くは有限要素法による解析でしかもインプラントのみを対象とした解析がほとんどである。この研究で用いられる荷重は仮想のものであり、また患者の個体差を反映する解

析までは到達していないことを考慮すると、口腔内における荷重の実測データが必要不可欠である。

## 2. 研究の目的

本研究では、

(1) 義歯に与える咬合因子、支台インプラント数、支台装置を変化させた際のオーバーデンチャー支台インプラントに加わる荷重のリアルタイム測定を行う。

(2) MR 画像を X 線写真に基づき顎顔面三次元画像を構築後、三次元座標を設定し、インプラントの位置・角度および顔面形態と測定した荷重データの三次元複合解析を行う。

以上により、支台インプラント数、アタッチメントの種類、負担過重様式や咬合様式など補綴学的因子をインプラントに加わる三次元的荷重の関係を顎顔面の三次元形態、さらにインプラント埋入角度との関連も含めて明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) 三次元荷重リアルタイム解析システム

### ①インプラントに加わる荷重測定

超小型水晶圧電式センサを用いる。インプラントシステムにセンサを組み込むためのアバットメント様下部構造、およびセンサ受圧面に適合し、アタッチメント部を製作するためのゴールドシリンダーを特注にて製作する。

### ②解析システム

センサから出力された電荷はチャージアンプにて電圧に変換し、パーソナルコンピューターで A/D 変換後、三次元ベクトルとして解析し、リアルタイムで LCD 上へ表示、HDD へ記録する。

(2) 顎顔面三次元画像構築プログラムの開発

インプラント埋入部位と埋入方向の荷重へ及ぼす影響ならびに顔面形態との関連を検索するため、三次元画像構築ソフト(現有)を応用し、被験者の MR 画像と X 線写真を基にした三次元画像構築と座標設定を行うプログラムを開発する。これにより、各フィクスチャーの位置、埋入角度を三次元座標交換し、三次元荷重の測定の結果および顔面形態の関係をコンピュータ解析する。本プログラムは上記解析システムと同期して作動する仕様とする。

(3) 口腔内測定

### ①被験者

東北大学病院附属歯科医療センターに通院し、下顎にインプラントが 4 本埋入され、これらに支持を求めたインプラント義歯を

装着している無歯顎患者。被験者には実験の主旨を十分説明し、同意を得た上で実験を行う。

### ②支台装置および被験義歯

センサをオーバーデンチャーの支台となるインプラントフィクスチャー上面に、さらにその上部に支台装置を設置し、3 者をゴールドスクリュー(特注)で固定する。各軸の設定は、インプラントごとに行う。支台装置のバーアタッチメントは、カンチレバーを付与したものと付与しないものを準備する。

### ③測定

インプラント義歯構成要素を変更した際の荷重の変化様相を、様々なタスク施行時に測定する。

変更項目；支台インプラント数、カンチレバーの有無

タスク；中心咬合位および偏心位における咬みしめ、グライインディング、各種食品咀嚼

## 4. 研究成果

無歯顎症例に対するインプラント義歯治療に関しては、口腔機能を良好に回復することや、支台となるインプラントの比較的高い生存率が報告されていることが報告されている。これらの報告を受け、McGill 大学(モントリオール、カナダ)で開催されたインプラント義歯に関するワークショップ(2002)において、インプラント義歯は無歯顎症例のスタンダードな治療法であるというコンセンサスが得られており、インプラント義歯治療が無歯顎者の QOL 向上に有効な手法であるとされている<sup>1)</sup>。

しかしながらこの見解には、インプラントの予知性に対して最も重要な因子の 1 つであるインプラントに加わる荷重に対する考慮が欠落している。支台インプラントに加わる荷重動態には、支台本数をはじめとする歯科補綴学的因子、ならびに顎顔面形態等の生体力学的因子が大きく影響していると考えられているが、これらの因子と荷重との関連性は未だ不明な点が多く、これらの関係の解明に必要な生体内データが不足しているのが現状である。

そこで本研究は、生体内の支台インプラントに加わる荷重の三次元的測定および解析を試み、以下の成果を得た。

(1) 小型水晶圧電センサを用いて、オーバーデンチャー支台インプラントに加わる荷重の大きさならびに方向を生体内において三次元的かつ経時的に測定する方法を確立した。また、CT 写真により被験者の顎顔面領域を三次元構築し、顎顔面基準座標系において三次元的に解析するシステムを開発した。

(2) 本システムを 1 名の被験者に生体内応

用し、測定データを三次元複合解析した。その結果、インプラント義歯の支台インプラント本数がインプラントに加わる荷重の三次元的変化様相に有意に影響を及ぼすこと、支台インプラント数が多いほど咬合力が増える一方で個々のインプラントに加わる重量が減ること、加わる荷重はインプラント長軸に多くの場合一致しないことを明らかにした。

これまで、有限要素法等のシミュレーション研究において、インプラントに加わる荷重として適用されてきた入力値は、口腔内荷重を想定した仮想値が用いられてきた。しかしながら、実験モデル毎に適用する荷重の大きさや方向、作用線等が異なるため、インプラント周囲骨に生じる応力に関して得られる結果は、生体内荷重動態を反映したものとは言い難かった。

本研究手法で得られる生体内実測データおよび顎顔面データを、有限要素法等のシミュレーション解析に適用することにより、顎顔面形態、筋走行を始めとする患者の個体差を反映した信頼性の高いシミュレーションモデルの構築、解析が実現可能となり、顎骨内という実測不可能な部位に対する補綴学的因子の影響の解明にも寄与できると考えている。さらに、支台インプラントの荷重負担様相を解析することで、支台インプラント埋入本数、位置の決定から、義歯に与える咬合に至るまでのインプラント義歯治療のガイドライン構築に対する重要な示唆を与えることが可能となるであろう。

#### 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 1 件)

① N. Yoda, T. Ogawa, Y. Gunji, T. Kawata, T. Kuriyagawa and K. Sasaki  
The Analysis of the Load Exerted on the Implants Supporting an Overdenture Based on In Vivo Measurement  
Prosthodont Res Pract (査読有) 7:258-260, 2008

[学会発表] (計 8 件)

① 依田信裕, 重光竜二, 郡司良律, 川田哲男, 佐々木啓一  
オーバーデンチャー支台インプラント荷重の生体内三次元解析  
第 28 回 (社) 日本口腔インプラント学会東北・北海道支部 総会・学術大会  
仙台情報・産業プラザ (アエル) (2008 年 10 月 11, 12 日)

日口腔インプラント誌 (支部会) /28, 27, 2008

② 依田信裕, 重光竜二, 田村崇, 山川優樹, 池田清宏, 厨川常元, 佐々木啓一  
生体応力解析に基づく歯科インプラント治療支援システムの開発  
第 5 回東北大学バイオサイエンスシンポジウム  
仙台国際センター (2008 年 5 月 19 日)  
講演要旨集, 233

③ N. Yoda, T. Ogawa, T. Kawata, T. Kuriyagawa, and K. Sasaki  
In vivo measurement of the 3-D load on the implants supporting overdenture  
The 56th American Academy of Implant Dentistry 2007 Annual Meeting  
Lio Suites Hotel (Las Vegas, Nevada, USA: November 7-11, 2007)  
AAID Conference Information, 50, 2007

④ N. Yoda, T. Ogawa, Y. Gunji, T. Kawata, T. Kuriyagawa, and K. Sasaki  
The analysis of the load exerted on the implants supporting an overdenture based on in vivo measurement  
The 2nd Joint Meeting of the Japan Prosthodontic Society and the Greater New York Academy of Prosthodontics  
Tokyo Fashion Town (TFT Hall) (Tokyo : 2007 年 10 月 20-21 日)  
2nd JPS-GNYAP Joint Meeting Program, 67, 2007.

⑤ 依田信裕, 小川 徹, 川田哲男, 厨川常元, 佐々木啓一  
オーバーデンチャー支台インプラントに加わる荷重の生体内三次元解析  
補綴歯科サマースクール 2007 鳴門  
ルネッサンス 鳴門 (徳島 : 2007 年 8 月 31 日 - 9 月 1 日)  
補綴歯科サマースクールプログラム, 9, 2007

⑥ N. Yoda, T. Kawata, H. Suenaga, R. Shigemitsu, T. Ogawa, T. Kuriyagawa, and K. Sasaki  
In vivo 3- dimensional load on implants supporting overdenture  
IADR 85th General session and exhibition  
Ernest N. Morial Convention Center New Orleans Louisiana USA  
2007 年 3 月 21 日 25 日  
J Dent Res 85: CD-ROM

⑦ N. Yoda, T. Kawata, H. Suenaga, R.

Shigemitsu, T. Kuriyagawa, K. Sasaki  
In vivo 3-D force measurement on the  
implants supporting overdenture  
The International Congress of oral  
Implantologists World Congress XXIV  
Taipei International Convention Center  
(Taipei, 2006/10/18-22)

⑧依田信裕, 川田哲男, 小川徹, 久保圭, 末  
永華子, 重光竜二, 厨川常元, 佐々木啓一  
オーバーデンチャー支台インプラント荷重  
の三次元解析システムの開発とその生体内  
応用  
第 115 回 日本補綴歯科学会学術大会  
2006.7.8 札幌コンベンションセンター  
補綴誌 50/115, 94, 2006

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

千葉 貴大 (TAKAHIRO CHIBA)  
東北大学・大学院歯学研究科・大学院非常勤  
講師  
研究者番号 : 70396505

### (2) 研究分担者

佐々木 啓一 (KEIICHI SASAKI)  
東北大学・大学院歯学研究科・教授  
研究者番号 : 30178644

厨川 常元 (TSUNEMOTO KURIYAGAWA)  
東北大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号 : 90170092

川田 哲男 (TETSUO KAWATA)  
東北大学・大学院歯学研究科・大学院非常勤  
講師  
研究者番号 : 80292225

小川 徹 (TORU OGAWA)  
東北大学・病院・助教  
研究者番号 : 50372321

久保 圭 (KEI KUBO)  
東北大学・病院・助教  
研究者番号 : 10431511

### (3) 連携研究者