

平成 22 年 5 月 14 日現在

研究種目：基盤研究 (B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19390491  
 研究課題名 (和文) 生体内三次元荷重測定に基づくオーバーデンチャー支台インプラントの  
 生体力学的検討  
 研究課題名 (英文) The biomechanical analysis of the load exerted on the implants  
 supporting an overdenture based on *in vivo* measurement  
 研究代表者  
 佐々木 啓一 (SASAKI KEIICHI)  
 東北大学・大学院歯学研究科・教授  
 研究者番号：30178644

研究成果の概要 (和文)：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負荷 (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。本研究では生体内三次元解析システムによりインプラントに加わる力を測定し、その測定値を有限要素解析法に応用することに成功した。

研究成果の概要 (英文)：The 3-dimensional (3-D) functional loads exerted on implants are essential factors in the biomechanical control of implant-supported overdentures. Since there have been few data *in vivo*, parameters which could affect the loads are still unclear. As for as the results of this study, the loads exerted on the implants during function are affected three dimensionally by the number of implants supporting the overdenture.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2008 年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2009 年度	3,100,000	930,000	4,030,000
年度			
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

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・オーバーデンチャー・三次元荷重

## 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

い。これはインプラントに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と考えられるが、解析に必要な生体内実測データは不足しているのが現状である。

## 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ド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) CT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。

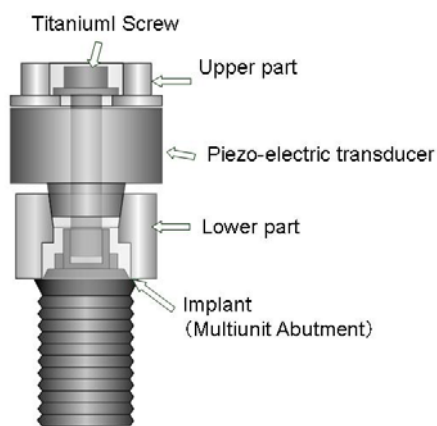
以上により、支台インプラント数、アタッチメントの種類、負担過重様式や咬合様式など補綴学的因子をインプラントに加わる三次元的荷重の関係を顎顔面の三次元形態、さらにインプラント埋入角度との関連も含めて明らかにすることを目的とした。

## 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

インプラントに加わる荷重測定には小型水晶圧電式荷重センサ(Kistler社製)を用いた。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した。



### ②義歯床下粘膜面に加わる荷重の多点同時測定

電極線が縦横にメッシュ状に配置され、荷重による交点の電気抵抗の変化により圧力を測定する多点感圧導電ゴムシート(PPS社製)を用いる。測定ピッチ1mm、厚さ300 $\mu$ mで、成形性が良いため被験者の支台インプラント後方の義歯粘膜面形態に合わせた自由な賦形が可能である。

### ③解析システム

インプラントに加わる荷重の三次元リアルタイム解析システムには専用のプログラムを用いた。センサから出力された電荷はチャージアンプ(Kistler社製)にて電圧に変換し、パーソナルコンピュータで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。感圧導電ゴムシートならびに圧力トランスデューサからの出力は歪アンプを介し、センサと同時解析、表示、記録を行った。

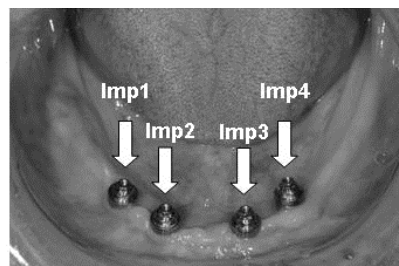
#### (2) 顎顔面三次元画像構築プログラムの開発

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、各被験者の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変換し、三次元荷重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

下顎にインプラント4本が埋入され、これらに支持を求めたインプラント義歯を既に装着している無歯顎者とした。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った。尚、本研究内容は東北大学大学院歯学研究科研究倫理委員会の承認を得て行った。



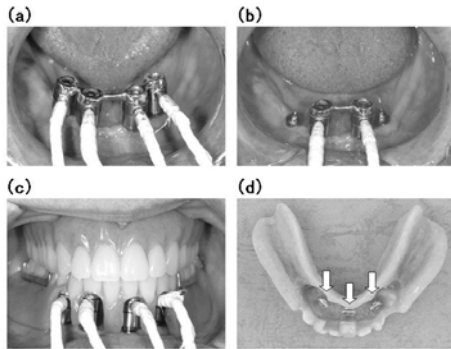
##### ②支台装置および被験義歯

センサをオーバード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

をチタン合金製スクリュー（特注）で固定した。各軸の設定は、インプラント毎に行った。

支台装置はバーアタッチメントとし、支台インプラント数の変化（2本・4本）に対応可能なものとする

義歯は粘膜面と支台装置に応じたバークリップアタッチメントのフィメール等を内包した。



#### ④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（2本，4本）
- ・タスク：中心咬合位および偏心位における咬みしめ，グラインディング，各種食品（ガム・ピーナッツ）咀嚼

#### 4. 研究成果

##### 1) 義歯歯列上咬合力

プレスケールを用いて測定した義歯歯列上咬合力は、2本支台に比較し4本支台の方が有意に大きかった（ $p < 0.01$ ）

##### 2) タスクによる特徴

荷重量は、MVCでは、外側に位置する Imp1, 4 に加わる荷重量が内側に位置する Imp2, 3 に加わる荷重量よりも有意に大きかった（ $p < 0.01$ ）。ワックス咬みしめとガム咀嚼では、非咀嚼側の内側に位置するインプラントに対する荷重量が、その他3本のインプラントに比較し有意に小さかった（ $p < 0.01$ ）。

荷重方向は、MVCでは、Imp2は後下方、Imp1, 3, 4は後外下方であった。右側のワックス咬みしめとガム咀嚼では、Imp1, 2, 4は後外あるいは後内下方、非咀嚼側の内側となる Imp3では上方であった。左側のワックス咬みしめとガム咀嚼では、Imp1, 3, 4は後外あるいは後内下方、非咀嚼側の内側となる Imp2では下方であった。Imp2では、ガム咀嚼中に上方方向の荷重が測定されることも多かった。

また、ワックス咬みしめとガム咀嚼では、非咀嚼側の内側に位置するインプラントに

加わる荷重方向は広く分散していた。

##### 3) 2本支台と4本支台の比較

インプラントに加わる総荷重量、右側に位置するインプラント間（4本支台：Imp1+2，2本支台：Imp2）および左側に位置するインプラント間（4本支台：Imp3+4，2本支台：Imp3）、さらに共通の支台インプラントとなる Imp2, Imp3 間について比較した。

###### ① 総荷重量

ガム咀嚼において4本支台が2本支台よりも有意に大きかった（ $p < 0.01$ ）。MVCおよびワックス咬みしめでは有意差は認められなかったが、4本支台の方が大きかった。

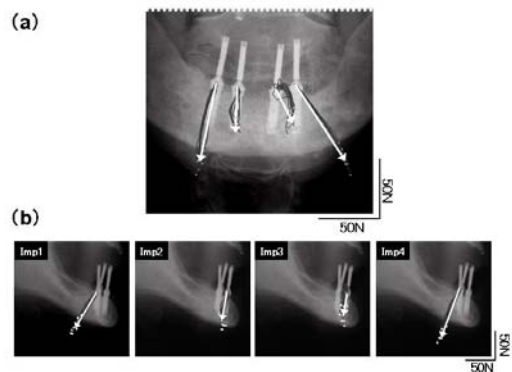
MVCにおけるインプラント1本あたりの荷重量は、4本支台の方が2本支台よりも小さかった。

###### ② 左側と右側の荷重量の比較

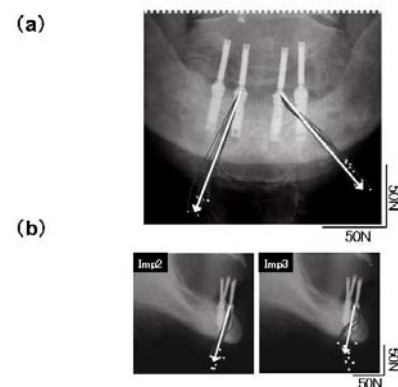
右側のインプラントでは、WAX (R) では4本支台が2本支台に比較し有意に大きかったが、他のタスクでは有意差は認められなかった。一方、左側のインプラントでは、WAX (R) において有意差は認められなかったが、他のタスクでは4本支台が有意に大きかった。

###### ③ 共通支台の Imp2, Imp3 間の比較

荷重量は、すべてのタスクにおいて、2本支台の方が大きかった。



4本支台の荷重 (a)前頭面 (b)矢状面



2本支台の荷重 (a)前頭面 (b)矢状面

荷重方向は、MVC および同側におけるワックス咬みしめとガム咀嚼において、2本支台の方が4本支台よりも有意に外側であった。Imp3では、反対側が作業側となるWAX (R)、ガム (R) において、4本支台時に上方に加わることが多かったが、2本支台時には認められなかった。

荷重方向の変化範囲は、MVC では、4本支台の方が広がった。WAX (L)、ガム (L) では、4本支台と2本支台で範囲の大きさに大きな違いは認められなかった。

#### 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4件)

1. N.Yoda, T Ogawa, Y Gunji, T Kawata, T Kuriyagawa, K.Sasaki.  
The analysis of the load exerted on the implants supporting an overdenture based on in vivo measurement.  
Prosthodont Res Pract: 7(2), 258-260, 2008  
査読有り
  2. 山川優樹, 田村崇, 重光竜二, 依田信裕, 末永華子, 川田哲男, 佐々木啓一, 池田清宏  
口腔インプラントの力学挙動の解明: 診療支援システムへ向けて  
Transactions of JSCES, Paper No.20080014 (11 ページ), 2008  
査読有り
  3. T Kawata, T Kawaguchi, N.Yoda, T Ogawa, T Kuriyagawa, K.Sasaki  
Effects of a Removable Partial Denture and Its Rest Location on the Forces Exerted on an Abutment Tooth In Vivo  
Int J Prosthodont 2008; 21: 50-52. 査読有り
  4. Kubo K, Kawata T, Suenaga H, Yoda N, Shigemitsu R, Ogawa T, Sasaki K  
Development of in vivo measuring system of the pressure distribution under the denture base of removable partial denture.  
J Prosthodont Res, 2008; 53: 15-21. 査読有り
- [学会発表] (計8件)
1. R.Shigemitsu, N. Yoda, T. Kawata, H. Suenaga, K.Kubo, Y.Yamakawa, T.Tamura, K.Ikeda and K. Sasaki  
FEA of implant supported overdenture that reflects biomechanical factor  
IADR 87th General session and exhibition

Ernest N. Morial Convention Center New マ  
イアミフロリダ USA

2009年4月1-4日

J Dent Res 87: CD-ROM

2. T.Matsumoto, Y.Ishii, R.Shigemitsu, N. Yoda, T. Kawata, H. Suenaga, K.Kubo, Y.Yamakawa, K.Ikeda and K. Sasaki  
Comparison of stress distribution by changing the implant alignment  
2nd Meeting of the IADR PAPF 1st Meeting of the IADR APR  
武漢, 中国  
2009年9月22-24日
3. 郡司良律, 依田信裕, 小針啓司, 川田哲男, 佐々木啓一  
上部構造の連結・非連結がインプラントに加わる三次元的荷重に与える影響に関する検討  
第6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  
2009年6月16日
4. 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
5. 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
6. 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
7. 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.

8. 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

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐々木 啓一 (SASAKI KEIICHI)

東北大学・大学院歯学研究科・教授

研究者番号：30178644

### (2) 研究分担者

厨川 常元 (KURIYAGAWA TSUNEMOTO)

東北大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：90170092

川田 哲男 (KAWATA TETSUO)

東北大学・大学院歯学研究科・助教

研究者番号：80292225

依田 信裕 (YODA NOBUHIRO)

東北大学・大学院歯学研究科・助教

研究者番号：20451601

重光 竜二 (SHIGEMITSU RYUJI)

東北大学・病院・医員

研究者番号：00508921

未永 華子 (SUENAGA HANAKO)

東北大学・病院・医員

研究者番号：00508939