

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 17 日現在

機関番号：24601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25861893

研究課題名(和文)即時荷重インプラントにおいて骨結合を阻害する微小動揺の閾値の解明

研究課題名(英文)Evaluation of the micromotion for immediately loaded implant

## 研究代表者

堀田 聡 (HORITA, Satoshi)

奈良県立医科大学・医学部・助教

研究者番号：60526713

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、“All-on-Four”コンセプトに基づいて即時荷重を適用したインプラントの力学解析を行った。その結果、インプラント埋入後の治癒期間にカンチレバーのない上部構造を用いることは、インプラント周囲骨に生じるひずみを低減させるのに有効である。“All-on-Four”コンセプトを適用した場合に発生する微小動揺は、骨の治癒を阻害しない許容範囲内にあることが示された。上部構造の材料の違いはインプラント周囲骨のひずみおよび微小動揺の低減には大きな影響を及ぼさないことが示された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to investigate the biomechanical behavior of immediately loaded implants in an edentulous mandible according to the All-on-Four concept. The results showed that mandibular fixed full-arch prostheses without cantilevers may result in a favorable reduction of the peri-implant bone strain during the healing period, compared with cantilevers. The maximum micromotion was within the acceptable limits for uneventful implant osseointegration according to the All-on-Four concept. Framework material did not play an important role in reducing the peri-implant bone strain and micromotion at the bone-implant interface.

研究分野：歯科インプラント学

キーワード：歯科インプラント 即時荷重 微小動揺 有限要素法

1. 研究開始当初の背景

近年、インプラント治療においては即時荷重の重要性が増してきている。多くの臨床報告でさまざまな欠損症例に適用されているが、その科学的根拠は不十分であり、即時荷重の適応症例としてコンセンサスが得られているのは一部に過ぎない (Gallucci et al. Int J Oral Maxillofac Implants 2009)。即時荷重インプラントにおいて、オッセオインテグレーション獲得のための最も重要な因子は微小動揺の大きさとされている。しかし、骨治癒期間における微小動揺の影響については未解明の点が多い。骨治癒を妨げない微小動揺の閾値は報告者によって 50 ~ 150 μm と異なる (Cao et al. Int J Oral Maxillofac Implants 2008)。さらに、これらの報告はインプラント自体の変位を計測した結果から推定された値であり、オッセオインテグレーション獲得のための、骨に対するインプラントの変位 (相対変位) の閾値は確立されていない。

2. 研究の目的

即時荷重インプラントにおいて、微小動揺の大きさはオッセオインテグレーション獲得のための重要な因子である。しかし、微小動揺がインプラント周囲骨の治癒に及ぼす影響については十分に解明されていない。本研究課題は、即時荷重インプラントの適用基準および荷重プロトコールに関する科学的根拠を提供し、新たな治療指針を確立することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) “All-on-Four” コンセプトに基づいて即時荷重を適用したインプラントの力学解析を行うため、下顎無歯顎骨の CT データより、MECHANICAL FINDER®を用いて 3次元有限要素モデルを作成した。インプラントは直径 4.1mm、長さ 10mm とし、オトガイ孔間に 4本のインプラントを埋入し、後方のインプラントを遠心に 30 度傾斜させたモデルを作成した。フレームワークは、両端を第一大臼歯部まで作成し、アバットメントとインプラントは一体化した。ヤング率の設定は、骨量ファントムを CT 撮影し、作成した検量線を用いてそれぞれの CT 値を骨密度に換算した。さらに Keyak らの関係式を用いて骨密度からヤング率を算出し、該当する要素に設定した。

(2) 比較モデルとして、境界条件の設定により、荷重開始時期をインプラントと骨との結合を仮定した遅延荷重モデル、インプラントと骨との接触を仮定した即時荷重モデルとした。またフレームワークの材料をチタンおよびレジンとしたモデルを構築した。荷重条件としてカンチレバー荷重モデル (CL) は、上部構造の右側カンチレバー部とし、非カンチ

チレバー荷重モデル (NCL) は、右側遠心インプラントのアバットメント部に 200N の垂直荷重を負荷した。拘束部位は、下顎骨筋突起および下顎頭とした。また、上部構造は、5 × 6mm の馬蹄形とし、カンチレバーは 11.5mm とした (図 1)。

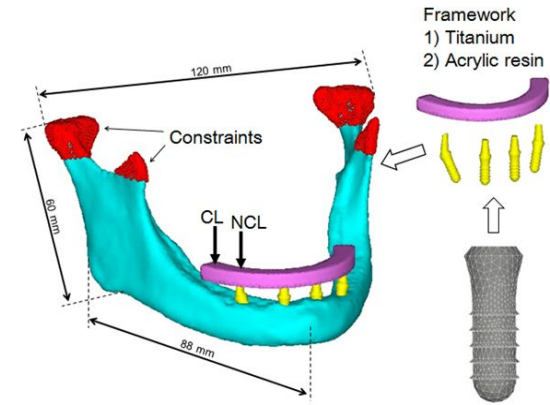


図 1

(3) インプラント周囲骨の圧縮主ひずみ・引張主ひずみおよび、微小動揺を評価した (微小動揺; インプラント 骨界面における節点の相対変位を算出)。

4. 研究成果

(1) 即時荷重モデルの圧縮主ひずみは、遅延荷重モデルと比較して NCL で 24.0-35.8% , CL で 26.4-39.0%増加した。

(2) NCL におけるひずみは CL と比較して 45.4-71.5%減少した (図 2)。

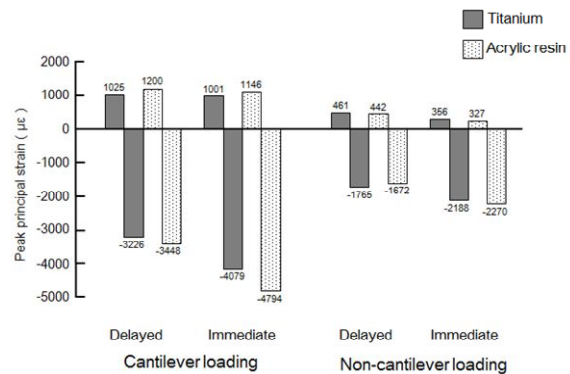


図 2

(3) フレームワークの材料によるひずみおよび微小動揺の差は認めなかった。即時荷重モデルの最大の微小動揺は 7.5 ~ 14.4 μm であった (Table 1)。

Material	Cantilever loading	Non-cantilever loading
Titanium	9.0	7.5
Acrylic resin	14.4	8.6

以上の事から、インプラント埋入後の治癒期間にカンチレバーのない上部構造を用いることは、インプラント周囲骨に生じるひずみを低減させるのに有効である。“All-on-Four”コンセプトを適用した場合に発生する微小動揺は、骨の治癒を阻害しない許容範囲内にあることが示された。上部構造の材料の違いはインプラント周囲骨のひずみおよび微小動揺の低減には大きな影響を及ぼさないことが示された。また現在、模擬骨およびウサギ脛骨を用いた荷重実験もっており、今後さらなる検討を重ね科学的に解明していく予定である。

## 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)

Horita S, Sugiura T, Yamamoto K, Murakami K, Imai Y, Kirita T. Biomechanical analysis of immediately loaded implants according to the “All-on-Four” concept. J Prosthodont Res. 査読有, 61(2): 123-132, 2017. doi: 10.1016/j.jpor.2016.08.002.

Sugiura T, Yamamoto K, Horita S, Murakami K, Tsutsumi S, Kirita T. The effects of bone density and crestal cortical bone thickness on micromotion and peri-implant bone strain distribution in an immediately loaded implant: a nonlinear finite element analysis. J Periodontal Implant Sci. 査読有, 46(3): 152-165, 2016. doi: 10.5051/jpis.2016.46.3.152.

Sugiura T, Yamamoto K, Kawakami M, Horita S, Murakami K, Kirita T. Influence of bone parameters on peri-implant bone strain distribution in the posterior mandible. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 査読有, 20(1): e66-73, 2015. [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Med+Oral+Patol+Oral+Cir+Bucal.+2015+Jan+1%3B20\(1\)%3Ae66-73..](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Med+Oral+Patol+Oral+Cir+Bucal.+2015+Jan+1%3B20(1)%3Ae66-73..)

堀田 聡, 杉浦 勉, 山本一彦, 村上和宏, 今井裕一郎, 上田順宏, 姜有峯, 堤定美, 桐田忠昭. 無歯下顎骨において後方支

持インプラントが即時荷重インプラント周囲骨のひずみ分布に及ぼす影響. 臨床バイオメカニクス, 査読有, 34: 357-362, 2013.

[http://mol.medicalonline.jp/library/journal/download?GoodsID=cx9biomc/2013/003400/052&name=0357-0362j&UserID=61.89.110.89&base=jamas\\_pdf](http://mol.medicalonline.jp/library/journal/download?GoodsID=cx9biomc/2013/003400/052&name=0357-0362j&UserID=61.89.110.89&base=jamas_pdf)

杉浦 勉, 堀田 聡, 山本一彦, 村上和宏, 今井裕一郎, 上田順宏, 桐田忠昭, 姜有峯, 堤 定美. 歯科インプラント埋入部位の骨質が周囲骨のひずみ分布に及ぼす影響. 臨床バイオメカニクス, 査読有, 34: 363-369, 2013.

[http://mol.medicalonline.jp/library/journal/download?GoodsID=cx9biomc/2013/003400/053&name=0363-0369j&UserID=61.89.110.89&base=jamas\\_pdf](http://mol.medicalonline.jp/library/journal/download?GoodsID=cx9biomc/2013/003400/053&name=0363-0369j&UserID=61.89.110.89&base=jamas_pdf)

堀田 聡, 杉浦 勉, 山本一彦, 村上和宏, 中橋一裕, 桐田忠昭. 下顎臼歯部において骨質とインプラントの長さ, 直径が周囲骨のひずみ分布に及ぼす影響. 顎顔面インプラント誌, 査読有, 12(4): 215-223, 2013.

[学会発表](計 8件)

Horita S, Sugiura T, Yamamoto K, Murakami K, Kirita T. Biomechanical analysis of immediately loaded implants according to the “All-on-Four” concept. 23rd International Conference on Oral & Maxillofacial Surgery (ICOMS) 2017. Hong Kong Convention and Exhibition Centre, (Hong Kong). March 31- April 3, 2017.

堀田 聡, 杉浦 勉, 山本一彦, 村上和彦, 中上佳寿彦, 桐田忠昭. “All-on-Four”コンセプトに基づいて即時荷重を適用したインプラントの力学解析. 第20回日本顎顔面インプラント学会. 東京医科歯科大学 M&D タワー, (東京都, 文京区) 2016.12.3-4.

杉浦 勉, 堀田 聡, 山本一彦, 村上和宏, 中上佳寿彦, 今井裕一郎, 上田順宏, 桐田忠昭. 埋入部位の骨密度および傾斜埋入がインプラントの微小動揺に与える影響. 第20回日本顎顔面インプラント学会. 東京医科歯科大学 M&D タワー, (東京都, 文京区) 2016.12.3-4.

中上佳寿彦、堀田 聡、山本一彦、杉浦 勉、辰巳大貴、仲川雅人、矢多佐知子、桐田忠昭。当科におけるインプラント安定指数を用いたインプラント治療の検討。第 19 回日本顎顔面インプラント学会総会・学術大会。ホテルメルキュール横須賀 ヨコスカ・ベイサイド・ポケット，(神奈川県，横須賀市) 2015.11.28-29.

杉浦 勉、堀田 聡、山本一彦、村上和宏、中上佳寿彦、今井裕一郎、上田順宏、桐田忠昭。埋入部位の骨密度および皮質骨の厚さが即時荷重インプラントの微小動揺に及ぼす影響。第 19 回日本顎顔面インプラント学会総会・学術大会。ホテルメルキュール横須賀 ヨコスカ・ベイサイド・ポケット，(神奈川県，横須賀市) 2015.11.28-29.

Horita S, Sugiura T, Yamamoto K, Kawakami M, Murakami K, Kirita T. Strain distribution of immediately loaded implants with fixed prosthesis using the "All-on-Four" protocol in the edentulous mandible : nonlinear three-dimensional finite element analysis. AAOMS 96th Annual Meeting, Scientific Sessions and Exhibition. Hawaii Convention Center ・Hilton Hawaiian Village, (Honolulu, Oahu, Hawaii), Sep. 2014.

Sugiura T, Yamamoto K, Horita S, Kawakami M, Murakami K, Kirita T. Influence of bone density on peri-implant bone strain distribution in an immediately loaded implant. AAOMS 96th Annual Meeting, Scientific Sessions and Exhibition. Hawaii Convention Center ・Hilton Hawaiian Village, (Honolulu, Oahu, Hawaii), Sep. 2014.

堀田 聡、杉浦 勉、山本一彦、村上和宏、上田順宏、今井裕一郎、桐田忠昭。下顎無歯顎に "All-on-Four" コンセプトに基づいて即時荷重を適用したインプラントの有限要素解析。第 59 回 公益社団法人日本口腔外科学会総会・学術集会。幕張メッセ (千葉県，千葉市) 2014.10.17-19.

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  
堀田 聡 (HORITA SATOSHI)  
奈良県立医科大学・医学部・助教  
研究者番号：60526713

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕