

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25861889

研究課題名(和文)メカノバイオロジーに基づいた即時荷重インプラント補綴の最適設計法の確立

研究課題名(英文) Establishment of optimal design method for immediate load implant prostheses based on mechanobiology

研究代表者

江崎 大輔 (ESAKI, DAISUKE)

九州大学・大学病院・医員

研究者番号：10608970

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、上顎無歯顎における補綴装置の最適設計を確立するために、非線形連続体による有限要素解析を用いて、インプラントへの待時荷重と即時荷重における骨とインプラント界面の比較を行った。その結果、待時荷重においては、インプラントの長さがインプラント周囲骨に与える影響は小さいが、即時荷重においては、より長さが長いほど、周囲骨に生じる応力を減少させることが可能であることが示唆された。さらに、待時荷重においては、インプラントの本数が周囲骨に与える影響は小さいが、即時荷重においては、本数が少ない場合、周囲骨に生じる応力が大きくなることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this study, delayed and immediate loaded interfaces between bone and implant surface were analyzed comparatively for implant prosthesis designs in edentulous maxilla using continuous structural and non-linear structural approach of finite element analysis. The results showed that the peri-implant stress value was greater in IL than in DL, and stress concentrated in trabecular bone, considered weaker, in IL. Longer implant, especially, placed bicortically, could decrease stress in bone. Less number of implant for the edentulous maxilla might increase a biomechanical risk, however, 4 to 6 implant prostheses might work almost same in DL.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：インプラント 即時荷重 最適設計

1. 研究開始当初の背景

従来のインプラント治療の成功率は高く、予知性に優れた治療法であるが、治癒期間の長さ、術後2週間程度の義歯の使用禁止などが患者の社会生活の質を低下させている。多くの研究者や臨床家によって、手術法や補綴手法の向上などの生物学的アプローチ、形状の改善や表面性状の改質などの材料学的アプローチの両面からの検討を経た結果、埋入後の非荷重期間を置かない即時荷重のプロトコルが臨床応用されはじめた。Schnitman(1997)らが下顎無歯顎に対する固定性上部構造での即時荷重に関する臨床報告を行い10年生存率84.7%という結果を示したことなどから、2000年代に入って早期荷重、即時荷重が行われるようになった。手術後短い期間で審美性、咀嚼機能の回復が可能で、通院回数を減らせるなど多くのメリットがあり、早期荷重・即時荷重プロトコルの導入が臨床家の間で急速に拡大しつつある。Degidi(2009)らは、下顎無歯顎患者に対して5~6本のインプラントを埋入して、固定式インプラント補綴装置またはインプラント支持オーバーデンチャーで修復し即時荷重を行い平均48ヵ月間の無作為割付比較試験での生存率が99.2%であったと報告している。また、Chiapasco(1997)らは、下顎無歯顎患者に対して4本のインプラントを埋入して、ドルダーバーで連結したインプラント支持オーバーデンチャーで修復し、即時荷重を行なった平均24ヵ月の無作為割付比較試験での生存率は97.5%であったという報告をしている。以上のことから、埋入条件(骨量・骨質)が良ければ、即時荷重は可能であると考えられる。

即時荷重を行うための必要条件是強固な初期固定にあり、Gapski(2003)らは、インプラントの初期固定は埋入方法、埋入部位の顎骨形態・骨量・骨質、選択されたインプラントの長径・直径・形状・表面性状に影響を受けるとreviewの中で考察している。

近年、インプラントへの即時荷重後に周囲骨が早期に骨吸収してしまい、オッセオインテグレーションを獲得できないケースが問題視されているが、研究代表者は先行研究にて、即時荷重において適正な動的荷重によってインプラント周囲骨の形成が促進し、過剰な動的荷重によってインプラント周囲骨が吸収することを明らかにしており、インプラントの配置や補綴装置の材質のコントロールによって、オッセオインテグレーションの早期獲得やインプラント周囲骨の長期維持が可能であるという仮説を立てた。

2. 研究の目的

本研究は、骨形成を促進する応力の範囲があるとの仮説を立て、動物実験、模型実験および有限要素法解析によってインプラント周囲骨の変化を形態学的・組織学的に検討することで、骨形成を促進する応力の閾値を明ら

かにし、CT画像から有限要素モデルを作成し、咬合力に応じた荷重を负荷した際の応力が、骨形成を促進する応力となるようなインプラントの配置、補綴装置の材質などの最適設計法を確立させることを目的とする。

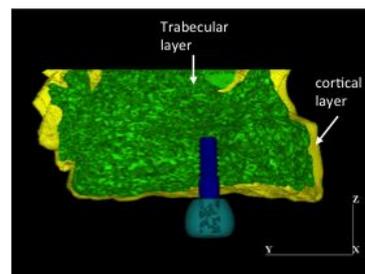
3. 研究の方法

有限要素モデルを確立するために、骨量が十分にある上顎無歯顎患者の顎骨CT画像のDICOMデータから、メカニカルファインダー(MechanicalFinder, 計算力学研究センター, 大阪)を用いて有限要素モデルを作製した。さらにCADソフト(SOLIDWORKS 2011, Dessoault systems, France)を用いて作製したインプラントを配置し、インプラントと骨との境界条件を2種類設定した。即時荷重を想定したものをcontactとし摩擦係数を0.3,すでにオッセオインテグレーションを獲得したものに待時荷重を想定したものをbondとした。

本モデルに用いた材料定数を以下に示す。

Material property	Young's modulu (GPa)	Poisson's ratio
Cortical bone	13.7	0.3
Trabecular bone III	1.6	0.3
Implant	106.0	0.3
Framework Co-Cr alloy	218.0	0.33

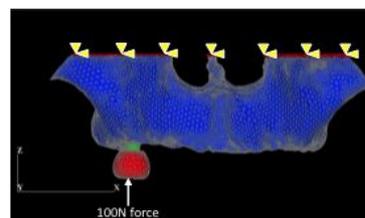
骨の構造は、メカニカルファインダーを用いてCT値を骨質に換算し、皮質骨と海綿骨の2層構造とした。



インプラントの配置は、以下の条件で行った。

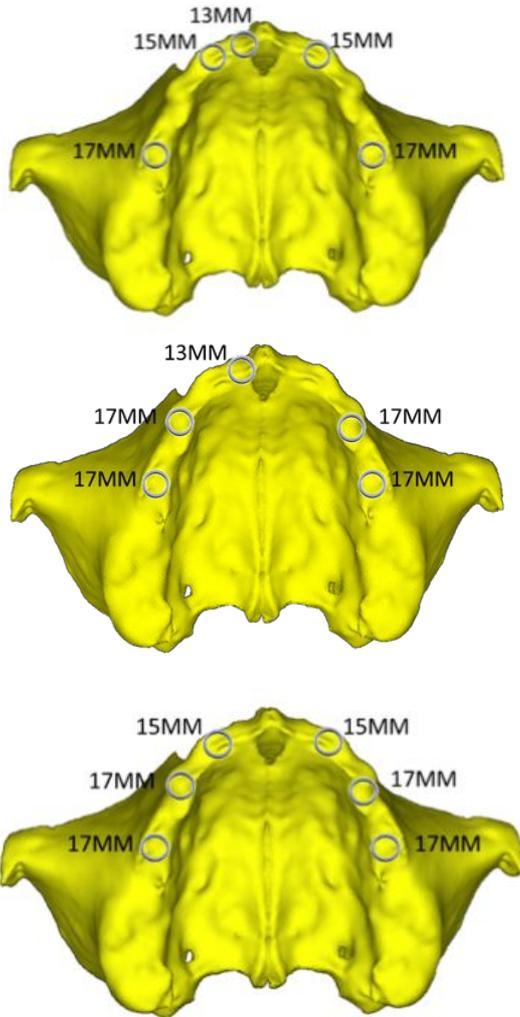
- 1本
- 4本
- 5本
- 6本

インプラント1本のモデルでは、インプラントの長さを10,13,15,17mmの4種類設定し長さの影響を比較した。また、荷重は咬合面方向から100Nとした。さらに拘束条件として上顎骨上縁を完全固定とした。



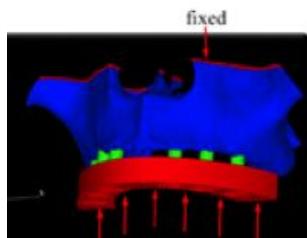
また、インプラントの本数を4, 5, 6本と変化させることで本数と配置の影響を比較

した。上部構造は Co-Cr 製の一塊のものとし、すべて同じ形態で、インプラント最遠心から 7mm のカンチレバーを付与した。

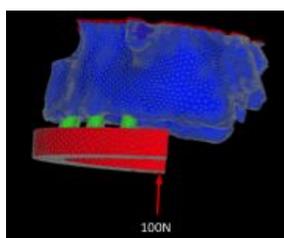


4～6本配置したモデルでは、荷重条件を以下のように設定した。

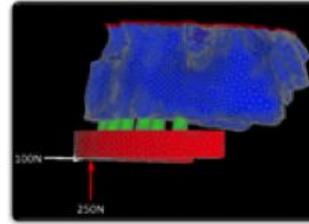
咬合面方向から上部構造の全面に 300N



遠心のカンチレバー部に対して、垂直方向に 250N，水平方向に 100N



前歯部に対して、垂直方向に 250N，水平方向に 100N



の 3 種類の荷重を负荷した。以上の条件の元で、インプラントおよび周囲骨に生じる皮質骨および海綿骨における最大主応力，最大ひずみの評価を行った。

4. 研究成果

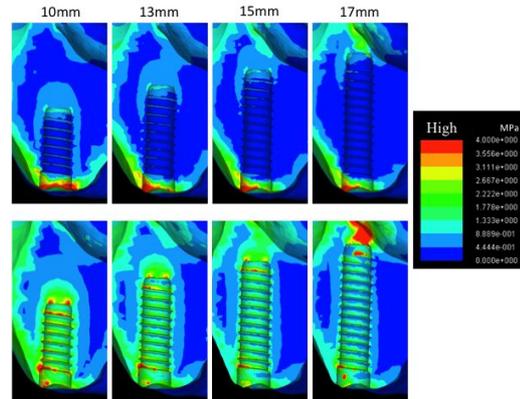
<インプラントの長さの影響>

インプラント 1 本のモデルにおける、長さの比較では、待時荷重の場合、どの長さにおいても皮質骨および海綿骨それぞれにおいて最大主応力に長さによる大きな差はなかった。即時荷重においては、より長さが長いほど、海綿骨に生じる最大主応力は小さくなった。

【最大主応力分布

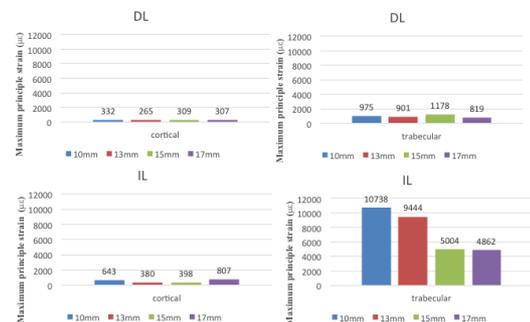
上段：待時荷重 下段：即時荷重】

EQV Stress distribution Upper:delayed loading Lower: immediate loading



【皮質骨と海綿骨における最大ひずみ

上段：待時荷重 下段：即時荷重】

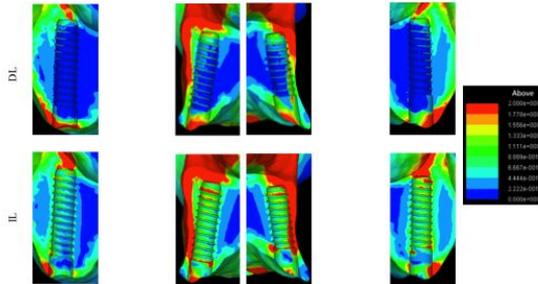


以上のことから、待時荷重においてはインプラントの長さに関わらず、皮質骨に応力が集中しているが、即時荷重においては、海綿骨を含めた骨全体に応力が分布しており、より長さが長いほど、海綿骨における最大ひずみが小さくなること示された。

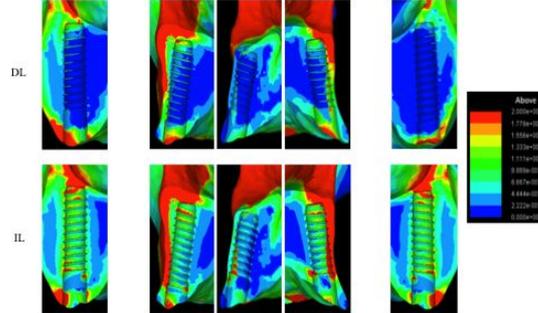
<本数と配置の影響>

すべての即時荷重モデルにおいて待時荷重モデルよりも大きな最大主応力を示し、カンチレバー部への荷重負荷では、最遠心のインプラントに最も高い応力集中が認められた。

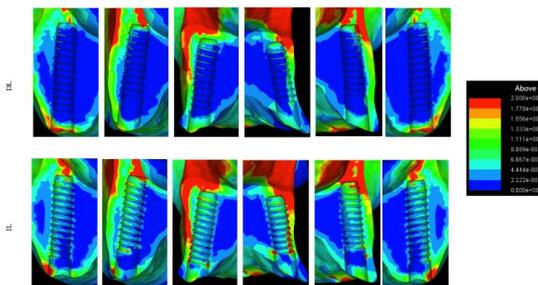
咬合面方向から上部構造の全面に 300N
【インプラント 4 本における最大主応力分布
上段：待時荷重 下段：即時荷重】



【インプラント 5 本における最大主応力分布
上段：待時荷重 下段：即時荷重】

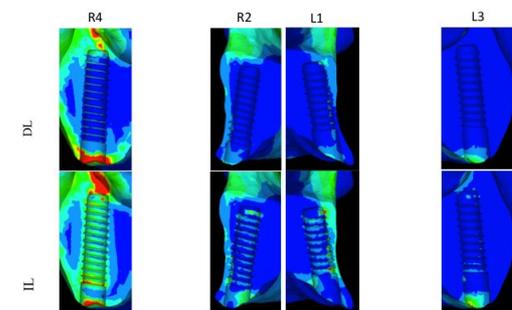


【インプラント 6 本における最大主応力分布
上段：待時荷重 下段：即時荷重】

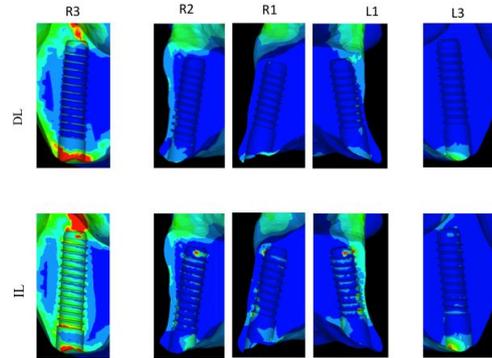


遠心のカンチレバー部に対して、垂直方向に 100N

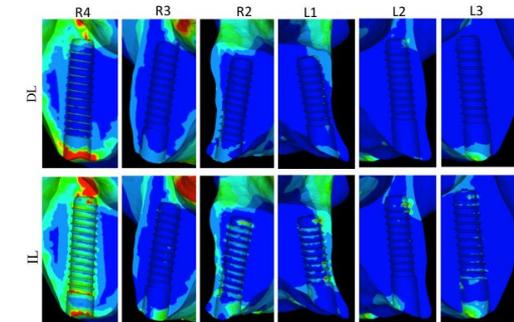
【インプラント 4 本における最大主応力分布
上段：待時荷重 下段：即時荷重】



【インプラント 5 本における最大主応力分布
上段：待時荷重 下段：即時荷重】

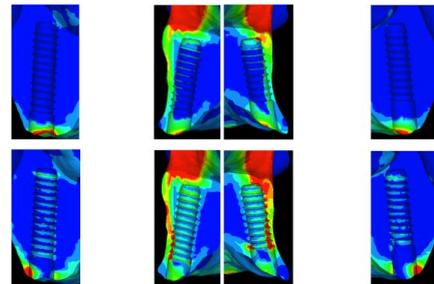


【インプラント 6 本における最大主応力分布
上段：待時荷重 下段：即時荷重】

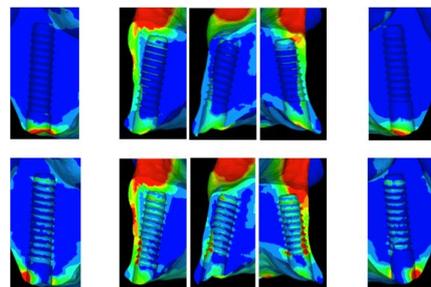


前歯部に対して、垂直方向に 250N，水平方向に 100N

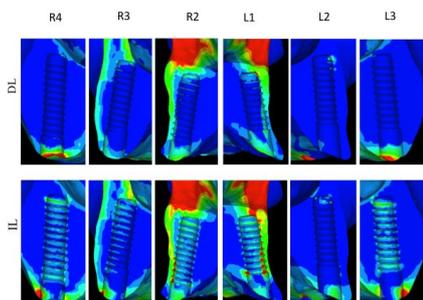
【インプラント 4 本における最大主応力分布
上段：待時荷重 下段：即時荷重】



【インプラント 5 本における最大主応力分布
上段：待時荷重 下段：即時荷重】



【インプラント6本における最大主応力分布
上段：待時荷重 下段：即時荷重】



待時荷重と即時荷重でインプラント本数の違いを要約してみると、待時荷重では6, 5, 4本で大きな違いを認めなかった。即時荷重では、前歯部での応力集中が強くなり、本数が少なくなると、前歯部での応力集中が増大したカンチレバーでは荷重部に近いインプラントに応力の集中を認めるが、本数が少ないとその影響は大きくなった。前歯部インプラントは、インプラント体の中央部が唇側の緻密骨にもタッチする、いわゆる tri-cortical placement となり、固定が強くなったこと、および前歯部の排列位置がやや外側にある（臨床上もよく見られる排列状態となっている）ため、即時荷重では顕著に大きな応力集中をきたした。これに対し、待時荷重では均等垂直荷重もカンチレバー荷重も大きな影響を受けなかった。

以上のことから、

- ・ 待時荷重においては、インプラントの長さがインプラント周囲骨に与える影響は小さいが、即時荷重においては、より長さが長いほど、周囲骨に生じる応力を減少させることが可能であることが示唆された。
- ・ 待時荷重においては、インプラントの本数が周囲骨に与える影響は小さいが、即時荷重においては、本数が少ない場合、周囲骨に生じる応力が大きくなることが示唆された。

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)

松下恭之, 江崎大輔, 古谷野潔 天然歯とインプラントの共存を研究から考える, 補綴誌, 6(2):144-145, 2014.

Gao J, Matsushita Y, Esaki D, Matsuzaki T, Koyano K. Comparative stress analysis of delayed and immediate loading of a single implant in an edentulous maxilla model. J Dent Biomech, 14(5):1758736014533980, May,

2014

〔学会発表〕(計 4 件)

松下恭之, 高杰, 江崎大輔, 松崎達哉, 古谷野潔. 上顎無歯顎に対する遅延負荷と即時負荷インプラント補綴上部構造の応力比較解析. 第 44 回日本口腔インプラント学会学術大会, 東京, 9 月, 2014

松下恭之, 高杰, 江崎大輔, 東藤貢, 古谷野潔. 上顎無歯顎に対する遅延負荷と即時負荷インプラント補綴デザインの応力比較解析. 平成 25 年度バイオメカニクス研究センター&エレクトロニクス実装学会九州支部合同研究会, 福岡, 2 月, 2014. (口演)

Koyano K, Esaki D. Occlusion on oral implants - current clinical guidelines Colloquium on Oral Rehabilitation China, Beijing, China, Oct, 2013.

Gao J, Matsushita Y, Esaki D, Koyano K. Stress analysis of immediate loading implant on an edentulous maxilla model. 第 49 回九州大学生体材料力学研究会, 福岡, 9 月, 2013. (一般口演)

〔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:
出願年月日:
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

江崎大輔 (ESAKI DAISUKE)

九州大学・大学病院・医員

研究者番号: 10608970