

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 7 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23592833

研究課題名(和文) 生体内義歯床下圧力動態測定に基づく I - P O d インプラント支持効果の検証

研究課題名(英文) A study of the effect of implant supported partial overdenture by measuring loads on the abutment teeth and residual ridge

研究代表者

久保 圭 (KEI, KUBO)

東北大学・歯学研究科(研究院)・大学院非常勤講師

研究者番号：10431511

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000 円、(間接経費) 1,200,000 円

研究成果の概要(和文)：Implant-Supported Partial Overdenture, 以下I-POdに加重した際の支台インプラント, 直接支台歯に加わる三次元荷重, 義歯床下粘膜荷重を同時測定し, 各測定部位の荷重に対する支台インプラント本数, 設置位置の影響を検討した。直接支台歯に加わる荷重ならびに義歯床下粘膜に加わる荷重は, 支台インプラントを設置することにより, 支台インプラント無しの場合に比べて有意に減少した。すなわち遊離端欠損部に埋入したインプラントをI-POdの支台として利用することにより, 直接支台歯ならびに義歯床下粘膜に加わる荷重の低減効果が発揮されることが定量的に示された。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to reveal effects of the number and position of implants which support a partial overdenture (I-POd) on mechanical loads exerted onto the abutment tooth of the denture and on the residual ridge beneath the denture. Two implants were placed at the second premolar (imp1) and the second molar (imp2) position in edentulous area of model. Load onto the abutment tooth was measured by a piezo-electric 3D-force transducer. Load exerted on residual ridge beneath the denture was measured by a tactile sheet-sensor. Measurements were performed in four test conditions as follows: no implants supporting the denture, imp1 supporting the denture, imp2 supporting the denture and imp1 and imp2 supporting the denture. Loads onto the abutment tooth and residual ridge beneath the denture base were significantly associated with the implant number and position of I-POd. Application of implants beneath the denture base contributes to reduce the loads onto the abutment tooth and residual ridge.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴系歯学

キーワード：インプラント支台パーシャルオーバーデンチャー インプラント 義歯床下圧

1. 研究開始当初の背景

近年、遊離端欠損部顎堤に少数のインプラントを設置し、後方支持を付与することにより義歯の回転沈下を防止する新しい補綴治療術式； Implant-supported Partial Overdenture (以下 I-POd)が注目されている。この術式は固定性上部構造によるインプラント治療と比べて、経済的負担・外科的侵襲の軽減、身体的・解剖学的適応症例の拡大、清掃性の容易化などの利点があり、I-POdの臨床導入現場は急速に拡大しているものの、インプラント設置位置、アタッチメントまたはヒーリングアパットメントなど上部構造の種類、義歯とインプラントとの接触条件、義歯設計など、I-POd診療ガイドラインは確立されていない。これは、I-POdのインプラント支持効果を検証した学術的データが欠如していることに起因する。超高齢社会の到来に伴い、その需要は今後増加の一途を辿るものと推察され、I-POdに関する学術的エビデンスの獲得は急務である。

一方申請者らは、これまで部分床義歯圧力動態の検討に関する研究に従事し、シート型触覚センサを用い、部分床義歯の義歯床下に加わる圧力を生体内測定する手法を確立した。遊離端義歯の床下粘膜面の圧力分布を測定した結果、直接支台歯のレスト設置形態により圧力分布が変化すること、および咬みしめ時における近遠心的な圧力分布は従来提唱されてきた幾何学的な理論に基づくものとは異なることを明らかにしている。

即ち、I-POdの良好な予後を期待する上では、インプラント支持効果の床下圧力測定に基づく分析が必要不可欠であり、本研究では、前述の床下圧力分布測定システムを用いて、I-POdのインプラント支持効果を検証し、インプラントの位置、上部構造の種類、義歯床-インプラント接触条件、義歯設計などのI-POd選択指標の学術的論拠を獲得することを着想した。

2. 研究の目的

下顎片側遊離端欠損顎堤部にインプラントを埋入したモデルを製作し、実験用 I-POd を用いて、I-POd に負荷荷重を加えた際の支台インプラント、直接支台歯に加わる三次元荷重、義歯床下粘膜に加わる荷重を同時測定することが可能な装置を開発し、実際に I-POd に荷重を負荷した際の各測定部位に加わる荷重を測定することで、支台インプラント本数、設置位置が各荷重に与える影響を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 実験装置の開発

インプラントおよび直接支台歯に加わる荷重測定には小型水晶圧電式荷重測定センサ (Z18400, Kistler Instruments AG, Switzerland) (以下、圧電センサ)を用いた。義歯床下内面に加わる荷重測定には超薄型

センサシートを用いたフィルム式圧力分布測定タクトイルセンサ (I-SCAN, ニッタ, 日本) (以下、シートセンサ)を用いた。

実験用モデルは、下顎右側第二小臼歯から第二大臼歯までの遊離端欠損を有するアクリル樹脂製モデル (D50-520, ニッシン, 日本) を改良して使用した。実験用モデルの欠損部顎堤上の第二小臼歯および第二大臼歯相当部の 2 か所に、インプラントフィクスチャー (Standard RN, Straumann AG, Switzerland) を埋入した。圧電センサの下部は上記フィクスチャー内面に適合するよう製作されている。フィクスチャー上に圧電センサと、圧電センサ上面の荷重受圧部位に適合するよう精密加工により製作したステンレススチール製のアパットメント様上部構造 (以下、実験用アパットメント) を、チタン製スクリューにより締めつけトルク 35 Ncm にて装着した。欠損顎堤部には付加型シリコーン印象材 (エグザハイフレックスインジェクションタイプ, GC, 日本) を用いて、厚さ約 2mm の人工粘膜を付与した。シートセンサ設置部位は 2 か所の支台インプラントの中間の人工粘膜上とした。義歯床下部顎堤の人工粘膜は、初めに義歯床粘膜面にシートセンサを貼付し、義歯の咬合面に約 5 N の荷重を負荷させた状態にてシリコーン印象材を硬化させ調製した。

実験用義歯の直接支台歯となる下顎右側第一小臼歯は、最初に人工歯の歯冠部を削除し、根部にインプラントフィクスチャー上部約 3 分の 1 の部分を埋め込み、接着性レジンセメント (スーパーボンド C&B, サンメディカル, 日本) を用いて接着することで、同部に圧電センサを設置可能とした。これは川口らが口腔内の歯に圧電センサを設置した手法を改良したものである。本研究では、圧電センサの受圧部位にのみ接触するよう製作した白金加金製の実験用クラウンと圧電センサを人工歯歯根部に埋め込んだフィクスチャー上に、締めつけトルクは 35 Ncm にてスクリュー固定した。また、人工歯根周囲にはシリコーン印象材 (エグザハイフレックスインジェクション, GC, 日本) を用いて、厚さ約 0.5 mm の人工歯根膜を付与した。

実験用義歯はレジン床義歯とし、義歯床用材料としてアクリリックレジン (アクロン, GC, 日本) を使用した。下顎右側第一小臼歯の直接支台歯には RPI クラスプを、反対側の第二小臼歯と第一大臼歯には双子鉤を付与した。これらの維持装置は白金加金製 (PGA2, 石福, 日本) とした。また大連結子はリンガルプレート様の形態とし、前歯部の基底結節、臼歯部の舌側に接触させることで把持と支持要素を付与し、残存歯部の顎堤粘膜には義歯床が接触しないよう設計した。また、人工歯部は咬合平面に平行なオクルーザルテーブルとした。また義歯床粘膜面の支台インプラントと接する部分には、円形のステンレス製金属板を義歯装着時において実験用アパット

メントに適合するよう即時重合レジン（パタンレジン，GC，日本）にて装着した。

（2）荷重測定実験

荷重は、当分野所有の定荷重負荷装置（図5）を用いた。最初に実験用模型を万力にて定荷重負荷装置に強固に固定した。実験は実験用義歯のオクルーザルテーブル上の第一大臼歯相当部に垂直方向に、10、30、50、100 Nを段階的に付与した。

荷重測定は、欠損部顎提部の支台インプラントの支持様式により以下の4条件において各5回行った；

支台インプラント無し（以下，no-imp）

支台インプラントを第一小臼歯相当部の近心インプラントのみ（以下，M-imp）

支台インプラントを第二大臼歯相当部の遠心インプラントのみ（以下，D-imp）

近遠心の両支台インプラント使用（以下，MD-imp）

本実験装置は、センサを装着することによりインプラントが支台として機能することが可能となる。支持条件 ~ においては使用しないインプラントはセンサを設置しないことによりスリープ状態とし、同部は義歯内面と接触させないようにした。

（3）分析

直接支台歯および支台インプラントに加わる荷重および義歯床下粘膜に加わる荷重の各条件における統計学的解析には、Kruskal-wallis 検定を使用し、その後の検定には Dunn 検定を使用した。有意水準は危険率5%とした。

4. 研究成果

現在の歯科インプラント治療においては、患者と歯科医師の双方にとって安心・安全であることが強く求められている。本研究で対象としたインプラント支台パーシャルオーバーデンチャー（I-P0d）は、最小限のリスクで最大の効果を発揮することが可能な、インプラント治療の安心・安全を实践する画期的な手法の一つである。しかしながら、I-P0d に関しては現時点で適切にデザインされた臨床研究は欠如しており、また補綴設計に関する生体力学的な検証も不十分である。I-P0d は、超高齢社会を迎えた本邦において求められる安心・安全なインプラント治療の条件の多くを満たしており、症例数は今後ますますの増加すると見込まれることから、I-P0d 設計指針の確立は喫緊の課題である。本研究では、I-P0d の支台インプラントの位置および本数に関して荷重測定結果を基に生体力学的な観点から考察した。

（1）実験方法について

これまでのシステムティックレビューから、I-P0d は遊離端欠損を有する部分欠損症例、特に受圧条件が良好でない下顎への適用

が多いことから、本実験では実験対象として下顎遊離端欠損模型を適用した。実験用模型については、Inoue らの口腔粘膜の弾性率を調査した報告から、シリコン印象材製の弾性率が人工粘膜に適しており、過去の Okubo ら、木原らの I-Pod に関する模型実験においても同様に使用されていることを考慮し、本実験模型用模型においてもシリコン印象材製の人工粘膜を適用した。しかしながら、実際の口腔内においては、口腔粘膜を加圧すると、被圧部の粘膜から血液が失われ、体積を減じる。一方、シリコン印象材は加圧によって体積をほとんど減じない。すなわち、本研究の手法では加圧下の口腔粘膜の挙動を完全に再現しているとは言い難く、人工粘膜の素材を再考することが必要かもしれない。

I-P0d の設計において、支台インプラントや支台歯等の長期的に良好な予後を考慮するためには、義歯に加わる荷重が支台インプラントまたは生体組織にどのような影響を及ぼすかを示す生体力学的データが必須である。これまでに生体力学的データを検証した研究としては、木原らは模型上において I-P0d へ荷重を負荷した時の義歯の偏位量、または支台歯やインプラントの歪み、曲げモーメントを測定し、I-P0d は従来の義歯と比較して義歯の沈下量が減少することを明らかにした。また Okubo らは小型の圧力センサを用いて、I-P0d 機能時の顎堤粘膜に加わる圧力と義歯の沈下量を、欠損部顎堤の人工粘膜の厚さを 1 mm の場合と 2mm の場合で比較し、人工粘膜の厚さが 2 mm の場合に圧力が減少したことを示した。しかしながら、両研究共にインプラントや歯に加わる荷重に関しては測定されておらず、粘膜の厚さを変化させた際に、減少した圧力は他のどの部位で補償されているのかは不明であった。そのため、I-P0d が生体に対し及ぼす力学的な影響はこれまで定量的に明らかにされてこなかった。今回の実験では、インプラントに加わる3次元荷重を測定するのに、小型水晶圧電式センサを用いた。この圧電センサは、これまでに歯やインプラントに加わる荷重の測定に使用されており、非常に精度の高い荷重測定が可能であることが実証されている。また、今回義歯床下粘膜に加わる荷重測定に使用したシートセンサも、既に口腔内で部分床義歯の床下粘膜圧測定に用いられているものであり、こちらも 1cm² と測定範囲は決して大きくはないが、高い精度と有用性が実証されている。すなわち、本研究は I-P0d の支台歯、支台インプラントに加わる3次元荷重、ならびに義歯床下粘膜に加わる荷重を高い精度において測定することで、I-P0d の支台インプラントの位置・本数が及ぼす生体力学的影響をより詳細に検証可能であった。

（2）実験結果について

義歯床粘膜に加わる荷重は、no-imp に比較し

て D-imp および MD-imp では義歯床下粘膜に加わる荷重が大きく減少した。この結果はこれまでの報告と一致するものである。これは、遊離端欠損の後方部に支台インプラント埋入し、義歯床の支持として用いることで、義歯の沈下量が抑制されるため、義歯床下粘膜への荷重が減少したものと考えられる。一方、義歯床下粘膜に加わる荷重は、遠心部にインプラントを設置したとしても 0 にはならず、一定量検出された。このことから、負荷荷重による義歯床部のたわみが義歯床下粘膜荷重に影響していることが示唆され、また負荷荷重が増えなくても義歯床下粘膜に加わる荷重が増加しなかったのは、遠心インプラントの義歯床沈下防止効果は大きな負荷荷重に対しても有効に作用することが示唆された。一方、M-imp では義歯床下粘膜に加わる荷重は減少するものの遠心部にインプラントを設置した場合に比較して荷重減少効果は小さかった。このことから、義歯床下の支台インプラントは義歯床下粘膜に加わる荷重を減少させることが示され、その位置が後方であれば効果が大きくなることが示された。

直接支台歯に加わる荷重量は、D-imp 時に比較して M-imp および MD-imp 時に有意に小さくなった。また、M-imp 時のみ、直接支台歯に加わる荷重は上方方向となり、支台インプラントに加わる近遠心的な側方力も最大となった。M-imp の場合、荷重負荷点が支台インプラント部よりも遠心であるため、支台インプラントを支点として義歯が支台歯から浮き上がる力が働いたと考えられた。インプラントは骨と結合しているため、歯根膜のような緩衝作用は存在しないことから、この支点となる作用は天然歯における根面板よりも作用が大きくなると予測される。また、近遠心的な側方力が大きくなったのは、今回直接支台歯に用いた RPI クラスプの影響が考えられた。すなわち、直接支台歯には RPI クラスプの維持腕による作用が働き、上方方向および側方方向の荷重が加わったものと推察された。また D-imp と MD-imp を比較すると、直接支台歯に加わる荷重は MD-imp 時に小さくなったが、義歯床下粘膜に加わる荷重ならびに直接支台歯や支台インプラントに加わる荷重方向の変化量は僅かであった。このことは、本研究で対象にしたような下顎遊離端欠損の場合、複数本のインプラントを埋入しなくても、遊離端欠損遠心部に 1 本インプラントを埋入することで、義歯床下粘膜に加わる荷重を減少させることに對し十分な効果が得られることが示唆された。

(3) 臨床的示唆

本研究結果から、I-P0d の支台インプラントは遊離端欠損部の遠心部に 1 本埋入することで、十分な効果が期待できることが示された。しかしながら、実際の臨床においては、遊離端遠心部は骨吸収によりインプラントを埋

入するために十分な骨量が存在せず、インプラントを埋入できる部位が限られている症例が多いことが推察される。本研究結果から、直接支台歯付近にのみインプラントを埋入可能な症例においては、支台歯に加わる荷重の減少効果は期待できるが、義歯床下粘膜に加わる荷重の減少効果はさほど期待できないこと、かつ維持装置による作用で直接支台歯には引っ張り力が生じる可能性を考慮する必要性が示唆された。従って、臨床的には支台インプラントを遊離端欠損部の近心部に設置する場合は、直接支台歯にはあまり強い維持力は負担させずに、義歯の浮き上がりを制限するよう把持効果の強い支台装置を適用することが望ましいと考えられた。また、近年では解剖学的な条件が制限される場合、長さ 8 mm 以下のショートインプラントが使用される症例も増えており、I-P0d 症例においても、力学的に理想となる埋入位置が優先される症例においては遊離端遠心部の骨量が少ない部位へのショートインプラント適用も選択肢の一つとなると考えられる。しかしながら、ショートインプラントに対する力学的な根拠は未だ不十分であるため、I-P0d 適用の拡大のためには今後検討が必要な分野と考えられる。

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 2 件)

Yamamoto M, Ogawa T, Yokoyama M, Koyama S, Sasaki K. Influence of immediate and early loading on bone metabolic activity around dental implants in rat tibiae. Clin Oral Implants Res. 査読有 2013 年, 印刷中, DOI: 10.1111/clr.12218.

Yoda N, Gunji Y, Ogawa T, Kawata T, Sasaki K. In vivo load measurement for evaluating the splinting effects of implant-supported superstructures: a pilot study. Int J Prosthodont. 査読有 2013; 26: 143-6. DOI: 10.11607/ijp.3223.

[学会発表](計 2 件)

依田信裕, 重光竜二, 小針啓司, 郡司良律, 孫堅, 川田哲男, 小川徹, 佐々木啓一. In Vivo 三次元荷重データに基づくインプラント補綴症例の生体力学的検討. 第 22 回日本歯科医学会総会. 2012 年 11 月 9 日, 大阪

Suenaga H, Kubo K, Yokoyama M, Ogawa T, Kuriyagawa T, Sasaki K. Effects of occlusal rest position on pressure distribution beneath the distal extension removable partial denture in vivo. 14th meeting of the

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保 圭 (KUBO, KEI)
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：10431511

(2) 研究分担者

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

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

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

未永 華子 (SUENAGA, HANAKO)
東北大学・大学病院・助教
研究者番号：508939