

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 21 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24592899

研究課題名(和文) 支台歯荷重，義歯床下荷重に基づくノンクラスプデンチャーの設計に関する検討

研究課題名(英文) Investigation of the non-metal clasp denture based on the load exerted on the abutment tooth and beneath the denture base

研究代表者

依田 信裕 (Yoda, Nobuhiro)

東北大学・歯学研究科(研究院)・助教

研究者番号：20451601

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は，ノンメタルクラスプデンチャー(NMCD)の設計に関し，特にレジックラスプの維持力について，支台歯に加わる負荷を基に考察した．  
ポリアミド系樹脂製(PA-NMCD)，ポリカーボネート系樹脂製(PC-NMCD)，金属フレーム付きポリカーボネート系樹脂製(mPC-NMCD)，一般的な部分床義歯(PMMA-CD)の4種類の実験義歯を製作し，離脱時に各支台歯に加わる荷重を測定した．結果として，維持力はPMMA-CDで有意に大きかった．従来の部分床義歯と同様のアンダーカット量(0.25 mm)ではレジックラスプは適切な維持力を発揮できない可能性が示唆された．

研究成果の概要(英文)：Non-metal clasp denture (NMCD) has recently been applied widely as a prosthodontic option. This study aimed to evaluate the retentive forces of NMCDs. Four kinds of NMCDs; polyamide-nylon resin non-metal clasp denture (PA-NMCD), polycarbonate resin non-metal clasp denture (PC-NMCD), polycarbonate resin non-metal clasp denture with a metal frame (mPC-NMCD), and acrylic resin denture (PMMA-CD), were fabricated. Load exerted on a direct abutment tooth during pulling off the denture vertically from the model were measured using a piezo-electric transducer. The mesio-lateral component of the load on the abutment tooth by mPC-NMCD and by PMMA-CD was significantly larger than that by PA-NMCD and by PC-NMCD. The vertical component of the load, i.e. the retentive force of the thermoplastic resin clasp, by PMMA-CD was significantly largest. It was suggested that the NMCD could not exert adequate retentive force as same as the conventional metal clasp when 0.25 mm of under-cut was applied.

研究分野：補綴理工系歯学

キーワード：ノンメタルクラスプデンチャー 維持力 レジックラスプ 支台歯荷重

### 1. 研究開始当初の背景

近年、審美性、装着感に優れた部分床義歯として熱可塑性樹脂をクラスプ材料として応用したノンメタルクラスプデンチャーが注目され、その臨床応用が拡大している。現在流通しているノンメタルクラスプデンチャーにはいくつかの異なったタイプが存在しており、「熱可塑性樹脂により義歯床とクラスプ維持部を一塊として製作した可撤性部分床義歯(金属レスト等は有する)」と、フレキシブルデンチャーとも呼ばれる「熱可塑性樹脂のみで構成され、金属構成要素を含まない義歯」の2つに大別されることが多い。これらノンメタルクラスプデンチャーに用いられる代表的な樹脂としては、ポリアミド-ナイロン系樹脂、ポリカーボネート系樹脂、またポリエステル系樹脂がある。これらは、一般的な部分床義歯に使用されるアクリリックレジンと比較して、優れた装着感、使用感を有するため患者からの評価が高いことが報告されている。また義歯床としての材料学的な評価報告では、物理学的強度や色調安定性において部分床義歯材料としての有用性も示されている。

一方、部分床義歯としての力学的要件、機能を十分に果たすかという歯科補綴学的な評価に関して、代表者らはこれまでノンメタルクラスプデンチャー機能時に支台歯や顎提粘膜に加わる荷重を測定し、機能時に義歯床下顎堤粘膜に過大な負荷が加わる可能性があることを報告し、ノンメタルクラスプデンチャーにおいてもレストなど金属製構成体による適切な支持、把持要素を付与する必要性を提案した。一方、レジンクラスプの維持力に関しては、非臨床形態ではあるが、各種樹脂製のクラスプに関する評価や、アセタルレジン製クラスプに関する評価が存在するが、実際の臨床形態における力学的特性については不明な点が多いのが現状である。従って、実際にレジンクラスプの適用アンダーカット量、設計方法等に関する適切なガイドラインは未だ存在しなかった。

### 2. 研究の目的

本研究は、これまで代表者らが開発したクラスプの維持力測定システムを応用し、各種樹脂材料を用いて製作したノンメタルクラスプデンチャーにおいて、支台歯からクラスプが離脱する際に支台歯に加わる荷重を測定し、各レジンクラスプが発揮する維持力に関して定量評価することを目的とした。このとき、一般的に用いられているコバルトクロム合金製クラスプを用いた部分床義歯と比較検討することで、レジンクラスプの維持力に関して考察した。

### 3. 研究の方法

#### (1) レジンクラスプ維持力測定システム

支台歯荷重測定センサ

支台歯に加わる荷重は、小型水晶圧電式セ

ンサ (Type Z18400, Kistler Instruments AG, Switzerland) (以下、圧電センサ) を使用し測定した。圧電センサからの出力は、マルチチャンネルチャージアンプ (Type5019B, Kistler Instruments AG, Switzerland) により増幅後、サンプリングレート 500 Hz にて、パーソナルコンピュータ (Lenovo 3000 N200, Lenovo, 東京, 日本) に記録した。

#### 実験用部分欠損歯列モデル

下顎第二小臼歯と第一大臼歯を欠損とした中間欠損歯列モデルを用いた。支台歯は第一小臼歯と第二大臼歯とし、それぞれ支台歯 1、支台歯 2 と設定した。支台歯は臨床的な歯冠形態を付与し、クラスプの鉤尖部が設置されるファーズン部のアンダーカット量は 0.25mm になるよう製作した。また、各支台歯の欠損側から舌側にかけて高さ 7 mm のガイドプレートを付与した。(図 1)。

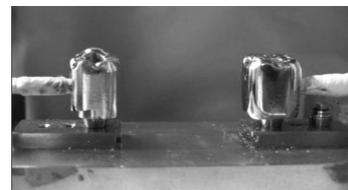


図 1

#### 実験用義歯

実験用義歯は、フレキシブルデンチャー形態として、ポリアミド-ナイロン系ノンメタルクラスプデンチャー (バルプラスト®, バルプラストジャパン, 東京, 日本) (Polyamide-nylon non-metal clasp denture. 以下, PA-NMCD) とポリカーボネート系ノンメタルクラスプデンチャー (レイニング樹脂, 東伸洋行, 新潟, 日本) (Polycarbonate non-metal clasp denture. 以下, PC-NMCD), またコバルトクロム合金 (GM800, Dentaureum, Germany) 製のメタルフレーム付与したポリカーボネート系ノンメタルクラスプデンチャー (PC NMCD with a metal frame. 以下, mPC-NMCD), そして対照としてコバルトクロム合金製のエーカーズ鉤を支台装置とした一般的な部分床義歯 (Polymethyl-methacrylate clasp denture. 以下, PMMA-CD) の計 4 種類とし、それぞれ 5 個ずつ製作した (下表, 図 2)。

素材	商品名	販売者
ポリアミド-ナイロン系樹脂	バルプラスト	バルプラストジャパン
ポリカーボネート系樹脂	レイニング樹脂	東伸洋行
加熱重合アクリルレジン (ポリメチルメタクリレート)	アクロンMC	ジーシー

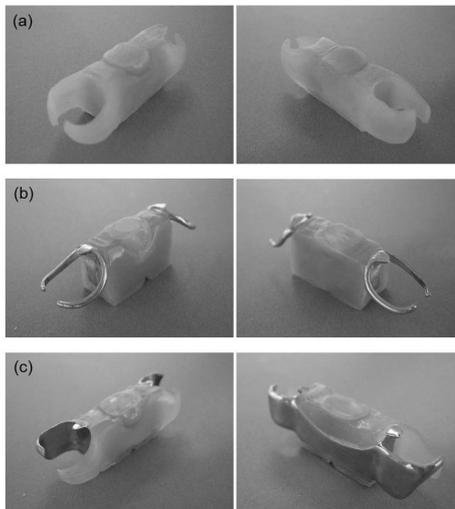


図 2

(2) レジンクラスプの維持力測定

各実験用義歯を実験用模型に装着した状態を測定の起始状態とした。各実験用義歯体部の近遠心的中間部にステンレスワイヤーを通し、万能試験機 (Instron 5685, Instron Co., MA, USA) によりクロスヘッドスピード 50 mm/min にて垂直方向に引っ張ることにより実験用義歯を実験用模型より離脱させ、その時の各支台歯に加わる荷重を測定した(図 3)。測定は各実験用義歯 1 試料につき 3 回行った。

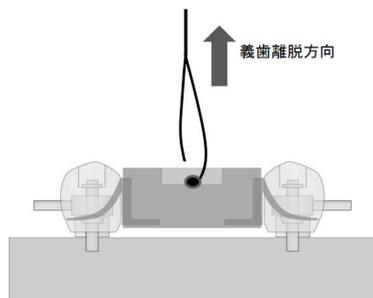


図 3

(3) データ分析

圧電センサ出力は、図 4 に示す圧電センサ受圧面の中心を原点とする三次元基準座標にて分析した。X 軸、Y 軸はセンサ受圧面と平行とし、Y 軸はセンサケーブル導出線と平行な線、X 軸は Y 軸と直行する線と設定した。また、X 軸は支台歯の把持腕走行側方向を、Y 軸はセンサケーブル導出方向、すなわち鉤尖側方向をプラス方向と設定した。Z 軸はセンサ受圧面に垂直な線とし、下方方向をプラス方向と設定した。(図 4)。  
義歯離脱時に各支台歯に加わる荷重の比較として、各実験用義歯間での比較には一元配置分散分析を使用し、その後の多重比較には Turkey 検定を使用した。統計学的解析には統計ソフト (IBM SPSS Statistics for Windows Version 21.0, IBM Corp., NY, USA)を使用した。

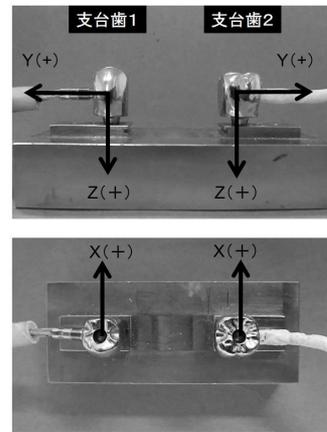


図 4

4. 研究成果

(1) X 軸方向に加わる荷重 (図 5)

図 6 に、X 軸方向 (歯軸に対し頬舌方向) に加わる最大荷重量を示す。両支台歯において、X 軸方向に加わる最大荷重量に各実験用義歯間での有意差は認められなかった。

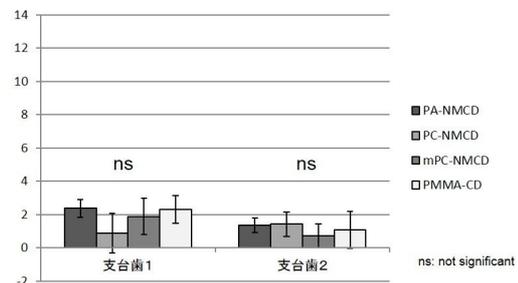


図 5

(2) Y 軸方向に加わる荷重 (図 6)

図 7 に、Y 軸方向 (歯軸に対し近遠心方向) に加わる最大荷重量を示す。両支台歯ともに、PMMA-CD による荷重量が有意に大きくなり、mPC-NMCD で有意に小さくなった。また、同形態である PA-NMCD と PC-NMCD の間には有意差は認められなかった。

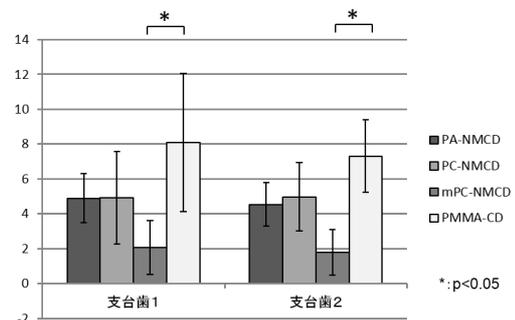


図 6

(3) Z 軸方向に加わる荷重 (図 7)

図 7 (a) に、Z 軸方向 (歯軸に対し垂直方向) に加わる最大荷重量を示す。支台歯 1 では各実験用義歯間で有意差は認められなかったが、支台歯 2 では PMMA-CD において加わる

荷重量が有意に大きくなった。

また図7(b)に、両支台歯に加わる垂直方向の荷重の合計、すなわち各実験用義歯が発揮する維持力を示す。維持力はPMMA-CDにおいて有意に大きくなった。またNMCD間では、有意差は認められなかったがmPC-NMCD, PC-NMCD, PA-NMCDの順に維持力は大きくなった。

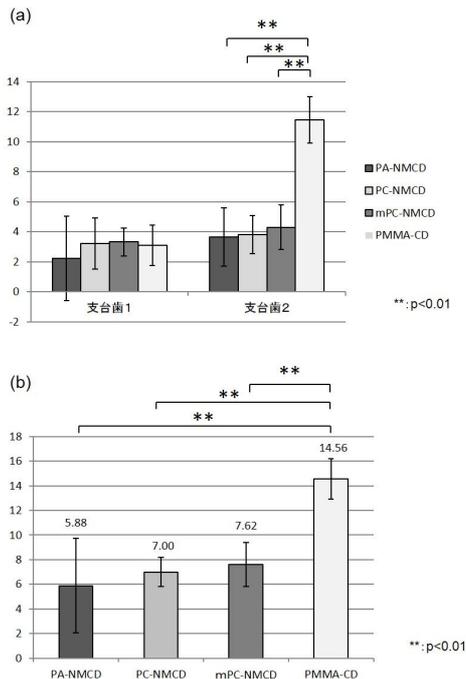


図7

#### (4) 考察

##### 実験方法について

本研究では、これまで当教室で開発したクラスプの維持力測定システムを改変・応用することで、各種ノンメタルクラスプデンチャーの離脱時に支台歯に加わる荷重を三次元的かつ経時的に測定するシステムを確立した。実験用の歯列欠損モデルは、一般的にノンメタルクラスプデンチャーの適応とされる中間欠損形態とした。支台歯は、鉤尖部が設定される頬側面非欠損側相当部に、鑄造鉤の最適アンダーカット量とされる0.25 mmを確保した。実験用義歯の材料は、現在臨床において使用頻度が高いものを選択した。一般的なエーカース鉤を支台装置としたアクリリックレジンを部分床義歯を対照として用いることで、レジんクラスプの力学的性質を評価した。

##### 実験結果について

これまで、従来からある金属製維持装置の維持力に関しては多くの研究が行われており、金属材料の種類や特性に関する比較検討が行われてきた(24-28)。本研究では、これまで力学的評価が不十分であったレジんクラスプに関して、機能時に支台歯に加わる荷重、ならびに発揮する維持力について分析を試

みた。

支台歯の頬舌方向に加わる荷重量はどの実験用義歯においても小さかった。これは、各実験用義歯の舌側の拮抗腕による把持要素が適切に作用したことに起因すると考えられた。

支台歯の近遠心方向の荷重は、PMMA-CDが最大となり、次いでPC-NMCD, PA-NMCDが近似した値となり、mPC-NMCDで最少となった。この方向の荷重はクラスプが支台歯から離脱する際に、支台歯のファーゾーンに設置された鉤尖部がアンダーカットを超える際に発現したと考えられた。

また、本実験装置では、両支台歯間でクラスプの長さが異なるため、適用アンダーカットが同じでも両クラスプの挙動には若干の差が生じた。すなわち、両支台歯においてクラスプが離脱するタイミングに時間差が発生し、離脱の際に義歯がわずかに近遠心的に傾斜してしまう現象が観察された。このわずかな傾斜による支台歯のガイドプレーンと義歯の隣接面板との間の摩擦抵抗の変化が、支台歯に加わる荷重に影響を及ぼしたと考えられた。本実験では、レジんクラスプに比較して弾性係数の大きいコバルトクロム合金製のクラスプにおいてこの支台歯間での離脱タイミングの時間差が大きくなる傾向が認められた。

一方、mPC-NMCDはPA-NMCDとPC-NMCDに比較して金属製の隣接面板の把持作用により、着脱時の義歯の傾斜を制御する作用が大きくなり、近遠心方向の荷重が小さくなったと推察された。この方向の荷重は支台歯の予後にとって重要な因子である。そのためノンメタルクラスプデンチャーにおいても支台装置の把持機構、すなわち支台歯のガイドプレーンに対し適度な強度と適合性を有した隣接面板による拮抗作用により相殺されるよう設計することが必要不可欠と考えられた。

支台歯に加わる垂直方向の荷重は、支台歯2においてPMMA-CDの場合に有意に大きくなった。これはクラスプに用いたコバルトクロム合金の弾性係数がレジんに比較して大きいことに加え、前述した離脱時の義歯の傾斜が関連していると考えられた。すなわち、PMMA-CDでは義歯の傾斜により、支台歯2での隣接面板とガイドプレーンの摩擦抵抗が増加し、それが垂直方向の荷重の増大に影響を及ぼしたと推察された。同様の理由で維持力に関しても、PMMA-CDが最大となったと考えられた。また、PC-NMCDとPA-NMCDでは有意差は認められなかったが、PA-NMCDに比較してPC-NMCDにおいて維持力が大きくなる傾向が認められた。これは、曲げ強さと曲げ弾性係数の大きさが、PMMAと比較してPAが約1/3、PCが約2/3であり(7)、すなわちPAに比較してPCの方が負荷荷重に対し変形しにくく、離脱時にクラスプから支台歯に伝達する力がより大きくなった

ためと推察された。

#### 臨床へのフィードバック

本研究により、実際の臨床的形態に近似させた実験用義歯において、離脱時に支台歯に及ぼす力学的影響、および発揮する維持力を定量的に示すことが出来た。

レジンクラスプは一般的な鑄造鉤で適用されているアンダーカット0.25 mmでは維持力不足となる可能性が示唆された。またノンメタルクラスプデンチャーにおいて、金属製フレームを付与することで、支台歯への側方力の軽減効果やわずかであるが維持力の増加が認められたことから、これまでの報告<sup>15)</sup>と同様に、金属製フレームが重要な設計要素であることが示唆された。今後は適切な維持力を付与するために必要なアンダーカット量やクラスプ形態を設定するためにさらなる検討が必要と考えられる。

本研究結果を基に、生体力学的な根拠に基づいたノンメタルクラスプデンチャーの設計指針を確立することが、ノンメタルクラスプデンチャーが適切な機能を果たすために重要であり、ノンメタルクラスプデンチャー装着患者のQOLの向上に大いに貢献すると思われる。

#### 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5件)

(1) Shigemitsu R, Yoda N, Ogawa T, Kawata T, Gunji Y, Yamakawa Y, Ikeda K, Sasaki K. Biological-data-based finite-element stress analysis of mandibular bone with implant-supported overdenture. *Computers in Biology and Medicine*.2014.54:44-52. doi: 10.1016/j.combiomed 査読有。

(2) 依田信裕, 佐々木啓一. 樹脂製クラスプを使用した義歯(ノンクラスプデンチャー)を検証する. *日本歯科医師会雑誌*.2013.66(2); 103-111. 査読有

(3) Shigemitsu R, Ogawa T, Matsumoto T, Yoda N, Gunji Y, Yamakawa Y, Ikeda K, Sasaki K. Stress distribution in the peri-implant bone with splinted and non-splinted implants by in vivo loading data-based finite element analysis. *Odontology*. 2013.101(2):222-226. doi: 10.1007/s10266-012-0077-y. 査読有。

(4) Yoda N, Gunji Y, Ogawa T, Kawata T, Sasaki K. In vivo load measurement to evaluate the biomechanical effects of a splinted implant-supported superstructure. *Int J Prosthodont*. 2013.26(2); 143-146. doi: 10.11607/ijp.3223. 査読有。

(5) 依田信裕, 渡辺誠, 末永華子, 小針啓司, 濱田泰三, 佐々木啓一. 支台歯荷重, 義歯床下荷重から見たノンクラスプデンチャーの生体力学的検討. *日本補綴歯科学会誌*.2012.4(2), 183-192. 査読有。

〔学会発表〕(計10件)

(1) Matsudate Y, Yoda N, Nanba M, Ogawa T, Sasaki K. Biomechanical Analyses of Load Distribution onto the Abutment Tooth, Implants and the Residual Ridge in Implant-Supported Removable Partial Overdenture. Indonesian Prosthodontic Society and Japan Prosthodontic Society Joint Meeting. 2014/10/30-11/1. 「Hotel Grand Nikko Nusa Dua Bali (Indonesia)」。

(2) Shigemitsu R, Mito T, Yoda N, Sasaki K. Evaluation of the influences of implant alignment to peri-implant stress. 5th. Advanced Digital Technologies in head and neck reconstruction: (ADT). 2014/9/6-8. 「Beijing International (中国)」。

(3) Mito T, Shigemitsu R, Yoda N, Sasaki K. Comparative study on the homogeneity and inhomogeneity of bone modeling in FEA stress analyses of peri-implant bone. The 9th Scientific Meeting of the Asian Academy of Osseointegration. The 9th Scientific Meeting of the Asian Academy of Osseointegration.2014/7/4-5. 「Sapporo Education and Culture Hall (札幌)」。

(4) Matsudate Y, Yoda N, Kamiya S, Sasaki K. The effects of the attachments on loads onto the abutment implants and residual ridge in a mandibular implant-supported overdenture. The 9th Scientific Meeting of the Asian Academy of Osseointegration.2014/7/4-5. 「Sapporo Education and Culture Hall (札幌)」。

(5) 松館芳樹, 依田信裕, 難波正英, 小針啓司, 小川徹, 佐々木啓一. インプラント支台パーシャルオーバーデンチャーの荷重負担様相に関する生体力学的検討. 公益社団法人日本補綴歯科学会設立80周年記念第122回学術大会. 2013/5/18-19. 「福岡国際会議場(福岡)」。

(6) Yoda N, Shigemitsu R, Ogawa T, Matsudate Y, Kawata T, Kuriyagawa T, Sasaki K. Biomechanics in Implant Prosthetic Dentistry - Investigation based on in vivo and in vitro measurement -.NIH-Tohoku University-JSPS Symposium. 2013/5/9-11. 「Gonryo Hall (Sendai)」。

(7) Yoda N. Biomechanics in prosthetic dentistry - Investigation based on in vivo measurement -. Sydney-Tohoku Dental Symposium.

1/18-19/2013. 「 The University of Sydney  
( Australia)」

(8) 難波正英,松館芳樹,依田信裕,小針啓司,  
佐々木啓一. パーシャルオーバーデンチャ  
ーの支台インプラント・支台歯・床下粘膜の  
荷重様相に関する生体力学的研究. 第 42 回  
公益社団法人日本口腔インプラント学会学  
術大会. 2012/9/21-23. 「グランキューブ大阪  
(大阪)」.

(9) 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. 2012/11/9-11. 「大阪国際会議場・イン  
テックス大阪(大阪)」.

(10) 依田信裕,小針啓司,班兆陽,孫堅,郡司良  
律,小川徹,川田哲男,佐々木啓一. 固定性イン  
プラント補綴における支台インプラントの  
本数・埋入位置とインプラント荷重との関連  
-生体内測定と模型測定と比較-. 第 49 回日  
本顎口腔機能学会学術大会. 2012/10/20-21.  
「九州歯科大学(福岡)」.

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

依田 信裕 (Yoda Nobuhiro)  
東北大学・歯学研究科(研究院)・助教  
研究者番号: 20451601

### (2)研究分担者

佐々木 啓一 (Sasaki Keiichi)  
東北大学・歯学研究科(研究院)・教授  
研究者番号: 30178644

濱田 泰三 (Hamada Taizou)  
東北大学・歯学研究科(研究院)・客員教授  
研究者番号: 50034244

高橋 正敏 (Takahashi Masatoshi)  
東北大学・歯学研究科(研究院)・助教  
研究者番号: 50400255

川田 哲男 (Kawata Tetsuo)  
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: 80292225